



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Luciana Guimarães Sanches

**MITIGAÇÃO DE ESTRESSE ABIÓTICO COM APLICAÇÃO EXÓGENA
DE MELISSIL ÁLCOOL EM MANGUEIRA CV. KENT CULTIVADA NO
SEMIÁRIDO**

Petrolina-PE

2020

Luciana Guimarães Sanches

**MITIGAÇÃO DE ESTRESSE ABIÓTICO COM APLICAÇÃO EXÓGENA
DE MELISSIL ÁLCOOL EM MANGUEIRA CV. KENT CULTIVADA NO
SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em
Agronomia – Produção Vegetal
do *Campus* de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Vale
do São Francisco, como parte
dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em
Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Vespasiano
Borges de Paiva Neto
Co-orientador: Prof. Dr. Ítalo
Herbert Lucena Cavalcante

Petrolina-PE

2020

S211m Sanches, Luciana Guimarães

Mitigação de estresse abiótico com aplicação exógena de melissil álcool em mangueira cv. Kent cultivada no semiárido / Luciana Guimarães Sanches. – Petrolina, 2020.

72f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto.

1. Plantas – fisiologia. 2. Mangueira - cultivo. 3. Plantas - alterações fisiológicas.
I. Título. II. Paiva Neto, Vespasiano Borges de. III. Universidade Federal do vale do São Francisco.

CDD 581.876

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF.

Bibliotecária: Louise Machado Freire Dias CRB – 4/2267.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

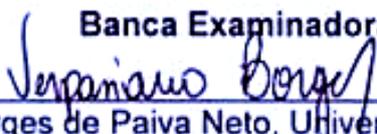
Luciana Guimarães Sanches

MITIGAÇÃO DE ESTRESSE ABIÓTICO COM APLICAÇÃO EXÓGENA DE
MELISSIL ÁLCOOL EM MANGUEIRA CV. KENT CULTIVADA NO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Agronomia –
Produção Vegetal, pela Universidade
Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 20 de fevereiro de 2020.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto, Universidade Federal do Vale do São
Francisco (Orientador)



Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, Universidade Federal do Vale do São
Francisco (Co-orientador)



Dr. Talita Cristina Mamedes Rodrigues, Instituto Federal do Sertão Pernambucano



Dr. Wagner Pereira Felix, Universidade Federal do Vale do São Francisco

“Dedico todo o esforço que depus neste trabalho aos meus avós, Francisca Guimarães e Manoel Monteiro (in memoriam), que foram exemplos de caráter, dignidade, amor e gentileza”

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata a Deus e ao universo por ter me presenteado com momentos, pessoas e escolhas, os quais me fizeram chegar até aqui.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco, campus Ciências Agrárias (CCA/UNIVASF) por ter me concedido a oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal.

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela concessão da bolsa de estudo que me permitiu realizar essa pesquisa.

À empresa AQUA do Brasil pelo financiamento do projeto e atenção voltada à pesquisa.

À fazenda DAN por disponibilizar a área experimental tornando possível a realização do experimento em campo.

Agradeço a minha família, especialmente minha mãe Eliete Guimarães e Antônio Silva Sanches, por abraçarem meus objetivos, quero que saibam que vocês são meu início, meio e fim. O apoio de vocês tornou possível cada conquista minha. Obrigada por me ensinarem a ter força diante das intempéries da vida, por serem representações do amor, humildade, solidariedade e dedicação.

Aos meus avós que são as preciosidades da minha vida, obrigada por transbordarem amor e gentileza.

Ao meu querido Tio Elias por seu jeito cativante, amoroso, pela dedicação e gentileza ao ajudar nas minhas conquistas

As minhas amigas de infância que ainda hoje permanecem ao meu lado e mesmo com a distância sempre se mantiveram presentes, amo muito vocês.

Ao meu melhor amigo Ricardo Reis que durante esses dois anos se manteve presente mesmo com a distância física, amo muito você e tudo que representa na minha vida, obrigada por acreditar no meu potencial e por estar na torcida.

Ao Professor Dr. Adeval Cavalcante, pela luz que acendeu em minha alma de aluna, se hoje estou aqui foi graças a ele e por todo incentivo. Aprendi muito e carreguei essa gratidão com muito amor e afeto.

Aos meus professores e amigos do IFMA – Campus Codó que me incentivaram e instruíram sendo bons amigos além de excelentes profissionais, especialmente Adeval Cavalcante, Maiany Gonçalves, Wady Castro, Wilmara Carvalho, Yuli Siqueira e Ramon Alexandre.

À Raianne Araújo, pela amizade desde a graduação e por ter me recebido em Petrolina e ajudado na minha adaptação, sou muito grata por tudo que fizestes por mim.

Ao meu Orientador Dr. Vespasiano Borges, agradeço com muita admiração e amor, por ter abraçado uma Luciana retraída e medrosa, mas que durante o percurso virou-a do avesso tornando-a um ser pensante, proativa e amante da Fisiologia vegetal, muito obrigada por tudo e principalmente pela transformação proporcionada nessa caminhada.

Ao meu Co-orientador Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, muito obrigada pela participação essencial na construção da pessoa que me tornei, seus ensinamentos, postura, conversas riquíssimas de conteúdo foram fundamentais para mim, saibas que sou muito grata!

Agradeço a professora Dra. Marcelle Almeida por nunca medir esforços para sanar dúvidas nas análises laboratoriais e sobre fisiologia vegetal, juntamente com o

laboratório LAFIVE, com participação de Hugo Leonardo e principalmente, Mariana Correia que no segundo experimento foi primordial nas análises laboratoriais.

À Mônica Zuffo por toda atenção, dedicação e carinho durante esses dois anos, sempre se mostrando disposta a ajudar seja no Laboratório de Química analítica ou em sanar dúvidas dos protocolos e uso dos reagentes químicos.

A minha amiga e irmã Alana Juliete, que foi a primeira pessoa do grupo de pesquisa que tive contato e me recebeu com uma energia inexplicável, queria agradecer por ter me ajudado a superar meus medos e inseguranças, pelo acolhimento recheado de amor, carinho e de quebra ainda me deu uma segunda casa com uma mãe maravilhosa (Ângela Maria), a simbiose que formamos está cravada em mim e sou extremamente grata por todos os ensinamentos vivenciados ao seu lado, essa conquista é nossa!

Ao meu amigo e irmão Daniel Almeida, o dos homens mais extraordinários que já conheci, sua companhia e ajuda em TUDO tornou mais agradável essa jornada. Você é uma daquelas pessoas que não devemos desgrudar por nada, pois com você aprendemos a amar sem preconceitos, que o respeito deve estar acima de tudo e que ética nas nossas ações deve ser uma regra. Obrigada por guardar sempre meu lugar ao seu lado, a recíproca é verdadeira e esse é um mérito nosso!

Ao meu querido “co-orientador” Jackson Lobo, que de cara já me conquistou com sua presença adorável, fizemos uma boa parceria durante a realização do segundo experimento e dela formamos uma amizade essencial para mim, saibas que sua ajuda foi primordial, sem hesitar você abraçou esse desafio comigo, estive ao meu lado me dando forças, contribuiu muito para o conjunto da dissertação e esse mérito é todo nosso!

As minhas lindas amigas Laiane Eugênia, Laura Paula e Jaynne Lino, por toda ajuda, principalmente pelas palavras de conforto (“vai dar certo”) e abraços acolhedores, amo todas vocês.

Aos amigos da UNIVASF, em especial a Jenilton Gomes, Luan Silva, Renata Araújo, Jasmine Sena, Vanuza Souza, Poliana Martins, Franciele Miranda e Yasmin Ferraz. Obrigada por toda ajuda.

Aos meus amigos de turma, Wesley Figueiredo que me cativou com seu jeito autêntico e divertido, uma amizade além da sala de aula e Igor Tenreiro pela ajuda, abraços e palavras reconfortantes.

RESUMO

O manejo do estresse hídrico é uma prática necessária para o cultivo da mangueira em condições semiáridas, visando promover uma florada mais uniforme. Dessa forma, é indispensável a inserção de alternativas inovadoras que atenuem os efeitos deletérios advindos de estresses abióticos e que proporcione maiores produtividades. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito mitigador do melissil álcool nas respostas fisiológicas, bioquímicas e produtiva da mangueira cv. Kent cultivada sob as condições do semiárido pernambucano. O experimento foi realizado em duas safras consecutivas, 2018 e 2019, em pomar comercial localizado na fazenda Dan, Petrolina-PE. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo avaliadas quatro plantas por parcela. Foi-se utilizado o Revigor[®] como fonte do princípio ativo da molécula melissil álcool. Os tratamentos consistiram em doses de Revigor[®]: 0,0 (tratamento controle); 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 µL por planta, correspondentes as diluições de 0,00; 75; 150; 225 e 300 mL de Revigor[®]/100 L de água, respectivamente. Avaliou-se os teores foliares de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, carboidratos solúveis totais em folhas (CST foliar) e ramos (CST do ramo), número de panículas por planta, número de frutos por planta, produção (kg/planta) e produtividade (t ha⁻¹). Apesar das variações entre as safras, observou-se que a aplicação foliar de Revigor[®] favoreceu positivamente os teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais e atividade das enzimas SOD, APX, CAT, afetou os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, CST foliar, CST dos ramos, número de panículas na safra 2018 e produtividade em ambas as safras. Houve aumento na produção e produtividade de 50,85% (dose - 22,5 µL) e 64,95% (dose estimada - 21,05 µL) nas safras 2018 e 2019, respectivamente.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L. Déficit hídrico. Alterações fisiológicas. Estresse oxidativo. Mitigação de estresse.

ABSTRACT

Water stress management is a necessary practice for the cultivation of mango under semiarid conditions, aiming to promote a more uniform flowering. Therefore, it is essential to insert innovative alternatives that mitigate the harmful effects of abiotic stress and that provide greater fruit yield. Thus, this study aimed to evaluate the mitigating effect of melissil alcohol on the physiological, biochemical and productive responses of the mango trees cv. Kent grown under the conditions of the Pernambuco semiarid region. The experiment was carried out in two consecutive harvests, in 2018 and 2019, in a commercial orchard located on Dan farm, Petrolina-PE. The experimental design used was randomized blocks, with five treatments and four replications, with four plants per plot being evaluated. Revigor® was used as the source of the active ingredient in the melissil alcohol molecule. The treatments consisted of Revigor® doses: 0.0 (control treatment); 7.5; 15.0; 22.5 and 30.0 µL per plant, corresponding to the following dilutions 0.00; 75; 150; 225 and 300 mL of Revigor®/ 100 L of water, respectively. Leaf contents of total amino acids, free proline, total proteins, activity of the enzymes superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX) and catalase (CAT), levels of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll, carotenoids, total soluble carbohydrates in leaves (leaf TSC) and branches (branch TSC), number of panicles per plant, number of fruits per plant, production (kg/plant) and fruit yield (t ha⁻¹) were evaluated. Despite the variations between harvests, it was observed that the foliar application of Revigor® positively favored the contents of total amino acids, free proline, total proteins and activity of the enzymes SOD, APX, CAT, and affected the contents of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll, carotenoids, leaf TSC, branch TSC, number of panicles in the 2018 harvest and fruit yield in both harvests. There was an increase in production and fruit yield of 50.85% (dose - 22.5 µL) and 64.95% (estimated dose - 21.05 µL) in the 2018 and 2019 harvests, respectively.

Key-words: *Mangifera indica* L. Water deficit. Physiological changes. Oxidative stress. Stress mitigation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar e precipitações registradas durante a condução dos experimentos. Petrolina-PE, 2018 (A) e 2019 (B).....	31
Figura 2. Cronograma de aplicação e fenofases avaliadas durante a Safra 2018 e 2019.	33
Figura 3. Teores de aminoácidos totais em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018.	36
Figura 4. Teores de proteínas totais em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2019.	37
Figura 5. Teores de prolina livre em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e 2019 (B).	38
na= não ajustado aos modelos; ns= não significativo	38
Figura 6. Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2019.	40
na= não ajustado aos modelos; ns= não significativo	40
Figura 7. Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2019.	41
Figura 8. Atividade da enzima catalase (CAT) em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).....	42
Figura 9. Produção de mangueira cv. 'Kent' em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).....	44

CAPÍTULO 3

Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média; umidade relativa do ar e precipitações registradas durante a condução dos experimentos. Petrolina-PE, 2018 (A) e 2019 (B).....	55
Figura 2. Cronograma de aplicação e fenofases avaliadas durante a Safra 2018 e 2019.	57

Figura 3. Teores de clorofila <i>a</i> em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).	60
Figura 4. Teores de clorofila <i>b</i> em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).	61
Figura 6. Teores de carotenoide em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).	63
Figura 7. Teores de carboidratos solúveis totais (CST foliar) em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).	64
Figura 8. Teores de carboidratos em ramos (CST ramos) de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2019.	66
Figura 10. Produtividade (t ha ⁻¹) de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor [®] , safra 2018 (A) e safra 2019 (B).	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Valores iniciais dos teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) em folhas de mangueira cv. Kent coletadas no início dos experimentos.34
- Tabela 2.** Síntese da análise de variância para aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e Atividade catalase (CAT) em folhas de mangueira cv. 'Kent' em função das doses de Revigor[®] (MA) em diferentes fenofases.35
- Tabela 3.** Produção (kg/planta) de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®].43

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Teores iniciais de clorofila *a* (Cloro *a*), clorofila *b* (Cloro *b*), clorofila total (Cloro total), carotenoide e carboidratos solúveis totais em folha (CST foliar) e ramo (CST ramo) em mangueira cv. Kent.58
- Tabela 2.** Síntese da análise de variância para os teores foliares de clorofila *a* (Cloro *a*), clorofila *b* (Cloro *b*), clorofila total (Cloro total), carotenoides (Carot) e carboidrato solúveis totais em folhas (CST foliar) e ramos (CST ramos) em mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®] (MA) em diferentes fenofases.59
- Tabela 3.** Número de panículas (Nº de panículas/planta), número de frutos (Nº de frutos/planta) e produtividade da mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®] (MA).67

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 A cultura da mangueira.....	14
2.2 Estresses Abióticos.....	15
2.2.1 Espécies Reativas de Oxigênio (EROs)	17
2.3 Reguladores Vegetais.....	19
2.4. Melissil álcool.....	20
3. REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO 2	28
RESPOSTAS BIOQUÍMICAS EM MANGUEIRA ‘KENT’ CULTIVADA NO SEMIÁRIDO SOB DIFERENTES DOSES DE MELISSIL ÁLCOOL	28
RESUMO	28
ABSTRACT.....	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 3	52
RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM MANGUEIRA ‘KENT’ CULTIVADA NO SEMIÁRIDO SOB DIFERENTES DOSES DE MELISSIL ÁLCOOL	52
RESUMO	52
ABSTRACT.....	52
INTRODUÇÃO.....	53
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Das frutíferas exploradas comercialmente, a mangueira (*Mangifera indica* L.) destaca-se por seu ganho econômico e social para o Brasil. Segundo os dados do IBGE (2019), a produção brasileira de manga foi de 1.319.296 toneladas no ano de 2018, sendo a Região do Vale do São Francisco, especificamente a microrregião geográfica do polo Juazeiro/Petrolina responsável por 515.118 toneladas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019).

Dentre as práticas de manejos adotadas na região do Submédio do Vale do São Francisco aliado as condições climáticas como elevadas temperaturas, tem-se trabalhado com a maturação de brotos para indução floral. E para isso, a alternativa comumente utilizada para obtenção desse estímulo é o uso de reguladores de crescimento, como o paclobutrazol (PBZ) (GOMES et al., 2008). Outra prática utilizada é o manejo da irrigação, com a redução da lâmina hídrica antes da primeira indução para promover a maturação mais rápida e uniforme dos ramos, estando diretamente relacionado a produção de etileno, hormônio responsável pela maturação dos órgãos vegetais em plantas lenhosas, influenciando também a síntese de ácido abscísico (SANTOS, 2012; COUTINHO et al., 2016; CAVALCANTE et al., 2018).

Todavia, embora a imposição do estresse hídrico seja considerado fundamental para alcançar elevadas produções na cultura da mangueira, é necessário cuidado no manejo da irrigação nos pomares, sendo importante fazê-lo de forma adequada, pois o mesmo é responsável por alterações em diversos processos metabólicos, como mudanças nas atividades bioquímicas e fisiológicas, incluindo fotossíntese, respiração, transpiração, metabolismo hormonal e atividade enzimática, assim reduzindo a distribuição de componentes essenciais para o seu metabolismo, como aminoácidos, proteínas, carboidratos, entre outros (OKUNLOLA et al., 2017). Enquanto que o estresse térmico causado por temperaturas elevadas podem reduzir a qualidade e quantidade de biomassa, além de culminar em redução do ciclo fenológico, e por conseguinte, da evapotranspiração da cultura (KANAYAMA; KOCHETOV, 2015). Entretanto, uma

vez que tais práticas de manejo são realizadas corretamente, pode influenciar de forma significativa o desenvolvimento contínuo das gemas vegetativas e florais da mangueira (MOURA et al., 2015).

Em busca de alternativas mitigadoras de estresses abióticos, têm-se utilizado moléculas capazes de estimular o metabolismo vegetal em condições desfavoráveis para sua sobrevivência, destas possibilidades podemos citar o melissil álcool. Muitos pesquisadores relataram o papel positivo do melissil álcool no aumento do crescimento, rendimento, fotossíntese, fixação de nitrogênio, atividades enzimáticas, aminoácidos livres, açúcares redutores e proteínas solúveis de plantas (RIES 1991; RIES et al., 1983; NAGOSHI; KAWASHIMA, 1996; IDREES et al., 2010; NAEEM et al., 2011). Este regulador de crescimento aumenta a eficiência fisiológica das células e, assim, maximizam o potencial genético das plantas, melhorando inclusive a tolerância a estresses abióticos, mitigando seus efeitos deletérios, especialmente concernentes as temperaturas elevadas e deficit hídrico. No entanto, embora alguns trabalhos comprovam sua eficiência no metabolismo de algumas espécies de plantas, para frutíferas como a mangueira, ainda são informações inexistentes.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo mitigar estresses abióticos com aplicação exógena de melissil álcool em mangueira cv. Kent cultivada no semiárido.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A cultura da mangueira

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é de origem asiática e caracteriza-se por ser uma fruteira de clima tropical, acentuando-se tanto em regiões tropicais quanto subtropicais (MUKHERJEE; LITZ, 2009). Pertencente a família Anacardiaceae, a manga destaca-se por ser a segunda fruta mais colhida entre as frutas tropicais na indústria hortícola mundial (SINGH et al., 2013).

Esta é caracterizada como árvore frondosa, de porte médio a alto, possui caule lignificado e copa simétrica. As flores são distribuídas em panículas terminais ou laterais, possuindo diferentes formas, tamanhos e colorações, denominadas hermafroditas (flores perfeitas) e unissexuais (flores masculinas). Seu fruto é uma drupa e varia em peso, formato (reniforme, ovada, oblonga, arredondada e cordiforme) e tonalidades (verde, amarelo e vermelho) (SILVA et al., 2001; SIVAKUMAR, et al., 2011; YAHIA et al., 2011).

Dentre as variedades mais cultivadas na região do Vale do São Francisco, podemos citar 'Keitt', 'Kent', 'Palmer' e 'Tommy Atkins', cuja a 'Kent' destaca-se por suas características que adoçam o mercado europeu. A manga 'Kent' é originária da Flórida, possui frutos de formato oval, peso variando entre 550 e 1000g, com coloração de verde amarelado a vermelho purpúreo. As características que a tornou atrativa ao paladar dos consumidores está na ausência de fibra e maciez da polpa, além de contribuir para o setor da agroindústria pelo seu rendimento de polpa (COSTA; SANTOS, 2004).

Sendo o sétimo maior produtor mundial, a produção de manga no Brasil confere a maior fonte de receita dentre as exportações de frutas frescas. Em 2018, o país alcançou US\$ 177,3 milhões com a venda externa de 170,5 mil toneladas, sendo 73% das exportações destinada ao mercado europeu e o que torna o Brasil promissor no ciclo produtivo da mangueira é sua capacidade de produção o ano todo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

Aliado ao aumento da cadeia produtiva de mangas no Brasil e pelo desempenho nos mercados interno e externo no decorrer do ano de 2017, em

2018 houve um aumento da produção devido ao ânimo dos produtores com os resultados obtidos nas recentes safras. No Vale do São Francisco houve crescimento de 5,5 % na área cultivada em 2017 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018), isso ocorre devido a excelente condição climática da região e recursos hídricos disponíveis (JULIÃO et al., 2017).

Outra característica que contribui para adesão da crescente produtividade no submédio do Vale do São Francisco, é o manejo específico em conjunto as condições climáticas favoráveis que visam a obtenção de duas safras ao ano. O ciclo da mangueira nessas condições é trabalhado com práticas de manejo, como a poda, aplicação de reguladores vegetais, irrigação localizada, estresse hídrico, maturação de ramos e indução floral (GENÚ; PINTO, 2002; ARAÚJO et al., 2017).

Vale salientar que para a cultura da mangueira é de grande importância o manejo do crescimento vegetativo, pois evitando-se a brotação excessiva viabiliza a precocidade da floração e frutificação (DAVENPORT, 2007). Esse evento é possível pelo uso do regulador de crescimento vegetal paclobutrazol que atua inibindo a biossíntese de giberelina, contribuindo para o controle do crescimento dos ramos, promovendo a maturação das gemas e conseqüentemente favorecendo a floração (WONGSRISAKULKAEW et al., 2017).

Em suma, a idade acumulada dos ramos é maior em árvores sob estresse do que em árvores mantidas em boas condições de irrigação, onde o fornecimento de água favorece a emissão de fluxos vegetativos com maior frequência. Ademais, esse atraso no crescimento garante mais tempo para o acúmulo do estímulo floral almejado ou numa redução no nível do promotor vegetativo, pois à medida que o ramo amadurece os níveis de giberelinas são reduzidos (CAVALCANTE et al., 2018).

2.2 Estresses Abióticos

Estresse pode ser definido como qualquer condição ambiental que interfira no potencial genético da planta e, embora a cultura da mangueira possua uma produção expressiva, a mesma percorre por alguns desafios que resultam em uma redução da produtividade. Dentre as limitações que afetam o ciclo produtivo, uma delas corresponde aos diferentes estresses abióticos, como elevadas

temperaturas e déficit hídrico (KANAYAMA; KOCHETOV, 2015; FILHO et al., 2002).

Analisando o manejo específico da mangueira adotado pelos produtores na região do Vale do São Francisco, como poda, aplicação de reguladores vegetais para controle do vigor vegetativo, maturação dos ramos seguida do estresse hídrico e indução floral. Nota-se que alguns deles podem causar desordens nos mecanismos morfofisiológicos das plantas, como o estresse hídrico proveniente da redução da lâmina de irrigação, que tem por finalidade estimular e acelerar a fase reprodutiva dos ramos de mangueira e indução floral por meio da aplicação de sais de nitrato (MOUCO, 2008; SILVA et al., 2015; CAVALCANTE et al, 2018).

Contudo, sabe-se que a imposição da redução de lâmina hídrica é um manejo necessário, em decorrência das suas vantagens visando a maturação dos ramos e o escalonamento da produção. No entanto, a redução dos recursos hídricos e exposições a um grau elevado de temperatura pode coibir o bom funcionamento e equilíbrio vegetal. Por isso, o estresse abiótico é um fator bastante relevante, pois corresponde a impactos no crescimento das plantas e, conseqüentemente, é responsável por perdas severas no campo, causando reduções de crescimento que podem atingir mais 50% na maioria das espécies de plantas (WANG et al., 2003).

Ademais, mesmo a mangueira podendo suportar temperaturas de até 48°C (GALÁN-SAÚCO, 1999), estas podem desencadear alguns eventos prejudiciais, como florescimento tardio, emissão de brotações vegetativas ao invés de reprodutivas, menor pegamento dos frutos, frutos anormais com variações na maturação, sabor e de aparência (RAJAN et al., 2011; MAKHMALE et al., 2016).

Como alternativa, as plantas desenvolveram a capacidade de suportar condições estressantes, a partir daí vários mecanismos formadores da defesa basal das plantas são impulsionados, promovendo uma série de ações que além de ser considerada complexa pode variar de um estresse para outro (CHINNUSAMY et al., 2004; QAMAR et al., 2009; ANDREASSON et al., 2010).

Sob condições estressantes derivada dos altos níveis de temperatura, inicialmente o que pode ocorrer é o bloqueio dos centros de reação do PSII e, em seguida, a separação do complexo proteína-pigmentos da antena do núcleo central do aparato coletor de luz do PSII. Podendo ainda ser consequência da reação entre O_2^- e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), oriundos de estresse oxidativo

e que causam inativação de enzimas, descoloração de pigmentos, peroxidação de lipídios e proteólise (ARMOND et al., 1978; PASTORI; TRIPPI, 1993).

Segundo Chen et al. (2016), os pigmentos fotossintetizantes como as clorofilas *a* e *b*, e os carotenoides, responsáveis pela captação da energia luminosa também sofrem grande redução em plantas sob condições estressantes. Ocasionalmente decréscimo na concentração de clorofila que pode ser atribuído ao estresse oxidativo resultante da foto-oxidação e degradação dos pigmentos, assim como aumento da atividade da clorofilase, enzima que degrada a clorofila.

Todavia, as plantas demonstram vários tipos de respostas ao estresse hídrico das quais contribuem para a manutenção do seu status hídrico e por extensão dos processos fisiológicos e bioquímicos. Tais alterações podem ocorrer tanto em curto prazo, aumentando a razão sacarose/amido pelo carbono recentemente fixado, como em longo prazo, através de solutos orgânicos de baixo peso molecular, em um mecanismo conhecido como ajustamento osmótico, no qual ambas as alterações fazem parte de uma resposta reguladora da planta para manter a turgescência foliar onde a disponibilidade de água é baixa (CERQUEIRA et al., 2015; DOMINGHETTI et al., 2016).

Além disso, o ajustamento osmótico é considerado um dos mecanismos mais dinâmicos para a estabilidade da turgescência celular, contribuindo com a manutenção da abertura estomática e da fotossíntese em condições de baixo potencial hídrico no solo. De forma a se aclimatar e/ou se adaptar a déficits hídricos de diferentes níveis de intensidade, as plantas podem acumular prolina (YAMADA et al., 2005) e outros aminoácidos livres (KUSAKA et al., 2005), poliálcoois (RAMANJULU; BARTELS, 2002) e carboidratos (CHAVES et al., 2009).

2.2.1 Espécies Reativas de Oxigênio (EROs)

Entre os grupos de intermediários tóxicos produzidos via estresse, o mais comum é o das espécies reativas de oxigênio (EROs), que são formas de oxigênio altamente tóxicas que possuem ao menos 1 elétron não pareado em seus orbitais. Estas espécies modificam ou bloqueiam vias metabólicas, causando danos aos compartimentos celulares tais como peroxidação lipídica de membranas, inativação de enzimas devido a desnaturação, oxidação de

carboidratos, danos na conformação dos ácidos nucléicos e do complexo do fotossistema II (GILL; TUTEJA, 2010).

Os malefícios oriundos dos estresses seja ele hídrico ou térmico são sentidos e expressados limitando o funcionamento vegetativo. Mediante o estresse hídrico, como consequência do desacoplamento dos fotossistemas induzido pela desidratação, os elétrons livres produzidos pelos centros de reação não são transferidos para NADP^+ , levando à geração de EROs, enquanto o estresse térmico pode causar a degradação de proteínas, fotoinativação enzimática, no processo fotossintético afetando diretamente a eficiência quântica do fotossistema II através da fotoinibição e, conseqüentemente malefícios na cadeia de transporte de elétrons (TAIZ et al., 2017).

Espécies reativas de oxigênio (EROs), produzidas sob estresse hídrico, podem causar danos oxidativos progressivos. São definidas como formas parcialmente reduzidas de oxigênio atmosférico, produzidas em processos vitais como a fotorrespiração, fotossíntese e respiração, sendo os cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos as principais fontes de produção nas células vegetais (SHARMA et al., 2012).

São encontrados na forma de radicais livres como O_2 (oxigênio molecular), $\text{O}_2^{\bullet-}$ (superóxido), OH^{\bullet} (hidroxila), HO_2^{\bullet} (per-hidroxila) e RO^{\bullet} (alcoxil) ou na forma molecular H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) e $^1\text{O}_2$ (oxigênio singlete) (GOVINDARAJ et al., 2017). As EROs podem também desencadear um processo autocatalítico de oxidação de membranas, ocasionando a degradação de organelas e da membrana plasmática, bem como na morte celular. Apesar de suas diferenças mecânicas, a maioria dos estresses resulta na produção de EROs (TAIZ et al., 2017).

Dos principais antioxidantes que desempenham papel crucial na desintoxicação de EROs podemos destacar o ácido ascórbico (AA), α -tocoferol, glutathione, catalase (CAT), peroxidases (POX), superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), glutathione redutase (GR) etc. Ações conjuntas desses antioxidantes resultam na desintoxicação de EROs e limita estresse oxidativo em plantas, e qualquer substância que retarde, previna ou remova dano oxidativo a uma molécula alvo é chamada de antioxidante e são responsáveis por controlar essas reações deletérias (CHOUDHURY et al., 2013; GOVINDARAJ et al., 2017).

2.3 Reguladores Vegetais

Em meio à introdução de novas tecnologias que visam o aprimoramento das culturas agrícolas, algumas alternativas foram disponibilizadas para os setores produtivos a fim de atenuar os efeitos dos estresses abiótico e biótico no crescimento e rendimento das culturas. Entre estas alternativas difundidas, podemos citar o uso de reguladores vegetais, pois seu uso na agricultura tem se tornado uma prática viável para o aumento da produtividade das culturas (SILVA, 2010).

Tais moléculas são responsáveis por alterações nos processos fisiológicos e morfológicos das plantas, também possuindo a capacidade de influenciar nas respostas aos fatores ambientais. A ação dos reguladores vegetais tem uma relação significativa beneficiando a nutrição de plantas, indução do crescimento radicular, além de auxiliar no ajuste osmótico através da síntese de compostos orgânicos e na indução de sistemas de resposta antioxidante (KUMAR; VERMA, 2018; NGUMBI; KLOEPFER, 2016; VURUKONDA et al., 2016).

Estes compostos quando aplicados à planta podem ocasionar alterações estruturais, melhorias na produtividade e na qualidade do produto, pois contribuem em aumento nos níveis fotossintéticos, bem como na partição e translocação de fotoassimilados (CITAÇÃO). Outro efeito positivo é que essas substâncias condicionam maior absorção de água e nutrientes, reduzindo os impactos decorrentes do déficit hídrico e permitindo o melhor desenvolvimento das plantas em condições subótimas. Em várias culturas, a adoção de reguladores vegetais não foi empregado apenas para mediar restrições no potencial produtivo, mas também para melhorar a qualidade das culturas (AMANULLAH et al., 2010; RODRIGUES et al., 2015; VENDRUSCOLO et al., 2017).

Em síntese, estudos em busca de reduzir os malefícios causados pelo estresse em plantas têm sido realizados, principalmente com a adição de moléculas mitigadoras de estresse abiótico em plantas, logo, incentivam a busca por novos reguladores de crescimento de plantas e elucidação do seu funcionamento na regulação de diferentes processos vegetais (PERVEEN et al., 2014).

2.4. Melissil álcool

O melissil álcool é um álcool graxo da fórmula geral $C_{30}H_{62}O$, também conhecido como álcool melissil, álcool mirílico ou 1-triacontanol. Pode ser encontrada nas ceras de plantas e ceras de abelha. Sendo este um álcool primário de cadeia longa encontrado nas ceras das cutículas das plantas e na cera produzida pelas abelhas. O mesmo vem recebendo bastante atenção nos últimos anos como um regulador de crescimento de plantas, capaz de alterar o metabolismo e regular vários processos fisiológicos e bioquímicos sob diferentes ambientes. Quando aplicado em qualquer fase de crescimento, o mesmo tem a capacidade de estimular processos de crescimento (SINGH et al., 2011). Sob estresses abióticos, melissil álcool aplicado exogenamente, aumenta os teores de pigmentos fotossintéticos e osmólitos compatíveis (BOROWSKI; BLAMOWSKI 2009; PERVEEN et al., 2013).

Podendo atuar na planta dando-a resistência a estresses abióticos, como salinidade em trigo (*Triticum aestivum* L.)(SHAHBAZ et al., 2013; PERVEEN et al., 2014), resfriamento em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) (BOROWSKI; BLAMOWSKI, 2009) e toxicidade por arsênico em coentro (*Coriandrum sativum*) (KARAM et al., 2016). Também foi considerado como um agente antioxidante que pode reduzir danos oxidativos às organelas celulares (KHAN et al., 2009; VERMA et al., 2011; PERVEEN et al., 2014).

O melissil álcool também foi relatado para melhorar a fotossíntese (ERIKSEN et al., 1981) absorção de água e nutrientes minerais (CHEN et al., 2003), para regular as atividades de várias enzimas (NAEEM et al., 2012) e aumentar vários compostos orgânicos nos tecidos foliares (KUMARAVELU et al., 2000; CHEN et al., 2003), estimulam o crescimento das plantas, mesmo em baixa concentração, quando aplicado exogenamente a várias espécies de plantas (VERMA et al., 2011).

A aplicação exógena de melissil álcool melhorou o conteúdo de fitoquelatina e promoveu um aumento das atividades de enzimas antioxidantes e redução do dano oxidativo, bem como somou em maior conteúdo de clorofila, em estudo com estresse induzido com cádmio (Cd) em planta de canola (*Brassica napus* L.). Foi relatado também que o melissil álcool teve um papel significativo na

ativação de enzimas antioxidantes a fim de atenuar os efeitos do estresse de Cd na canola (KARAM et al., 2017).

Em estudo com milho, a aplicação foliar de melissil álcool aumentou a atividade da enzima nitrato redutase sob condições de estresse salino. Observou-se ainda que houve um acréscimo no conteúdo fenólico e atuou como osmoprotetor, desempenhando papel importante na osmorregulação e protegendo a maquinaria fotossintética sob condições estressantes (PERVEEN et al., 2017).

Waqas et al. (2016), concluiu que a aplicação de melissil álcool agiu como um protetor (mitigador) de estresse térmico e promoveu o crescimento das plantas através da modulação do stress, em feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). Além do aumento na divisão celular, atividades enzimáticas e não enzimáticas, fotorrespiração, síntese de clorofila, fotossíntese, absorção de água e nutrientes minerais.

3. REFERÊNCIAS

ABOU QAMAR, S.; LUO, H.; LALUK, K.; MICKELBART, V.M.; MENGISTE, T. Crosstalk between biotic and abiotic stress responses in tomato is mediated by AIM1 transcription factor. **The Plant Journal**, v. 58, p. 1-13, 2009.

AMANULLAH, M. M.; SEKAR, S.; VINCENT, S. Plant growth substances in crop production: a review. **Asian Journal Plant of Science**, v. 9, p. 215–222, 2010.

ANDREASSON, E.; ELLIS, B. Convergence and specificity in the *Arabidopsis* MAPK nexus. **Trends Plant Science**, v. 15, p. 106–113, 2010.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. **Santa Cruz do Sul**: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 88, 2018.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI 2019. **Santa Cruz do Sul**: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 73-75, 2019.

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**, v. 10, Ed. Especial, p. 51-73, 2017.

ARMOND, P.A.; SCHEREIBER, U.; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic acclimation to temperature in the desert shrub *Larrea divaricata* II. Light – harvesting efficiency and electron transport. **Plant Physiology**, v. 61, p. 411-415, 1978.

KARAM, E. A.; KERAMAT, B.; ASRAR, Z.; MOZAFARI, H. Triacotanol induced changes in growth, oxidative defense system in Coriander (*Coriandrum sativum*) under arsenic toxicity. **Indian journal plant physiology**, 2016.

BOROWSKI, E.; BLAMOWSKI, Z. K. The effect of triacontanol 'TRIA' and Asahi-SL on the development and metabolic activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants treated with chilling. **Folia Horticulturae**, v. 21, p. 39–48, 2009.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.

CERQUEIRA, R. C.; COSTA, J. M.; CHAVES, M. M.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.2, p.211-217, 2015.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551–560, 2009.

CHEN, D.; WANG, S.; CAO B.; CAO, D.; LENG, G.; LI, H.; YIN, L.; SHAN, L.; DENG, X. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-15, 2016.

CHEN, X.; YUAN, H.; CHEN, R.; ZHU, L.; HE, G. Biochemical and photochemical changes in response to triacontanol in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 249–256, 2003.

CHINNUSAMY, V.; SCHUMAKER, K.; ZHU, J.K. Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 225–236, 2004.

CHOU DHURY, S; PANDA, P.; SAHOO, L.; S KUMAR PANDA, K. S.; Reactive oxygen species signaling in plants under abiotic stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 8:4, e23681, 2013.

COSTA, J. G; SANTOS, C. A. F. **Sistema de produção: Cultivo da Mangueira**. Embrapa Semiárido, n.2, 2004.

DAVENPORT, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 19, p. 4, 2007.

DHEERA S.; EKTA K.; MALIK, C. P. Effect of drought stress and its interaction with two phytohormones on *Vigna radiata* seed germination and seedling growth. **International Journal of Life Sciences**, v.1, p. 201-207, 2012.

DOMINGHETTI, A. W.; SOUZA, A. J. J.; SOUZA, H. R. O.; SANT'ANA, J. A. V.; SOUZA, K. R. D.; GUIMARÃES, R. J.; LACERDA, J. R. Tolerância ao déficit hídrico de Cafeeiros produzidos por estaquia e embriogênese somática. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 117 – 126, 2016.

ERIKSEN, A.B.; SELLDEN, G.; SKOGEN, D.; NILSON, S. Comparative analysis of the effect of triacontanol on photosynthesis, photorespiration and growth of tomato (C3-plants) and maize (C4-plants). **Planta**, v. 152, p. 44–49, 1981.

FILHO, J.M. L.; ASSIS, J.S.; TEIXEIRA, A.H.C.; CUNHA, G.A.P.; CASTRO NETO, M.T. Ecofisiologia, in: Genu, P.J.C., Pinto, C.A. Q. (Eds.), **A Cultura da Mangueira**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 243-257, 2002.

GALÁN-SAÚCO, V. **El Cultivo del Mango**. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona. 1999.

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 452, 2002.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GOVINDARAJ, M.; MASILAMANI, P.; ALBERT, V.A.; BHASKARAN, M. Role of antioxidant in seed quality- A review. **Agricultural reviews**, v.38(3), p.180-190, 2017.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 14 de out. 2019

IDREES, M.; KHAN, M.M.A.; AFTAB, T.; NAEEM, M. Synergistic effects of gibberellic acid and triacontanol on growth, physiology, enzyme activities and essential oil content of *Coriandrum sativum* L. **The Asian Australasian J Plant Sci Biotechnology**, v.4, p.24-29, 2010.

JULIÃO, C. C. B.; BRANCO, D. K. S.; LIMA, J. E. Exportação de uva no Vale do São Francisco: uma análise a partir de vetores autorregressivos. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 48, n. 2, p. 75-83, 2017.

KANAYAMA, Y.; KOCHETOV, A. Abiotic stress biology in horticultural plants. 2015.

KARAM, E. A.; MARESCA, V.; SORBO, S.; KERAMA, B.; BASILE, A. Effects of triacontanol on ascorbate-glutathione cycle in *Brassica napus* L. exposed to cadmium-induced oxidative stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.144, p. 268–274, 2017.

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.

KUMAR, A.; VERMA, J. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review. **Microbiol. Res**, v. 207, p. 41–52, 2018.

KUMARAVELU, G.; LIVINGSTONE, V.D.; RAMANUJAM, M.P. Triaccontanol-induced changes in the growth, photosynthetic pigments, cell metabolites, flowering and yield of green gram. **Biology Plant**, v. 43, p. 287–290, 2000.

KUSAKA, M.; OHTA, M.; FUJIMURA, T. Contribution of inorganic components to osmotic adjustment and leaf folding for drought tolerance in pearl millet. **Physiologia Plantarum**, v. 125, n. 4, p. 474–489, 2005.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. **Water stress in plants: causes, effects and responses**. In: RAHMAN, I. M. M. (Ed.). *Water Stress*. Rijeka: Intech, cap.1, v. 1, p. 1-14, 2012.

MAFFEI, M.E.; MITHOFER, A.; BOLAND, W. Insects feeding on plants: Rapid signals and responses preceding the induction of phytochemical release. **Phytochemistry**, v.68, p.2946-2959, 2007.

MAKHMAL, S.; BHUTADA, P.; YADAV, L.; YADAV, B. K. Impact of climate change on phenology of mango—the case study. **Ecology Environment Conservation**, v. 22, p. S127-S132, 2016.

MOLLER, I.M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.561-91, 2001.

MOUCO, M. A. D. C. Manejo da floração de mangueiras no semi-árido do nordeste brasileiro com inibidores da síntese de giberelinas. Botucatu, 2008.

MUKHERJEE, S.K.; LITZ, R.E. Introduction: botany and importance, in: Litz, R.E. (Ed.), **The Mango**. 2ed. CABI, Wallingford, p. 1-18, 2009.

NAEEM, M.; KHAN, M.M.A.; Moinuddin, Idrees, M.; Aftab, T. Triaccontanol-mediated regulation of growth and other physiological attributes, active constituents and yield of *Mentha arvensis* L. **Plant Growth Regulation**, v. 65, p.195-206, 2011.

NAEEM, M.; MASROOR, M.A.; MOINUDDIN, A. Triaccontanol: a potent plant growth regulator in agricultural crops. **Journal of Plant Interactions**, v.7, p. 129–142, 2012.

NAGOSHI, T.; KAWASHIMA, S. Effect of foliar application of triaccontanol on growth and yield of rice plants. IV. Effect of triaccontanol on the ripening of rice plants under shading and low temperature conditions. **Japan Journal of Crop Science**, v.65, p.437-444, 1996.

NGUMBI, E.; KLOEPPER, J. Bacterial-mediated drought tolerance: current and future prospects. **Applied Soil Ecology**, v. 105, p. 109–125, 2016.

OKUNLOLA, G.O.; OLATUNJI, O.A.; AKINWALE, R.O.; TARIQ, A.; ADELUSI, A.A. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. **Science Horticulturae**, v. 224, p. 198–205, 2017.

PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. Cross resistance between water and oxidative stresses in wheat leaves. **Journal Agriculture Science**, v. 120, p. 289-294, 1993.

PERVEEN S.; SHAHBAZ M.; ASHRAF M. Influence of foliar-applied triacontanol on growth, gas exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence at different growth stages in wheat under saline conditions. **Photosynthetica**, v. 51, p. 541–551, 2013.

PERVEEN, S.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Triacontanol-induced changes in growth, yield, leaf water relations, antioxidative defense system and some key osmoprotectants in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline stress. **Turkish journal of botany**, v. 38, p. 896–913, 2014.

PERVEEN, S.; IQBAL, M.; PARVEEN, A.; AKRAM, M. S.; SHAHBAZ, M.; AKBER, S.; MEHBOOB, A. Exogenous triacontanol-mediated increase in phenolics, proline, activity of nitrate reductase, and shoot k+ confers salt tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Braz. Journal of Botany**, v. 40(1), p. 1–11, 2017.

RAJAN, S.; TIWARI, D.; SINGH, V. K.; SAXENA, P.; SINGH, S.; REDDY, Y. T. N.; UPRETI, K.; K.; BURONDKAR, M. M.; BHAGWAN, A.; KENNEDY, R. Application of extended BBCH scale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Applied Horticulture**, v.13, n. 2, p. 108-114, 2011.

RAMANJULU, S.; BARTELS, D. Drought- and desiccation-induced modulation of gene expression in plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 141-151, 2002.

RIES, S. Triacontanol and its second messenger 9-b-L-adenosine as plant growth substances. **Plant Physiology**, v. 95, p. 986-989, 1991

RIES, S.; HOUTZ, R. Triacontanol as a plant growth regulator. **Horticulturae Science**, v.18, p.654-662, 1983

RODRIGUES, L.A.; BATISTA, M.S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES, C. Z. avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Revista Nucleus**, v.12, n.1, 2015.

SILVA, C. R. R. E.; FONSECA, E. B. A.; MOREIRA, M. A. **Cultura da Mangueira**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001.

SILVA, J. D. S. Análise da eficiência econômica dos produtores de manga do Vale do São Francisco. Dissertação (Mestrado em Economia). p. 87, 2014.

SILVA, K. K. A., ONO, E. O., MOUCO, M. D. C., SILVA, G. J. N., DE SOUZA, R. J. M., DA SILVA, N. C., & SILVA, R. Uniconazole no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 507-517, 2015.

SILVA, M.A.; CATO, S.C.; COSTA, A.G.F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, v.24, n.2, p.23-33, 2010.

- SHAHBAZ, M.; M. ASHRAF, N.A.; AKRAM, A.; HANIF, S.; HAMEED, S.; JOHAM R. REHMAN. Salt-induced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Acta Physiology Plant**, v. 33, p. 1113-1122, 2011.
- SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Improving salinity tolerance in cereals. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, p. 237-249, 2013.
- SHARMA, P.; JHA, A.B.; DUBEY, R.S.; PESSARKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, p.1-26, 2012.
- SINGH, M.; KHAN, MMA.; MOINUDDIN, NAEEM M. Augmentation of nutraceuticals, productivity and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) through triacontanol application. **Plant Biosyst**, v. 146, p. 106–113, 2011.
- SINGH, Z.; SINGH, R. K.; SANE, V. A.; NATH, P. Mango-postharvest biology and biotechnology. *CRC. Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 32, p. 217–236, 2013.
- SIVAKUMAR, D.; JIANG, Y. & YAHIA, E. M. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1254-1263, 2011.
- SOUNDARARAJAN M.; SWAMY G. S.; GAONKAR S. K.; DESHMUKH S. Influence of triacontanol and jasmonic acid on metabolomics during early stages of root induction in cultured tissue of tomato (*Lycopersicon esculentum*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** (PCTOC), v. 133, p. 147–157, 2018.
- SPOEL, S.H.; LOAKE, G.J. Redox-based protein modifications: The missing link in plant immune signalling. **Current Opinion in Plant Biology**, v.14, p. 358–364, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I, M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6ed, Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VENDRUSCOLO, E. P.; RABELO, R. S.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SEMEMSATO, L.R.; SELEGUINI, A. Alterações físico-químicas em frutos de melão rendilhado sob aplicação de bioestimulante. **Revista colombiana de ciências hortícolas**, v.11, n.2, p. 459-463, 2017.
- VERMA, A.; MALIK, C.P.; GUPTA, V.K.; BAJAJ, B.K. Effects of in vitro triacontanol on growth, antioxidant enzymes, and photosynthetic characteristics in *Arachis hypogaea* L. **Journal Plant Physiology**, v. 23 (4), p. 271–277, 2011.
- VURUKONDA, S.S.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Research in Microbiology**, v. 184, p. 3–24, 2016.
- WAQAS M.; SHAHZAD R.; KHAN A. L.; ASAF S. KIM Y.; KANG S.; BILAL S.; HAMAYUN M.; LEE I. Salvaging effect of triacontanol on plant growth, thermotolerance, macro-nutrient content, amino acid concentration and modulation

of defense hormonal levels under heat stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, p.118e125, 2016.

WANG, W.; VINOCUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought; salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, p.1–14, 2003.

WONGSRISAKULKAEW, Y.; BOONPRAKOB, U.; SETHPAKDEE, R.; JUNTAWONG, N. Effect of paclobutrazol concentrations and time of foliar application on flowering of 'Namdokmai-sitong' mango. **International Journal of GEOMATE**, p. 41–45, 2017.

YAHIA, E. M. Mango (*Mangifera indica* L.). In: ____ **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**. 3 ed. Woodhead Publishing Limited (WP), p. 492-567, 2011.

YAMADA, N., MORISHITA, H., URANO, K. SHIOZAKI, N., YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K., SHINOZAKI, K. & YOSHIBA, K. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p.1975-1981, 2005.

CAPÍTULO 2

RESPOSTAS BIOQUÍMICAS EM MANGUEIRA 'KENT' CULTIVADA NO SEMIÁRIDO SOB DIFERENTES DOSES DE MELISSIL ÁLCOOL¹

RESUMO

O manejo adotado para cultura da mangueira exige que em uma determinada fase a lâmina de irrigação seja reduzida visando promover uma florada mais uniforme. Nesse interim, é necessário a inserção de novas alternativas que atenuem os efeitos deletérios advindos do estresse abiótico e que promova maiores produtividades. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito mitigador do melissil álcool nas respostas bioquímicas e produtiva da mangueira cv. Kent cultivada sob as condições do semiárido pernambucano. O experimento foi realizado em duas safras consecutivas, 2018 e 2019, em pomar comercial localizado na fazenda Dan, Petrolina-PE. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo avaliadas quatro plantas por parcela. O produto utilizado contendo o princípio ativo melissil álcool foi o Revigor[®]. Os tratamentos consistiram em doses de Revigor[®]: 0,0 (tratamento controle); 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 µL por planta, correspondentes as diluições de 0,00; 75; 150; 225 e 300 mL de Revigor[®]/100 L de água, respectivamente. Avaliou-se os teores foliares de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), e produção por planta (kg). Apesar das variações entre as safras, observou-se que a aplicação foliar de Revigor[®] favoreceu positivamente os teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais e atividade das enzimas SOD, APX, CAT. Houve aumento na produção de 50,85% (dose - 22,5 µL) e 64,95% (dose estimada - 21,05 µL) nas safras 2018 e 2019, respectivamente.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L. Déficit hídrico. Alterações fisiológicas. Estresse oxidativo. Mitigação de estresse.

BIOCHEMICAL RESPONSES IN MANGO 'KENT' GROWN IN THE SEMIARID UNDER DIFFERENT DOSES OF MELISSILE ALCOHOL

ABSTRACT

The management adopted for mango culture requires that, in a given phase, irrigation depth needs to be reduced to promote a more uniform flowering. In the meantime, it is necessary to insert new alternatives that mitigate the deleterious effects arising from abiotic stress and that promote greater fruit yield. Therefore, this work aimed to evaluate the mitigating effect of melissil alcohol on the biochemical and productive responses of mango cv. Kent grown under the conditions of the Pernambuco semiarid region. The experiment was carried out in two consecutive harvests, 2018 and 2019, in a commercial orchard located on Dan farm, Petrolina-

¹ Artigo a ser submetido para publicação

PE. The experimental design used was in randomized blocks, with five treatments and four replications, with four plants per plot being evaluated. The product used containing the active principle melissil alcohol was Revigor[®]. The treatments consisted of Revigor[®] doses: 0.0 (control treatment); 7.5; 15.0; 22.5 and 30.0 μL per plant, corresponding to dilutions of 0.00; 75; 150; 225 and 300 mL of Revigor[®]/ 100 L of water, respectively. Leaf contents of total amino acids, free proline, total proteins, the activity of the enzymes superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX) and catalase (CAT) and production per plant (kg/plant) were evaluated. Despite the variations between harvests, it was observed that the foliar application of Revigor[®] positively favored the total amino acids contents, free proline, total proteins and activity of the enzymes SOD, APX, CAT. There was an increase in production of 50.85% (dose - 22.5 μL) and 64.95% (estimated dose - 21.05 μL) in the 2018 and 2019 harvests, respectively.

Keywords: *Mangifera indica* L. Water deficit. Physiological changes. Oxidative stress. Stress mitigation.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se na produção mundial de manga (*Mangifera indica* L.), sendo a segunda fruta mais exportada em quantidade e a primeira em valor, gerando receita de aproximadamente US\$ 205 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Nesse contexto, o Vale do São Francisco responde por cerca de 90% das exportações de manga do país (AGROSTAT, 2018).

Na região submédica do Vale do São Francisco aliado às condições climáticas, têm se trabalhado com podas eficientes, aplicação de reguladores vegetais, maturação dos ramos e indução floral (MOUCO, 2008; CAVALCANTE et al., 2018), possibilitando o escalonamento da produção e elevadas produtividades da mangueira. Uma das práticas utilizadas na fase de maturação dos ramos é o manejo da irrigação, que consiste na redução gradativa da lâmina hídrica visando promover a maturação mais rápida e uniforme dos ramos (COUTINHO et al., 2016).

Contudo, é necessário manejar cuidadosamente a irrigação nos pomares, buscando fazê-la de forma adequada, pois o estresse hídrico em conjunto às temperaturas elevadas, é responsável por alterações em diversos processos metabólicos, como mudanças nas atividades bioquímicas e fisiológicas, incluindo fotossíntese, respiração, transpiração, metabolismo hormonal e atividade enzimática (OKUNLOLA et al., 2017). Entretanto, quando as plantas são submetidas ao estresse, as plantas utilizam sistemas enzimáticos e não enzimáticos para reduzir

efeitos nocivos do estresse oxidativo sob forte estresse abiótico. Geralmente, esses danos podem ser mediados por substâncias osmorregulatórias, como a prolina, proteína solúvel, aminoácidos e açúcar solúvel, a fim de proteger as membranas do estresse hídrico e incentivar as plantas a absorver mais água do ambiente para manter as condições fisiológicas normais (REDDY et al., 2004; TAIZ et al., 2017).

Condições estressantes podem gerar espécies reativas de oxigênio como superóxido (O_2^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), oriundos do estresse oxidativo ocasionando a inativação de enzimas, descoloração de pigmentos, peroxidação de lipídios e proteólise (ARMOND et al., 1978; PASTORI; TRIPPI, 1993). No entanto, quanto a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), a planta desenvolve mecanismos para eliminar ou minimizar os seus efeitos tóxicos com o propósito de manter a homeostase da célula, sendo constituído por um sistema enzimático composto pelas enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) (MARTÍ et al., 2009).

Neste contexto, tem-se buscado alternativas que visam atenuar os efeitos da imposição do estresse hídrico e das elevadas temperaturas na cultura da mangueira, mediante o uso de moléculas sinalizadoras e moduladoras de estresse, como o melissil álcool. A aplicação exógena de melissil álcool regula positivamente os genes envolvidos no processo fotossintético, regula os genes relacionados ao estresse, através da modulação das atividades de diferentes enzimas metabólicas e antioxidantes, melhora a captação de nutrientes minerais e de água, além de estimular a síntese de vários compostos orgânicos através do aumento do metabolismo do nitrogênio (PERVEEN et al., 2011, 2012; ERTANI et al., 2012).

Mediante o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito mitigador do melissil álcool nas respostas bioquímicas e produtiva da mangueira cv. Kent cultivada sob as condições do semiárido pernambucano.

MATERIAL E METÓDOS

O experimento foi desenvolvido em duas safras consecutivas, 2018 e 2019, em mangueiras da cv. Kent (*Mangifera indica* L.) com 4 anos de idade em pomar de primeiro (2018) e segundo (2019) ciclos produtivos e localizado na fazenda DAN (Desenvolvimento Agrícola do Nordeste), município de Petrolina (Latitude 9°18'19.2"S, longitude 40°33'55.9"O, e atitude de 365,5 m acima do nível do mar),

Pernambuco, Brasil. O clima da região Submédica do Vale do São Francisco é classificado como Bsh, com temperatura média anual de 26,0 °C e precipitação média anual de 481,7 mm (ALVARES et al., 2013).

Durante ambas as safras (2018/2019), os dados meteorológicos referentes à temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica foram registrados a partir da estação meteorológica automática da UNIVASF, instalada no Campus de Ciências Agrárias (Figura 1).

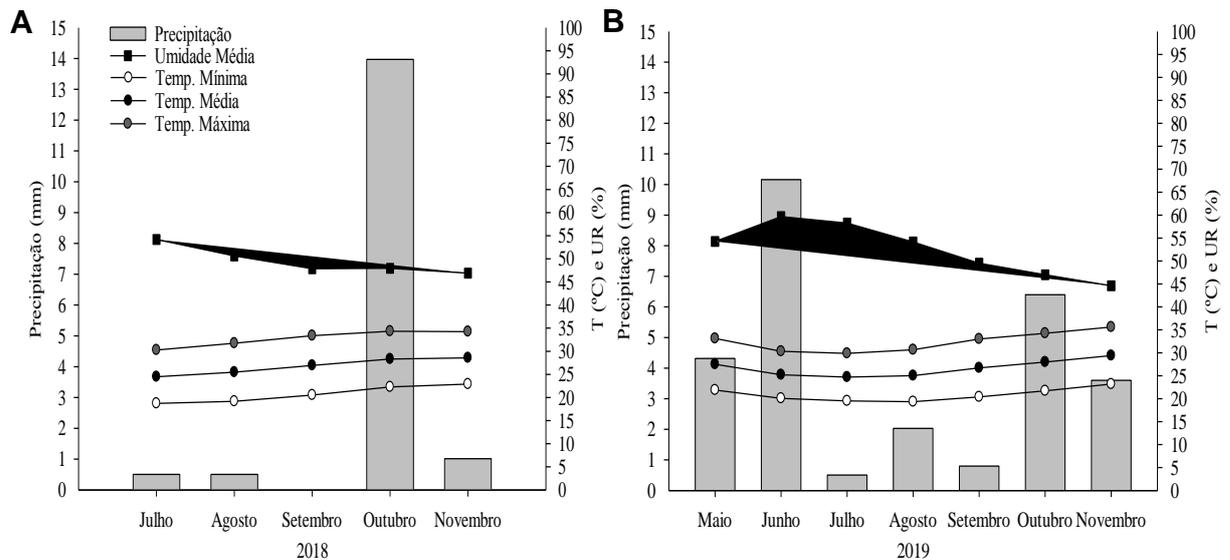


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar e precipitações registradas durante a condução dos experimentos. Petrolina-PE, 2018 (A) e 2019 (B).

As plantas foram dispostas em espaçamento de 4 x 2,5 m, com irrigação diária por sistema de gotejo com fita dupla, sendo quatro emissores por planta com vazão de 2,4 L h⁻¹. Durante a fase de estresse hídrico a lâmina foi reduzida gradualmente até 25% de sua disponibilidade, recebendo irrigação por gotejamento durante apenas 1h por dia no período da noite, em ambas as safras. Os tratamentos culturais, como poda, manejo nutricional e controle fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações e normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, avaliando-se quatro plantas por parcela. O produto utilizado contendo o princípio ativo da molécula melissil álcool foi o Revigor[®] (AQUA do BRASIL). Os tratamentos consistiram em doses do Revigor[®]: 0,00 (tratamento controle); 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 µL por planta, correspondentes as diluições de 0,00;

75; 150; 225 e 300 μL de Revigor[®]/100 L de água, respectivamente. As pulverizações foram realizadas utilizando bomba costal (capacidade 20L) até a completa cobertura das folhas pela calda. As aplicações foram feitas quinzenalmente e realizadas seguindo a fase de maturação dos ramos até início da frutificação, e foram prosseguidas nas fases de maturação de ramos, indução floral, florescimento pleno e frutificação inicial. As coletas do material vegetal para as avaliações bioquímicas foram realizadas 48 horas após cada aplicação.

Durante o primeiro experimento (safra 2018), as aplicações iniciaram na fase de indução floral, sendo que a lâmina de irrigação praticada na fase anterior (maturação de ramos) ainda não havia sido modificada e, portanto, as plantas ainda permaneciam sob déficit hídrico. As quatro primeiras aplicações nessa safra foram distribuídas semanalmente a fim de recompensar o período não avaliado e posteriormente foram dispostas quinzenalmente. Durante o segundo experimento, as aplicações tiveram início na fase de maturação dos ramos. Visto que na primeira safra não foi verificada diferença entre o tempo de ação do produto para as escalas semanais e quinzenais de aplicações, ajustou-se na segunda safra as aplicações para intervalo de 15 dias a fim de otimizar a condução do experimento (Figura 2).

Todo o material vegetal coletado foi conduzido ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNIVASF, para quantificação dos teores foliares de aminoácidos livres, seguindo a metodologia descrita por Yemm e Cocking, (1955); prolina livre, seguido a metodologia descrita por Bates (1973); e proteínas solúveis totais segundo Bradford (1976). As atividades das enzimas SOD, APX e CAT, foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Giannopolitis e Ries (1997), Nakano e Asada (1981) e Beers e Sizer (1952), respectivamente.

Para as avaliações bioquímicas, foram coletadas folhas recém maduras dois dias após cada aplicação, estas deveriam estar localizadas nos quatro quadrantes do último fluxo vegetativo na altura mediana da copa (TEDESCO et al., 1995). Em seguida cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos identificados (por tratamento e repetição) e armazenada em caixa térmica contendo gelo a fim de conservar a estrutura e composição do material vegetal para quantificações bioquímicas. O material coletado para avaliar a atividade enzimática foi embalado em papel alumínio e armazenado em nitrogênio líquido, ainda no campo, para posteriormente ser armazenado em freezer horizontal, temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento da extração.

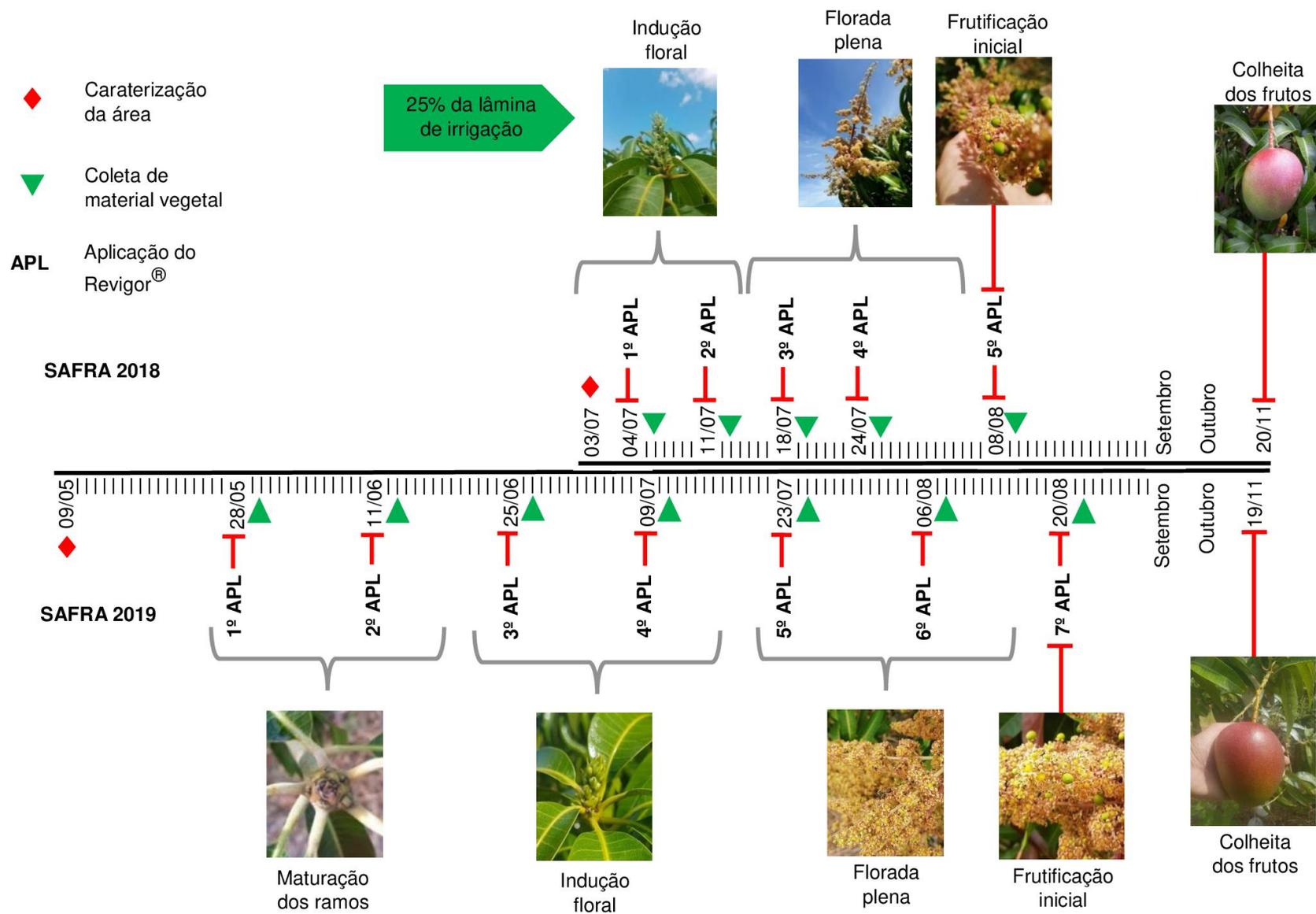


Figura 2. Cronograma de aplicação e fenofases avaliadas durante a Safra 2018 e 2019.

A colheita dos frutos foi realizada nos dias 20/11 e 19/11, nas safras 2018 e 2019 respectivamente, 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).

Para fim de caracterização do pomar, antes das aplicações dos tratamentos, foram realizadas determinações dos teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais e atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores iniciais dos teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) em folhas de manga cv. Kent coletadas no início dos experimentos.

	Variáveis					
	Aminoácidos totais	Prolina livre	Proteínas totais	SOD	APX	CAT
	----- $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF -----	----- $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF -----	mg.mL^{-1} MF	$\text{U (mg proteína)}^{-1} \text{ min}^{-1}$	$\mu\text{M.H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ MF	
Safra 2018	5,81	0,23	0,94	70,76	33,50	8,85
Safra 2019	9,06	0,23	0,82	77,16	92,32	5,62

A análise estatística foi realizada no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018). Foi realizada a análise de variância dos dados obtidos pelo teste F para verificação de efeito significativo, sendo que havendo significância, as médias do fator doses de melissil álcool foram submetidas à análise de regressão e avaliado os ajustes aos modelos lineares e quadráticos ($R^2 \geq 0,6$). A confecção dos gráficos foi feita no programa Sigmaplot[®] versão 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise de variância, os teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, atividade da superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e atividade catalase (CAT) foram influenciados pelas doses de melissil álcool, havendo oscilações entre safras e fases fenológicas (Tabela 2).

Tabela 2. Síntese da análise de variância para aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e Atividade catalase (CAT) em folhas de mangueira cv. 'Kent' em função das doses de Revigor® (MA) em diferentes fenofases.

Fonte de Variação	Valor 'F'					
	Aminoácidos totais ----- $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF -----	Proteínas totais	Prolina livre	SOD $\text{U mg}^{-1} \text{prot min}^{-1}$	APX $\mu\text{M H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ MF	CAT
Safra 2018						
Indução floral						
Doses MA	9,866**	0,711 ^{ns}	6,039**	0,7013 ^{ns}	0,403 ^{ns}	11,434**
Média	6,924	0,895	0,275	77,023	49,714	10,339
CV%	12,68	12,67	8,53	13,57	9,82	9,25
Florada plena						
Doses MA	2,674 ^{ns}	0,518 ^{ns}	5,934**	1,999 ^{ns}	41,656**	4,949*
Média	5,383	0,920	0,241	69,123	48,319	12,395
CV%	14,02	6,52	6,90	13,81	3,87	8,61
Frutificação inicial						
Doses MA	6,233**	0,712 ^{ns}	132,838**	0,166 ^{ns}	10,219**	6,099**
Média	5,531	0,914	0,192	70,389	38,149	15,679
CV%	17,98	12,88	3,03	14,22	5,52	8,34
Safra 2019						
Maturação de ramos						
Doses MA	28,275**	15,096**	22,188**	29,760**	63,820**	10,647**
Média	8,493	1,208	0,229	52,143	36,202	5,379
CV%	4,30	9,59	8,82	6,42	6,38	6,45
Indução floral						
Doses MA	2,754 ^{ns}	0,616 ^{ns}	1,577 ^{ns}	4,127*	13,755**	21,939**
Média	6,849	1,149	0,266	51,649	65,763	7,156
CV%	16,08	8,90	9,06	9,57	9,86	12,13
Florada plena						
Doses de MA	5,393*	1,689 ^{ns}	4,007*	6,344**	234,955**	45,246**
Média	6,561	1,210	0,278	73,869	42,877	6,824
CV%	7,66	14,39	9,63	8,93	5,86	5,56
Frutificação inicial						
Doses MA	38,535**	9,894**	24,511**	0,714 ^{ns}	21,259**	8,973**
Média	7,484	0,912	0,291	65,525	73,788	9,476
CV%	6,03	12,38	12,37	11,41	11,45	10,88

CV= Coeficiente de variação; ns = não significativo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Para os teores de aminoácidos totais quantificados na safra 2018, observou-se ajuste ao modelo quadrático para fases de indução floral e frutificação inicial, sendo que as máximas respostas foram 8,25 e 6,66 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF para as doses estimadas 14,92 e 11,93 μL de Revigor[®] por planta, respectivamente (Figura 3). Das quais obtiveram um incremento de 52,21% e 26,88% superior ao tratamento controle.

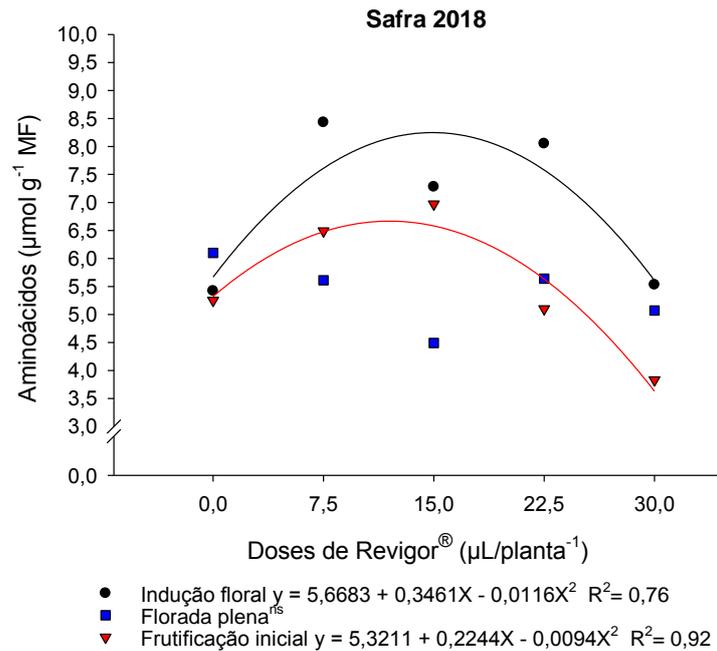


Figura 3. Teores de aminoácidos totais em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018.
ns= não significativo

O comportamento verificado no acréscimo dos teores de aminoácidos na fase de indução floral, pode ter sido influenciado pelas aplicações de nitrato de potássio durante esta fase, cuja assimilação parece induzir a formação da enzima nitrato redutase (ANUSUYA et al., 2018), que atua produzindo aminoácidos e outros compostos como a metionina, precursora do etileno, sendo considerado o agente promotor do florescimento da mangueira (SUDHA et al., 2012). Nesse sentido, a aplicação foliar de Revigor[®] contendo melissil álcool pode ter aumentado a atividade da enzima nitrato redutase, efeito já constatado por Perveen et al. (2017) em plantas de milho sob estresse salino.

Reduções nos teores de aminoácidos durante a fase de frutificação inicial são devidas a migração desses compostos de reserva para constituição de proteínas que serão essenciais no contínuo fluxo do descarregamento do floema, bem como

disponibilizar nitrogênio na forma de aminoácidos para funções metabólicas, como o triptofano para produção de auxinas que consequentemente irá favorecer o desenvolvimento dos frutos (TAIZ et al., 2017)

Quanto aos teores de proteínas totais, obteve-se ajuste polinomial quadrática para as fases de maturação de ramos e frutificação inicial, em que foi verificado efeito acentuado em função das doses de Revigor[®] para ambas fenofases (Figura 4), sendo as doses estimadas 37,33 e 16,53 μL de Revigor[®] por planta, propiciando respostas máximas de 1,34 e 1,02 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ MF. Assim, obtiveram um incremento de 45,90% e 38,96% em relação ao tratamento controle.

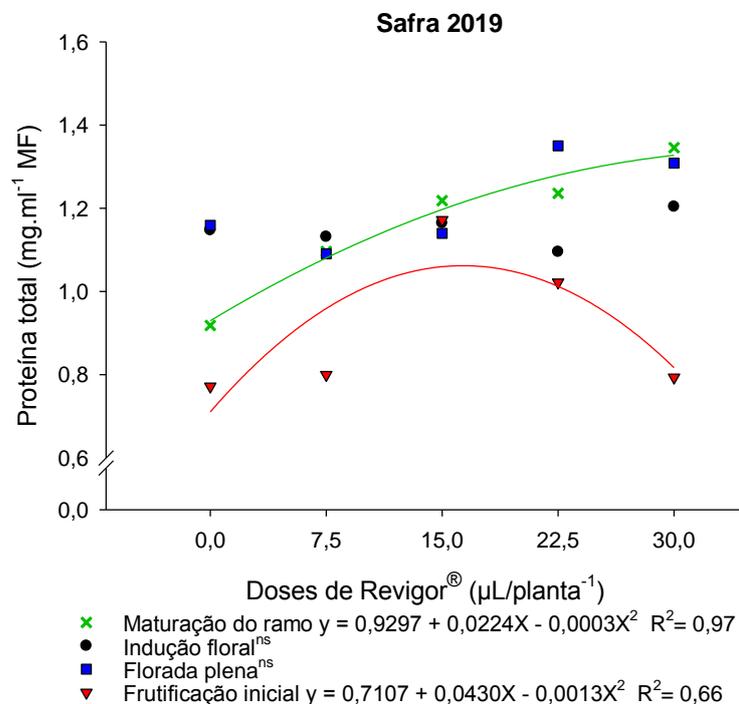


Figura 4. Teores de proteínas totais em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2019.

ns= não significativo

O efeito positivo da aplicação exógena de melissil álcool para elevação nos teores de proteínas totais também foi verificado em plantas de arroz (CHEN et al., 2002), bem como em plantas de trigo sob estresse salino (BARAKAT et al., 2013; PERVEEN et al., 2013). Além disso, ressalta-se que durante a fase de maturação de ramos ocorreu a imposição do manejo do estresse hídrico, com isso, a presença de proteínas totais pode desempenhar um papel importante no ajuste osmótico sob condições de restrição hídrica (NASCIMENTO et al., 2015). Assim, o uso do melissil

álcool demonstrou efeito atenuador diante da condição estressante que as plantas são cultivadas.

Os níveis elevados de proteínas na fase de frutificação inicial podem estar relacionados a grande taxa de divisão mitótica direcionadas ao desenvolvimento do fruto (SILVEIRA et al. 2004), além do que, proteínas como invertase e transportadoras de hexose são necessárias para o descarregamento do floema, as quais favorecem o fornecimento contínuo de carboidratos sendo necessárias para que os açúcares entrem nas células do tecido dreno (TAIZ et al., 2017).

Em relação aos teores de prolina livre na safra 2018, o ajuste ao modelo polinomial quadrático revelou aumento nos teores desse aminoácido nas fases de indução floral e frutificação inicial (Figura 5A), sendo as doses máximas estimadas 15,75 e 9,25 μL de Revigor[®] por planta, com respostas de 0,31 e 0,21 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF, obtendo-se incrementos percentuais de 19,23% e 10,52% em relação ao tratamento controle. Para a safra 2019, o ajuste ao modelo quadrático deu-se apenas para a fase de maturação de ramos, demonstrando efeito crescente nos teores de prolina livre para as plantas submetidas as maiores doses de Revigor[®] (Figura 5B).

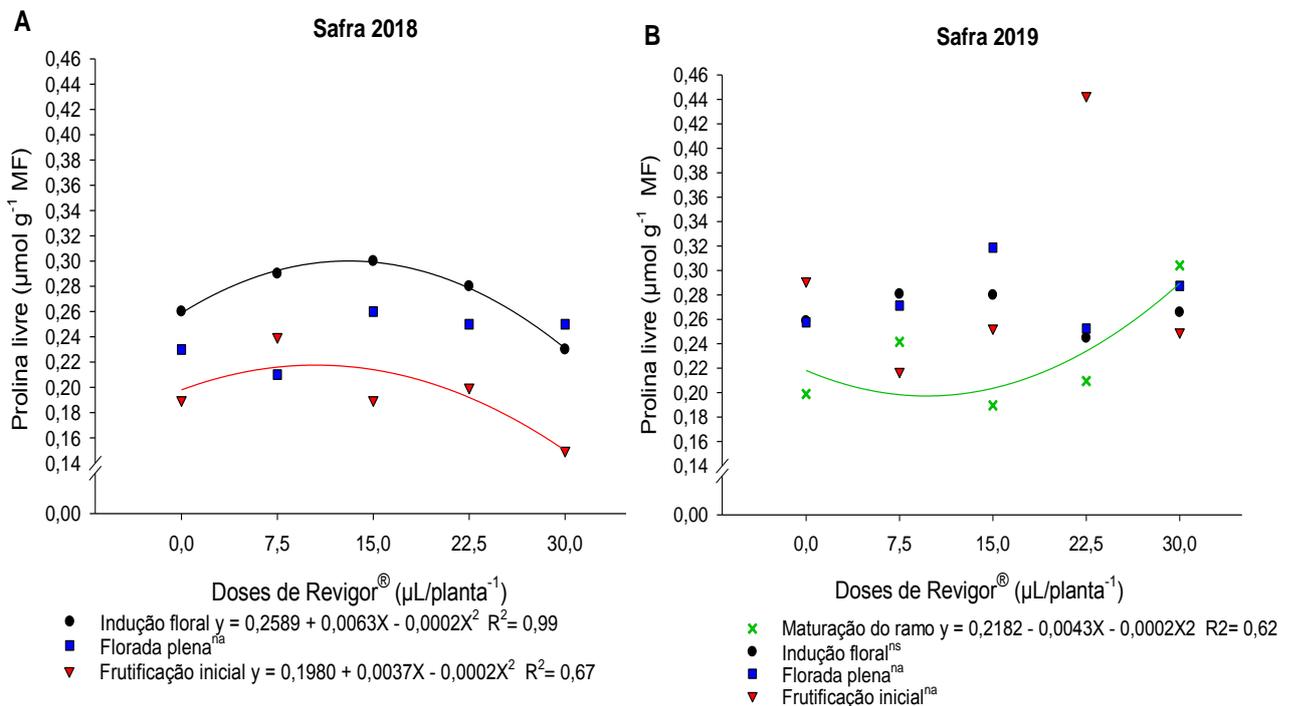


Figura 5. Teores de prolina livre em folhas de mangaieira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e 2019 (B).
na= não ajustado aos modelos; ns= não significativo

A elevação nas concentrações de prolina livre em função das doses de Revigor[®] na fase de indução floral (Safra 2018), cujo manejo do estresse hídrico permanecia com apenas 25% de disponibilidade da lâmina de irrigação, indica que a

aplicação exógena de melissil álcool proporcionou maior conforto às plantas submetidas ao déficit hídrico, resultados que corroboram com Perveen et al. (2016), que relataram que a aplicação exógena de melissil álcool em cultivares de milho sob estresse hídrico, aumentaram a concentração de prolina livre.

O aumento nos teores de prolina livre na fase de maturação de ramos (Safrá 2019) possibilitou verificar o efeito mitigador nas plantas tratadas com Revigor[®]. Além disso, o acúmulo desse osmorregulador pode ocorrer em consequência da maior desidratação nessas plantas, pois a prolina atua como um osmorregulador importante para processos de ajustamento osmótico, destacando-se como aminoácido chave por ser acumulado em grandes quantidades nas plantas (RHEIN et al., 2011).

Contudo, a atuação do melissil álcool ao favorecer o acúmulo de prolina em plantas sob estresse também foi observada por Aziz e Shahbaz (2015), que testaram pulverizações de melissil álcool em três estágios de crescimento em mudas de girassol, resultando em maior acúmulo de glicina betaína e prolina do que em mudas tratadas com apenas NaCl. Sarwar et al. (2017), observaram que sementes de pepino pré-tratada (*Cucumis sativus* L.) com melissil álcool obtiveram maior acúmulo de prolina quando submetidas ao regime de salinidade. Khanam e Mohammad (2018) trabalharam com hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) e constataram que a aplicação foliar de melissil álcool melhorou o conteúdo de prolina.

Quanto ao decréscimo nos níveis de prolina referente ao aumento das doses (22,5 e 30,0 µL de Revigor[®] por planta) na fase de frutificação inicial pode ser uma resposta natural, visto que a irrigação nessa fase já havia sido normalizada. Essa tendência também foi observada por Perveen et al. (2016), que na reidratação, todas as plantas reduziram a concentração de prolina, pois nas condições ideais de disponibilidade hídrica as plantas expressam rapidamente genes responsáveis pela produção de enzimas que degradam a prolina (VANKOVÁ et al., 2012). Com isso, a redução de prolina nas plantas reidratadas pode indicar que essas estabeleceram os níveis normais desse aminoácido, recuperando-se do estresse, independentemente das doses de Revigor[®].

As respostas das plantas quando cultivadas em condições de estresse tem sido monitoradas não apenas pela variação de moléculas como aminoácidos e proteínas, mas também pelo monitoramento das respostas de enzimas relacionadas com a eliminação de compostos tóxicos, resultantes de tais condições, como SOD,

APX e CAT. A atividade da enzima SOD foi ajustada ao modelo polinomial quadrático apenas para florada plena, apresentando uma redução na atividade desta enzima ocasionado pela inserção do Revigor[®] e conseguinte aumento para a maior dose (Figura 6).

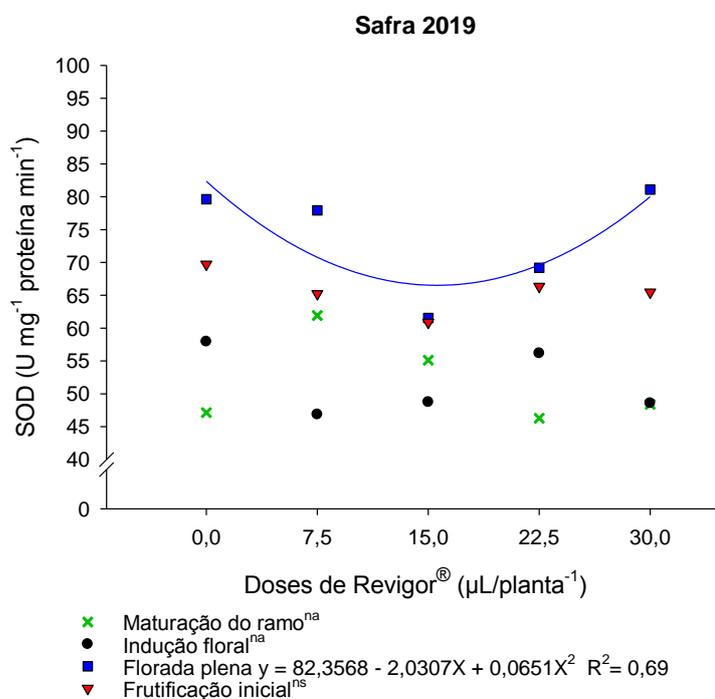


Figura 6. Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2019. na= não ajustado aos modelos; ns= não significativo

Reduções na atividade da SOD durante a florada plena, deve-se a normalidade da lâmina de irrigação, logo, considerando que as plantas estavam em conforto hídrico, a baixa atividade da mesma por meio da adição dos tratamentos intermediários de Revigor[®] desencadeou maior conforto no sistema antioxidante das plantas. Por outro lado, quando as plantas estão em condições de estresse o aumento na atividade da SOD torna-se favorável, como observado em plantas de girassóis e *Mentha piperita* L. submetidas ao estresse salino, ambas espécies vegetais responderam com maior atividade da SOD em função da aplicação do melissil álcool (SHAHBAZ, 2011; KHANAM e MOHAMMAD, 2018; ISLAM et al., 2020). Entretanto, a aplicação foliar de melissil álcool não alterou a atividade da SOD em plantas de trigo sob estresse salino (PERVEEN et al., 2014).

Quanto à atividade da enzima APX, houve ajuste ao modelo quadrático para a fase de maturação do ramo, indução floral, florada plena e frutificação inicial (Figura

7), observando-se efeito crescente na ação enzimática em função das doses na fase de maturação do ramo e posterior redução nas demais fases, havendo apenas um aumento expressivo na maior dose (30 μL de Revigor[®] por planta) na fase de frutificação inicial. Contudo, a dose estimada que proporcionou efeito acentuado na fase de maturação do ramo corresponde à 25,40 μL de Revigor[®] por planta, resultando em 42,90 $\mu\text{M.H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ na atividade da APX, sendo 67,11% superior ao tratamento controle.

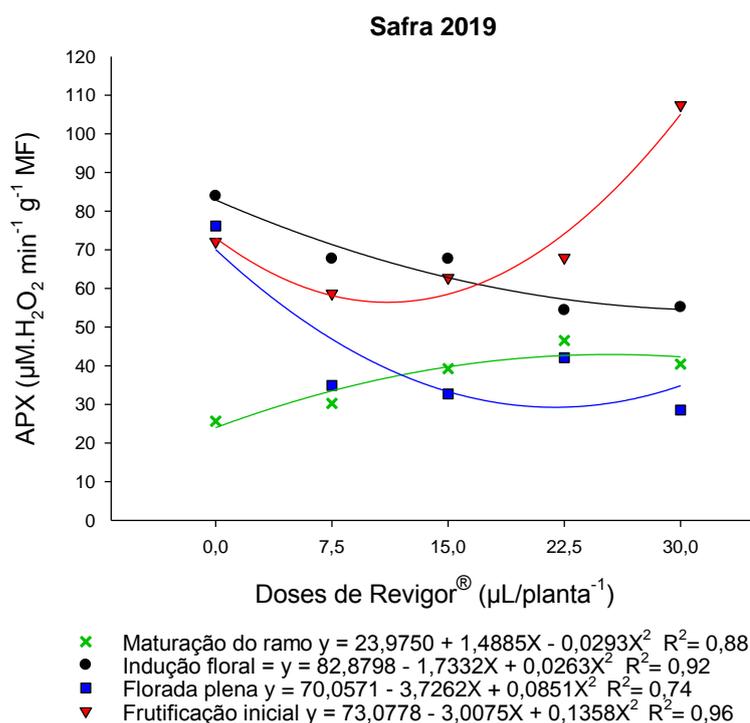


Figura 7. Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) em folhas de mangaieira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2019.

É evidente que a aplicação exógena de Revigor[®] favoreceu no aumento da atividade da enzima ascorbato peroxidase, mitigando o estresse oxidativo decorrente do estresse hídrico na fase de maturação do ramo. Além de que, a redução da APX nas demais fases quando comparadas com as plantas do tratamento controle, demonstra que as plantas tratadas com Revigor[®] condicionaram maior conforto, visto que a lâmina de irrigação já havia sido retomada. Modulações positivas na atividade da APX também foi observada por Karam e Karamat (2017), no qual relataram que pulverizações foliares de 10 e 20 μM de melissil álcool provaram ser eficazes na redução dos efeitos tóxicos do estresse de salinidade em *Coriandrum*

sativum L. através da modulação das atividades das enzimas CAT, APX, SOD e POD.

Nesse sentido, há relatos de que o melissil álcool modula positivamente os mecanismos envolvidos no aumento de enzimas antioxidantes funcionando como um bom mediador antioxidante, como também inibe o colapso da peroxidação lipídica de reações não enzimáticas e enzimáticas (KHAN et al., 2009; ERTANI et al., 2012). De acordo com Sales et al. (2013), quando a planta se encontra em condições de estresse, a enzima APX é rapidamente ativada, com o intuito de atenuar os danos fotoquímicos.

No que se refere a atividade da CAT para a safra 2018, houve ajuste ao modelo quadrático para a fase de indução floral e frutificação inicial (Figura 8A), sendo as doses estimadas de 40,87 e 10,40 μL de Revigor[®] por planta, conferiram máximas respostas de 12,14 e 17,00 $\mu\text{M.H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$, gerando um incremento na atividade da CAT de 43,83 e 7,66%, respectivamente. Enquanto na safra 2019, teve ajuste ao modelo quadrático para frutificação inicial, observando-se efeito acentuado em função dos tratamentos e conseguinte redução na dose 30,0 μL de Revigor[®] por planta (Figura 8B). A dose máxima estimada foi 15,05 μL de Revigor[®] por planta, proporcionando 11,05 $\mu\text{M.H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$, elevando-se em 39,70% atividade da CAT em relação ao tratamento controle.

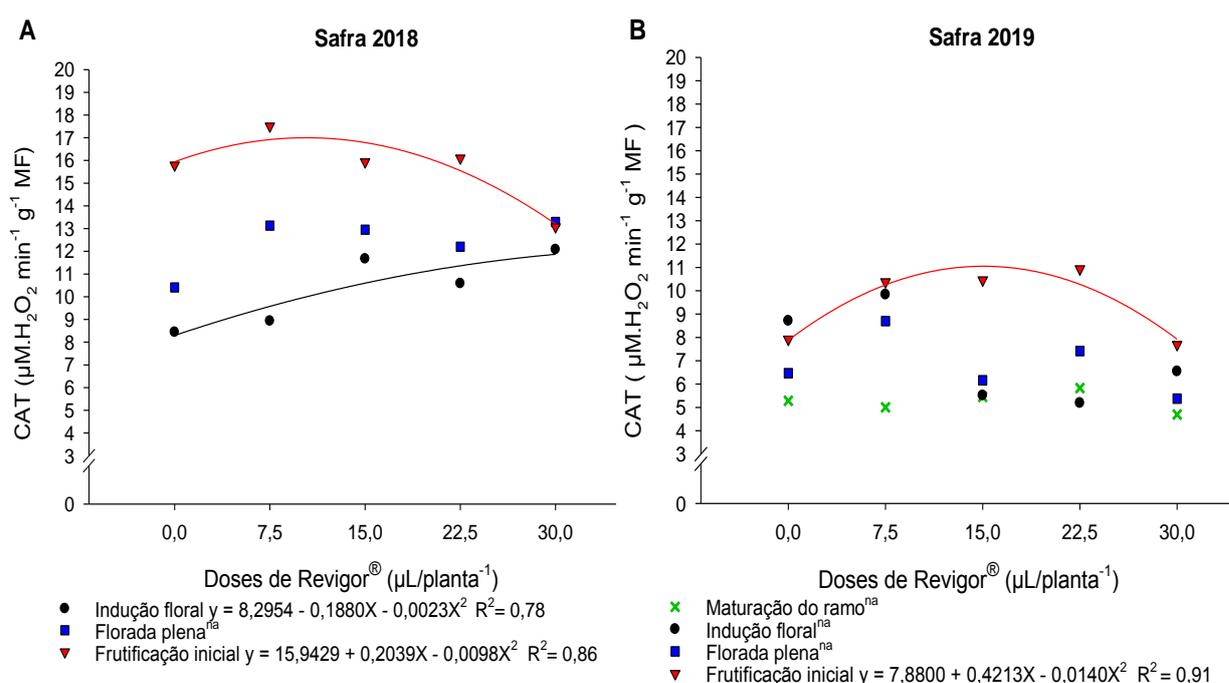


Figura 8. Atividade da enzima catalase (CAT) em folhas de manga cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B).
na= não ajustado aos modelos

A ativação da enzima CAT verificada na fase de frutificação inicial (Safrá 2018) advém do estresse térmico ocasionado pelo o aumento da temperatura e queda na umidade relativa do ar registrado no mês de agosto (Figura 1A), sendo que o a temperatura máxima situou-se em 33,36°C e queda de UR para 47,86%.

Da mesma forma ocorreu na Safrá 2019 (Figura 1B), com temperatura máxima de 33°C e UR de 49,52%. Além disso, houve uma relação entre a atividade da CAT com APX (Figura 7) para a fase em questão, observando-se que para ascorbato peroxidase a dose 0 (mínima) e a dose 30,0 (máxima) µL de Revigor® por planta apresentaram maior atividade desta enzima, enquanto que ambos tratamentos demonstraram reduções na atividade da catalase. Tal comportamento também sincroniza com os demais tratamentos, sendo que eles apresentaram reduções em APX e conseguinte aumento em CAT.

Desse modo, sabe-se que o estresse térmico limita a eficiência da assimilação fotossintética do carbono (carboxilação), com isso, o aumento progressivo da temperatura pode ter induzido a fotorrespiração (oxigenação) (TAIZ et al., 2017). Nesse caso, ocorre a produção de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) no peroxissomo, o qual pode facilmente oxidar e destruir outros compostos, entretanto, a catalase é a enzima mais abundante no peroxissomo, convertendo H₂O₂ em água, liberando oxigênio (DUBEY, 2011). Diante disso, a aplicação exógena de melissil álcool promoveu efeito mitigador com o aumento da atividade da catalase em mangueira cv. Kent, para as doses referidas anteriormente.

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 3), as doses de melissil álcool afetaram positivamente a produção de mangueira cv. Kent.

Tabela 3. Produção (kg/planta) de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor®.

Fonte de Variação	Valor 'F'	
	Safrá 2018	Safrá 2019
Doses de MA	14,756**	71,239**
Média	24,07	35,98
CV%	12,18	4,55

CV= coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01).

Quanto à produção da mangueira cv. Kent para a safrá 2018 (Figura 9A), não houve ajuste ao modelo quadrático, no entanto, entre as médias obtidas, constatou-

se que as plantas tratadas com 22,5 μL de Revigor[®] por planta foram em termos de produção de frutos, 50,85% superiores aquelas do tratamento controle, resultando em uma diferença de 11,24 kg/planta.

Conquanto, para a safra 2019, de acordo com o ajuste ao modelo quadrático, averiguou-se maior produção de frutos em mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®] (Figura 9B), sendo que a dose estimada foi de 21,05 μL de Revigor[®] por planta, correspondendo numa produção de 41,56 kg/planta, conferindo-se incremento de 64,95% em relação ao tratamento controle. Desta forma, o Revigor[®] proporcionou 16,38 kg a mais por planta. Esse melhor desempenho na safra 2019 pode ser reflexo do maior tempo de aplicação do produto, que na safra 2019 teve início já na fase de maturação de ramos.

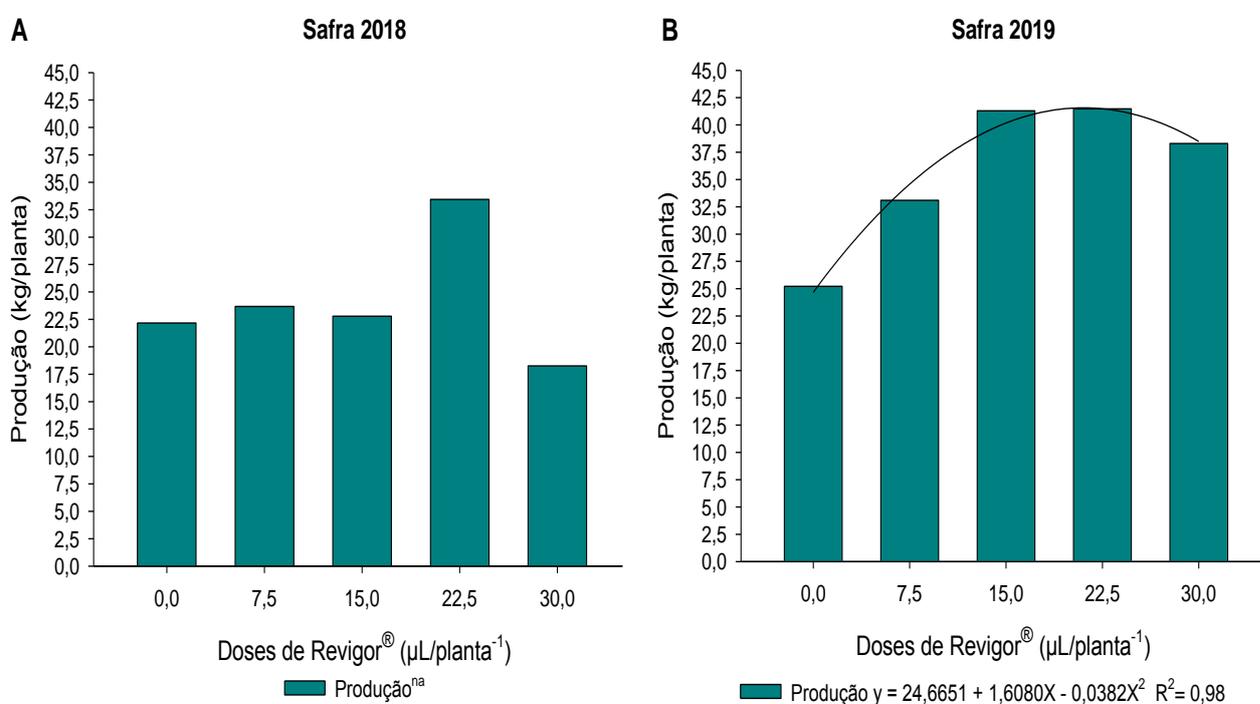


Figura 9. Produção de mangueira cv. 'Kent' em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B).

na= não ajustado aos modelos

A baixa produção averiguada na safra 2018 pode estar atrelada a idade das plantas que estavam em seu primeiro ciclo produtivo, além disso, ressalta-se que o tratamento com 22,5 μL de Revigor[®] por planta mostrou-se proeminente no aumento da produção em ambas as safras. Isso pode ter ocorrido pela zona de conforto derivada da ação efetiva do melissil álcool durante a condução do experimento, apesar das oscilações entre safras e fenofases.

Enquanto a produção verificada na safra 2019 foi favorecida por apresentarem maior peso dos frutos (dados não informados). Nesse sentido, sugere-se que o melissil álcool influenciou o peso dos frutos, fato também já registrado em frutos de goiabeira cv. Allahabad Safeda (SINGH et al., 2017), como também aumento de massa de grãos de soja 'Conquista' (CATO; CASTRO, 2004).

Ademais, os incrementos observados nesta segunda safra, como aumento nos teores de aminoácidos, proteínas totais, prolina livre e atividade da APX e CAT durante as fenofases, sucedeu em melhor condicionamento para as plantas manterem ativas suas funções metabólicas, refletindo em maior produção nas plantas tratadas com Revigor[®]. Características estas que advêm dos mecanismos desencadeados no sistema fisiológico das plantas através da inserção do melissil álcool, incluindo melhoria no crescimento e atributos físico-bioquímicos das plantas, além de melhorar a qualidade, o conteúdo e rendimento de muitas culturas (NAEEM et al., 2011; KHAN et al., 2014; SUMAN et al., 2017; ISLAM et al., 2020).

CONCLUSÕES

As respostas bioquímicas variaram entre safras e diferentes fases fenológicas, podendo-se concluir que o uso do Revigor[®] fornecendo a molécula melissil álcool interfere positivamente nos teores de aminoácidos totais, prolina livre, proteínas totais, e na atividade das enzimas superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase, atenuando o efeito do estresse oxidativo decorrentes das espécies reativas de oxigênio (EROs) e, aumentando a produção de frutos da mangueira cv. Kent em 50,85% (dose - 22,5 µL) e 64,95% (dose estimada - 21,05 µL) nas safras 2018 e 2019, respectivamente. Portanto, em decorrência das variações apresentadas no presente estudo, tem-se um indicativo da necessidade de mais pesquisas sobre o uso do melissil álcool na cultura da mangueira, para demonstrar sua biossíntese em plantas e como este regula o metabolismo da planta e quais são os fatores de transcrição envolvidos no metabolismo.

REFERÊNCIAS

AGROSTAT/MAPA. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.http>>. Acesso em 15 de agosto de 2018.

ALMENARA, M.R. Definição e Ocorrência da Fotoinibição, **LEAF**, 1998.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI 2019. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 73-75, 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Alemanha, v. 22, n.6, p. 711–728. 2013.

ANUSUYA, R.; VIJAYAKUMAR, R.M.; SRIVIDHYA, S.; SIVAKUMAR, R. Comparison of physiological and flowering parameters of main and off season by using different plant nutrients and growth hormone in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Bangalora. **Journal of Agriculture and Ecology**, v.5, p.76-82, 2018.

ARMOND, P.A.; SCHEREIBER, U; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic acclimation to temperature in the desert shrub *Larrea divaricata* L. Light – harvesting efficiency and electron transport. **Plant Physiology**, v. 61, p.411-415, 1978.

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.

AVERY, S. Molecular targets of oxidative stress. **Biochem. J**, v. 434, p. 201-210, 2011.

AZIZ, R.; SHAHBAZ, M. Triacantanol-induced regulation in the key osmoprotectants and oxidative defense system of sunflower plants at various growth stages under salt stress. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 17, p. 881–890, 2015.

CHEN, X.; H, YUAN.; R, CHEN.; L, ZHU.; B, DU.; Q, WENG.; G, HE.; Isolation and characterization of triacantanol-regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): possible role of triacantanol as plant growth stimulator. **Plant Cell Physiology**, n, 43, p. 869–876, 2002.

BAKER, B. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Boca Raton, v.59, p.89-113, 2008.

BARAKAT, N.; V, LAUDADIO.; E, CAZZATO.; V, TUFARELLI. Antioxidant potential and oxidative stress markers in wheat (*Triticum aestivum*) treated with phytohormones under salt-stress condition. **International Journal of Agriculture and Biology**, n. 5, p. 843–849, 2013.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant Soil**, v. 39, p.205-207, 1973.

BEERS JUNIOR, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxidase by catalase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 195, n. 2, p. 133-140, 1952.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

CAVALCANTE, P. G. S. Efeito do estimulante vegetal triacontanol sobre crescimento inicial e mecanismos fisiológicos de tolerância a seca de cana-de-açúcar. Tese de doutorado em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.

CASTRO, P.R. C.; CATO, S. C. Ação de Brassinolide e Triacontanol na produtividade da soja 'Conquista'. **Revista de Agricultura**, v. 79, n. 2, p. 335-348, 2004

COUTINHO, G.; COSTA, I. de J.S.; PIO, L.A.S. **Indução floral em mangueira (*Mangifera indica* L.)**. Boletim técnico: Lavras-MG, nº 101, p.1-22, 2016.

DEMIDCHIK, V. Reactive oxygen species, oxidative stress and plant ion channels. In: Ion Channels and Plant Stress Responses. **Springer Berlin Heidelberg**, p. 207-232, 2010.

DUBEY, R. S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S. D. (Ed.) Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. **Enfield: Science Publishers**, p.178-203, 2010.

EINALI, A. The induction of salt stress tolerance by propyl gallate treatment in green microalga *Dunaliella bardawil*, through enhancing ascorbate pool and antioxidant enzymes activity. **Protoplasma**, v. 255, n.2, p. 601-611, 2018.

ERTANI, A.; SCHIAVON, M.; MUSCOLO, A.; NARDI, S. Alfalfa plant derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. **Plant and Soil**, v. 364, p.145–158, 2012.

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.

GOMES, E.C. de S.; BARBOSA, J.; RIBEIRO, W.S.; MARQUES, M.A.D.; PEREZ, J.O.; FREIRE, J.L. de O.; LIMA, A.N. de. **Utilização do bioestimulante Ecolife® na indução de florada em manga (*Mangifera indica* L.) “Tommy Atkins” no Vale do São Francisco., em Petrolina-PE**. Engenharia ambiental- Espírito Santo do Pinhal, v.5, p.86-93, 2008.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v.59, n.2, p.309-314, 1977.

ISLAM, S.; ZAID, A.; MOHAMMAD, F. Role of Triacontanol in Counteracting the III Effects of Salinity in Plants: A Review. **Journal of Plant Growth Regulation**, 2020.

JESUS JUNIOR, C.; SIDONIO, L.; MORAES, V. E. G. Fruticultura: formas de organização nos principais países exportadores. **BNDES Setorial**, v. 4, p. 239-270. 2011.

KANAYAMA, Y.; KOCHETOV, A. **Abiotic stress biology in horticultural plants**. 2015.

KARAM, E. A.; KERAMAT, B. Foliar spray of triacontanol improves growth by alleviating oxidative damage in coriander under salinity. **Indian Journal Plant Physiology**, v.22, p. 120–124, 2017.

KARAM, E. A.; MARESCA, V.; SORBO, S.; KERAMA, B.; BASILE, A. Effects of triacontanol on ascorbate-glutathione cycle in *Brassica napus* L. exposed to cadmium-induced oxidative stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.144, p. 268–274, 2017.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.C; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIMW. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.6, p. 709. 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.

KHAN, Z.H.; MOHAMMAD, F.; KHAN, M.M.A. Enhancing the growth, yield and production of essential oil and citral in lemongrass by the application of triacontanol. **International Journal of Agricultural Research**, v.4, p.113–122, 2014.

KHANAM, D.; MOHAMMAD, F. Plant growth regulators ameliorate the ill effect of salt stress through improved growth, photosynthesis, antioxidant system, yield and quality attributes in *Mentha piperita* L. **Acta Physiology Plant**, v.40, p.188, 2018.

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**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. 72p.

LI, X.; ZHONG, Q.; LI, Y.; LI, G.; DING, Y.; WANG, S.; CHEN, L. Triacontanol reduces transplanting shock in machine-transplanted rice by improving the growth and antioxidant systems. **Frontiers Plant Science**, v.7, p.872, 2016.

MARTI, C. M.; CAMEJO, D.; GARCIA-FERNANDEZ, N.; ALVEREZ-RELLAN, R.; MARQUES, S.; SEVILLA, F.; JIMENEZ, A. Effect of oil refinery sludges on the growth and antioxidant system of alfalfa plants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 171, p. 879-885, 2009.

MAXWELL, K.; JOHNSON, N. Chlorophyll Fluorescence – A Practical Guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 354, p. 659-668, 2000.

MOUCO, M. A. D. C. Manejo da floração de mangueiras no semi-árido do nordeste brasileiro com inibidores da síntese de giberelinas. Botucatu, 2008.

MOURA, M. S. B. de; OLIVEIRA, L. D. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; MOUCO, M. A. do C.; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, T. G. F. Aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 496-509, 2015.

NAEEM, M.; KHAN, M. M. A.; IDREES, M.; AFTAB, T. Triacantanol mediated regulation of growth and other physiological attributes active constituents and yield of *Mentha arvensis* L. **Plant Growth Regulation**, v.65, p.195–206, 2011.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplast. **Plant Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NASCIMENTO, H. H. C. SANTOS, C. A. FREIRE, C. S. SILVA, M. A. NOGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.641-653, 2015.

NOCTOR, G.; FOYER C. H. Ascorbate and Glutathione: Keeping active oxygen under control. **Annual review plant physiology molecular biology**, v.49, p.249-27, 1998.

OKUNLOLA, G.O.; OLATUNJI, O.A.; AKINWALE, R.O.; TARIQ, A.; ADELUSI, A.A. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. **Science Horticulturae**, v. 224, p. 198–205, 2017.

PATIL, P.B., RAO, M.M., BASARKAR, P.W., SRINIVASAN, C.N., NALWADI, U.G.: Physiological and Biochemical factors associated with fruit bud differentiation in Alphonso Mango – Total Free Amino acids. **Journal Agriculture Science**, v. 5, p. 224-228, 1992

PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. Cross resistance between water and oxidative stresses in wheat leaves. **Journal Agriculture Science**, v. 120, p. 289-294, 1993.

PERVEEN, S.; IQBAL, M.; NAWAZ, A.; PARVEEN, A.; MAHMOOD, S. Induction of drought tolerance in *Zea mays* L. by foliar application of triacantanol. **Pakistan Journal of Botany**, v.48, n3, p.907-915, 2016.

PERVEEN, S.; IQBAL, M.; PARVEEN, A.; AKRAM, M. S.; SHAHBAZ, M.; AKBER, S.; MEHBOOB, A. Exogenous triacantanol-mediated increase in phenolics, proline, activity of nitrate reductase, and shoot k+ confers salt tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Braz. Journal of Botany**, v. 40(1), p. 1–11, 2017.

PERVEEN, S.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, A. Modulation in activities of antioxidant enzymes in salt stressed and non-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants raised from seed treated with triacantanol. **Pakistan Journal of Botany**, n. 43, p. 2463–2468, 2011.

PERVEEN, S.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M.; Changes in mineral composition, uptake and use efficiency of salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants raised

from seed treated with triacontanol. . **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, p. 27–35, 2012.

PERVEEN, S.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Influence of foliar-applied triacontanol on growth, gas exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence at different growth stages in wheat under saline conditions. **Photosynthetica**, v.51, n.4, p.541-551, 2013.

PERVEEN, S.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Triacontanol-induced changes in growth, yield, leaf water relations, antioxidative defense system and some key osmoprotectants in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline stress. **Turkish journal of botany**, v. 38, p. 896–913, 2014.

R CORE TEAM. 2018. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 06 de outubro de 2019.

RHEIN, A. F. L.; SANTOS, D. M. M.; DOMCARLIN, S. D. Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob os estresses hídrico e ácido no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n. 4, p.1345-1360, 2011.

RALPH, P.J.; GADEMANN, R. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity. **Aquatic Botany**, v.82, p. 222-237, 2005.

REDDY, A.R.; CHAITANYA, K.V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal Plant Physiology**, v. 161(11), p. 1189–1202, 2004.

SALES, C. R.; RIBEIRO, R. V.; SILVEIRA, J. A.; MACHADO, E. C.; MARTINS, M. O.; LAGÔA, A. M. M. Superoxide dismutase and ascorbate peroxidase improve the recovery of photosynthesis in sugarcane plants subjected to water deficit and low substrate temperature. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.73, p.326-336, 2013.

SARWAR, M.; AMJAD, M.; AYYUB, C.M. Alleviation of salt stress in cucumber (*Cucumis sativus*) through seed priming with triacontanol. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 19, p. 771–778, 2017.

SHAHBAZ, M.; M. ASHRAF, N.A.; AKRAM, A.; HANIF, S.; HAMEED, S.; JOHAM R. REHMAN. Salt-induced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Acta Physiology Plant**, v. 33, p. 1113-1122, 2011.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 2012, 2012.

SIGMAPLOT FOR WINDOWS, version 10. 2006. Disponível em: <<http://www.systat.com/products/sigmaplot/>>. Acesso em: 22 de Outubro de 2019.

SINGH, K.; SHARMA, M.; SINGH, S. K. Effect of plant growth regulators on fruit yield and quality of guava (*Psidium guajava*) cv. Allahabad Safeda. **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 11, n. 2, p. 1149-1154, 2017.

SILVEIRA, V.; FLOH, E.I.S.; HANDRO, W.; GUERRA, M.P. Effect of plant growth regulators on the cellular growth and levels of intracellular protein, starch and polyamines in embryogenic suspension cultures of *Pinus taeda*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 76, p. 53-60, 2004.

SRIVASTAV, M.; KISHOR, A.; DAHUJA, A.; SHARMA, R. R. Effect of paclobutrazol and salinity on ion leakage, proline content and activities of antioxidant enzymes in mango (*Mangifera indica* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 125, n.4, p. 785-788, 2010.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient. *In* George C. Papageorgiou and Govindjee (eds) Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and respiration Series. **Dordrecht**, p. 321-362, 2004.

SUDHA, R.; BALAMOCHAN, T.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Effect of foliar spray of nitrogenous chemicals on flowering, fruit set and yield in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. **Journal of Horticultural Science**, v.7, n.2, p.190-193, 2012.

SUMAN, M.; SANGMA, P.D.; MEGHAWAL, D.R.; SAHU, O.P. Effect of plant growth regulators on fruit crops. **Journal Pharmacog Phytochem**, v. 331, p. 331–337, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I, M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6ed, Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2^a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 174, 1995.

VANKOVÁ, R.; DOBRÁ, J.; ŠTORCHOVÁ, H. Recovery from drought stress in tobacco: an active process associated with the reversal of senescence in some plant parts and the sacrifice of others. **Plant Signaling & Behavior**, v.7, n.1, p.19-21, 2012.

YEMM, E. W.; COCKING, E. F. The determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

CAPÍTULO 3

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM MANGUEIRA 'KENT' CULTIVADA NO SEMIÁRIDO SOB DIFERENTES DOSES DE MELISSIL ÁLCOOL²

RESUMO

A imposição do estresse hídrico na cultura da mangueira conjunto à fase de maturação dos ramos possibilita o acúmulo de reservas necessário para o florescimento. No entanto, condições de déficit hídrico e as elevadas temperaturas da região semiárida podem interferir em processos fisiológicos essenciais para a planta. Com isso, têm-se buscado alternativas que atenuem os efeitos deletérios nas plantas submetidas a condições estressantes. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de pigmentos fotossintéticos, carboidratos solúveis totais e produtividade de mangueira cv. Kent cultivada no semiárido brasileiro sob o efeito do melissil álcool. O experimento foi realizado em duas safras consecutivas (2018 e 2019) e o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo avaliadas quatro plantas por parcela. O produto utilizado contendo o princípio ativo melissil álcool foi o Revigor[®]. Os tratamentos consistiram em doses de Revigor[®]: 0,0 (tratamento controle); 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 µL por planta, correspondentes as diluições de 75; 150; 225 e 300 mL de melissil álcool/100 L de água, respectivamente. Avaliou-se as seguintes variáveis: teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, carboidratos solúveis totais em folhas (CST foliar) e ramos (CST do ramo), número de panículas por planta, número de frutos por planta e produtividade (t ha⁻¹). O uso do melissil álcool afetou os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, CST foliar, CST dos ramos, número de panículas na safra 2018 e produtividade em ambas as safras, havendo oscilações entre os fatores avaliados e entre safras. Houve aumento na produtividade de 50,85% (dose - 22,5 µL) e 64,95% (dose estimada - 21,05 µL) nas safras 2018 e 2019, respectivamente.

Palavras chaves: *Mangifera indica* L. Estresses abióticos. Reguladores vegetais.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN MANGO 'KENT' GROWN IN THE SEMIARID UNDER DIFFERENT DOSES OF MELISSILE ALCOHOL

ABSTRACT

The imposition of water stress on the culture of the mango tree associated with the maturation phase of the branches allows the accumulation of reserves necessary for flowering. However, water deficit conditions and high temperatures of the semiarid region can interfere with essential physiological processes for the plant. Thereby, alternatives have been sought that mitigate the harmful effects on plants exposed to stressful conditions. Thus, this work aimed to evaluate the levels of photosynthetic pigments, total soluble carbohydrates, and fruit yield of mango cv. Kent grown in the Brazilian semiarid under the effect of melissil alcohol. The experiment was carried out

² Artigo a ser submetido para publicação

in two consecutive harvests (2018 and 2019) and the experimental design used was in randomized blocks, with five treatments and four replications, with four plants per plot being evaluated. The product used containing the active principle melissil alcohol was Revigor[®]. The treatments consisted of Revigor[®] doses: 0.0 (control treatment); 7.5; 15.0; 22.5 and 30.0 μL per plant, corresponding to dilutions of 0.0; 75; 150; 225 and 300 mL of melissil alcohol / 100 L of water, respectively. The following variables were evaluated: chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll, carotenoids, total soluble carbohydrates in leaves (leaf TSC) and branches (branch TSC), number of panicles per plant, number of fruits per plant and productivity (t ha^{-1}). The use of melissil alcohol affected the levels of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll, carotenoids, leaf TSC, branch TSC, number of panicles in the 2018 harvest and productivity in both harvests, having fluctuations among the factors evaluated and between harvests. There was an increase in fruit yield of 50.85% (estimated dose - 22.5 μL) and 64.95% (dose - 21.05 μL) in the 2018 and 2019 harvests, respectively.

Keywords: *Mangifera indica* L. Abiotic stresses. Plant regulators.

INTRODUÇÃO

A mangicultura tem ganhado espaço no mercado de exportações de frutas frescas, devido a sua alta produtividade e principalmente pela qualidade dos frutos, tornando-se a segunda fruta mais exportada pelo país (AGROSTAT/MAPA, 2017). Outro fator que tem favorecido a produção da mangueira é a adoção de novas tecnologias que têm aprimorado o manejo da floração. Dentre as fases que antecede a indução floral tem-se o período de redução da lâmina de irrigação durante a maturação dos ramos (CAVALCANTE et al., 2018) a fim de armazenar teores ótimos de carboidratos que serão direcionados ao desenvolvimento dos órgãos reprodutivos (PRASAD, 2014).

Contudo, a imposição do estresse hídrico através da redução da lâmina de irrigação na fase de maturação de ramos é imprescindível, pois o mesmo visa acelerar o acúmulo de carboidratos e promover uma florada uniforme (MOUCO, 2008; CAVALCANTE et al., 2018). No entanto, a redução hídrica deve ser feita de forma gradativa proporcionando menor estresse para as plantas. Pois a escassez hídrica aliada as temperaturas elevadas presentes no semiárido brasileiro, pode comprometer o acúmulo de carboidratos por serem utilizados como osmorreguladores em condições de estresse severo, assim, reduzindo suas reservas como forma de defesa (CHAVES et al., 2009). Além disso, mecanismos como o fechamento estomático para reduzir a perda de água por meio da transpiração, consequentemente mantendo baixa a atividade fotossintética e,

reduções nos teores dos pigmentos fotossintéticos são considerados efeitos decorrentes de ambientes estressantes (SANTOS et al., 2013; CHEN et al., 2016).

Nessas condições, têm-se aderido ao uso de reguladores vegetais que atenuam e melhoram o funcionamento dos processos metabólicos, possibilitando maior conforto e aumento do potencial genético das plantas quando submetidas a estresses abióticos, logo, visando maiores produtividades (SHAHBAZ et al., 2011). Dentre estes reguladores vegetais, tem-se o melissil álcool, que já foi relatado por aumentar os teores de pigmentos fotossintéticos (ERIKSEN et al., 1981; PERVEEN et al., 2013); melhorar a absorção de água e nutrientes minerais (CHEN et al., 2003) e aumentar vários compostos orgânicos nos tecidos foliares (KUMARAVELU et al., 2000; CHEN et al., 2003). Além de ser uma alternativa inovadora para espécies frutíferas, como a mangueira, visto que ainda não foi estudado o efeito do melissil álcool para a mesma.

À face do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de pigmentos fotossintéticos, carboidratos solúveis totais e produtividade de mangueira cv. Kent cultivada no semiárido brasileiro sob o efeito do melissil álcool.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em duas safras consecutivas, 2018 e 2019, em mangueiras da cv. Kent (*Mangifera indica* L.) com 4 anos de idade em pomar de primeiro (2018) e segundo (2019) ciclos produtivos e localizado na fazenda DAN (Desenvolvimento Agrícola do Nordeste), município de Petrolina (Latitude 9°18'19.2"S, longitude 40°33'55.9"O, e altitude de 365,5 m acima do nível do mar), Pernambuco, Brasil. O clima da região submédica do Vale do São Francisco é classificado como Bsh, com temperatura média anual de 26,0 °C e precipitação média anual de 481,7 mm (ALVARES et al., 2013).

Durante ambas as safras (2018/2019), os dados meteorológicos referentes a temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica foram registrados a partir da estação meteorológica automática da UNIVASF, instalada no Campus de Ciências Agrárias (Figura 1).

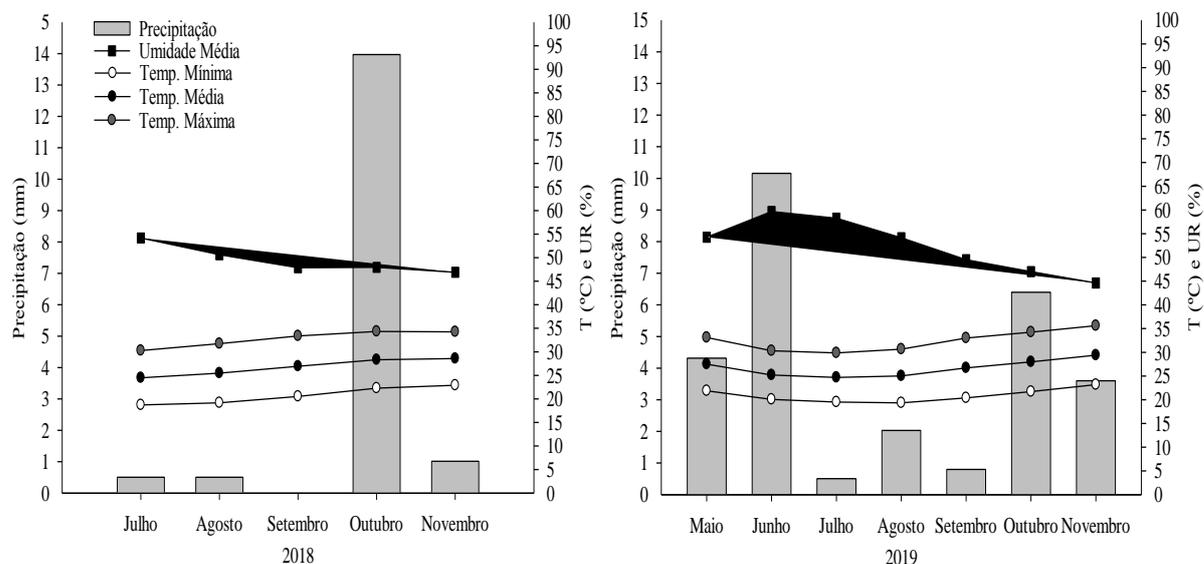


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média; umidade relativa do ar e precipitações registradas durante a condução dos experimentos. Petrolina-PE, 2018 (A) e 2019 (B).

As plantas foram dispostas em espaçamento de 4 x 2,5 m, com irrigação diária por sistema de gotejo com fita dupla, sendo quatro emissores por planta com vazão de 2,4 L h⁻¹. Durante a fase de estresse hídrico a lâmina foi reduzida gradualmente até 25% de sua disponibilidade, recebendo irrigação por gotejamento durante apenas 1h por dia no período da noite, em ambas as safras. Os tratamentos culturais, como poda, manejo nutricional e controle fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações e normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, avaliando-se quatro plantas por parcela. O produto utilizado contendo o princípio ativo da molécula melissil álcool foi o Revigor® (AQUA do BRASIL). Os tratamentos consistiram em doses de Revigor®: 0,00 (tratamento controle); 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 µL por planta, correspondentes as diluições de 0,00; 75; 150; 225 e 300 µL de Revigor/100 L de água, respectivamente. As pulverizações foram realizadas utilizando bomba costal (capacidade 20L) até a completa cobertura das folhas pela calda. As aplicações foram feitas quinzenalmente e realizadas seguindo a fase de maturação dos ramos até início da frutificação, e foram prosseguidas nas fases de maturação de ramos, indução floral, florescimento pleno

e frutificação inicial. As coletas do material vegetal para as avaliações bioquímicas foram realizadas 48 horas após cada aplicação.

Durante o primeiro experimento (safra 2018), as aplicações iniciaram na fase de indução floral, sendo que a lâmina de irrigação praticada na fase anterior (maturação de ramos) ainda não havia sido modificada e, portanto, as plantas ainda permaneciam sob déficit hídrico. As quatro primeiras aplicações nessa safra foram distribuídas semanalmente a fim de recompensar o período não avaliado e posteriormente foram dispostas quinzenalmente. Durante o segundo experimento, as aplicações tiveram início na fase de maturação dos ramos. Visto que na primeira safra não foi verificada diferença entre o tempo de ação do produto para as escalas semanais e quinzenais de aplicações, ajustou-se na segunda safra as aplicações para intervalo de 15 dias a fim de otimizar a condução do experimento (Figura 2).

Todo o material vegetal coletado foi conduzido ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNIVASF, para quantificação dos teores foliares de aminoácidos livres, seguindo a metodologia descrita por Yemm e Cocking, (1955); prolina livre, seguido a metodologia descrita por Bates (1973); e proteínas solúveis totais segundo Bradford (1976). As atividades das enzimas SOD, APX e CAT, foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Giannopolitis e Ries (1997), Nakano e Asada (1981) e Beers e Sizer (1952), respectivamente.

Para as avaliações bioquímicas, foram coletadas folhas recém maduras dois dias após cada aplicação, estas deveriam estar localizadas nos quatro quadrantes do último fluxo vegetativo na altura mediana da copa (TEDESCO et al., 1995). Em seguida cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos identificados (por tratamento e repetição) e armazenada em caixa térmica contendo gelo a fim de conservar a estrutura e composição do material vegetal para quantificações bioquímicas. O material coletado para avaliar a atividade enzimática foi embalado em papel alumínio e armazenado em nitrogênio líquido, ainda no campo, para posteriormente ser armazenado em freezer horizontal, temperatura de -20 °C até o momento da extração.

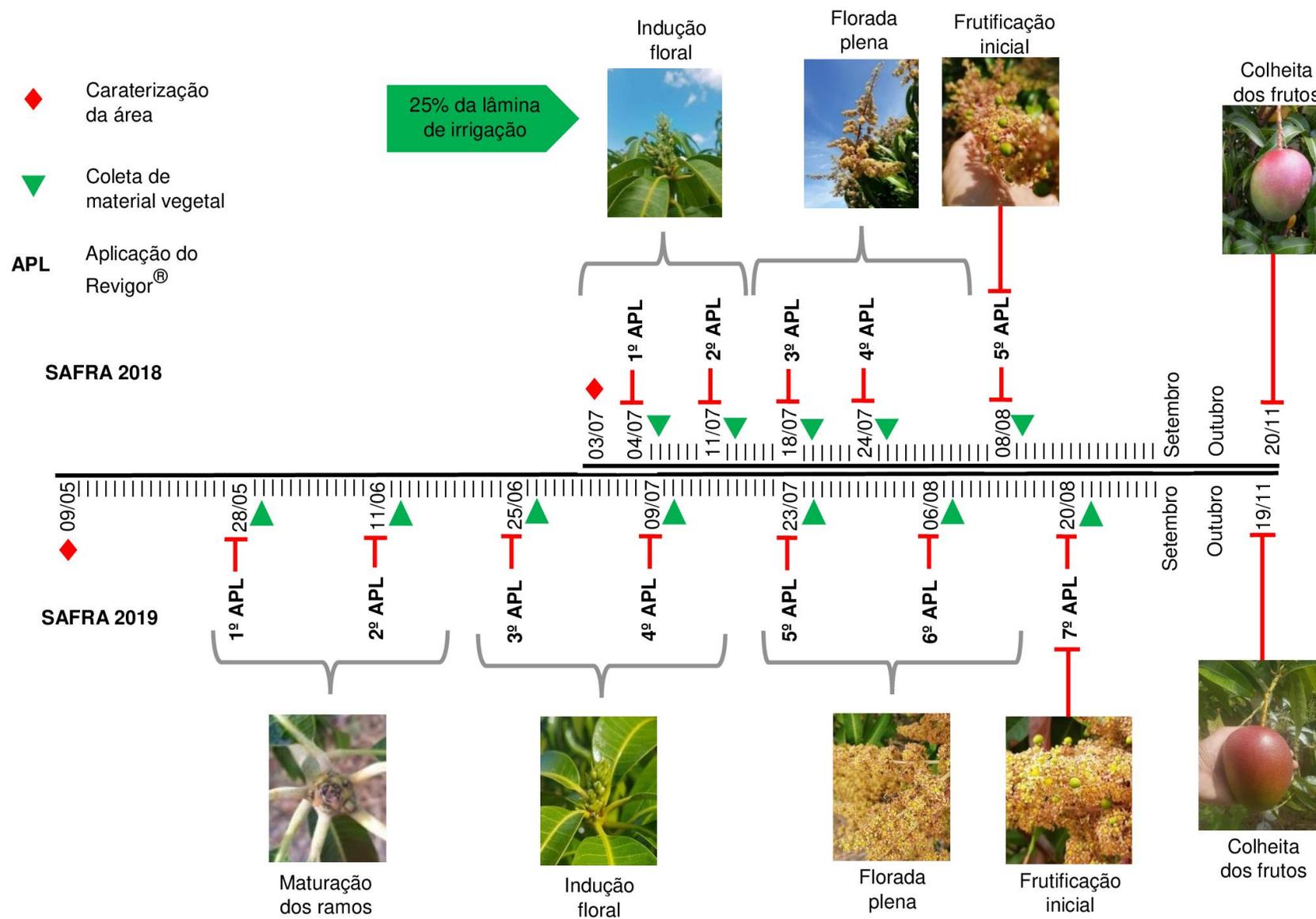


Figura 2. Cronograma de aplicação e fenofases avaliadas durante a Safra 2018 e 2019.

Para avaliar o efeito dos tratamentos nas variáveis fitotécnicas, foi realizada a contagem de todas as panículas das plantas no período de floração plena e uma semana antes da colheita foi determinado o número de frutos por panícula. A colheita foi realizada nos dias 20/11 e 19/11, nas safras 2018 e 2019 respectivamente, quando os frutos se encontravam no estágio 2 caracterizado pela coloração da polpa creme-amarelada (FILGUEIRAS et al., 2000), pesando-os para obtenção da produtividade ($t\ ha^{-1}$).

Inicialmente (antes das aplicações dos tratamentos) foi realizada a caracterização das plantas quanto aos teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total (Cloro total), carotenoides (Carot) e carboidratos solúveis totais em folhas (CST foliar) e ramos (CST do ramo) (Tabela 1).

Tabela 1. Teores iniciais de clorofila *a* (Cloro *a*), clorofila *b* (Cloro *b*), clorofila total (Cloro total), carotenoide e carboidratos solúveis totais em folha (CST foliar) e ramo (CST ramo) em mangueira cv. Kent.

	Variáveis					
	Cloro <i>a</i>	Cloro <i>b</i>	Cloro total	Carot	CST foliar	CST ramo
	-----mg g ⁻¹ MF-----			mg g ⁻¹ MF	mg g ⁻¹ MF	
Safra 2018	0,65	0,37	1,03	0,35	88,69	103,64
Safra 2019	0,97	0,29	1,28	0,39	165,37	167,00

A análise estatística foi realizada por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018). Foi realizada a análise de variância dos dados obtidos pelo teste F para verificação de efeito significativo, sendo que havendo significância, as médias do fator doses de Revigor[®] foram submetidas à análise de regressão e avaliado os ajustes aos modelos lineares e quadráticos ($R^2 \geq 0,6$). A confecção dos gráficos foi feita no programa Sigmaplot[®] versão 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, as doses de Revigor[®] influenciaram significativamente as variáveis avaliadas, havendo oscilações entre safras e fases de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Síntese da análise de variância para os teores foliares de clorofila *a* (Cloro *a*), clorofila *b* (Cloro *b*), clorofila total (Cloro total), carotenoides (Carot) e carboidrato solúveis totais em folhas (CST foliar) e ramos (CST ramos) em mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®] (MA) em diferentes fenofases.

FV	Valor 'F'					
	Cloro <i>a</i>	Cloro <i>b</i>	Cloro total	Carot	CST foliar	CST ramos
	----- mg g ⁻¹ MF -----			mg g ⁻¹ MF	---- mg g ⁻¹ MF ----	
Safra 2018						
Indução floral						
Doses MA	7,798*	42,768**	15,946**	0,539 ^{ns}	3,045 ^{ns}	4,645*
Média	0,746	0,210	0,954	0,346	122,369	125,296
CV%	12,04	13,70	12,78	10,50	7,79	6,09
Florada plena						
Doses MA	30,925*	7,988*	65,692**	27,242**	3,441**	39,142**
Média	0,757	0,417	1,176	0,367	117,648	110,362
CV%	4,39	7,78	2,42	3,05	4,36	1,61
Frutificação inicial						
Doses MA	12,981*	23,534**	40,056**	22,854**	16,490**	2,451 ^{ns}
Média	0,719	0,420	1,139	0,348	141,843	114,874
CV%	6,87	6,10	4,59	4,51	8,33	8,66
Safra 2019						
Maturação de ramos						
Doses MA	2,245 ^{ns}	23,606**	1,188 ^{ns}	2,399 ^{ns}	1,971 ^{ns}	2,728 ^{ns}
Média	0,982	0,291	1,259	0,379	172,074	221,905
CV%	12,67	9,63	13,48	8,30	8,57	13,81
Indução floral						
Doses MA	2,357 ^{ns}	14,576**	3,437*	14,481**	17,634**	4,187*
Média	0,825	0,281	1,103	0,355	156,256	165,228
CV%	9,89	8,08	8,53	4,12	7,79	10,75
Florada plena						
Doses MA	12,676**	14,415**	13,153**	14,222**	5,723**	23,504**
Média	0,790	0,225	1,040	0,335	131,497	221,355
CV%	6,59	10,71	6,28	5,80	9,75	7,24
Frutificação inicial						
Doses MA	3,354*	8,136**	3,835**	4,993*	3,043 ^{ns}	4,083*
Média	0,903	0,235	1,126	0,350	149,101	166,337
CV%	9,45	30,62	7,08	8,81	10,57	12,44

FV= fonte de variação; CV= Coeficiente de variação; ns = não significativo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

As respostas dos teores de clorofila *a* determinados na safra 2018, obtiveram ajuste ao modelo quadrático para a fase de indução floral e frutificação inicial (Figura 3A). Houve decréscimo nos teores de clorofila *a* em função das doses de Revigor[®] durante a fase de indução e posterior aumento na fase de frutificação inicial para as maiores doses de Revigor[®]. Enquanto na safra 2019, a fase frutificação inicial apresentou ajuste ao modelo quadrático (Figura 3B), sendo o teor máximo de clorofila estimado para a dose de 7,63 μL de Revigor[®] por planta, com resposta de 0,96 mg g^{-1} MF, correspondente a 3,22% de aumento em relação ao tratamento controle.

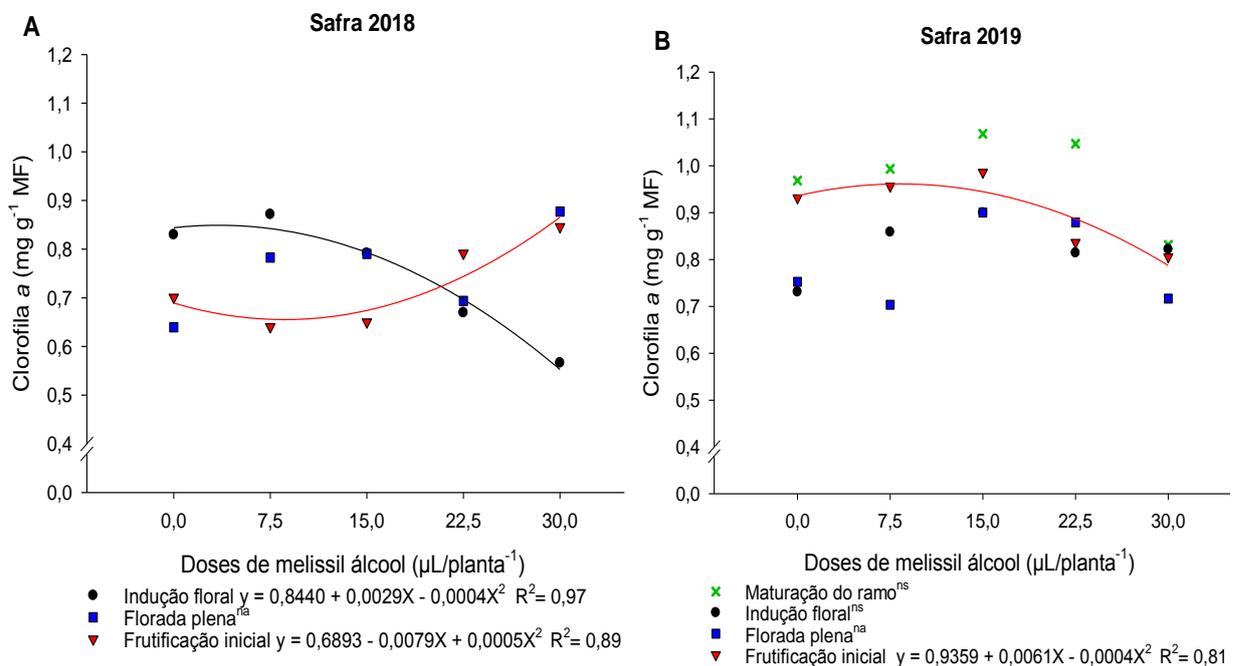


Figura 3. Teores de clorofila *a* em folhas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B). na= não ajustado; ns= não significativo.

Para os teores de clorofila *b*, verificou-se diante do ajuste ao modelo quadrático para a safra 2018 (Figura 4A), efeito decrescente por meio das doses de Revigor[®] na fase de indução floral, enquanto para a fase de frutificação inicial respondeu com aumento nos teores de clorofila *b* para as doses 22,5 e 30,0 μL de Revigor[®] por planta. Para a safra 2019 o ajuste ao modelo quadrático deu-se para a fase de maturação do ramo e florada plena (Figura 4B), mostrando efeito crescente até as doses máximas estimadas 15,3 e 15,37 μL de Revigor[®] por planta, obtendo-se respostas de 0,35 e 0,25 mg de clorofila por grama de MF, com incremento de 52,17 e 13,64% em relação ao tratamento controle.

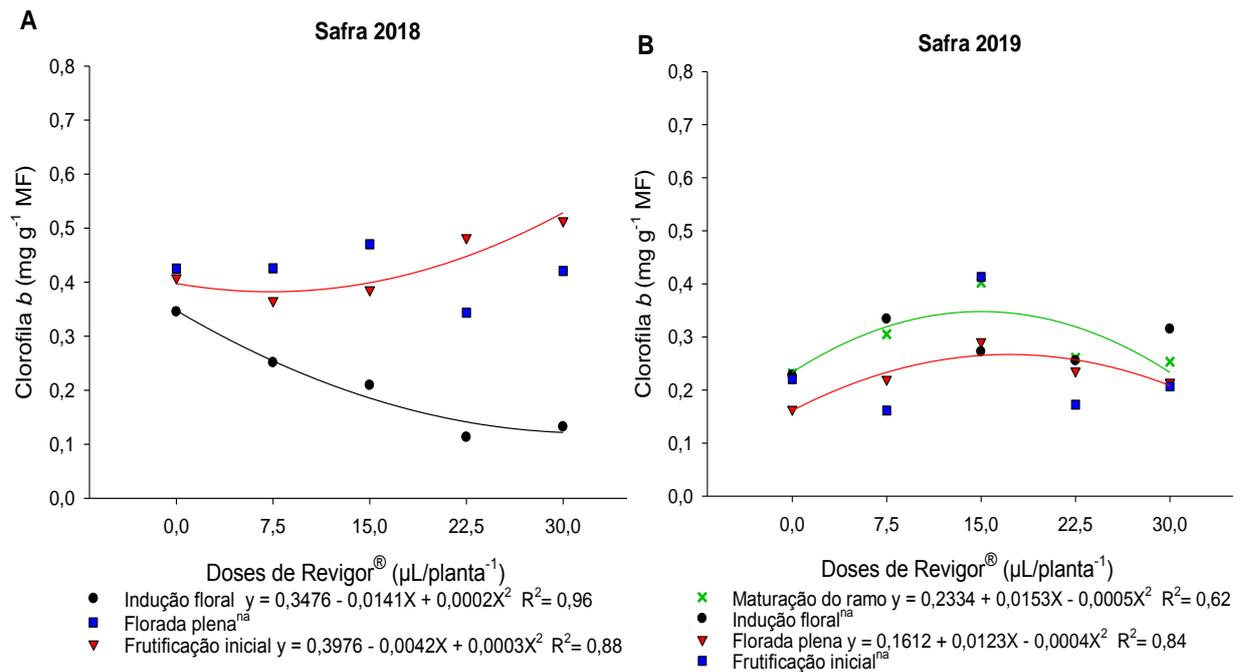


Figura 4. Teores de clorofila *b* em folhas de manga cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B).
na= não ajustado

Em relação aos teores de clorofila total para a safra 2018 (Figura 5A), os dados se ajustaram ao modelo quadrático para a fase de indução floral e frutificação inicial, sendo que durante a indução floral houve redução nos teores de clorofila total em detrimento das doses de Revigor[®], e na frutificação inicial houve aumento dos níveis de clorofila nas maiores doses de Revigor[®]. Para a safra 2019, a fase de maturação do ramo não ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 5B), enquanto as demais fases não apresentaram diferença significativa.

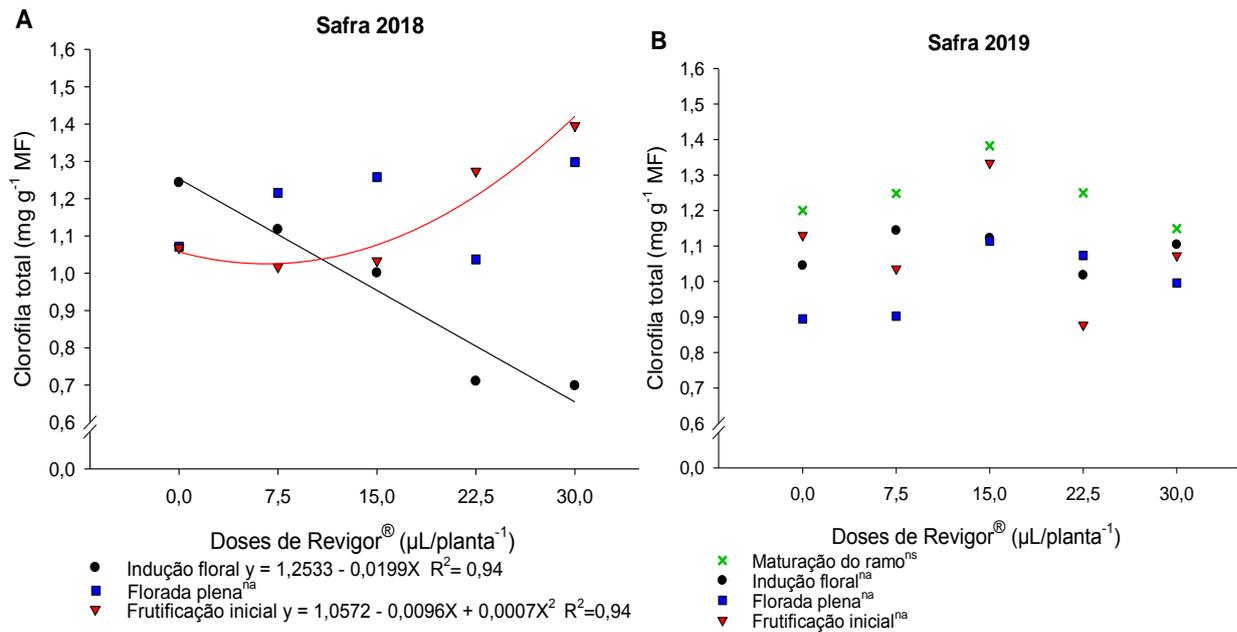


Figura 5. Teores de clorofila total em folhas de manga cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B).
na= não ajustado; ns= não significativo

Embora a ação do melissil álcool tenha apresentado oscilações entre as doses e fenofases quanto aos teores de clorofila *a*, *b* e total, há resultados positivos em outros trabalhos que reforçam a atuação do mesmo no aumento do teor de clorofila em plantas como amendoim (*Arachis hypogaea*) (VERMA et al., 2011), arroz (*Oryza sativa*) (LI et al., 2016) e milho (*Zea mays*) (PERVEEN et al., 2017). Também foi relatado acréscimos nos teores de clorofila em frutíferas como ameixa Santa Rosa álcool, na maçã Red Delicious e nas maçãs Elstar e Golden Delicious (BARUA, 1990; SHARMA, 1990; DUBRAVEC et al., 1995; SHARMA et al., 2018). Sharma e Joolka (2000) também relataram que a aplicação de melissil álcool aumentou o teor de clorofila foliar na amêndoa Non Pareil.

Todavia, a degradação de clorofila é umas das consequências ao estresse por excesso de radiação que atua dessa forma através da fotoinibição, consequentemente, reduzindo a eficiência fotossintética (DHANAPACKIAM; ILYAS, 2010). Contudo, a planta apresenta mecanismos de defesa que mantém um controle sobre a taxa de absorção da energia luminosa pela clorofila *b*, e posterior transferência para o centro de reação da clorofila *a*, assegurando o funcionamento regular da fase fotoquímica, etapa inicial do processo fotossintético (ALTON, 2017). Assim, plantas submetidas a condições estressantes podem responder com baixa

concentração de pigmentos visando captar menos energia luminosa para evitar possíveis danos fotooxidativos (TABOT; ADAMS, 2013).

No que se refere aos teores de carotenoides, os dados se ajustaram ao modelo quadrático para a fase de frutificação inicial na safra 2018 (Figura 6A), notando-se reduções nos níveis de carotenoides para as menores doses e posterior aumento para as doses 22,5 e 30,0 μL de Revigor[®] por planta. Os teores de carotenoides obtidos na safra 2019 demonstraram ajuste ao modelo quadrático para a fase de indução floral e frutificação inicial (Figura 6B), sendo a dose máxima estimada de 18,75 e 10,75 μL de Revigor[®] por planta que promoveram acúmulos de 0,39 e 0,37 mg g^{-1} MF, respectivamente, elevando-se os teores de carotenoides em 25,80 e 2,78% comparados às plantas do tratamento controle.

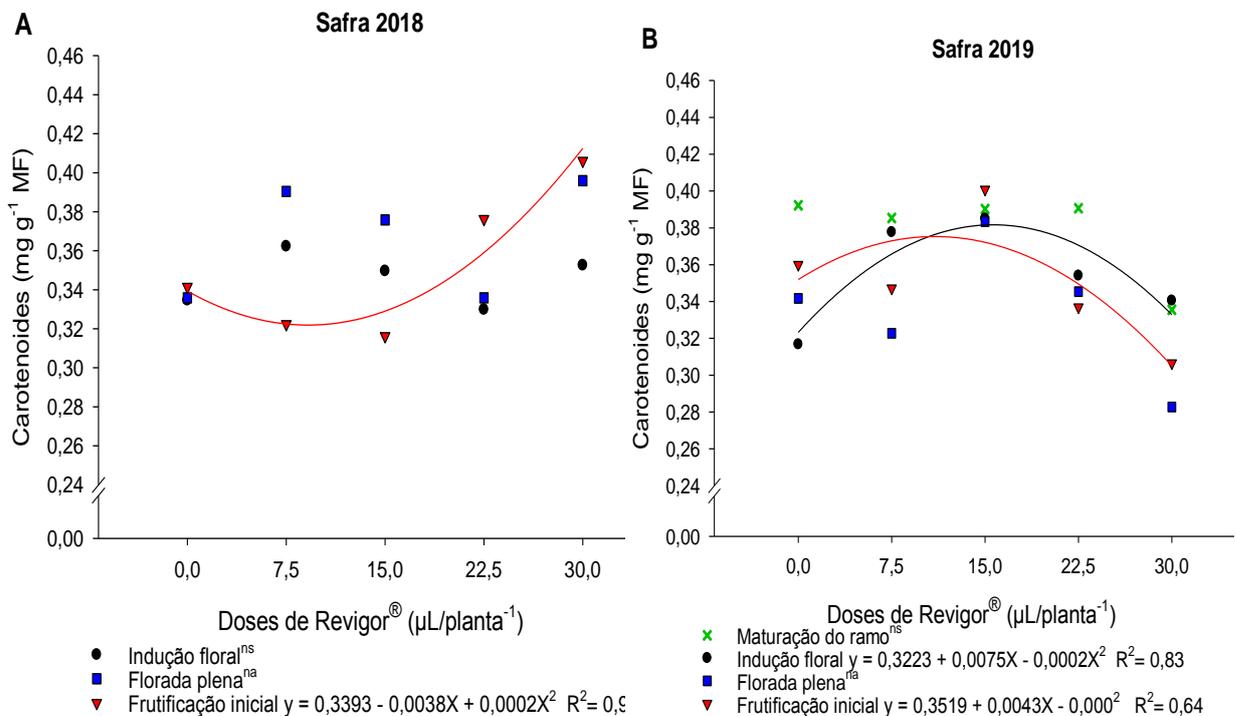


Figura 6. Teores de carotenoide em folhas de manga cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B).
 na= não ajustado; ns= não significativo

Os resultados do presente estudo corroboram com os achados por Moorthy; Kathiresan et al. (1993) e Khandaker et al. (2013), que verificaram aumento nos teores de carotenoides nas folhas de *Rhizophora apiculata* e *Buganvília* nas plantas tratadas com melissil álcool em comparação com as plantas não tratadas. Desta forma, acréscimos para a variável carotenoide implica em efeitos positivos no aparato fotossintético, uma vez que possuem função importante atuando como

pigmento acessório de captação de luz nos comprimentos de onda de 450-570nm, cuja as clorofilas não absorvem com a mesma eficiência (PORCAR-CASTELL et al., 2014; TAIZ et al., 2017). Além de que, geralmente, as plantas acumulam carotenoides visando mitigar condições estressantes, auxiliando na dissipação do excesso de energia absorvida em forma de calor, equilibrando o estado redox da célula (HARE; CRESS, 1997).

Os teores de carboidratos solúveis totais em folha para a safra 2018, apresentaram ajuste ao modelo linear na fase de florada plena (Figura 7A). Sucendendo-se em acréscimos nos teores de CST foliar em função do aumento das doses de Revigor[®], sendo a dose 30,0 µL de Revigor[®] por planta responsável pela resposta máxima (123,50 mg g⁻¹ MF), com aumento percentual de 9,82% a mais que o tratamento controle. Para a safra 2019, obteve-se ajuste ao modelo quadrático na fase florada plena (Figura 7B), conferindo decréscimo nos teores de CST foliar nas plantas submetidas as doses de Revigor[®].

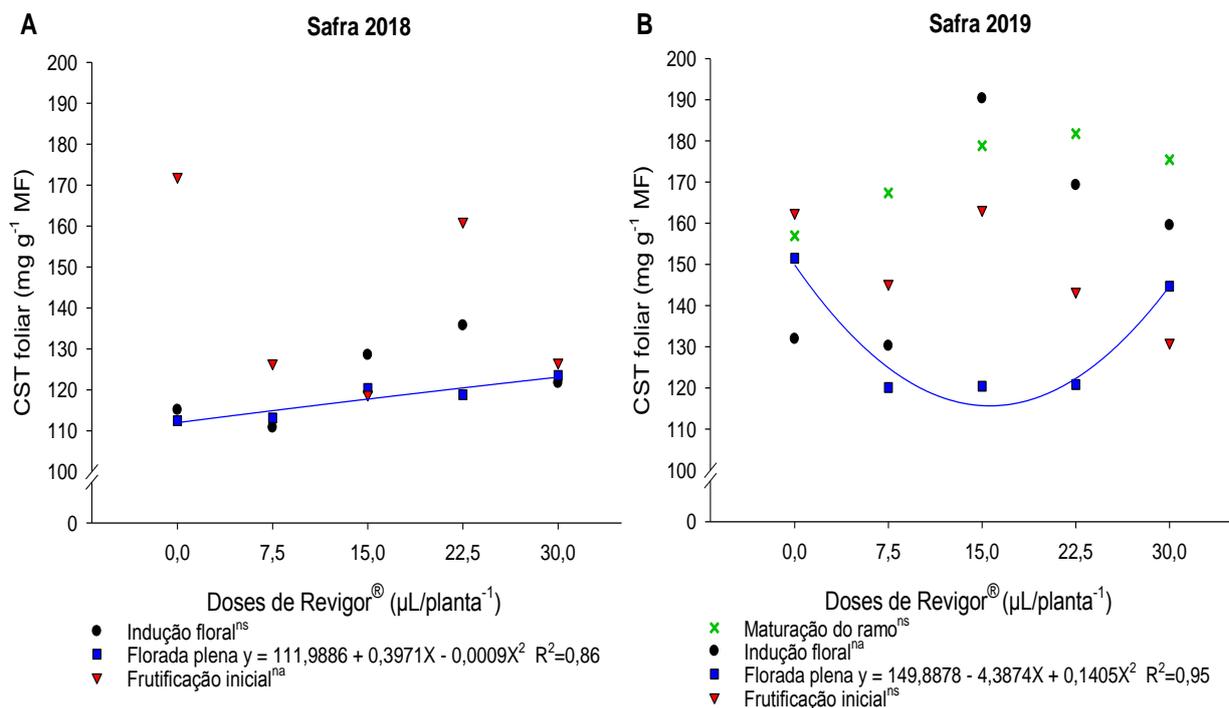


Figura 7. Teores de carboidratos solúveis totais (CST foliar) em folhas de manga cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B). na= não ajustado aos modelos; ns= não significativo

Houtz et al. (1985), sugeriram que o melissil álcool induz o aumento na atividade específicas das enzimas RuBisCO e fosfoenolpiruvato carboxilase, bem como a atividade do malato desidrogenase na fotorrespiração. Nesse sentido,

melhorias na atividade destas enzimas relacionadas à fotossíntese, podem ter contribuído com maior acúmulo nos teores de CST foliar nas plantas tratadas com melissil álcool no presente estudo. Em suma, quando os carboidratos são acumulados nas folhas em quantidades ideais, há maior disponibilidade de energia necessária para a fase reprodutiva, principalmente na formação das inflorescências (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2016).

O comportamento observado na safra 2019, indicando efeito decrescente nos teores de CST foliar em função das doses de Revigor[®], pode ser atribuído a fase de florescimento pleno em que se encontravam as plantas, visto que nesse período há um aumento na atividade de enzimas hidrolíticas de carboidratos, como também ocorre a mobilização de metabólitos das folhas para os órgãos em desenvolvimento e diferenciação associados a esse estágio, com isso, tornando-se drenos mais fortes (PRASAD et al., 2014; TAIZ et al., 2017).

Conforme Krishnan; Kumari (2008) a aplicação de melissil álcool também aumentou a concentração de carboidratos solúveis totais em plantas de soja sob estresse salino, quando comparadas com as plantas que não receberam melissil álcool. Contudo, os teores foliares de CST encontrados no presente trabalho (safra 2019) foram superiores (120,08 a 190,34 mg g⁻¹ MF) aos verificados por CUNHA (2019), 115,36 a 138,47 mg g⁻¹ MF ao avaliar o efeito do fornecimento de prolina e extrato de algas para atenuar o estresse hídrico em mangueira 'Tommy Atkins' em condição semiárida. Também foi encontrado acréscimos nos teores de carboidrato nos rebentos de ameixa Santa Rosa, na qual apresentaram maior teor de carboidrato quando tratados com melissil álcool (BARUA, 1990). Assim como Sharma (1990), que registrou os maiores teores totais de açúcares, amido e carboidratos nas folhas de maçã Red Delicious e Sharma et al., (2002) que relataram maior acúmulo de carboidratos foliares na amêndoa Non Pareil.

Quanto aos teores de CST em ramos, não houve ajuste ao modelo quadrático para a safra 2018, em contrapartida, para a safra 2019 as fases de florada plena e frutificação inicial apresentaram ajuste (Figura 8). Sendo que as doses de Revigor[®] afetou positivamente os teores de CST no ramo na florada plena, do qual obtiveram resposta máxima de 248,27 mg g⁻¹ MF na dose 21,85 µL de Revigor[®] por planta, equivalente a um aumento de 49,0% em relação a testemunha. Conquanto, na fase de frutificação inicial verificou-se reduções nos teores de CST no ramo nas plantas tratadas com Revigor[®].

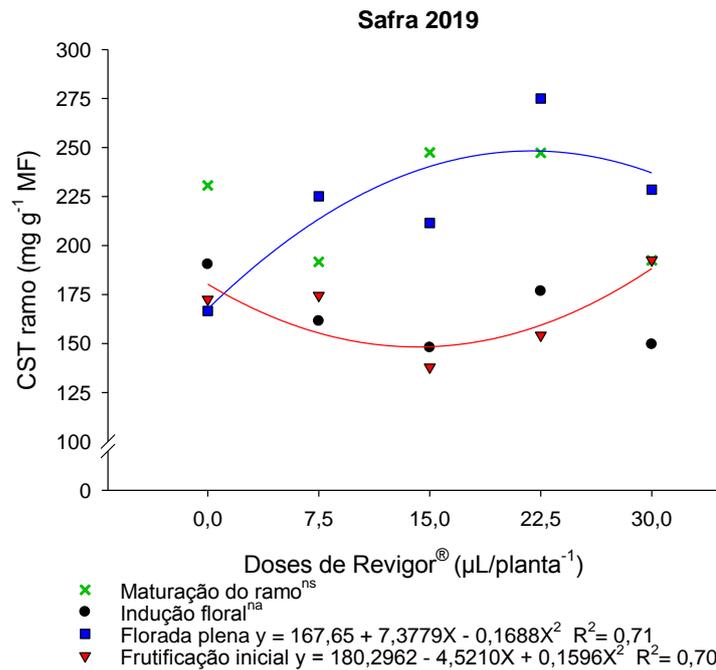


Figura 8. Teores de carboidratos em ramos (CST ramos) de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor®, safra 2019.

ns= não significativo

O aumento nos teores de CST no ramo na fase de florada plena pode estar associado as reduções nos níveis de CST na folha (Figura 6B). Segundo Santos-Villalobos et al. (2013), que avaliaram os teores de carboidratos em mangueiras 'Ataulfo', observaram decréscimo nas concentrações de carboidrato com o tempo, sugerindo que esses foram consumidos para o desenvolvimento da panícula e dos frutos. Dessa forma, sugere-se que a redução nas concentrações de CST do ramo na fase de frutificação inicial foi decorrência da translocação para o dreno que corresponde a fase inicial de desenvolvimento dos frutos. Contudo, o efeito positivo do melissil álcool no aumento da concentração de carboidrato nos ramos implicou no acréscimo de fontes energéticas essenciais o florescimento, sendo bastante requeridos para o crescimento e posterior desenvolvimento dos frutos (CRUZ et al., 2007; CARON et al., 2015).

Com base na análise de variância, as doses de Revigor® afetou positivamente o número de panículas e número de frutos na safra 2018 e a produtividade ($t\ ha^{-1}$) da mangueira cv. Kent em ambas as safras (Tabela 3).

Tabela 3. Número de panículas (Nº de panículas/planta), número de frutos (Nº de frutos/planta) e produtividade da mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®] (MA).

FV	Valor 'F'		
	Panículas/planta	Frutos/planta	Produtividade (t ha ⁻¹)
Safra 2018			
Doses MA	25,493**	4,774*	14,756**
Média	95,639	65,156	24,065
CV%	4,86	10,12	12,18
Safra 2019			
Doses MA	2,944 ^{ns}	2,909 ^{ns}	71,239**
Média	140,918	67,001	35,980
CV%	10,25	16,22	4,55

FV= fonte de variação; CV= Coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < 0,05).

Dentre as variáveis fitotécnicas que apresentaram diferença significativa para safra 2018, apenas número de panículas apresentou ajuste ao modelo quadrático (Figura 9), com efeito acentuado nas plantas tratadas com Revigor[®], da qual obteve resposta máxima de 70,63 panículas com a dose estimada 23,62 µL de Revigor[®] por planta. Sendo 26,44% superior ao tratamento controle, o que sucedeu em maior produtividade para a dose 22,5 µL de Revigor[®] por planta (Figura 10A).

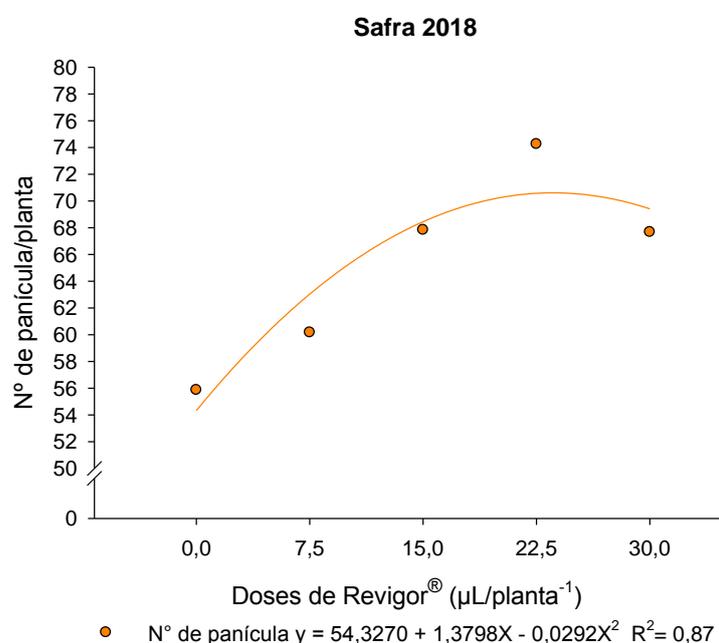


Figura 9. Número de panículas de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018.

O aumento do número de panículas na safra 2018 para a dose 22,5 µL de Revigor[®] por planta pode ter sido ocasionado pelo aumento nos teores de CST foliar,

pois os teores de carboidratos nas folhas estão diretamente envolvidos no desenvolvimento da panícula e na intensidade da indução do florescimento (DAVENPORT, 2007). Deste modo, por serem plantas de primeiro ciclo produtivo (Safr 2018) o efeito do melissil álcool respondeu com mais eficiência, visto que na safra 2019 não apresentou influência significativa no aumento da emissão de panículas.

Para a safra 2019, de acordo com ajuste ao modelo quadrático, a produtividade foi positivamente afetada com os tratamentos contendo Revigor[®] (melissil álcool) (Figura 10B), conferindo-se resposta máxima de 41,59 t ha⁻¹ para a dose 21,05 µL de Revigor[®] por planta. Proporcionando um incremento de 64,91% equivalente a 16,37 t de frutos por hectare em relação ao tratamento controle.

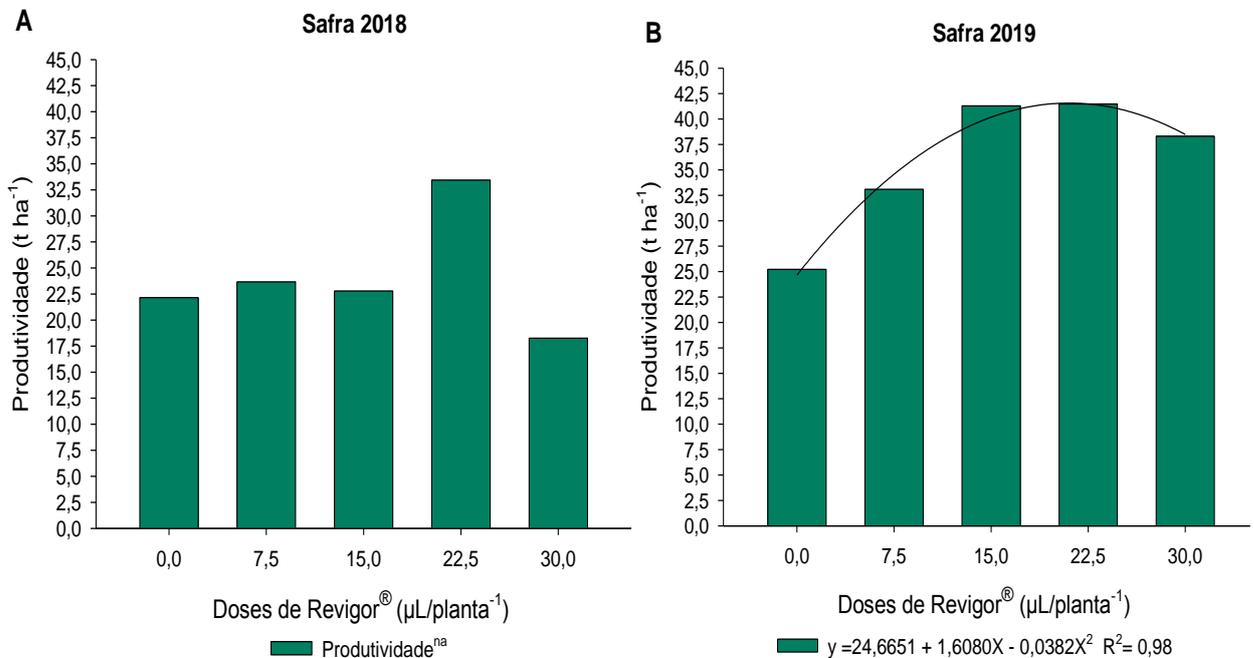


Figura 10. Produtividade (t ha⁻¹) de mangueira cv. Kent em função das doses de Revigor[®], safra 2018 (A) e safra 2019 (B).
na = não ajustado aos modelos

As produtividades citadas se aproximaram dos encontrados por Lobo (2019), que obteve produtividade na faixa de 22,05 a 53,32 t ha⁻¹ em mangueira 'Kent' no seu sexto ano produtivo. Vale enfatizar aqui, a diferença de idade entre os pomares, sendo as plantas do presente trabalho bem mais jovens e portanto, com menor capacidade produtiva. Contudo, os valores encontrados no presente estudo são superiores a produtividade brasileira de manga (20,1 t ha⁻¹) (IBGE, 2019), destacando-se ainda mais ao comparar com a produtividade dos principais países

produtores de manga como China (8,2 t ha⁻¹), Índia (7,3 t ha⁻¹) e México (8,9 t ha⁻¹) (FAO, 2017).

Para a safra 2018, a menor produtividade deve-se ao fato de que as plantas estavam em seu primeiro ciclo produtivo e também pelo peso dos frutos na safra 2019 serem superiores. Este aumento no peso dos frutos, pode estar relacionado ao tratamento com melissil álcool, efeito já constatado em outros experimentos com a inserção desta molécula em frutíferas, verificando-se aumento no crescimento e tamanho da ameixa japonesa (*Prunus serrulata*), bem como crescimento melhorado no damasco 'New Castle' (*Prunus armeniaca*) quando pulverizados com melissil álcool (CHANDEL, 1985; MAHAJAN et al., 1988; ISLAM et al., 2020). Além disso, Perveen et al. (2014) relataram que o melissil álcool aplicado nas folhas aumentou acentuadamente o peso das sementes, número e produtividade por planta das cultivares MH-97 e S-24 de trigo sob estresse de salinidade

CONCLUSÕES

As doses de Revigor[®] incluindo melissil álcool apresentaram resultados distintos entre safras e fenofases para as variáveis clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, carboidratos solúveis totais de folhas e ramos. As oscilações observadas podem estar associadas ao desempenho das plantas durante o experimento, das quais estão atreladas as interferências climáticas, início das aplicações e modulações bioquímicas que favorecem o potencial produtivo da mangueira.

Portanto, as plantas tratadas com melissil álcool aumentaram os teores de CST foliar e CST dos ramos, que influenciou no número de panículas e na alta produtividade, sendo que a dose de 22,5 µL de Revigor[®] que promoveu maior produtividade em mangueira cv. Kent na safra 2018, enquanto que para a safra 2019 a dose estimada de 21,05 µL de Revigor[®] por planta proporcionou um incremento de 64,91% equivalente a 16,37 t de frutos por hectare.

REFERÊNCIAS

- AGROSTAT/MAPA. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.http>>. Acesso em 30 de novembro de 2019.
- ALTON, P.B. Retrieval of seasonal Rubisco-limited photosynthetic capacity at global FLUXNET sites from hyperspectral satellite remote sensing: Impact on carbon modelling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 232, p. 74–88, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Alemanha, v. 22, n.6, p. 711–728. 2013.
- BARUA, S. C. **Effect of triacontanol on growth and fruiting of plum cv. Santa Rosa**. Ph. D. Thesis, Dr. Y. S. Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, India, 1990.
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. de C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ/USP, Divisão de Biblioteca, p. 46, 2015.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.
- CHANDEL, J.S. **The effect of triacontanol and paclobutrazol (PP333) in combination with certain growth retardants on fruiting and quality of Japanese plum (Prunus salicina Lindl.)**. M.Sc. Thesis, Dr. Y.S. Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, India, 1985.
- CHAVES, M. M. et al. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551-560, 2009.
- CHEN, D.; WANG, S.; CAO B.; CAO, D.; LENG, G.; LI, H.; YIN, L.; SHAN, L.; DENG, X. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-15, 2016.
- CHEN, X.; YUAN, H.; CHEN, R.; ZHU, L.; HE, G. Biochemical and photochemical changes in response to triacontanol in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 249–256, 2003.
- CRUZ, M. do C. M. da et al. Teores de carboidratos em limeiras ácidas 'Tahiti' tratadas com paclobutrazol. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 222- 227, 2007.

CUNHA, J. G. Fornecimento de prolina e extrato de algas como atenuante do estresse abiótico em mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido. Dissertação mestrado) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2019.

DAVENPORT, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n. 4, p. 363-376, 2007.

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.

DUBRAVEC, K.; DUBRAVEC, I.; MANISTASEVIC, J.; The effect of the bioregulators Agrispon Rand Ergostim on the vegetative and reproductive growth of apples. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 5, n.1-2, p.73-83, 1995.

DHANAPACKIAM, S.; ILYAS, M. H. M. Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Sesbania grandiflora* seedlings. **Indian Journal of Science Technology**, v.3, p.64-66, 2010.

ERIKSEN, A.B.; SELLDEN, G.; SKOGEN, D.; NILSON, S. Comparative analysis of the effect of triacontanol on photosynthesis, photorespiration and growth of tomato (C3-plants) and maize (C4-plants). **Planta**, v. 152, p. 44–49, 1981.

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.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. Disponível em: Acesso: 18 Janeiro 2020.

HARE, P. D.; CRESS, W. A. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regulation*, **Dordrecht**, v. 21, p. 79-102, 1997.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 19 de janeiro 2020

KHANDAKER, M. M.; FARUQ, G.; RAHMAN, M. M.; SOFIAN-AZIRUN, M.; BOYCE, A. N. The influence of 1-triacontanol on the growth, flowering, and quality of potted bougainvillea plants (*Bougainvillea glabra* var. "Elizabeth Angus") under natural conditions. **The Scientific World Journal**, 2013.

ISLAM, S.; ZAID, A.; MOHAMMAD, F. Role of Triacontanol in Counteracting the III Effects of Salinity in Plants: A Review. **Journal of Plant Growth Regulation**, 2020.

JOOLKA, N.K.; SHARMA, M.K. Effect of triacontanol on growth, yield and quality of apricot. **The Horticulture Journal**, v. 16, n.1, p. 89-91, 2003.

KUMARAVELU, G.; LIVINGSTONE, V.D.; RAMANUJAM, M.P. Triacontanol-induced changes in the growth, photosynthetic pigments, cell metabolites, flowering and yield of green gram. **Biology Plant**, v. 43, p. 287–290, 2000.

KRISHNAN, R. R.; KUMARI, B. D. Effect of N-triacontanol on the growth of salt stressed soybean plants. **Journal of Bioscience**, v.19, n.2, p.53-62, 2008.

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**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p.72, 2003.

LI, X.; ZHONG, Q.; LI, Y.; LI, G.; DING, Y.; WANG, S.; CHEN, L. Triacntanol reduces transplanting shock in machine-transplanted rice by improving the growth and antioxidant systems. **Frontiers Plant Science**, v.7, p.872, 2016.

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.

LOBO, J. T. Bioestimulante no cultivo da mangueira cv. Kent no submédio do Vale do São Francisco. (Dissertação mestrado) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2018.

MAHAJAN, B.V.C.; PARMAR, C.; SUD, G. Effect of triacntanol on area and dry weight of apricot (*Prunus armeniaca* L.) leaves. **National symposium on regulation of growth and differentiation in plants**, p. 21-23, 1988.

MOORTHY, P.; KATHIRESAN, K. Respostas fisiológicas de plântulas de manga ao triacntanol, **Biologia Plantarum** , v. 35, n. 4, p. 577–581, 1993.

MOUCO, M. A. D. C. Manejo da floração de mangueiras no semi-árido do nordeste brasileiro com inibidores da síntese de giberelinas. Botucatu, 2008.

PERVEEN, S.; IQBAL, M.; PARVEEN, A.; AKRAM, M. S.; SHAHBAZ, M.; AKBER, S.; MEHBOOB, A. Exogenous triacntanol-mediated increase in phenolics, proline, activity of nitrate reductase, and shoot k+ confers salt tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Braz. Journal of Botany**, v. 40(1), p. 1–11, 2017.

PERVEEN S.; SHAHBAZ M.; ASHRAF M. Influence of foliar-applied triacntanol on growth, gas exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence at different growth stages in wheat under saline conditions. **Photosynthetica**, v. 51, p. 541–551, 2013.

PRASAD, S. R. S.; REDDY, Y. T. N.; UPRETI, K. K.; RAJESHWARA, A. N. Studies on changes in carbohydrate metabolism in regular bearing and “off” season bearing cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) during flowering. **International Journal of Fruit Science**, v. 14, n. 4, p. 437-459, 2014.

PORCAR-CASTELL, A.; TYYSTJ€ARVI, E.; ATHERTON, J.; VAN DER TOL, C.; FLEXAS, J.; PFÜNDEL, E.E.; MORENO, J.; FRANKENBERG, C.; BERRY, J.A. Linking chlorophyll a fluorescence to photosynthesis for remote sensing applications: mechanisms and challenges. **Journal of experimental botany**, v. 65(15), p. 4065-4095, 2014.

R CORE TEAM. 2018. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 06 de outubro de 2019.

RAMIREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) pollination: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 203, p.158-168, 2016.

SANTOS, M.R.; MARTINEZ, M.A.; DONATO, S.L.R. Gas exchanges of 'Tommy atkins' mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, v.29, p.1141-1153, 2013.

SANTOS-VILLALOBOS, S.; FOLTER, S.; DELANO-FRIER, J.; GÓMEZ-LIM, M. & GUZMÁN-ORTIZ, D. Growth Promotion and Flowering Induction in Mango (*Mangifera indica* L. cv.'Ataulfo') Trees by *Burkholderia* and *Rhizobium* Inoculation: Morphometric, Biochemical, and Molecular Events. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 3, p. 615-627, 2013.

SIGMAPLOT FOR WINDOWS, version 10. 2006. Disponível em:
<<http://www.systat.com/products/sigmaplot/>. Acesso em: 22 de Outubro de 2019.

SHAHBAZ, M.; M. ASHRAF, N.A.; AKRAM, A.; HANIF, S.; HAMEED, S.; JOHAM R. REHMAN. Salt-induced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Acta Physiology Plant**, v. 33, p. 1113-1122, 2011.

SHARMA, D.P. **Effect of some bioregulators on growth, yield, fruit quality and nutrient status of apple**. M.Sc. Thesis, Dr Y. S. Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, India, 1990.

SHARMA, M.K. AND JOOLKA, N.K. Growth and water relations of Nonpareil almond as influenced by growth regulators. **The Horticulture Journal**, v.15, n.2, p. 83-86, 2002.

SHARMA, M.K.; SINGH, A. A.; KUMAR, S.A.; SIMNANI, N.; NAZIR, A.; KHALIL, R.; MUSHTAQ R. Bhat. Response of Triaccontanol on Temperate Fruit Crops - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7 n.11, p. 3239-3243, 2018.

TABOT, P.T.; ADAMS, J.B. Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for different salinity treatments. **South African Journal of Botany**, v. 84, p. 19–29, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I, M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6ed, Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 174, 1995.

VERMA, A.; MALIK, C.P.; GUPTA, V.K.; BAJAJ, B.K. Effects of in vitro triaccontanol on growth, antioxidant enzymes, and photosynthetic characteristics in *Arachis hypogaea* L. **Journal Plant Physiology**, v. 23 (4), p. 271–277, 2011

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melissil álcool aplicado em mangueira cv. Kent cultivada em região semiárida atuou de forma distinta entre safras e fenofases, modulando positivamente os processos bioquímicos e fisiológicos que refletiram no aumento da produção e produtividade. No entanto, as oscilações observadas indicam a necessidade de estudos mais aprofundados para a melhor compreensão do funcionamento da molécula melissil álcool nos mecanismos fisiológicos e bioquímicos da mangueira.