



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS**

**REGULADORES VEGETAIS NO FLORESCIMENTO E  
PRODUÇÃO DA MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

**MOACIR BRITO OLIVEIRA**

**2019**

**MOACIR BRITO OLIVEIRA**

**REGULADORES VEGETAIS NO FLORESCIMENTO E PRODUÇÃO DA  
MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros  
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração  
em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

**Orientador**

**Prof. D.Sc. Marlon Cristian Toledo Pereira**

**JANAÚBA**

**MINAS GERAIS - BRASIL**

**2019**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Oliveira, Moacir Brito

O48r      Reguladores vegetais no florescimento e produção da mangueira no semiárido [manuscrito] / Moacir Brito Oliveira. – 2019.  
76 p.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2019.

Orientador: Prof. D. Sc. Marlon Cristian Toledo Pereira.

1. Crescimento (Plantas). 2. Mangueira. I. Pereira, Marlon Cristian Toledo. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 634.44

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

**MOACIR BRITO OLIVEIRA**

**REGULADORES VEGETAIS NO FLORESCIMENTO E PRODUÇÃO DA  
MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

**APROVADA em 22 de maio de 2019.**

---

Prof.<sup>ª</sup>. Dra. Gisele Polete Mizobutsi  
UNIMONTES

  
Pesq. Dra. M<sup>a</sup> Aparecida do Carmo Mouco  
EMBRAPA CPATSA (Coorientadora)

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. M<sup>a</sup> Olivia Mercadante Simões  
UNIMONTES

---

Prof. Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro  
UNIMONTES

---

Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira  
UNIMONTES (Orientador)

**JANAÚBA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019**

*A Deus, que me deu sabedoria e forças para chegar até aqui.*

*Ao meu pai Manoel Rodrigues Oliveira (In memoriam), meu maior incentivador e quem mais acreditou em mim. À minha mãe, Maíldê, minha esposa Joana e meus filhos Clara e Daniel.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida, pela força e sabedoria, por ser meu guia nesta caminhada;

À Universidade Estadual de Montes Claros, por ceder à estrutura física e os profissionais qualificados, compartilhando conhecimentos e experiências que contribuíram para minha formação;

À Embrapa Semiárido, em especial à pesquisadora Dra. Maria Mouco, pelo apoio, contribuições científicas, paciência e amizade durante o doutorado;

Às fazendas Rio Doce, Rio Novo e Piranhas, por cederem espaço para execução do trabalho, contribuindo grandemente para o conhecimento da cultura na região;

À minha família que, pacientemente, compreenderam minha falta junto a eles durante o doutorado e me apoiaram incondicionalmente nessa empreitada;

Ao professor Dr. Marlon, pela dedicação e confiança em permitir executar os projetos junto à universidade sob sua orientação;

Aos professores Dra. Gisele Polettee Victor Maia, pela disponibilidade e apoio durante a execução do trabalho bem como pela participação em banca;

Aos professores Dr. Leonardo Monteiro e Dra. Maria Olivia Mercadante por disponibilizar os laboratórios e o suporte científico na execução do trabalho;

Aos estagiários e pessoal de laboratório pelo auxílio na condução dos experimentos e nas análises laboratoriais;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho, seja pela ajuda constante ou por palavras de amizade...

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	ii
RESUMO GERAL .....	iii
GENERAL ABSTRACT .....	iv
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	12
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
CAPÍTULO I.....	17
RESUMO .....	18
ABSTRACT .....	18
1 INTRODUÇÃO .....	19
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	20
2.1 Caracterização da área experimental.....	20
2.2 Delineamento experimental e aplicação de reguladores de crescimento vegetal.....	21
2.3 Avaliações fitotécnicas da indução floral.....	24
2.4 Avaliações de qualidade pós-colheita .....	24
2.5 Análises estatísticas.....	25
3 RESULTADOS.....	25
3.1 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Palmer’ .....	25
3.2 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Kent’ .....	29
4 DISCUSSÃO.....	31
4.1 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Palmer’ .....	32
4.2 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Kent’ .....	35
5 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
CAPITULO II .....	47
RESUMO .....	48
ABSTRACT .....	49
1 INTRODUÇÃO .....	50
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	52
2.1 Caracterização da área experimental.....	52
2.2 Aplicação de regulador de crescimento vegetal e indução floral.....	52
2.3 Estudos histológicos do efeito de PBZ em ápices caulinares durante a diferenciação floral.....	53

2.4 Estudos histológicos e ultraestruturais em folhas durante a diferenciação floral .....	53
2.5 Análises micromorfométricas de folhas durante a diferenciação floral.....	54
2.6 Caracterização anatômica do desenvolvimento floral.....	55
2.7 Caracterização morfológica do desenvolvimento floral.....	56
3 RESULTADOS.....	56
3.1 Organização estrutural do meristema apical sob indução floral .....	56
3.2 Alterações anatômicas, estruturais e micromorfométricas em folhas durante a diferenciação floral.....	58
3.3 Organização estrutural do meristema apical durante o desenvolvimento floral .....	61
3.4 Estádios de desenvolvimento da inflorescência.....	63
4 DISCUSSÃO.....	66
4.1 Efeito da indução na anatomia do ápice caulinar.....	66
4.2 Respostas micromorfométricas e ultraestruturais nas folhas durante a indução floral .....	67
4.3 Caracterização anatômica de desenvolvimento floral.....	68
4.4 Caracterização morfológica do florescimento.....	69
CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1.1.** Comprimento e diâmetro médio de ramos e o conteúdo relativo de clorofila (CRC) da mangueira ‘Palmer’ aos 30, 60 e 90 dias após aplicação dos diferentes tratamentos. 26
- TABELA 1.2.** Comprimento, percentual de floração, pegamento de frutos e ocorrência de frutos partenocárpicos (manguitos) de mangueira ‘Palmer’ sob diferentes tratamentos. .... 26
- TABELA 1.3.** Massa, comprimento e diâmetro médios dos frutos, produção e produtividade estimada de mangueira ‘Palmer’ sob diferentes tratamentos. .... 27
- TABELA 1.4.** Teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), firmeza e atributos de coloração da casca (tonalidade (° Hue), cromaticidade (C) e luminosidade (L)) de frutos de mangueira ‘Palmer’ sob diferentes tratamentos, recém-colhidos e após armazenamento por 10 dias. .... 28
- TABELA 1.5.** Comprimento e diâmetro médio de ramos e conteúdo relativo de clorofila (CRC) da mangueira ‘Kent’ aos 30, 60 e 90 dias após os diferentes tratamentos. .... 29
- TABELA 1.6.** Comprimento, percentual de floração, pegamento de frutos e ocorrência de frutos partenocárpicos (manguitos) de mangueira ‘Kent’ sob diferentes tratamentos. .... 30
- TABELA 1.7.** Massa, comprimento e diâmetro médios de frutos, produção e produtividade estimada de mangueira ‘Kent’ sob diferentes tratamentos. .... 30
- TABELA 1.8.** Teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), firmeza e atributos de coloração da casca (tonalidade (°Hue), croma (C) e luminosidade (L)) de frutos de mangueira ‘Kent’ sob diferentes tratamentos, recém-colhidos e após armazenamento por 10 dias. .... 31
- TABELA SUPLEMENTAR 1.** Resultados analíticos do solo da área experimental de mangueira ‘Palmer’ no Município de Janaúba-MG (Fazenda Piranhas). .... 46
- TABELA 2.1.** Valores médios de espessura da epiderme da face adaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso, parênquima lacunoso fenólico e epiderme da face abaxial de mangueira ‘Palmer’ sob tratamentos controle e paclobutrazol (PBZ) nas condições do semiárido. Janaúba, MG. .... 61

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.1.** Médias das temperaturas máxima, mínima e média do ar, umidade relativa e precipitação acumulada registrados durante a condução do experimento em mangueira ‘Palmer’, no município de Janaúba-MG – Brasil, e ‘Kent’, no município de Jaíba-MG – Brasil. .... 22
- FIGURA 2.1.** Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e secções histológicas de ápices caulinares de mangueira ‘Palmer’ sob diferenciação floral. .... 57
- FIGURA 2.2.** Secções transversais de folhas de mangueira durante a indução floral.. .... 58
- FIGURA 2.3.** Imagens de microscopia eletrônica de transmissão (MET) de células do parênquima paliçádico de folhas de mangueira durante a indução floral ..... 59
- FIGURA 2.4.** Espessura média de epiderme da face abaxial, parênquima paliçádico, lacunoso e lacunoso fenólico, em mangueira ‘Palmer’, nas condições do Semiárido. Janaúba, MG..... 60
- FIGURA 2.5.** Morfoanatomia de gemas do meristema apical de mangueira em diferentes fases do desenvolvimento floral..... 62
- FIGURA 2.6.** Morfologia do desenvolvimento do meristema apical diferenciado à antese das inflorescências de mangueira sob condições do semiárido..... 65

## RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Moacir Brito. **Uso de reguladores de crescimento vegetal no manejo do florescimento da mangueira no Norte de Minas Gerais**. 2018. XX p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>1</sup>

A mangicultura é uma atividade agrícola de grande importância no Brasil, tanto para atender ao mercado nacional quanto ao mercado externo. A sazonalidade de produção ocasionada pela alternância no florescimento é a principal dificuldade dos produtores dentre as dificuldades da condução da cultura. Tal dificuldade pode ser contornada com o uso de tecnologias de indução floral a partir da aplicação de reguladores vegetais via solo. Contudo, a persistência destes produtos no solo pode comprometer o cultivo e o meio ambiente, o que estimula a busca por alternativas de aplicação dos reguladores vegetais e por compreender melhor as alterações morfológicas e anatômicas que a indução floral ocasiona à planta. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes reguladores vegetais aplicados via foliar (uniconazole, cloreto de chlormequat e etil-trinexapac) e de um regulador aplicado via solo (paclobutrazol) na floração, produção e qualidade de frutos de mangueira ‘Palmer’ e ‘Kent’. Adicionalmente, o trabalho objetivou avaliar as alterações morfológicas e anatômicas de mangueira ‘Palmer’ durante a indução floral. Os reguladores vegetais foram eficientes no controle do crescimento vegetativo em ‘Palmer’, resultando no florescimento e frutificação. A aplicação de paclobutrazol e uniconazole promoveu melhores índices de florescimento, o que resultou em maior produtividade destes tratamentos, juntamente ao cloreto de chlormequat. A qualidade de frutos foi pouco influenciada pelos reguladores vegetais quando comparados com o controle, indicando o uso de cloreto de chlormequat ou uniconazole via foliar na substituição ao paclobutrazol via solo. Em ‘Kent’, somente paclobutrazol e uniconazole foram capazes de induzir a floração. A aplicação de paclobutrazol proporcionou maior produtividade na mangueira ‘Kent’, indicando a necessidade de estudos de aplicação conjunta destes dois reguladores, visando redução nas doses de paclobutrazol em solo. Nas condições semiáridas, a indução floral com utilização de paclobutrazol está associada à restrição da expansão celular e o acúmulo de compostos fenólicos no ápice caulinar e de oxalato de cálcio e substâncias lipofílicas no mesófilo das folhas de mangueira. O desenvolvimento floral ocorre 13 dias após a indução à diferenciação reprodutiva das gemas, quando há formação do eixo da inflorescência e das peças florais. Nas condições avaliadas, o florescimento ocorreu ao longo de 32 dias entre a indução à diferenciação reprodutiva das gemas e a antese, se dividindo em oito estádios de desenvolvimento. É importante identificar, compreender e descrever claramente as alterações anatômicas e morfológicas ocorridas durante a indução e desenvolvimento floral para que essas informações possam fomentar a tomada de decisões, bem como o desenvolvimento de metodologias de indução floral mais adaptadas às condições semiáridas.

**Palavras-Chave:** *Mangifera indica*; paclobutrazol; uniconazole; cloreto de chlormequat.

---

<sup>1</sup>**Comitê de Orientação:** Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira – UNIMONTES (Orientador); Pesquisadora Dr. Maria Aparecida do Carmo Mouco (Coorientadora); Dr. Maria Olivia Mercadante Simões - UNIMONTES; Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro – UNIMONTES.

## GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, Moacir Brito. **Use of plant growth regulators in flowering induction management on mango in North of Minas Gerais.** 2018. XX p. Thesis (Doctor's degree in Plant Production in the Semiarid) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>2</sup>

The mango-culture is an important agricultural activity in the Brazil because this production attends national and international marketing. The main difficult in the culture management is the production seasonality caused to alternate flowering that can be controlled by flowering induction technology with use of plant growth regulators applied to soil. However, the product persistence in the soil can be compromise the culture and the environment which stimulates the search for alternatives of plant growth regulators application technologies as well as understand the morphological and anatomical alterations caused by flowering induction. The objective of this work was to evaluate the effect of different plant growth regulators (uniconazole, chlormequat chloride, ethil-trinexapac) applied on foliar pulverization compared to the application of one regulator (pachlobutrazol) on soil on floral differentiation, production and fruit quality of mango 'Palmer' and 'Kent'. Additionally, this work aimed to evaluate the morphological and anatomical alterations on 'Palmer' mango during flowering differentiation. As results of the first object, we observed the efficiency of the reduction of the vegetative growth in 'Palmer', resulting on flowering and fructification. The application of pachlobutrazol and uniconazole promotes better conditions of flowering the other treatments, resulting in major productivity of this treatments and the chlormequatchloride treatment. Fruit quality was little influenced by plant growth regulators compared to control, suggesting the use of foliar spray of chlormequat chloride or uniconazole in the substitution to pachlobutrazol applied on soil. On 'Kent' mango, just pachlobutrazol and uniconazole regulate the vegetative growth, inducing the flowering. The application of pachlobutrazol induced higher productivity than uniconazole, suggesting studies of the association of application of reduced dosage of pachlobutrazol on soil and foliar spray of uniconazole. On semiarid conditions, the flowering induction using pachlobutrazol was associated to cellular expansion restriction and the phenolics compounds accumulation on stem apex. It was observed the calcium oxalate and lipophilics compounds accumulation on mesophyll leaf on 'Palmer' mango. The flowering development occurs on 13 days after the floral induction, when the axis of the inflorescence and the floral parts was formed. Under the conditions, the flowering occurs over 32 days between floral induction and the anthesis, making 8 development stages. It is important identify, understand and clearly describe the morphological and anatomical alterations occurs during the floral induction and floral development so that the data can be used for decision making, as well as the development floral inductions technologies more adapted to the semiarid conditions.

**Keywords:** *Mangifera indica*; pachlobutrazol; uniconazole; chlormequatchloride.

---

<sup>2</sup>**Guidance Committee:** Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira – UNIMONTES (Adviser); Researcher. Dr. Maria Aparecida do Carmo Mouco (Co-adviser); Dr. Maria Olívia Mercadante Simões - UNIMONTES; Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro - UNIMONTES.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A manga (*Mangifera indica* L.) se destaca entre as fruteiras em várias regiões brasileiras sob condições climáticas e de solo diferentes. O capital da mangicultura gira em torno de U\$ 137,61 milhões de dólares com a exportação de 127 mil toneladas de frutos, sendo 85% da produção oriunda do Vale do São Francisco (AGRIANUAL, 2018; DE OLIVEIRA ARAÚJO *et al.*, 2017; MALAQUIAS *et al.*, 2007). Sua comercialização ocorre tanto no mercado nacional como na América Latina, países asiáticos e europeus. O principal problema da cultura é a alternância de produção, com boa produção num ano, seguida de baixa produção no ano seguinte (DAVENPORT; NUNEZ-ELISEA, 2009; PIMENTEL *et al.*, 2000; RAMIREZ; DAVENPORT, 2012).

A produção na região semiárida alcança altas produtividades e qualidade de frutos, podendo ser escalonada ou planejada para períodos de entressafra com o uso de tecnologias de indução floral (MOUCO *et al.*, 2010). A principal cultivar plantada é a Palmer, de polpa amarelada, praticamente sem fibras, alto teor de sólidos solúveis e aroma agradável. Porém, ela é suscetível à antracnose (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002; PINTO *et al.*, 2002). Outra cultivar com apelo principalmente pelos mercados europeu e asiático é a Kent devido ao seu sabor superior e a ausência de fibras, além do alto teor de sólidos solúveis, tamanho grande e alto aproveitamento de polpa devido à semente pequena. Contudo, possui alto vigor vegetativo que dificulta o manejo de floração (MOUCO *et al.*, 2011; PINTO *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2010).

A floração irregular, especialmente nas áreas tropicais, causa implicações indesejáveis na oferta mundial dessa fruta, inspirando pesquisas para a compreensão do florescimento e da resposta da planta ao manejo e às condições climáticas da região (SILVA; NEVES, 2011). Algumas técnicas são utilizadas para induzir o florescimento na mangueira um ano após o outro, continuamente, sendo os reguladores vegetais uma opção. A utilização de reguladores vegetais apresenta grande potencial, uma vez que desempenha importante função na indução floral da mangueira e permite produzir frutos de excelente qualidade em qualquer época do ano, desde que sejam seguidas as tecnologias do manejo da indução floral com a utilização de reguladores de crescimento vegetal (FONSECA *et al.*, 2005; RADEMACHER, 2017).

O paclobutrazol (PBZ), um triazol, é o principal regulador vegetal utilizado na mangicultura e sua principal função é inibir a biossíntese de giberelina na planta, alterando a relação floema/xilema e a redistribuição de substâncias metabólicas necessárias ao florescimento e frutificação (SERGENT *et al.*, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2017), favorecendo a

produtividade da cultura. O PBZ é aplicado via solo em doses entre 1,0 e 1,5 g.ia por metro linear de copa, a depender da cultivar, clima, tipo de solo e estado nutricional da planta (MOUCO; ALBUQUERQUE, 2005). Porém, a aplicação recorrente tem implicações ambientais e de manejo do florescimento, uma vez que sua persistência no solo pode ultrapassar 12 meses (KURIAN; IYER, 2016; NARTVARANANT *et al.*, 2000), o que ocasiona a formação de inflorescências muito compactas, o que favorece a incidência de doenças e pragas e dificulta o seu controle, além de interferir nos processos microbianos do solo (MOUCO, 2008). As atividades microbianas são importantes para a mineralização, oxidação, redução e imobilização de minerais e materiais orgânicos, o que afeta os processos bioquímicos e influencia a fertilidade do solo (GONÇALVES *et al.*, 2009).

Outro aspecto importante na indução do florescimento são as alterações anatômicas e estruturais observadas na planta. Poucos são os trabalhos realizados neste sentido e pouco se sabe a respeito das alterações durante o desenvolvimento e diferenciação floral da mangueira sob condições semiáridas. Enciso *et al.* (2000) desenvolveram trabalhos no México avaliando as condições de iniciação e diferenciação floral em mangueira ‘Manila’. Núñez-Elisea e Davenport (1994) desenvolveram estudos morfogênicos de brotos em iniciação em mangueira ‘Tommy Atkins’ afetadas pela temperatura e por reguladores do crescimento do grupo dos triazois, no México. Palanichamy *et al.* (2012) avaliaram o período de diferenciação floral associado às mudanças bioquímicas e histológicas em híbridos de mangueira na Índia. Porém, no Brasil, não há relatos de estudos nesse sentido para acompanhamento e descrição das alterações morfoanatômicas que ocorrem em mangueira na condição predominante de cultivo.

Tendo em vista o exposto, objetivamos com o presente trabalho comparar o efeito de PBZ aplicado via solo, com diferentes reguladores vegetais aplicados via pulverização na indução do florescimento, produção e qualidade de frutos de duas principais cultivares de mangueira nas condições semiáridas, Palmer e Kent, bem como estudar as alterações estruturais e citológicas durante a indução do florescimento da mangueira ‘Palmer’ com o uso de PBZ sob condições semiáridas. Tais assuntos foram tratados nos capítulos que seguem.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2018.

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. DO C. Indução floral. In: GENU, P. J. C.; PINTO, C. A. Q. (Eds.). . **A cultura da mangueira**. 13. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 259–276.

DAVENPORT, T. L.; NUNEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: LITZ, R. E. (Ed.). . **The mango: botany, production and uses**. 2nd. Ed. ed. Wallingford: CABI, 2009. p. 97–169.

DE OLIVEIRA ARAÚJO, D.; MORAES, J. A. A.; DE CARVALHO, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 10, n. Ed.esp., p. 51–73, 9 maio 2017.

ENCISO, T.; ENGLEMAN, E.; ROMÁN, A. Iniciación y diferenciación floral en mango manila. **Agrociencia**, v. 34, n. 5, p. 573–581, 2000.

FONSECA, N. *et al.* Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica*) “Tommy atkins”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 21–24, abr. 2005.

GONÇALVES, I. C. R. *et al.* Effect of paclobutrazol on microbial biomass, respiration and cellulose decomposition in soil. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 3, p. 235–238, maio 2009.

KURIAN, R. M.; IYER, C. P. A. Chemical regulation of tree size in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. I. Effects of growth retardants on vegetative growth and tree vigour. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 3, p. 349–354, 27 jan. 2016.

MALAQUIAS, C. M. O.; OTSUKA, P. N.; BRITTO, W. S. F. Variedades no cultivo da manga: um estudo a partir da análise dos custos de produção no Vale do São Francisco Anais do XIV Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...João Pessoa: Associação Brasileira de Custos**, 2007

MOUCO, M. A. C. **Manejo da floração de mangueiras no sem-árido do Nordeste brasileiro com inibidores da síntese de giberelina**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2008.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Mango Flower Induction in the

Brazilian Northeast Semi-Arid With Gibberellin Synthesis Inhibitors. **Acta Horticulturae**, n. 884, p. 591–596, dez. 2010.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1043–1047, dez. 2011.

MOUCO, M. A. DO C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Paclobutrazol effect at two mango production cycles - Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 219–225, 2005.

NARTVARANANT, P.; SUBHADRABANDHU, S.; TONGUMPAI, P. Practical aspect in producing off-season mango in Thailand. **Acta Horticulturae**, v. 509, n. 509, p. 661–668, fev. 2000.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. **Scientia Horticulturae**, v. 58, n. 1–2, p. 57–66, 1 jun. 1994.

PALANICHAMY, V. *et al.* Determination of the time period of fruit-bud differentiation and the associated histological and biochemical changes in mango hybrids. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 31, n. 2, p. 271–289, 2012.

PIMENTEL, C. R. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mercado internacional de manga: Situação atual e perspectivas. In: FILGUEIRAS, H. A. C. (Ed.). **Manga Pós-colheita**. Frutas do ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. p. 9–13.

PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENU, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Eds.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 94–116.

PINTO, A. C. Q.; MATOS, A. P.; CUNHA, G. A. P. Variedades (Cultivares). In: MATOS, A. P. (Ed.). **Manga. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 19–20.

RADEMACHER, W. Chemical Regulators of Gibberellin Status and Their Application in Plant Production. In: **Annual Plant Reviews**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. p. 359–403.

RAMIREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Reproductive biology (physiology) - the case of mango. In: VALAVI, S. G. et al. (Eds.). **Mango: volume 1 production and processing technology**. Houston: Studium Press, 2012. p. 56–81.

SERGENT, E.; FERRARI, D.; LEAL, F. Effects of potassium nitrate and paclobutrazol on flowering induction and yield of mango (*Mangifera indica* L.) CV. Haden. **Acta Horticulturae**, v. 455, n. 455, p. 180–187, ago. 1997.

SILVA, J. DA; NEVES, J. Combinação do paclobutrazol, sulfato de potássio e etefon na indução floral da mangueira cv. Tommy Atkins. **Comunicata Scientiae**, 2011.

SILVA, G. J. N. *et al.* Uniconazole on Mango Floral Induction Cultivar “Kent” At Submedio São Francisco Region, Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 884, p. 677–682, dez. 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6th. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

## **CAPÍTULO I**

## APLICAÇÃO FOLIAR DE REGULADORES VEGETAIS EM MANGUEIRAS 'PALMER' E 'KENT' NO SEMIÁRIDO

### RESUMO

A sazonalidade de produção da mangueira é considerada um dos grandes desafios da cultura em diversas regiões no mundo. Nas condições semiáridas do Brasil este problema é contornado pela aplicação de reguladores vegetais via solo. No entanto, a persistência destes produtos no solo pode comprometer o cultivo e o ambiente. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes reguladores vegetais aplicados via foliar (uniconazole, cloreto de chlormequat e etil-trinexapac) e um regulador aplicado via solo (paclobutrazol) na floração, produção e qualidade de frutos de mangueiras 'Palmer' e 'Kent'. Os reguladores vegetais foram eficientes no controle do crescimento vegetativo em 'Palmer', resultando no florescimento e frutificação. A aplicação de paclobutrazol e uniconazole promoveram melhores condições de florescimento, o que resultou em maior produtividade decorrente destes tratamentos, juntamente ao cloreto de chlormequat. A qualidade de frutos foi pouco influenciada pelos reguladores vegetais quando comparados com o controle, indicando o uso de cloreto de chlormequat ou uniconazole via foliar na substituição ao paclobutrazol via solo. Em 'Kent', somente paclobutrazol e uniconazole foram capazes de induzir a floração. A aplicação de paclobutrazol induziu maior produtividade em mangueira 'Kent', indicando a necessidade de estudos de aplicação conjunta destes dois reguladores, visando redução nas doses de paclobutrazol em solo.

**Termos para indexação:** *Mangifera indica*; pachlobutrazol; uniconazole; cloreto de chlormequat.

## FOLIAR APPLICATION OF PLANT GROWTH REGULATOR ON MANGO 'PALMER' AND 'KENT' IN THE SEMIARID

### ABSTRACT

The Brazil produces high quality fruit on semiarid regions, despite the seasonality that difficult the production, which are overcome by the application of plant growth regulators of soil. The objective of this work was to evaluate the effect of different plant growth regulators applied

on foliar pulverization compared to the application of one regulator on soil on floral differentiation, production and fruit quality of mango ‘Palmer’ and ‘Kent’. We used paclobutrazol on soil and spray application of uniconazole, chlormequat chloride, etil-trinexapac, in addition to control condition. As results, we observed the efficiency of the regulator in the reduction of the vegetative growth in ‘Palmer’, resulting on flowering and fructification. The application of paclobutrazol and uniconazole promotes better conditions of flowering than other treatments, resulting in major productivity of this treatments and the chlormequat chloride treatment. Fruit quality was little influenced by plant growth regulator compared to control, suggesting the use of foliar spray of chlormequat chloride or uniconazole in the substitution to paclobutrazol applied on soil. On ‘Kent’ mango, just paclobutrazol and uniconazole regulate the vegetative growth, inducing the flowering. The application of paclobutrazol induced higher productivity than uniconazole, suggesting studies of the association of application of reduced dosage of paclobutrazol on soil and foliar spray of uniconazole.

**Index Terms:** *Mangifera indica*; paclobutrazol; uniconazole; chlormequat chloride.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da manga é econômica e socialmente importante, uma vez que se trata de um fruto altamente nutritivo, saboroso, amplamente consumido e sua produção emprega centenas de pessoas direta ou indiretamente (CAMPOS; ROSADO, 2005; CARVALHO *et al.*, 2004; FREIRES *et al.*, 2012; MOUCO, 2015; SOBEL; COSTA, 2004). A região semiárida do Norte de Minas conta com condições edafoclimáticas, além do Projeto de Irrigação do Jaíba, que oferece condições de produção de frutos de alta qualidade, a partir do manejo do florescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A cultura possui uma peculiaridade quanto a sua produtividade anual, onde um ano há alta produtividade e no ano seguinte a produtividade é consideravelmente reduzida (ALBUQUERQUE, 2002; NÚÑEZ-ELISEA, 1994). Isso ocorre devido à regulação bioquímica, fisiológica, ambiental e genética que a mangueira sofre no decorrer do ano, controladas principalmente por condições climáticas, de disponibilidade de água, produção do ano anterior, nutrição da planta e níveis hormonais (DAVENPORT, 2009).

A produtividade alternada é contornada pelo manejo de floração, que engloba manejo de poda, aplicação de reguladores vegetais, estresse hídrico induzido e manejo nutricional da planta no decorrer do processo de diferenciação floral (DAVENPORT, 2000, 2007; SWAMY,

2012). A redução no crescimento vegetativo de ramos induz ao desenvolvimento reprodutivo e, conseqüentemente, à produção de frutos. Essa redução, naturalmente, é obtida por meio da ocorrência de baixas temperaturas e período de baixa disponibilidade hídrica e influenciada pela produtividade da safra anterior, bem como das condições climáticas (MOUCO; ALBUQUERQUE, 2005). A aplicação de reguladores do crescimento é a principal estratégia de produção escalonada de frutos de qualidade. Esses produtos atuam na planta, principalmente, inibindo a biossíntese de giberelina, que reduz o vigor vegetativo da planta sem causar citotoxicidade (ASÍN *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2003).

Dentre os reguladores de crescimento amplamente utilizados, encontram-se aqueles do grupo químico dos triazóis, como o paclobutrazol (PBZ), uniconazole (UCZ), os compostos quaternários, como o cloreto de mepiquat e o cloreto de chlormequat (CCC), os acilciclohexanodionas, que englobam o etil-trinexapac (TrixE) e o prohexadione-Ca (ProCa). Todos estes reguladores interferem em uma ou mais etapas do processo de biossíntese da giberelina, de grande importância no florescimento na mangueira (ASÍN, 2007; RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010; UPRETI *et al.*, 2013).

O uso adequado dos reguladores no tocante à dose, modo e época de aplicação, além de um manejo que integra o manejo da irrigação, de poda e irrigação, ditam o sucesso do florescimento e, por consequência, frutificação e produção de frutos de mangueira. Esses fatores variam em relação à variedade e às condições climáticas onde os pomares são implantados, fazendo-se necessário o desenvolvimento de tecnologia de manejo do florescimento para cada região e variedades utilizadas. Com base no exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes reguladores do crescimento vegetal nas características vegetativas e reprodutivas, bem como avaliar a eficiência na produção de frutos e produtividade de mangueiras ‘Palmer’ e ‘Kent’.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área experimental**

Os experimentos foram conduzidos em dois pomares na região Norte do Estado de Minas Gerais. Ambas se encontram em área tipicamente denominada como Aw na Classificação de Köppen, com clima de savana de inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio, superior a 18 °C.

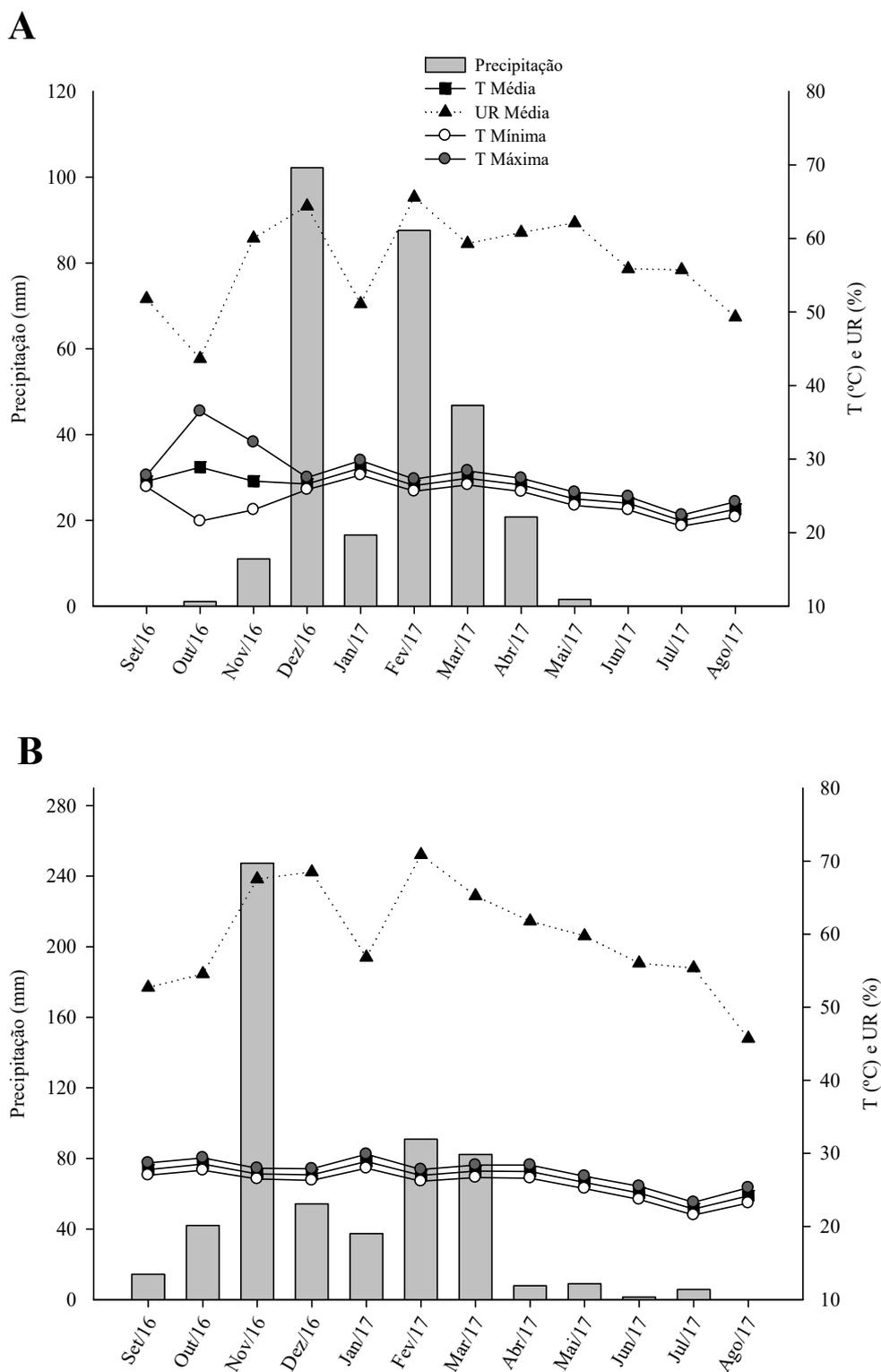
O pomar de mangueira ‘Palmer’ situa-se na Fazenda Piranhas, no Projeto Gorutuba, localizado no Município de Janaúba, Minas Gerais, Brasil. A localidade encontra-se a 472 m de altitude, 15°42’21.1”S e 43°18’39.4”W. A precipitação média anual é de 830 mm, com temperatura média anual de 23,7 °C e umidade relativa do ar de 65%. O pomar possuía 3 anos de plantio, que foi realizado a partir de enxerto de mangueira ‘Palmer’ em mangueira ‘Espada’, em espaçamento 4x2 m. Os valores médios de temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa e precipitação acumulada mensal estão dispostos na Figura 1.1A.

O pomar de mangueira ‘Kent’ foi estabelecido na Fazenda Rio Doce, no Projeto Jaíba, no Município de Jaíba, Minas Gerais, Brasil. A localidade encontra-se a 470 m de altitude, 15°6’35” S e 43°52’10” W. A precipitação anual média é de 834 mm, com temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa do ar de 65%. O pomar possuía 2 anos de plantio, que foi realizado a partir do enxerto de mangueira ‘Kent’ em mangueira ‘Ubá’, em espaçamento 6x3 m. Os valores médios de temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa e precipitação acumulada mensal estão dispostos na Figura 1.1B.

O manejo da cultura foi realizado conforme recomendações de Mouco (2015). As plantas foram irrigadas por microaspersão localizada, de acordo o monitoramento da evapotranspiração da cultura na área de plantio. As adubações foram realizadas de acordo a necessidade da cultura, determinadas em conjunto com análises de solo e foliar (Tabela Suplementar 1), seguindo recomendações de Pinto *et al.* (2002). O manejo de pragas foi realizado a partir do monitoramento semanal do pomar para avaliação e controle fitossanitário, quando necessário, conforme recomendado por Santo Filho *et al.* (2002) e Nascimento *et al.* (2002).

## **2.2 Delineamento experimental e aplicação de reguladores de crescimento vegetal**

O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, sendo os tratamentos a aplicação de quatro diferentes reguladores do crescimento vegetal, sendo eles Paclobutrazol (PBZ), a partir do produto comercial Cultar®; Uniconazole (UCZ), com o produto comercial Sunny®; Etil-trinexapac (TrixE), com o uso do produto comercial Moddus®250 EC; cloreto de chlormequat, utilizando o produto comercial Tuval®; e a condição controle sem quaisquer aplicações.



**FIGURA 1.1.** Médias das temperaturas máxima, mínima e média do ar, umidade relativa e precipitação acumulada registrados durante a condução do experimento em mangueira ‘Palmer’ (A), no município de Janaúba/MG – Brasil, e ‘Kent’ (B), no município de Jaíba/MG – Brasil.

Para o PBZ foi realizada aplicação única, via solo, na dose de 1,0 g.i.a.planta<sup>-1</sup> para mangueira ‘Palmer’ e 3,0 g.i.a.planta<sup>-1</sup> para mangueira ‘Kent’. Para os demais reguladores foram utilizadas três aplicações via pulverizações nas doses 1,5, 1,0 e 1,0 g.i.a.planta<sup>-1</sup> em intervalos de 30 dias entre as aplicações, tanto em mangueira ‘Kent’ quanto em ‘Palmer’.

Os reguladores vegetais foram aplicados quando as plantas apresentaram dois fluxos vegetativos, sendo o último fluxo ainda imaturo, tenro e de coloração clara. Nestas condições, as aplicações foram feitas em 08/10/2016, 08/11/2016 e 08/12/2016 para mangueira ‘Palmer’ e 13/10/2016, 12/11/2016 e 10/12/2016 para mangueira ‘Kent’.

Os reguladores vegetais foram aplicados quando as plantas apresentavam dois fluxos vegetativos, sendo o último fluxo ainda imaturo, tenro e de coloração clara. A aplicação via solo foi realizada a partir de solução homogênea com o produto comercial do regulador nas doses utilizadas, em volume de 2,0 litros de água e aplicado ao redor do colo da planta. A aplicação via foliar foi realizada a partir de solução homogênea com os produtos comerciais de cada regulador avaliado, nas referidas doses utilizadas em volume de 2,0 litros de água por planta com o auxílio do equipamento Arbus® 2000. Nos tratamentos via foliar foram realizadas três aplicações, com intervalos de 30 dias. As doses foram determinadas com base nos resultados obtidos por Mouco *et al.* (2013; 2011). Nas plantas do tratamento controle não foram realizadas quaisquer intervenções para indução da floração, em ambas cultivares.

O manejo da indução floral foi realizado conforme Albuquerque *et al.* (2002), com adaptações, para o desenvolvimento da brotação e diferenciação floral. Após 50 dias da aplicação do regulador vegetal, foi realizado a redução gradual da lâmina de irrigação até atingir 50% do volume demandado pela planta. Junto à redução, foram realizadas três aplicações de sulfato de potássio a 3,0 % (p/v) em volume de calda de 750 L.ha<sup>-1</sup>. Na última aplicação foi adicionado etefon (Ethrel® 720) na dose de 50 mL por 100 L de água. Após 100 dias da aplicação dos tratamentos foram realizadas aplicações semanais de nitrato de cálcio a 2,0 % (p/v) para a indução, até que se verificou o início da diferenciação floral. Nestas condições, as induções foram realizadas a partir de 16/01/2017 para a mangueira ‘Palmer’ e de 21/01/2017 para a mangueira ‘Kent’.

Após o início da diferenciação floral, a aplicação da lâmina de irrigação normal foi gradualmente retornada. Foram realizadas adubações de cobertura e foliares de pegamento e, posteriormente, adubações de enchimento de frutos.

### **2.3 Avaliações fitotécnicas da indução floral**

Após 30 dias da aplicação dos tratamentos, foram iniciadas as avaliações dos efeitos dos reguladores do crescimento vegetal na diferenciação e indução da floração em mangueira ‘Palmer’ e ‘Kent’.

Foram realizadas medições de comprimento e diâmetro médio dos ramos da mangueira aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos. O comprimento de ramo foi determinado com o auxílio de uma régua graduada da base do ramo até o seu ápice, expresso em centímetros (cm). O diâmetro foi determinado com o auxílio de paquímetro na região mediana do ramo, expresso em milímetros (mm). Nas mesmas épocas de avaliações foi determinado o conteúdo relativo de clorofila, com auxílio de clorofilômetro portátil Minolta® SPAD-502.

No momento do florescimento pleno, ocorrida em 15/02/2017 em mangueira ‘Palmer’ e 24/02/2017 em mangueira ‘Kent’, foram avaliados o comprimento de panícula e percentual de floração. Com a queda fisiológica de frutos foram determinados o número médio de frutos por panícula e a ocorrência de frutos partenocárpicos. Estas últimas avaliações foram realizadas em 27/03/2017 para a mangueira ‘Palmer’ e em 04/04/2017, para a mangueira ‘Kent’.

Quando do completo desenvolvimento fisiológico do fruto, foi realizada a colheita de frutos das plantas em estudo, que ocorreu em 19/07/2017 para a mangueira ‘Palmer’ e em 10/08/2017 para a mangueira ‘Kent’. Foi determinada a massa total de frutos colhidos e estimada a produtividade média por área. Foram selecionados 10 frutos aleatoriamente e determinados massa, comprimento e diâmetro médio de frutos.

### **2.4 Avaliações de qualidade pós-colheita**

Os efeitos dos tratamentos na qualidade pós-colheita de frutos de mangueira ‘Palmer’ e ‘Kent’ foram determinados no momento da colheita e após 14 e 11 dias de armazenamento para ‘Palmer’ e ‘Kent’, respectivamente. Foram avaliadas a coloração da casca, com auxílio de colorímetro digital Hunterlab® Colorflex, no modo stdzMode:45/0, determinando as coordenadas de luminosidade (L), ângulo de tonalidade (°hue) e índice de saturação da cromaticidade (C); a firmeza, com auxílio de penetrômetro de bancada Facchini FT 011 equipado com ponteira de 2,0 mm; o teor de sólidos solúveis, a partir do refratômetro de bancada Atago N1; a acidez titulável, determinada segundo recomendações da AOAC (1992).

As leituras de sólidos solúveis e acidez titulável foram determinadas a partir de suco extraído dos frutos.

## **2.5 Análises estatísticas**

Os dados coletados nas avaliações fitotécnicas e de qualidade pós-colheita dos frutos foram submetidos à análise de variância e ao teste F a 5% de significância, com auxílio do software estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2014). Quando as características apresentaram resultados significativos no teste F, foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, pelo mesmo software.

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Palmer’**

Foi observada variação no comprimento e diâmetro dos ramos em mangueira ‘Palmer’ ao longo do período de avaliação (Tabela 1.1). As aplicações do PBZ e do UCZ promoveram a redução no comprimento de ramos aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos reguladores. Em contrapartida, a aplicação do TrixE e CCC aos 30 dias, TrixE aos 60 e 90 dias promoveram o incremento no diâmetro médio dos ramos.

O conteúdo relativo de clorofila só apresentou resultados significativos para as avaliações realizadas aos 90 dias após aplicações, quando os tratamentos com PBZ e UCZ apresentaram maiores teores. Nos demais períodos de avaliação não foram observadas diferenças entre os tratamentos com reguladores vegetais e o tratamento controle (Tabela 1.1).

A aplicação de PBZ contribuiu para a redução do comprimento de panículas em mangueira ‘Palmer’, que apresentou média de 22,03 cm. Plantas tratadas com UCZ e TrixE também apresentaram panículas mais curtas que o controle, com 33,41 e 34,69 cm, respectivamente (Tabela 1.2). Conforme observado na Tabela 1.2, não houve diferença significativa entre os reguladores vegetais para o percentual de floração. O controle apresentou resultado 8,6 a 10,6 vezes inferior aos reguladores vegetais, com 9,38% de floração em relação ao total de ramos das plantas avaliadas (Tabela 1.2).

Com relação ao número de frutos por panícula, foram observadas médias de 1,19, 1,16 e 1,63 frutos por panícula nas plantas tratadas com PBZ, UCZ e CC. No tratamento controle não foram observados frutos partenocárpicos. Entretanto, a aplicação dos reguladores CCC e

UCZ promoveram médias de 0,16 e 0,38 frutos partenocárpicos (manguitos) por panícula (Tabela 1.2).

**TABELA 1.1.** Comprimento e diâmetro médio de ramos e o conteúdo relativo de clorofila (CRC) da mangueira ‘Palmer’ aos 30, 60 e 90 dias após aplicação dos diferentes tratamentos.

Avaliações	Tratamentos	Comprimento de ramo (cm)	Diâmetro de ramo (mm)	CRC (Índice SPAD)
30 dias	paclobutrazol	21,82 b	7,77 b	56,95 a
	Uniconazole	24,44 a b	8,26 a b	62,53 a
	Etil-Trinexapac	26,94 a	8,92 a	63,84 a
	Chlormequat	25,28 a b	8,97 a	60,49 a
	Controle	25,41 a b	8,27 a b	53,60 a
	CV (%)	8,86	5,83	13,18
60 dias	paclobutrazol	11,08 b	8,54 b	62,68 a
	Uniconazole	8,44 b	9,11 b	62,23 a
	Etil-Trinexapac	26,89 a	10,60 a	54,35 a
	Chlormequat	27,25 a	9,48 a b	56,70 a
	Controle	28,63 a	9,70 a b	58,58 a
	CV (%)	19,04	5,46	9,40
90 dias	paclobutrazol	8,63 b	8,46 b	80,13 a
	Uniconazole	6,72 b	9,23 b	73,58 a b
	Etil-Trinexapac	25,04 a	10,23 a	48,48 c
	Chlormequat	28,30 a	9,25 b	53,78 b c
	Controle	28,94 a	9,15 b	55,85 b c
	CV (%)	18,33	4,33	15,05

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**TABELA 1.2.** Comprimento, percentual de floração, pegamento de frutos perfeitos e ocorrência de frutos partenocárpicos (manguitos) de mangueira ‘Palmer’ sob diferentes tratamentos.

Tratamentos	Comprimento da panícula	Floração	Fruto perfeitos	Manguitos
	—cm—	—%—	—nº/ramo—	
paclobutrazol	22,03 c	100,00 a	1,19 a b	0,31 a b
Uniconazole	33,41 b	100,00 a	1,16 a b	0,38 a
Etil-Trinexapac	34,69 b	81,25 a	0,78 a b	0,13 b c
Chlormequat	63,19 a	90,63 a	1,63 a	0,16 b c
Controle	61,00 a	9,38 b	0,31 b	0,00 c
CV (%)	10,62	17,64	47,40	45,16

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As plantas tratadas com TrixE produziram os frutos com maior massa e diâmetro na colheita. Foram observadas médias de 560,72 g e 8,30 cm, respectivamente. Aplicações de PBZ e UCZ reduziram as dimensões dos frutos em relação ao tratamento controle. A massa média observada foi de 403,34 e 387,87 g por fruto para PBZ e UCZ, respectivamente (Tabela 1.3).

A aplicação do CCC resultou em uma maior produção por planta e, conseqüentemente, maior produtividade média estimada, com 38,30 kg.planta<sup>-1</sup> e 47,88 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1.3). Dentre os reguladores de crescimento, o TrixE apresentou a menor produção por planta, com 17,16 kg.planta<sup>-1</sup>, estatisticamente semelhante ao controle com 15,12 kg.planta<sup>-1</sup>, obtendo produtividades médias estimadas de 21,45 t.ha<sup>-1</sup> e 18,90 ton.ha<sup>-1</sup> para TrixE e controle, respectivamente (Tabela 1.3).

**TABELA 1.3.** Massa, comprimento e diâmetro médios dos frutos, produção e produtividade estimada de mangueira ‘Palmer’ sob diferentes tratamentos.

Tratamentos	Massa de fruto		Comprimento do fruto		Diâmetro do fruto		Produção por planta		Produtividade estimada	
	—g—		—————cm—————				kg.planta <sup>-1</sup>		—ton.ha <sup>-1</sup> —	
paclobutrazol	403,34	b c	11,33	c	7,53	b	31,15	b	38,94	b
Uniconazole	387,88	c	11,58	b c	7,30	b	30,36	b	37,95	b
Etil-Trinexapac	560,72	a	12,68	a	8,30	a	17,16	c	21,45	c
Chlormequat	465,38	b	12,23	a b	7,55	b	38,30	a	47,88	a
Controle	458,15	b	12,43	a b	7,73	b	15,12	c	18,90	c
CV (%)	6,11		3,16		2,90		9,84		9,84	

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Plantas tratadas com TrixE apresentaram no momento da colheita, frutos com maiores teores de sólidos solúveis totais, com 10,60 °brix (Tabela 1.4). Em relação a acidez, o uso do TrixE e do CCC incrementaram significativamente essa característica química dos frutos em relação aos demais tratamentos. Os frutos apresentaram 1,25 e 1,23 % de ácido cítrico em TrixE e CCC, respectivamente. Frutos com as maiores médias de firmeza foram observados nos tratamentos CCC, 102,71 N, significativamente semelhantes à PBZ e UCZ, 101,65 e 98,44 N, respectivamente. Por outro lado, o uso de TrixE reduziu significativamente a firmeza de frutos recém-colhidos, com 75,23 N de firmeza (Tabela 1.4).

Após o armazenamento, todos os tratamentos com reguladores de crescimento promoveram incrementos significativos em relação ao tratamento controle para o teor de sólidos solúveis nos frutos, variando entre 17,68 e 18,30 °brix (Tabela 1.4). A menor acidez também foi observada nos frutos advindos dos tratamentos com UCZ e TrixE que 0,12 % de ácido cítrico. A firmeza dos frutos, após período de conservação, foi maior no controle, com 18,34 N, e menor em TrixE, com 11,28 N (Tabela 1.4).

Os atributos de coloração da casca em frutos recém-colhidos sofreram influência dos tratamentos para tonalidade e cromaticidade. O tratamento PBZ e o controle apresentaram maiores valores de tonalidade e, juntamente a TrixE, em cromaticidade (Tabela 1.4). A cromaticidade foi maior em frutos controle após o armazenamento, enquanto a cromaticidade e luminosidade foi maior no tratamento com PBZ (Tabela 1.4).

**TABELA 1.4.** Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza e atributos de coloração da casca (tonalidade (° Hue), cromaticidade (C) e luminosidade (L)) de frutos de mangueira ‘Palmer’ sob diferentes tratamentos, recém-colhidos e após armazenamento por 10 dias.

Frutos recém-colhidos												
Tratamentos	SS		AT		Firmeza	° Hue	C	L				
	---°brix---		-% ácido cítrico-		---N---							
paclobutrazol	8,30	b	0,86	d	101,65	a b	47,52	a	13,74	a	36,39	a
Uniconazole	7,48	c	1,15	b	98,44	a b	26,64	c	9,35	b	33,94	a
Etil-Trinexapac	10,60	a	1,25	a	75,23	c	30,15	c	14,06	a	37,40	a
Chlormequat	7,65	b c	1,23	a	102,71	a	35,70	b	10,15	b	36,20	a
Controle	7,48	c	1,01	c	94,17	b	44,34	a	12,90	a	35,84	a
CV (%)	3,77		2,11		4,00		5,74		5,40		7,93	
Frutos armazenados												
Tratamentos	SS		AT		Firmeza	° Hue	C	L				
	---°brix---		-% ácido cítrico-		---N---							
paclobutrazol	18,08	a	0,13	b c	16,36	a b	45,01	b	42,36	a	39,34	a
Uniconazole	18,30	a	0,12	c	13,91	b c	27,61	d	27,74	c	31,31	b
Etil-Trinexapac	17,68	a	0,12	c	11,28	c	40,44	c	34,16	b	36,29	a b
Chlormequat	17,90	a	0,16	a b	14,08	b	45,03	b	32,64	b	33,20	b
Controle	16,73	b	0,18	a	18,34	a	53,54	a	24,90	d	35,54	a b
CV (%)	2,05		11,93		8,28		2,60		2,42		6,45	

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 3.2 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Kent’

O efeito dos reguladores do crescimento vegetal na regulação do desenvolvimento vegetativo de mangueira ‘Kent’ só foi observado no último período de avaliação, aos 90 dias após aplicação dos tratamentos. Nesta ocasião foi possível verificar que a aplicação do PBZ resultou no maior encurtamento dos ramos vegetativos de mangueira ‘Kent’, seguido de UCZ. Apenas a aplicação do TrixE promoveu incremento no diâmetro médio dos ramos (Tabela 1.5).

O maior conteúdo relativo de clorofila (CRC) foi observado aos 30 dias após a aplicação dos reguladores de crescimento CCC e PBZ, seguido de UCZ (Tabela 1.5). Aos 60 e 90 dias após aplicação do TrixE foi observado o menor teor de CRC (Tabela 1.5).

**TABELA 1.5.** Comprimento e diâmetro médio de ramos e conteúdo relativo de clorofila (CRC) da mangueira ‘Kent’ aos 30, 60 e 90 dias após os diferentes tratamentos.

Avaliações	Tratamentos	Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)	CRC (Índice SPAD)
30 dias	paclobutrazol	25,25 a	7,87 a	53,43 a
	Uniconazole	25,25 a	8,17 a	51,45 a b
	Etil-Trinexapac	22,69 a	8,02 a	46,38 c
	Chlormequat	23,47 a	7,78 a	55,95 a
	Controle	22,69 a	7,43 a	47,58 b c
	CV (%)	8,14	5,04	4,05
60 dias	paclobutrazol	25,32 a	9,11 a	60,23 a
	Uniconazole	24,47 a	8,66 a	55,13 a
	Etil-Trinexapac	23,16 a	9,19 a	46,15 b
	Chlormequat	24,29 a	8,75 a	55,28 a
	Controle	26,38 a	7,90 a	54,80 a
	CV (%)	7,81	9,08	6,27
90 dias	paclobutrazol	9,10 c	9,32 a b	63,70 a
	Uniconazole	16,72 b	8,83 b c	56,45 a b
	Etil-Trinexapac	21,18 a b	10,08 a	48,05 b
	Chlormequat	21,77 a b	8,31 b c	55,93 a b
	Controle	23,57 a	7,98 c	55,38 a b
	CV (%)	13,62	5,50	7,95

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No momento do pleno florescimento no pomar, foi observado que somente os tratamentos PBZ e UCZ apresentaram gemas diferenciadas, produzindo panículas (Tabela

1.6). Não houve diferença entre os dois reguladores vegetais no comprimento de panícula, e a taxa de floração no tratamento PBZ foi significativamente superior ao UCZ.

Após o desenvolvimento dos frutos, observou-se que a maior frutificação foi obtida com a aplicação do PBZ, não havendo diferença entre os tratamentos para a ocorrência de frutos partenocárpicos (Tabela 1.6).

Na ocasião da colheita, a aplicação de PBZ ou UCZ em mangueira ‘Kent’ não influenciou a massa, comprimento ou diâmetro de frutos. A aplicação de PBZ favoreceu a produção por planta e, conseqüentemente, a produtividade estimada na área experimental, atingindo 23,91 kg.planta<sup>-1</sup> e 13,27 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1.7)

**TABELA 1.6.** Comprimento, percentual de floração, pegamento de frutos perfeitos e ocorrência de frutos partenocárpicos (manguitos) de mangueira ‘Kent’ sob diferentes tratamentos.

Tratamentos	Comprimento da panícula	Floração	Frutos perfeitos	Manguitos
	—cm—	—%—	—nº/panícula—	
paclobutrazol	34,00 a	60,00 a	10,25 a	2,75 a
Uniconazole	33,25 a	27,00 b	5,25 b	1,50 a
CV (%)	13,67	9,66	22,35	31,86

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**TABELA 1.7.** Massa, comprimento e diâmetro médios de frutos, produção e produtividade estimada de mangueira ‘Kent’ sob diferentes tratamentos.

Tratamentos	Massa de fruto	Comprimento do fruto	Diâmetro do fruto	Produção por planta	Produtividade estimada
	—g—	—cm—		kg.planta <sup>-1</sup>	—ton.ha <sup>-1</sup> —
paclobutrazol	662,61 a	11,78 a	9,80 a	23,91 a	13,27 a
Uniconazole	693,12 a	12,15 a	9,93 a	10,41 b	5,78 b
CV (%)	2,90	1,40	2,37	11,21	11,21

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A qualidade dos frutos produzidos foi avaliada e foi possível verificar que frutos recém-colhidos de plantas que receberam a aplicação de PBZ apresentaram menor teor de sólidos solúveis e acidez, com 5,80 °brix e 1,07 % de ácido cítrico, respectivamente (Tabela 1.8). A aplicação de PBZ ou UCZ não influenciou características como acidez titulável, firmeza e atributos de coloração de casca no momento da colheita. Após o armazenamento

dos frutos por 10 dias, foi observada maior acidez e firmeza de frutos do tratamento UCZ, obtendo 0,82% de ácido cítrico e 37,22 N, respectivamente. Os frutos do tratamento UCZ apresentaram maior luminosidade de casca, com 44,76. O teor de sólidos solúveis e atributos de coloração de casca, como tonalidade e cromaticidade, não foram influenciados pelos reguladores vegetais avaliados após período de armazenamento.

**TABELA 1.8.** Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza e atributos de coloração da casca (tonalidade (°Hue), croma (C) e luminosidade (L)) de frutos de mangueira ‘Kent’ sob diferentes tratamentos, recém-colhidos e após armazenamento por 10 dias.

Frutos recém-colhidos						
Tratamentos	SS	AT	Firmeza	° Hue	C	L
	---°brix---	-% ácido cítrico-	---N---			
paclobutrazol	5,80 b	1,07 b	74,31 a	109,83 a	26,71 a	45,76 a
Uniconazole	6,13 a	1,23 a	73,49 a	109,55 a	26,85 a	47,62 a
Etil-Trinexapac	-	-	-	-	-	-
Chlormequat	-	-	-	-	-	-
Controle	-	-	-	-	-	-
CV (%)	0,59	5,66	2,08	1,00	12,63	2,12
Frutos armazenados						
Tratamentos	SS	AT	Firmeza	°Hue	C	L
	---°brix---	-% ácido cítrico-	---N---			
paclobutrazol	14,40 a	0,63 b	26,52 b	105,13 a	26,66 a	41,88 b
Uniconazole	13,98 a	0,82 a	37,22 a	105,10 a	26,84 a	44,76 a
Etil-Trinexapac	-	-	-	-	-	-
Chlormequat	-	-	-	-	-	-
Controle	-	-	-	-	-	-
CV (%)	1,88	8,61	13,02	4,89	10,24	0,72

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4 DISCUSSÃO

Apesar da importância econômica e social da cultura da mangueira, a dificuldade de se produzir frutas de qualidade e com periodicidade regular é um dos grandes problemas que a cultura apresenta para sua rentabilidade (KUMAR *et al.*, 2014; MOUCO, 2015; NÚÑEZ-ELISEA, 1994; RAMÍREZ, 2010). Dado a sua influência anual na produção, faz-se necessário o manejo de floração para garantir a produção de frutos de forma regular e a

obtenção de frutos de qualidade para comercialização. Esse feito é alcançado, na maioria dos casos, por meio do manejo da floração, que engloba o manejo de poda, da irrigação, nutricional, bem como a aplicação de reguladores de crescimento vegetal (DAVENPORT, 2003; MOUCO, 2011; OLIVEIRA, 2015).

O presente trabalho avaliou o efeito de diferentes reguladores vegetais comparados com o PBZ e um controle na indução do florescimento e produção, bem como sua influência nas características de qualidade de fruto. Como resultados, observamos o efeito inibidor do crescimento vegetal dos reguladores em mangueiras ‘Palmer’ e ‘Kent’, refletindo no florescimento, produção e qualidade de frutos.

#### **4.1 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Palmer’**

A aplicação de reguladores de crescimento em mangueira ‘Palmer’ apresentou resultados promissores na inibição do crescimento vegetal de novos ramos. Como consequência, foi observado o efeito desses reguladores no florescimento e posterior frutificação em mangueira ‘Palmer’ nas condições estudadas.

Os primeiros indícios de redução do crescimento vegetal dos ramos foram o encurtamento e estreitamento dos novos ramos, observados de forma acentuada nas plantas que receberam a aplicação de reguladores vegetais, demonstrando eficiência destes produtos na regulação do crescimento vegetal.

A redução do crescimento vegetativo é uma consequência da aplicação de reguladores do crescimento vegetal, que resulta na redução do comprimento de internódios e de espessura de ramos (RAMÍREZ, 2010; YESHITELA *et al.*, 2004a). Mouco e Albuquerque (2005) relatam que o uso de reguladores de crescimento contribui para a redução do internódio, devido à redução dos níveis de giberelina na planta. Os reguladores como o PBZ, UCZ, CCC, TrixE, ProCa atuam na via de biossíntese da giberelina, interferindo diretamente no crescimento vegetativo dos ramos de mangueira (ASÍN, 2007; RAMÍREZ, 2010; UPRETI, 2013).

O florescimento em mangueira é regido por mecanismos de regulação que respondem a alterações ambientais, principalmente alterando a síntese e os níveis de giberelinas nos tecidos (DAVENPORT, 1990; GOLDSCHMIDT *et al.*, 1998). Considerado um promotor vegetativo, a ausência ou redução de giberelinas nos tecidos estimulam o crescimento reprodutivo das brotações da planta, favorecendo promotores florigênicos (Davenport, 2007; Ramírez e Davenport, 2010). O uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas em

mangueira, como os reguladores utilizados no presente trabalho, contribuem para promover a redução do crescimento vegetativo e induzir o crescimento reprodutivo na cultura (RADEMACHER, 2017). Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pressupõe-se que, nas condições estudadas, os reguladores vegetais foram eficientes na redução da biossíntese de giberelinas em mangueira ‘Palmer’ para reduzir o crescimento vegetativo e induzir o florescimento.

O efeito dos reguladores de crescimento estudados afetou o conteúdo de clorofila nas folhas. Acredita-se que o maior conteúdo relativo de clorofila em plantas tratadas com reguladores vegetais que afetam a biossíntese de giberelinas está ligado diretamente ao fato desses produtos estimularem o aumento nos níveis endógenos de citocinina, como verificado em arroz (IZUMI *et al.*, 1988), soja (GROSSMANN, 1992) e cravo (*Dianthus caryophyllus*) (BAÑÓN *et al.*, 2002). Sabe-se que as citocininas estimulam a síntese de clorofilas por melhorar sua diferenciação, bem como reduz a degradação dessa organela (FLETCHER *et al.*, 1982). Albuquerque *et al.* (2002) observaram folhas mais escuras em mangueiras que receberam a aplicação de reguladores do crescimento vegetal. Upreti *et al.* (2014) relatam aumento de clorofila como efeito da indução floral de PBZ em mangueira ‘Totapuri’, o que incrementa a taxa fotossintética da planta.

Em mangueira ‘Palmer’ foram observados frutos com menor massa e comprimento quando se aplicou PBZ ou UCZ, decorrente do maior número de frutos observados nestes tratamentos. O uso desses reguladores foi responsável pela produtividade média estimada duas vezes maior que o controle. Mesmo não apresentando a maior massa de frutos, a maior produtividade foi observada em CCC, consequência do maior número de frutos por panícula (Tabelas 1.1 e 1.2). Resultados semelhantes foram observados por Silva *et al.* (2014), onde frutos de mangueira ‘Palmer’ apresentaram massa de frutos inversamente proporcional ao número de frutos como resposta à aplicação de diferentes concentrações de UCZ via foliar e de uma concentração via solo. Segundo Queiroga *et al.* (2008) e Melo *et al.* (2014), quando a densidade de frutos por planta é aumentada, a massa dos frutos tende a ser menor uma vez que tais frutos competem por fotoassimilados, funcionando como drenos nos ramos e levando à redução de sua massa por redução da fração de fotoassimilados por fruto.

No presente estudo, foi observado que as temperaturas registradas durante a polinização variaram entre 23,9 e 29,1°C. Considerando que as temperaturas noturnas foram altas durante o período, tal fato pode ter influenciado o aborto dos embriões nos frutos de plantas que receberam aplicação de reguladores de crescimento. Ram *et al.* (1976) já relatavam que a deficiência na produção de sementes em frutos de mangueira ocorria devido

ao aborto embrionário e não à falha na fertilização. O aborto ocorre devido a condições climáticas, onde temperaturas muito baixas ou muito altas durante a polinização ou início do pegamento desfavorecem o desenvolvimento embrionário nas flores recém-fecundadas (LAKSHMINARAYANA; AGUILAR, 1975; LIM *et al.*, 1996; NÚÑEZ-ELISEA, 1994). Considerando ainda que os reguladores do crescimento vegetal inibem a síntese de giberelina, interferindo no balanço hormonal da planta para favorecer o florescimento, a redução nas taxas desses hormônios em mangueiras induzidas pode ter contribuído substancialmente para a ocorrência de partenocarpia nas condições deste trabalho.

Sukhvibul *et al.* (2005) avaliaram o efeito da temperatura no desenvolvimento da semente e do fruto das cultivares Irwin, Kensington e Nam Dok Mai. Estes autores observaram que há grande influência da temperatura no período que antecede a polinização. Kulkarni e Hamilton (1992) observaram que, em condições tropicais quentes, frutos partenocárpicos ocorrem com maior frequência em ‘Irwin’ quando as temperaturas no período de polinização/fertilização eram altas (32-34,8 °C), produzindo maior número de frutos partenocárpicos.

É importante ressaltar, porém, que o uso dos reguladores vegetais não alterou o padrão de comercialização tanto para o mercado interno quanto externo dos frutos de mangueira ‘Palmer’. Consumidores do mercado externo preferem frutos com alto teor de sólidos solúveis, baixa quantidade de fibras e com massa entre 250 e 600 gramas para o mercado americano e 300 a 450 gramas para o mercado europeu (MOUCO, 2015).

A redução da acidez dos frutos é resultado do processo de amadurecimento, quando ocorre redução de taxas de respiração, conforme Chitarra e Chitarra (2005). Outra consequência do amadurecimento é o processo de conversão de amido em açúcares, um dos principais componentes dos sólidos solúveis. Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho foram observados em trabalhos de Cordeiro *et al.* (2014) com mangueira ‘Palmer’ em tratamento para retardar o amadurecimento, quando o período de armazenamento aumentou os sólidos solúveis e reduziu a acidez dos frutos. Como a qualidade dos frutos de plantas induzidas ao florescimento foram maiores que nas condições controle, observa-se que as plantas produziram frutos tolerantes ao processo de armazenamento, com baixa taxa de maturação dos frutos.

A baixa taxa de maturação dos frutos é compreendida ao observamos que a colheita ocorreu em 19/07/2017, quando as temperaturas que antecederam esse período variaram entre 20,2 e 24,1 °C. Temperaturas mais baixas reduzem a taxa respiratória dos frutos, o que

favorece a menor taxa de maturação e, por consequência, maior tempo de armazenamento pós-colheita (CHITARRA, 2005).

#### **4.2 Efeito do uso de reguladores vegetais em mangueira ‘Kent’**

Em mangueira ‘Kent’ foi observado efeito tardio no encurtamento de ramos pelos reguladores de crescimento. Este fato pode estar associado às características do genótipo, que possui um maior vigor vegetativo, atrelado as condições climáticas de altas temperaturas na área experimental no momento de indução do crescimento, o que favoreceu o desenvolvimento vegetativo ao reprodutivo, mesmo com a aplicação de reguladores do crescimento vegetal.

O processo de redução do crescimento vegetativo, com visível redução de emissão de ramos, é essencial para a espécie. O repouso no crescimento vegetativo promove a diferenciação floral dos ramos(MOUCO; ALBUQUERQUE, 2005). O florescimento na mangueira é regulado, principalmente, pela presença de giberelinas nos tecidos. Esse hormônio regula negativamente o crescimento reprodutivo da planta, sendo considerado um dos promotores vegetativos na espécie, enquanto sua ausência ou redução do teor estimulam o crescimento reprodutivo das brotações da planta, o que favorece os promotores florigênicos (Davenport, 2007; Ramírez e Davenport, 2010). O uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelina em mangueira como os reguladores utilizados no presente trabalho são comumente aplicados para reduzir os teores de giberelinas e induzir o florescimento (MOUCO, 2013; RAMÍREZ, 2010).

No presente trabalho, os diferentes reguladores vegetais nas doses e modos de aplicação utilizados em mangueira ‘Kent’ apresentaram baixa performance, resultando na emissão de panículas somente em plantas que receberam a aplicação de PBZ e UCZ. Os demais tratamentos não foram eficientes na regulação do crescimento vegetativo, de forma a induzir a diferenciação floral desta cultivar.

Mangueiras ‘Kent’ são comercialmente interessantes por apresentarem características atrativas principalmente para o mercado externo. Porém, o seu crescimento vegetativo é proeminente, o que dificulta a regulação da fase vegetativa durante o manejo da floração (MOUCO, 2011; SILVA *et al.*, 2015; SILVA, 2010). Apesar de mangueira ‘Kent’ apresentar tolerância a baixas temperaturas, Dag *et al.* (2000) observaram que altas temperaturas possuem efeito negativo no florescimento e frutificação dessa cultivar. Nossos estudos foram

realizados no verão, quando as temperaturas eram altas, registrando variações entre 22,8 e 31,5 °C, acima das temperaturas preconizadas para diferenciação floral de ramos de mangueira (DAVENPORT; NUNEZ-ELISEA, 1997; RAMÍREZ, 2010). Nas condições avaliadas, as temperaturas observadas não favoreciam a diferenciação floral da mangueira e, acrescido a isso, o vigor da planta favorecia a vegetação da planta, reduzindo o efeito dos reguladores vegetais nas condições avaliadas.

A eficiência no repouso dos ramos foi observada em mangueira ‘Kent’ para os reguladores vegetais PBZ e UCZ, quando estes foram capazes de favorecer a diferenciação dos ramos vegetativos em reprodutivos, resposta corroborada pela produção de panículas nestes tratamentos, quando comparados aos demais (Tabela 1.6). Apesar da aplicação de UCZ favorecer a diferenciação floral, a taxa de floração foi baixa quando comparada com PBZ, bem como a taxa de frutificação e, como consequência, o menor número de frutos partenocárpicos. A eficiência de reguladores do crescimento vegetal em mangueira via solo é maior quando comparado com os mesmos produtos pulverizados na folha, uma vez que o regulador aplicado via foliar não é transportado para as raízes, ao passo que a aplicação nas raízes apresenta transporte via xilema para a área foliar, acumulando o produto nas folhas e favorecendo os promotores florigênicos (SINGH, 2001).

O uso de reguladores de crescimento via foliar em mangueiras ‘Kent’ já havia sido relatada anteriormente por Mouco *et al.* (2011). Os autores avaliaram o efeito da aplicação via foliar de TrixE, CCC, Prohexadione-Ca (ProCa) comparados com PBZ via solo em condições semiáridas no município de Petrolina-PE-Brasil. Eles observaram que, apesar da irregularidade na floração de mangueiras tratadas, houve tendências de doses de 3,0 g i.a.planta<sup>-1</sup> incrementarem a floração em comparação às doses de 1,5 g i.a.planta<sup>-1</sup>. É importante ressaltar que estes autores observaram melhores resultados no controle do vigor das brotações quando se aplicou PBZ via solo ou na combinação deste tratamento com a pulverização de ProCa, em comparação aos demais tratamentos.

É importante relatar que maiores doses de reguladores de crescimento aplicados via foliar podem ocasionar sintomas de fitotoxidez. Silva *et al.* (2014) avaliaram o efeito de diferentes doses de UCZ via foliar e uma dose via solo em mangueira ‘Palmer’ e, apesar da maior eficiência nas maiores concentrações, essas foram responsáveis por sintomas de fitotoxidez em folha. Esses mesmos sintomas foram relatados por Mouco *et al.* (2011) quando utilizaram diferentes reguladores de crescimento em mangueira ‘Kent’ e observaram danos causados às folhas e gemas quando utilizaram maiores concentrações, sugerindo evitar doses mais altas.

Silva *et al.* (2010) avaliaram o efeito de aplicação via solo de PBZ e UCZ em mangueira ‘Kent’ e observaram que ambos reguladores vegetais foram eficientes em reduzir o crescimento vegetativo da planta, favorecendo a diferenciação floral. Os resultados mostraram, nas condições avaliadas por estes autores, que foram necessárias doses menores de UCZ para obter resultados semelhantes a 1,0 g i.a por metro linear de copa.

Quando se considera o modo de translocação do regulador vegetal se compreende a maior eficiência de reguladores de crescimento aplicado via solo quando comparados à aplicação via foliar. Silva *et al.* (2014) afirmaram que é importante conhecer o modo de translocação do regulador vegetal do crescimento na planta para definir a melhor forma de aplicação. Singh (2001) avaliou o transporte dos reguladores vegetais na planta e esclareceu que o regulador aplicado via foliar não foi transportado para as raízes. Porém, a aplicação nas raízes apresentou transporte via xilema para a área foliar, acumulando o produto nas folhas.

Em relação aos frutos produzidos, nossos resultados demonstraram que os reguladores de crescimento PBZ e UCZ não influenciaram significativamente nas características de massa média e dimensões de frutos de mangueira ‘Kent’. Igualmente, os frutos não foram influenciados pelos tratamentos para a maioria das características de qualidade pós-colheita de frutos, tanto no momento da colheita quanto após o período de armazenamento. Frutos de ‘Kent’ apresentaram maior teor de sólidos solúveis no momento da colheita para o tratamento UCZ. Em contrapartida, frutos armazenados apresentaram-se mais ácidos, com maior luminosidade e maior firmeza, quando comparado com frutos de PBZ.

Tais resultados podem ser explicados em parte pelo efeito dos reguladores vegetais no ciclo do etileno, o que retarda o processo de amadurecimento de frutos. Ademais, o vigor de mangueira ‘Kent’ favorece a ocorrência de diferentes pontos de maturação durante o período de colheita, ocasionando a baixa uniformidade de frutos.

Grossmann *et al.* (1989) já haviam observado que reguladores de crescimento como os triazois, que englobam o UCZ e PBZ, afetam a síntese de etileno. Com a redução na produção de etileno devido a aplicação de triazois, há retardamento do processo de amadurecimento dos frutos, o que aumenta o seu tempo de armazenamento pós-colheita. Outro fator que favorece a baixa taxa de maturação dos frutos é a temperatura amena. O período que antecedeu à colheita dos frutos, ocorrido em 05/08/2017, registrou temperaturas entre 22,1 e 27,2 °C. As taxas respiratórias, responsáveis pela maturação de frutos, é fortemente influenciada pelas condições ambientais, dentre eles a temperatura (CHITARRA, 2005). Menores temperaturas reduzem a taxa respiratória dos frutos que, atrelados à baixa presença de etileno pela

aplicação dos triazóis, provavelmente, favoreceu a melhor qualidade de frutos na colheita e durante o armazenamento pós-colheita.

Plantas que receberam a aplicação de PBZ apresentaram maior produtividade média estimada. Esse resultado deveu-se, provavelmente, à maior eficiência do PBZ na paralisação do crescimento vegetativo em ‘Kent’ em relação à pulverização de UCZ nas condições do presente trabalho. A redução do crescimento vegetativo em mangueira é importante para induzir o desenvolvimento reprodutivo e, com isso, otimizar o florescimento dos ramos (DAVENPORT, 2007)

Apesar de mangueiras ‘Kent’ apresentarem boas taxas de frutificação inicial, possuem baixa taxa de retenção de frutos, com alta taxa de queda fisiológica (EL-KHAWAGA; MAKLAD, 2013). Essas características favorecem a desuniformidade da produção, o que dificulta a comercialização da cultivar. O uso de reguladores vegetais favorece a uniformidade do florescimento, bem como da frutificação e a qualidade dos frutos.

Considerando a baixa eficiência dos reguladores vegetais na paralisação do crescimento vegetativo e indução do florescimento de mangueira ‘Kent’, fazem-se necessários novos estudos para avaliar o efeito conjunto de doses de PBZ via solo e aplicações foliares de UCZ, uma vez que esses reguladores vegetais não afetaram a qualidade dos frutos tanto no momento da colheita quanto após o período de conservação.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados, é possível afirmar que o uso de reguladores do crescimento vegetal em mangueira ‘Palmer’ é promissor para reduzir a contaminação dos solos, uma vez que cloreto de chlormequat apresentou os melhores resultados de produção e produtividade estimada, enquanto uniconazole e paclobutrazol apresentaram resultados igualmente superiores a etil-trinexapac e controle. Ainda, os atributos de qualidade pós-colheita de frutos de mangueira ‘Palmer’ não foram prejudicados pelo uso dos reguladores de crescimento vegetal utilizados.

Em mangueira ‘Kent’ foi observado forte influência de seu vigor vegetativo, o que interferiu fortemente na redução ou paralisação do crescimento vegetativo na cultivar pela aplicação de reguladores de crescimento vegetal. A redução de crescimento vegetativo foi observada quando aplicado os reguladores paclobutrazol ou uniconazole, o que demonstra o uso promissor destes reguladores para a indução floral em mangueira ‘Kent’ Tal fato sugere

que para esta cultivar seja realizado o uso conjunto de menor dose de regulador aplicado via solo e de aplicação foliar para obter-se melhores resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. DO C. Indução floral. In: GENU, P. J. C.; PINTO, C. A. Q. (Eds.). . **A cultura da mangueira**. 13. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 259–276.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 11. ed. Washington D.C.: AOAC, 1992.

ASÍN, L.; ALEGRE, S.; MONTSERRAT, R. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a ‘Blanquilla’ pear orchard. **Scientia Horticulturae**, v. 113, n. 2, p. 142–148, 26 jun. 2007.

BAÑÓN, S. *et al.* Growth, development and colour response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 94, n. 3–4, p. 371–377, 28 jun. 2002.

CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 571–578, set. 2005.

CARVALHO, C. R. L. *et al.* Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 264–271, ago. 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita e frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. ed. Lavras: UFLA, 2005.

CORDEIRO, M. H. M. *et al.* Conservação pós-colheita de manga var. Palmer com uso de 1-metilciclopropano. **Magistra**, v. 26, n. 2, p. 103–114, 2014.

DAG, A.; EISENSTEIN, D.; GAZIT, S. Effect of temperature regime on pollen and the effective pollination of ‘Kent’ mango in Israel. **Scientia Horticulturae**, v. 86, n. 1, p. 1–11, 8 set. 2000.

DAVENPORT, T. L. Citrus Flowering. In: JANICK, J. (Ed.). . **Horticultural Reviews**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1990. p. 349–408.

DAVENPORT, T. L. Processes influencing floral initiation and bloom: The role of phytohormones in a conceptual flowering model. **Hort Technology**, v. 10, n. 4, p. 733–739, 1 out. 2000.

DAVENPORT, T. L. Management of Flowering in Three Tropical and Subtropical Fruit Tree Species. **HortScience**, v. 38, n. 7, p. 1331–1335, 2003.

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

DAVENPORT, T. L.; NUNEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: **Mango Botany, Production and Use**. New York: CABI, 1997. p. 69–146.

DAVENPORT, T. L.; NUNEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: LITZ, R. E. (Ed.). . **The mango: botany, production and uses**. 2nd. Ed. ed. Wallingford: CABI, 2009. p. 97–169.

EL-KHAWAGA, A. S.; MAKLAD, M. F. Evaluation of growth and productivity of some mango varieties grown under Aswan climatic conditions. **Sinai Journal of Applied Sciences**, v. 1, n. 2, p. 169–178, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109–112, abr. 2014.

FLETCHER, R. A.; KALLIDUMBIL, V.; STEELE, P. An improved bioassay for cytokinins using cucumber cotyledons. **Plant physiology**, v. 69, n. 3, p. 675–7, 1 mar. 1982.

FREIRES, F. G. M.; MARINHO, S. V.; WALTER, F. Canais de distribuição da manga e da uva de mesa produzidas no Vale do São Francisco: uma análise comparativa XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012

GOLDSCHMIDT, E. E.; TAMIM, M.; GOREN, R. Gibberellins and flowering in Citrus and other fruit trees: A critical analysis. **Acta Horticulturae**, v. 463, n. 463, p. 201–208, jan. 1998.

GROSSMANN, K. *et al.* Plant Growth Retardants as Inhibitors of Ethylene Production. **Journal of Plant Physiology**, v. 134, n. 5, p. 538–543, 1 jul. 1989.

GROSSMANN, K. Plant growth retardants: Their mode of action and benefit for physiological research. In: [s.l.] Springer, Dordrecht, 1992. p. 788–797.

IZUMI, K. *et al.* Levels of IAA, cytokinins, ABA and ethylene in rice plants as affected by a gibberellin biosynthesis inhibitor, Uniconazole-P. **Plant and cell physiology**, v. 29, n. 1, p. 97–104, 1988.

KULKARNI, V. J.; HAMILTON, D. Fruit disorders in mango. In: **Technical Annual Report Department of Primary Industry and Fisheries**. 207. ed. [s.l: s.n.]. p. 51–52.

KUMAR, M. *et al.* Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango. **Scientific Research and Essays**, v. 9, n. 1, p. 1–6, 4 jan. 2014.

LAKSHMINARAYANA, S.; AGUILAR, P. H. Annual meeting of the Florida State Horticultural Society. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. **Anais...** The Society, 15 mar. 1975

LIM, T. K.; LUDERS, L.; POFFLEY, M. Studies on fruit deformity and nubbins in Irwin mango Proceedings of the International Conference on Tropical Fruits: Global Commercialisation of Tropical Fruits. **Anais...** Kuala Lumpur: Malaysia Agricultural Research and Development Institute (MARDI), 1996

MELO, D. M. *et al.* Dinâmica do crescimento do meloeiro rendilhado ‘Fantasy’ cultivado em substrato sob ambiente protegido. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 19, 10 fev. 2014.

MOUCO, M. A. C. *et al.* Plant Regulators on Vegetative Growth of “Tommy Atkins” Mangoes. **Acta Horticulturae**, n. 992, p. 187–192, maio 2013.

MOUCO, M. A. C. **Cultivo da mangueira**. 2. ed. ed. Petrolina: EMBRAPA, 2015.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1043–1047, dez. 2011.

MOUCO, M. A. DO C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Paclobutrazol effect at two mango production cycles - Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 219–225, 2005.

NASCIMENTO, A. S. *et al.* Pragas e controle. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Eds.). . **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 277–297.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. **Scientia Horticulturae**, v. 58, n. 1–2, p. 57–66, 1 jun. 1994.

OLIVEIRA, M. B. *et al.* Paclobutrazol and tip pruning in the management of “Palmer” mango trees in the semi-arid region of Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1075, p. 149–156, 2015.

PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENU, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Eds.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 94–116.

QUEIROGA, R. C. F. *et al.* Partição de assimilados e índices fisiológicos de cultivares de melão do grupo *Cantalupensis* influenciados por número e posição dos frutos na planta, em ambiente protegido. **Ceres**, v. 55, n. 6, p. 596–604, 2008.

RADEMACHER, W. Chemical Regulators of Gibberellin Status and Their Application in Plant Production. In: **Annual Plant Reviews**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. p. 359–403.

RAM, S. *et al.* Search of Suitable Pollinizers for Mango Cultivars. **Acta Horticulturae**, n. 57, p. 253–264, out. 1976.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 65–72, 13 set. 2010.

SANTOS FILHO, H. P. *et al.* Doenças, monitoramento e controle. In: GENU, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Eds.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 299–352.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; JONSSON, C. M. Paclobutrazol - regulador de crescimento vegetal. In: SILVA, C. M. M. DE S.; FAY, E. F. (Eds.). **Impacto ambiental do regulador de crescimento vegetal Paclobutrazol**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 11–16.

SILVA, D. F. P. DA *et al.* Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. **Ceres**, v. 56, n. 6, p. 783–789, 2015.

SILVA, G. J. N. *et al.* Uniconazole on Mango Floral Induction Cultivar “Kent” At Submedio São Francisco Region, Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 884, p. 677–682, dez. 2010.

SILVA, K. K. *et al.* Uniconazole no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 505–514, 2014.

SINGH, D. K. (DEVENDRA K. **Triazole compounds in horticulture**. Udaipur: Agrotech Pub. Academy, 2001.

SOBEL, T. F.; COSTA, E. DE F. Impactos na geração de empregos e renda da implantação do projeto pontal no Vale do São Francisco. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 35, n. 3, p. 405–423, 2004.

SUKHVIBUL, N.; WHILEY, A. W.; SMITH, M. K. Effect of temperature on seed and fruit development in three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 4, p. 467–474, 29 jul. 2005.

SWAMY, J. Flowering manipulation in mango: A science comes of age. **Journal Today's Biological**, 2012.

UPRETI, K. K. *et al.* Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Totapuri. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 317–323, 17 dez. 2014.

UPRETI, K. K. K. *et al.* Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Totapuri. **Scientia...**, v. 150, p. 414–418, 4 fev. 2013.

YESHITELA, T.; ROBBERTSE, P. J.; STASSEN, P. J. C. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 32, n. 2, p. 37–41, 2004.

## **ANEXOS**

**TABELA SUPLEMENTAR 1.** Resultados analíticos do solo da área experimental de mangueira ‘Palmer’ no Município de Janaúba-MG (Fazenda Piranhas).

<b>Fazenda Piranhas – cv. Palmer</b>											
.....Composição Química do Solo.....											
Profundidade	pH <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	K <sup>3</sup>	Ca <sup>4</sup>	Mg <sup>4</sup>	Al <sup>4</sup>	H+Al <sup>5</sup>			
		dag/kg	.....mg/dm <sup>3</sup> .....			.....cmolc/dm <sup>3</sup> .....					
0-20	6,1	2,07	5,8	195	9,7	1,5	0,0	0,99			
Profundidade	V	M	B <sup>6</sup>	Cu <sup>3</sup>	Fe <sup>3</sup>	Mn <sup>3</sup>	Zn <sup>3</sup>	S <sup>7</sup>	Prem <sup>8</sup>	CE	
	.....%.....		.....mg/dm <sup>3</sup> .....							mg/L	dS/m
0-20	92	---	0,1	1,1	29	36,1	2,6	---	46,3	---	
.....Composição Química Foliar.....											
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	B	Cu	
.....dag/kg.....					.....mg/kg.....						
1,6	0,14	0,9	3,82	0,12	0,15	18	55	593	56,8	11	
<b>Fazenda Rio Doce – cv. Kent</b>											
.....Composição Química do Solo.....											
Profundidade	pH <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	K <sup>3</sup>	Ca <sup>4</sup>	Mg <sup>4</sup>	Al <sup>4</sup>	H+Al <sup>5</sup>			
		dag/kg	.....mg/dm <sup>3</sup> .....			.....cmolc/dm <sup>3</sup> .....					
0-20	6,7	1,9	23,9	94	2,3	0,7	0,0	1,0			
20-40	4,9	1,2	1,1	47	0,7	0,2	0,7	1,8			
Profundidade	V	M	B <sup>6</sup>	Cu <sup>3</sup>	Fe <sup>3</sup>	Mn <sup>3</sup>	Zn <sup>3</sup>	S <sup>7</sup>	Prem <sup>8</sup>	CE	
	.....%.....		.....mg/dm <sup>3</sup> .....							mg/L	dS/m
0-20	73,68	---	0,3	0,6	16,7	24,4	2,3	---	57,2	---	
20-40	36,0	---	0,1	0,3	23,4	14,1	0,3	---	37,0	---	
.....Composição Química Foliar.....											
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	B	Cu	
.....dag/kg.....					.....mg/kg.....						
1,8	0,13	1,7	1,47	0,2	0,15	71	67	1120	121,3	6	

pH em água; 2/Colorimetria; 3/Extrator: Mehlich-1; 4/Extrator: KCl 1 mol/L; 5/pH SMP; 6/Extrator: BaCl<sub>2</sub>; 7/Extrator: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 500 mg/L de P em HOAc 2mol/L; 8/Solução equilíbrio de P

SB, Soma de bases; t, CTC efetiva; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; P-rem, Fósforo remanescente; CE, Condutividade elétrica.

dag/kg = %; mg/dm<sup>3</sup> = ppm; cmolc/dm<sup>3</sup> = meq/100 cm<sup>3</sup>

## **CAPITULO II**

# ESTUDOS ANATÔMICOS E MORFOLÓGICOS DE MANGUEIRA ‘PALMER’ SOB INDUÇÃO FLORAL POR PACLOBUTRAZOL NO SEMIÁRIDO

## RESUMO

A mangicultura atingiu um papel importante na fruticultura brasileira, principalmente pela alta qualidade dos frutos produzidos nas condições edafoclimáticas das regiões semiáridas, principais produtores. Porém, a sazonalidade de produção da mangueira exige que os produtores utilizem técnicas de indução floral para contornar o problema, o que permite também o escalonamento da produção e o planejamento para maior valorização do produto. Compreender as alterações morfoanatômicas durante o florescimento nas condições semiáridas é importante para a tomada de decisões e o desenvolvimento de tecnologias mais bem adaptadas a tais condições. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os aspectos estruturais e citológicos da indução floral com o uso do regulador vegetal paclobutrazol em mangueira ‘Palmer’, em condições semiáridas. Foram utilizadas amostras obtidas de mangueira, sob aplicação de paclobutrazol e na condição controle, de ápice caulinar e folhas para estudos histológicos, coletados aos 30, 60 e 90 dias após aplicação de regulador vegetal. Aos 90 dias foram realizadas avaliações ultraestruturais e micromorfométricas, em folhas, e anatômicas em gemas florais. Em campo, foram realizadas observações a cada quatro dias para caracterizar morfológicamente o desenvolvimento floral. A indução floral com o uso de PBZ esteve associada à restrição da expansão celular e o acúmulo de compostos fenólicos no ápice caulinar. Durante a indução floral, não ocorreram alterações significativas na micromorfometria foliar. Porém, houve acúmulo de compostos fenólicos, cristais de oxalato de cálcio e substâncias lipofílicas no mesofilo. As observações demonstraram que o desenvolvimento floral, após a indução floral, ocorreu em 13 dias, nos quais ocorreu a formação do eixo da inflorescência e das peças florais. O florescimento em condições semiáridas ocorreu ao longo de 32 dias, após a indução com o uso de PBZ, caracterizadas em oito estádios. Os resultados obtidos no presente trabalho são inéditos nas condições semiáridas de mangueira ‘Palmer’, o que permite compreender melhor as modificações anatômicas e morfológicas durante o desenvolvimento e diferenciação floral da planta e dá subsídios para o desenvolvimento de tecnologias de indução floral mais avançadas sob tais condições.

**Termos para indexação:** *Mangifera indica*; regulador de crescimento; florescimento; anatomia; morfologia.

## **ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL STUDIES OF ‘PALMER’ MANGO UNDER FLORAL INDUCTION WITH PACHLOBUTRAZOL IN THE SEMIARID**

### **ABSTRACT**

The mango culture has an important role in cultivation of fruits in Brazil, mainly due to the high quality of the fruits produced in the semiarid conditions, the main region producer. However, the seasonality of mango production requires the use of floral induction techniques to solve the problem, which also allows production scheduling and planning for greater production valorization. Then, understanding the morphological changes during flowering in semiarid conditions is important for decision-making and to create new technologies better adapted to such conditions. Thus, the aim of the present study was to evaluate the structural and cytological aspects of floral induction with the use of plant growth regulator pachlobutrazol in ‘Palmer’ mango under semiarid conditions. Samples of the stem apex and leaves were obtained from mango plant under pachlobutrazol application and control conditions, collected at 30, 60 and 90 days after application of plant growth regulator. Leaf samples at 90 days were used for ultrastructural and micromorphometric determinations while floral buds at 90 days were used for anatomical characterizations. Mango orchard was observed every four days to characterize the floral development morphologically. The studies revealed that floral induction with the use of PBZ was associated with restriction of cell expansion and the accumulation of phenolic compounds at the cells of the stem apex. During floral induction with pachlobutrazol, there were no significant changes in leaf micromorphometry. However, there was accumulation of phenolic compounds, calcium oxalate crystals and lipophilic substances in the mesophyll. The observations showed that the floral development after the floral induction occurred in 13 days, in which the formation of the axis of the inflorescence and floral pieces occurred. Flowering in semiarid conditions occurred over 32 days after floral induction with the pachlobutrazol application divided in eight stages. The results obtained in the present work are unprecedented in the semiarid conditions for ‘Palmer’ mango production, which allows better understanding of the anatomical and morphological changes during the development and floral differentiation and

provides subsidies for the development of more advanced floral induction technologies under such conditions.

**Index Terms:** *Mangifera indica*; pachlobutrazol; anatomy; morphology; floral induction.

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da mangueira no Brasil tem se expandido na região semiárida (nordeste do país), favorecido pelo clima seco, incidência solar intensa durante a maior parte do ano e uso de irrigação (AGRIANUAL, 2018; FARIA *et al.*, 2016). Nestas condições, o desenvolvimento e uso de técnicas de manejo do florescimento têm permitido a colheita de frutos durante todo o ano e a produção acima da média nacional, favorecendo o escalonamento da produção em períodos de entressafra, quando o fruto possui maior valor de mercado (DAVENPORT, 2006, 2007; FARIA, 2016; RAMÍREZ, 2010; YESHITELA *et al.*, 2004b).

A produção de frutos na mangueira depende de dois processos essenciais: o crescimento da gema e a iniciação da brotação. Para ocorrer o crescimento de gemas, há a necessidade de quebra de dormência e, posteriormente, rápido desenvolvimento do broto. Esse broto passa por um processo de indução que vai definir o mesmo como vegetativo, floral ou misto (KINET, 1993). Para que ocorra a iniciação floral das gemas, sabe-se que é necessário o estímulo ambiental, como a condição de estresse por baixas temperaturas (13 e 18 °C), que induz o acúmulo de uma substância indutora da floração, ainda não identificada (BATTEN; MCCONCHIE, 1995; DAVENPORT, 2007; REECE *et al.*, 1949). O estresse hídrico é um estímulo conhecido por também desempenhar forte influência no florescimento da mangueira (SINGH, 1977). Porém, somente o estresse hídrico não é suficiente para a diferenciação floral (NÚÑEZ-ELISEA, 1994; WHILEY, 1992), demonstrando que essa condição não substitui o estresse por baixas temperaturas nessa fase reprodutiva. Contudo, a ocorrência de baixas temperaturas atrelada ao estresse hídrico é responsável por promover brotações precoces de gemas florais (NÚÑEZ-ELISEA, 1994).

Outra forma de induzir mangueiras à diferenciação floral, amplamente utilizada em pomares comerciais, é o uso de reguladores vegetais que atuam inibindo brotações vegetativas, como é o caso do paclobutrazol (PBZ) e o uniconazole (UCZ) (DAVENPORT, 2007; FONSECA, 2005; RAMÍREZ, 2010). Tais produtos são comumente utilizados em conjunto com outras estratégias para a indução floral, tendo em vista que sua aplicação

isolada não é suficiente para a diferenciação floral em mangueira (NUNEZ ELISEA *et al.*, 1993). Ainda, fatores ambientais como a temperatura, umidade e precipitação, o manejo da cultura ou mesmo a condição nutricional e hormonal da planta interferem diretamente na eficiência e tempo de indução floral (BERNIER *et al.*, 1993).

No nordeste brasileiro, o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de manejo da floração foram essenciais para o sucesso da mangicultura. Bassoi *et al.* (2010) relatam que o manejo da floração com o uso de reguladores vegetais e estresse hídrico permitiram aumentar e programar a produção de manga na região, atendendo, dessa forma, nichos de mercado que antes sofriam com o déficit de fornecimento dos frutos. Tal fato só foi possível através de estudos regionalizados, onde as melhores condições de aplicação dos reguladores vegetais permitiram o controle do florescimento na cultura (FONSECA, 2005; MOUCO, 2005).

O processo de diferenciação floral em mangueira é complexo e é influenciado por diferentes fatores como os fisiológicos, nutricionais ou mesmo fatores ambientais (SANDIP *et al.*, 2015). Sua ocorrência promove alterações morfológicas e anatômicas nas estruturas presentes nos ramos, como as folhas e as gemas (AZEREDO *et al.*, 2018). O conhecimento das alterações envolvidas na indução do florescimento favorece o controle do momento do florescimento da mangueira sob condições específicas bem como a melhor aplicação de práticas de manejo e dos reguladores vegetais. No entanto, os trabalhos realizados neste campo são escassos e abrangem um restrito número de variedades ou desconsideram as diferenças no desenvolvimento do florescimento observadas entre as variedades (ENCISO, 2000; OSUNA-GARCÍA; PÉREZ-BARRAZA, 2006; PALANICHAMY, 2012; PÉREZ-BARRAZA *et al.*, 2009; SCHOLEFIELD, 1982). Em condições de campo, são observadas alterações morfológicas e na coloração das folhas nas plantas submetidas ao tratamento de indução floral. No entanto, existem poucos relatos de estudos sobre o tema na literatura.

Tendo em vista o diferente comportamento que a planta possui frente, principalmente, às condições edafoclimáticas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar aspectos estruturais e citológicos da indução do florescimento com a utilização do PBZ em mangueira ‘Palmer’ em condições semiáridas. Para atingir esse objetivo, procurou-se: i) avaliar o efeito da indução floral sobre a anatomia do ápice caulinar; ii) descrever as alterações micromorfológicas e ultraestruturais nas folhas durante a indução floral; iii) caracterizar anatomicamente o desenvolvimento floral; iv) caracterizar morfológicamente o florescimento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em pomar comercial da Fazenda Piranhas no Projeto Gortuba, no município de Janaúba, localizado na região norte do Estado de Minas Gerais, Brasil (15°42'21.1" S e 43°18'39.4" W, altitude de 472 m). A região apresenta clima denominado Aw na Classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23,7 °C, com umidade relativa do ar de 65%. O pomar de mangueiras com três anos de idade foi formado a partir de enxertia de mangueira 'Palmer' em mangueira 'Espada'. O espaçamento utilizado no plantio foi de 4 m entre fileiras e 2 m entre plantas, totalizando 1200 planta.ha<sup>-1</sup>, em novo modelo de plantio adensado da cultura para a presente condição. O manejo da cultura foi realizado por condução de podas conforme recomendações de Mouco (2015). As plantas foram irrigadas por sistema de microaspersão localizado, de acordo o monitoramento da evapotranspiração da cultura na área de plantio.

### 2.2 Aplicação de regulador de crescimento vegetal e indução floral

O experimento foi realizado em delineamento experimental em blocos casualizados, com dois tratamentos (PBZ e controle) e quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por três plantas, dois ramos por quadrante da planta, perfazendo oito ramos por planta. O experimento foi conduzido pela aplicação do regulador do crescimento vegetal PBZ (Cultar®), aplicado via solo em dose única de 1,0 g.i.a.planta<sup>-1</sup>/m de copa de mangueira. A aplicação foi realizada quando a planta apresentava dois fluxos vegetativos, sendo o último fluxo vegetativo ainda imaturo, tenro e de coloração clara, realizada em 10 de outubro de 2016. Foram aplicados 2,0 litros da solução homogênea do produto ao redor do colo da planta.

O manejo da indução floral foi realizado conforme Albuquerque et al. (2002), com adaptações, para o desenvolvimento da brotação e diferenciação floral. Foi realizada a redução gradual da lâmina de irrigação 50 dias após a aplicação do regulador de crescimento vegetal até atingir 50% do volume demandado pela planta. A redução do volume foi associada à três aplicações de sulfato de potássio a 3,0 %, sendo a última aplicação suplementada com etefon na dose de 50 mL por 100 L de calda. Aos 100 dias após aplicação do PBZ, iniciou-se a aplicação semanal de nitrato de cálcio a 2,0 % (p/v) até o início da indução do

florescimento, quando cessaram as aplicações, retomando gradualmente a lâmina de irrigação normal. Adubações de cobertura, as foliares na fase de pegamento e, posteriormente, na de enchimento de frutos foram realizadas a partir deste momento.

### **2.3 Estudos histológicos do efeito de PBZ em ápices caulinares durante a diferenciação floral**

Os estudos histológicos foram realizados no ápice caulinar de mangueiras, nas condições controle e sob aplicação de PBZ, para avaliar o desenvolvimento das gemas em diferenciação. Para tanto, foram coletadas amostras de cinco gemas em diferenciação, em ambas condições, por amostragem aleatória, aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação do regulador vegetal, quando a fase de diferenciação floral foi iniciada. As amostras foram coletadas a partir do corte de ramos, com o auxílio de tesoura, envolvidas em pano úmido e acondicionadas em caixas de isopor, onde foi aspergido água para manutenção da umidade e das condições de coleta, até o momento de preparo das amostras.

Foram obtidos fragmentos de aproximadamente 2 mm de comprimento da região apical dos ramos, com o auxílio de lupas e lâminas tipo bisturi. As amostras foram fixadas em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) por 24 horas. O material permanente foi desidratado em série de álcool etílico, variando de 5 a 95% e incluído a frio em resina de 2-(hidroxietil)-metacrilato (Leica Microsystems, Heidelberg, Alemanha) (PAIVA *et al.*, 2011). As amostras foram seccionadas longitudinalmente em micrótomo rotativo (Atago, Tóquio, Japão) em espessura de 5  $\mu\text{m}$  e, posteriormente, coradas com 0,5% de azul de toluidina, pH 4,7 (O'BRIEN *et al.*, 1964, modificado). As seções foram montadas em lâminas permanentes em resina acrílica (Itacril, Itaquaquecetuba, Brasil) e analisadas em microscópio óptico de campo claro, com câmera digital acoplada (AxionCam ICC/ Lab AI, Zeiss, Jena, Alemanha).

### **2.4 Estudos histológicos e ultraestruturais em folhas durante a diferenciação floral**

O efeito da aplicação de regulador vegetal em folhas, durante a diferenciação floral de mangueira foi avaliado por meio de estudos histológicos e ultraestruturais. Para tanto, foram utilizadas amostras foliares na fase de desenvolvimento vegetativo, coletadas com o auxílio de tesoura, envolvidas em pano úmido e acondicionadas em caixas de isopor, no qual foram aspergidas água para manutenção de umidade e das condições de coleta até o momento de preparo de amostras. As folhas utilizadas para coleta e análises foram aquelas do último fluxo,

onde os ramos apresentavam folhas e meristema apical, com folhas totalmente expandidas e de coloração verde intensa. A coleta foi realizada por amostragem aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação de PBZ, tanto em plantas controle quanto plantas sob aplicação de PBZ, com cinco repetições por tratamento.

As amostras foram seccionadas com o auxílio de lupas e lâminas tipo bisturi, quando foram obtidos fragmentos de 2 mm<sup>2</sup> da região mediana da folha. O material foi processado e avaliado, conforme descrito anteriormente, para as avaliações anatômicas do ápice caulinar. Foram analisadas secções transversais da região mediana do limbo foliar.

Foram realizadas análises ultraestruturais com microscopia eletrônica de transmissão (MET). Para tanto, fragmentos de aproximadamente 0,4 mm da região mediana da folha obtidos com o auxílio de estereomicroscópio e lâminas tipo bisturi foram fixados em solução de Karnovsky, pH 7,2 (KARNOVSKY, 1965) e pós-fixadas em solução de tetróxido de ósmio 1%, preparado em tampão fosfato a 0,1 M, pH 7,2. As amostras foram desidratadas em série etanólica (50°, 70°, 85° e 95°, duas vezes por 20 minutos cada, e 100 ° duas vezes por 30 minutos cada), com posterior desidratação acetônica (duas vezes por 30 minutos cada), sendo infiltradas em resina de Araldite (Leica Microsystems, Heidelberg, Alemanha). Foram obtidas secções ultrafinas de 50 nm de espessura com o auxílio de criomicrotomo (EM FC6, Leica Microsystems, Heidelberg, Alemanha). As secções foram contrastadas em solução de acetato de uranila e citrato de chumbo (ROBARDS, 1978; ROLAND, 1978) e examinadas em microscópio eletrônico de transmissão (CM 100, Philips/FEI Corporation, Eindhoven, Holanda) a 80 kV.

## **2.5 Análises micromorfométricas de folhas durante a diferenciação floral**

Para as determinações micromorfométricas, foram utilizadas as imagens obtidas nas análises histológicas por microscopia de campo claro nas amostras de folhas do experimento anterior. Dessa forma, foram analisadas folhas nas condições controle e sob indução por PBZ, aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação do regulador vegetal.

As análises micromorfométricas foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição fotografados em dez campos. As análises das imagens foram realizadas por meio do programa Image-Pro Plus (Media Cybernetics, Rockville, EUA). Foram quantificadas as espessuras da epiderme nas faces adaxial e abaxial e dos parênquimas paliçádico e lacunoso.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), empregando-se o programa SAS versão 8 (SAS Institute, Carolina do Norte, EUA) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **2.6 Caracterização anatômica do desenvolvimento floral**

Foram realizados estudos anatômicos em gemas florais em desenvolvimento, após o início da fase de diferenciação floral, aos 90 dias da aplicação da aplicação de regulador vegetal. Para o presente estudo, foram coletadas cinco gemas de mangueira a cada três dias até o fim da diferenciação floral, totalizando quatro coletas. As amostras foram coletadas e acondicionadas, como já descrito anteriormente para a amostragem de gemas em diferenciação floral, até o momento do preparo de amostras.

Foram obtidos fragmentos de aproximadamente 2 mm de comprimento das gemas, com o auxílio de lupas e lâminas tipo bisturi. As amostras foram preparadas conforme descrito anteriormente, utilizando a solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) e desidratação por série de álcool etílico, com inclusão a frio em resina de 2-(hidroxietil)-metacrilato (Leica Microsystems, Heidelberg, Alemanha) (PAIVA, 2011). As amostras foram seccionadas longitudinalmente em micrótomo rotativo (Atago, Tóquio, Japão) em espessura de 5 µm e, posteriormente, coradas com 0,5% de azul de toluidina, pH 4,7 (O'BRIEN *et al.*, 1964, modificado). As seções foram montadas em lâminas permanentes em resina acrílica (Itacril, Itaquaquecetuba, Brasil) e analisadas em microscópio óptico de campo claro com câmera digital acoplada (AxionCam ICC/ Lab AI, Zeiss, Jena, Alemanha).

Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram obtidas em amostras coletadas de gemas dos ápices caulinares durante o desenvolvimento floral. Para tanto, as amostras obtidas foram fixadas em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) à vácuo por 24 horas, desidratadas em série etílica, submetidas à secagem em ponto crítico Baltec CPD 0,0 (Balzers, Liechtenstein, Alemanha), com o uso de CO<sub>2</sub> como meio de secagem. Em seguida, foram utilizados suportes de alumínio para revestimento com ouro no metalizador MED 010 (Balzers, Liechtenstein, Alemanha). O material foi analisado em microscópio eletrônico de varredura (Quantum 200, FEI Company, Eindhoven, Holanda), com captura de imagem digital, em 12-20 kV (ROBARDS, 1978).

## **2.7 Caracterização morfológica do desenvolvimento floral**

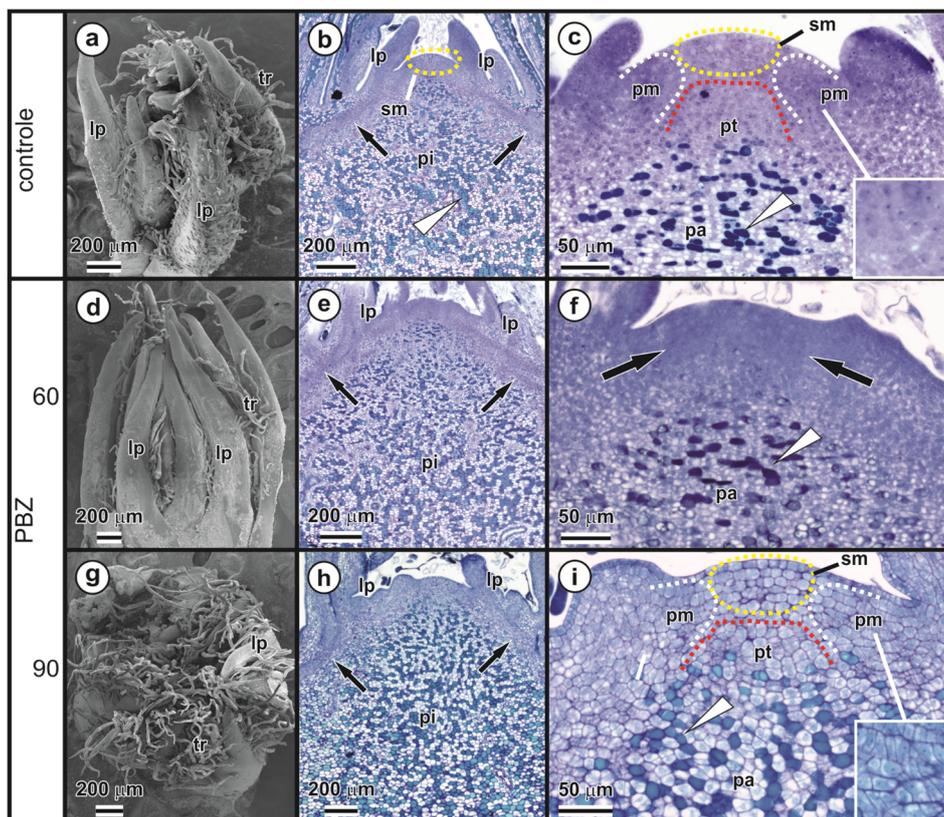
Após a diferenciação floral, foram realizadas observações de campo, a cada quatro dias, nas gemas em desenvolvimento floral. As observações iniciaram quando as plantas apresentaram gemas entumecidas até o momento em que a inflorescência apresentava aproximadamente 50% de antese.

Durante as observações, foram realizadas, aleatoriamente, coleta de três ramos em diferenciação até o pleno florescimento para análise e descrição morfológica. Os ramos coletados foram medidos com auxílio de régua e submetidos a registro fotográfico e descritivo, com base no trabalho realizado por Pérez *et al.* (2009) em mangueira ‘Tommy Atkins’.

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 Organização estrutural do meristema apical sob indução floral**

O ápice caulinar da mangueira é recoberto por primórdios foliares imbricados, cujas epidermes produzem numerosos tricomas (Figura 2.1a). Na condição inicial, o ápice caulinar apresentava-se achatado, e com conformação comum às dicotiledôneas, com o meristema apical em forma de domo e ladeado pelos primórdios foliares mais jovens (Figura 2.1b). As células meristemáticas eram globulares com núcleo proeminente, citoplasma denso e estavam compactamente adensadas (Figura 2.1c). Foi possível identificar cordões procambiais estabelecendo a pré-vasculatura dos primórdios foliares e que a região medular, adjacente ao ápice caulinar, era formada por células do meristema fundamental que precocemente acumulavam compostos fenólicos (Figura 2.1b-c). O meristema apical pôde ser dividido em camadas em função do plano de divisão de suas células. A camada mais periférica (L1), com divisões anticlinais; a camada adjacente (L2), com divisões predominantemente anticlinais e a terceira camada (L3) com divisões anticlinais e periclinais (Figura 2.1c). Também foi possível identificar regiões meristemáticas adjacentes ao meristema apical, sendo o meristema periférico formado pelas células derivadas das camadas L1 e L2 e o meristema da medula, com disposição interna, formado pelas células derivadas da camada L3. Não foram observadas alterações anatômicas significativas entre a condição inicial e o tratamento controle nas avaliações realizadas aos 30, 60 e 90 dias. Dessa forma, foram apresentadas imagens obtidas aos 90 dias (Figuras 2.1a-c).



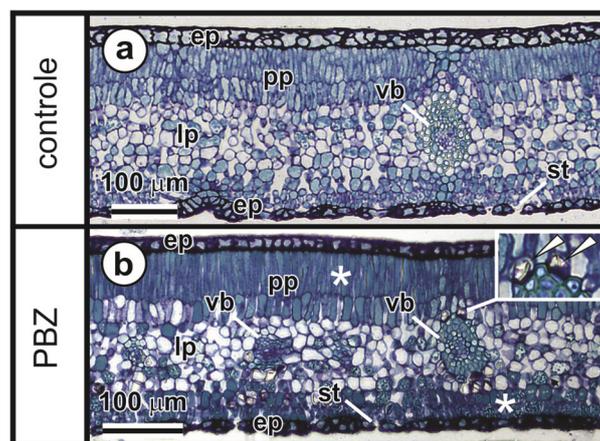
**FIGURA 2.1.** Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e seções histológicas de ápices caulinares de mangueira ‘Palmer’ sob diferenciação floral. (a) Ápice caulinar recoberto com primórdios foliares com tricomas (MEV). (b) Ápice caulinar destacando a localização do meristema apical, cordões procambiais (setas) e células com acúmulo de compostos fenólicos na região medular (ponta de seta). (c) Região apical do ápice caulinar mostrando a localização do meristema apical e regiões meristemáticas adjacentes, evidenciando células com acúmulo de compostos fenólicos na região medular (ponta de seta) e destacando a conformação das células do meristema periférico (quadro no canto inferior direito). (d) Ápice caulinar mostrando entumescimento e expansão lateral em relação ao controle (MEV). (e) Ápice caulinar mostrando meristema apical achatado e destacando cordões procambiais (setas). (f) Ápice caulinar evidenciando adensamento da região meristemática (seta) e células com acúmulo de compostos fenólicos. (g) Ápice caulinar em divisão frontal mostrando significativo entumescimento (MEV). (h) Ápice caulinar mostrando achatamento do meristema apical, cordões procambiais (setas) e significativo acúmulo de compostos fenólicos na região medular. (i) Ápice caulinar evidenciando meristema apical e regiões meristemáticas adjacentes, com destaque para a aglomeração de células não expandidas (quadro no canto inferior direito) e células com acúmulo de compostos fenólicos (ponta de seta) na região medular.

Aos 60 dias da aplicação do PBZ, o ápice caulinar mostrava intumescimento e expansão lateral (Figura 2.1d-e). O domo meristemático apresentava-se mais achatado e o acúmulo de compostos fenólicos havia aumentado na região medular adjacente ao ápice

caulinar. O meristema apical e as regiões meristemáticas adjacentes estavam adensados em decorrência do acúmulo de células originadas de divisões, mas que não haviam se expandido (Figura 2.1f). Após 90 dias da aplicação do PBZ, o ápice caulinar apresentava significativo intumescimento (Figura 2.1g). O meristema apical havia perdido a conformação típica de domo devido ao achatamento e na região medular do ápice caulinar era evidente a ampliação do acúmulo de compostos fenólicos (Figura 2.1h). No meristema apical e regiões meristemáticas adjacentes havia grande aglomeração de células exibindo planos de divisão típicos de cada local, porém sem apresentar expansão (Figura 2.1i).

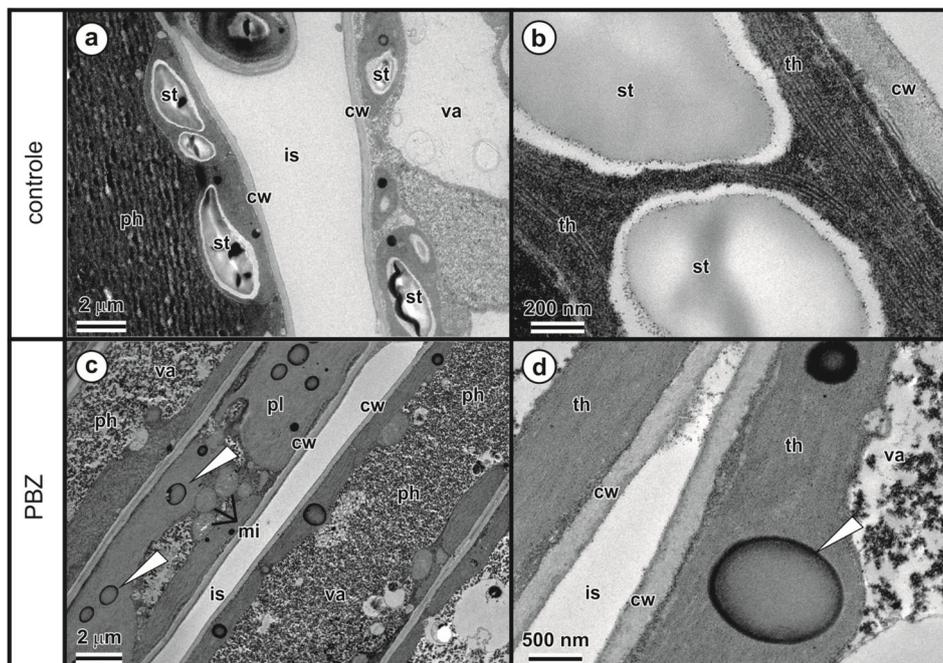
### 3.2 Alterações anatômicas, estruturais e micromorfológicas em folhas durante a diferenciação floral

Nas folhas localizadas nos fluxos mistos oriundos da diferenciação floral, aos 90 DAIF, foi observado que a epiderme da face adaxial, na condição controle, encontrava-se mais espessa que aquela do tratamento com PBZ (Figura 2.2). O parênquima paliçádico de folhas no tratamento com PBZ apresentou elevada concentração de compostos fenólicos, quando comparado com a mesma região na condição controle. Em folhas no tratamento com PBZ também houve presença de cristais de oxalato de cálcio, claramente em maior quantidade que em folhas na condição controle, associados à região do feixe vascular.



**FIGURA 2.2.** Secções transversais de folhas de mangueira durante a indução floral. (a) Visão geral de folhas de mangueira na condição controle aos 90 DAIF, com epiderme da face adaxial mais espessa. (b) Presença de compostos fenólicos (asterisco) no parênquima e de cristais de oxalato de cálcio associados ao feixe vascular (ponta de seta). Legendas: ep: epiderme; lp: parênquima lacunoso; pp: parênquima paliçádico; st: estômato; vb: feixe vascular.

Observações de ultraestruturas de folha de mangueira sob indução floral, na condição controle, permitiram observar o acúmulo de amido em cloroplastos das células do parênquima paliádico, além da presença de compostos fenólicos mais localizados e densos nos vacúolos (Figura 2.3a-b). Ainda nessa condição, ressaltam-se os tilacoides com membranas bem desenvolvidas. As análises ultraestruturais de folha de mangueira sob tratamento com PBZ revelaram a presença de compostos fenólicos menos densos, porém mais distribuídos nos vacúolos, além da presença de grande quantidade de leucoplastos (Figura 2.3c-d). Diferente do observado na condição controle observou-se que as membranas dos tilacoides estavam menos organizadas e sem a presença de amido, com o acúmulo de substâncias lipofílicas.

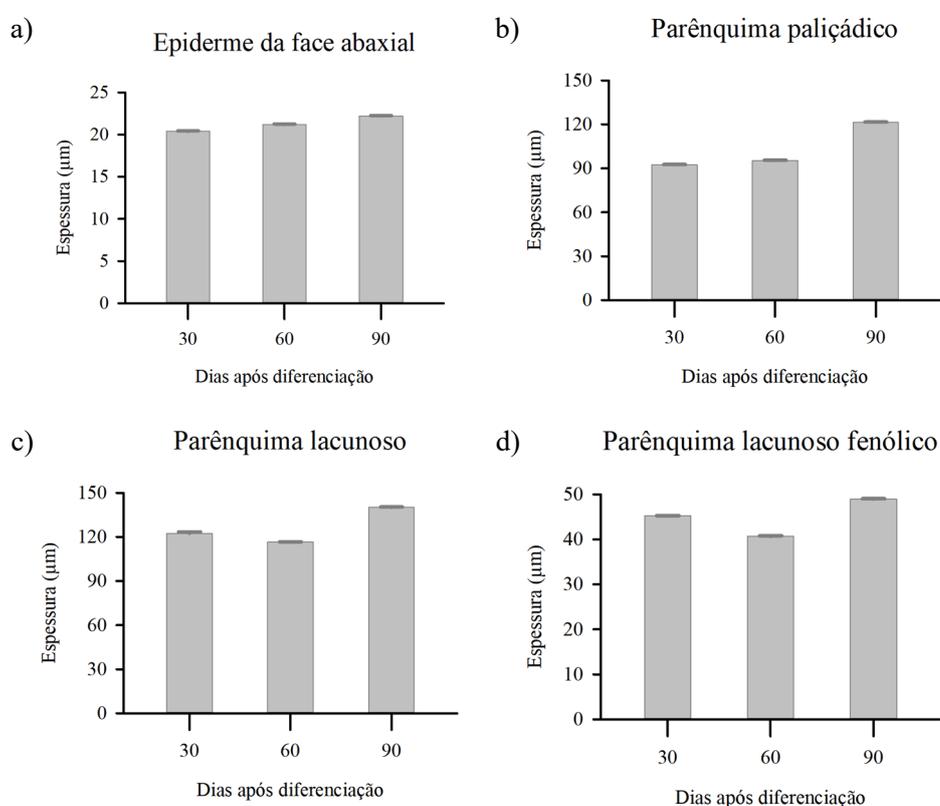


**FIGURA 2.3.** Imagens de microscopia eletrônica de transmissão (MET) de células do parênquima paliádico de folhas de mangueira durante a indução floral. Visão geral de células (a) regiões periféricas de células adjacentes. (b) região periférica de célula, mostrando o cloroplasto. (c) e (d) regiões periféricas de células adjacentes, destacando leucoplastos (pontas de seta). Legendas: cw: parede celular; is: espaço intercelular; mi: mitocôndrias; ph: compostos fenólicos; pl: plastideo; st: amido; th: tilacoide; va: vacúolo.

Na análise micromorfométrica das folhas, foi observado efeito significativo do tempo dentro de todas as características avaliadas ( $p < 0,01$ ), exceto para epiderme da face adaxial. O valor médio obtido para essa característica foi de 26,46  $\mu\text{m}$ , variando entre 25,60  $\mu\text{m}$  aos 30 dias e 30,33  $\mu\text{m}$ , aos 90 dias.

Na epiderme da face abaxial, observou-se o aumento no decorrer do tempo, variando de 20,38  $\mu\text{m}$  aos 30 dias até 22,22  $\mu\text{m}$ , aos 90 dias (Figura 2.4a). Igual comportamento foi observado para o parênquima paliçádico, quando foi observado a estrutura com 92,49  $\mu\text{m}$  aos 30 dias a 121,53  $\mu\text{m}$ , aos 90 dias (Figura 2.4b).

O parênquima lacunoso apresentou a maior média, com 140,19  $\mu\text{m}$  de espessura, aos 90 dias após a diferenciação (Figura 2.4c). A menor espessura foi observada aos 60 dias após a diferenciação, com 116,53  $\mu\text{m}$ . Para o parênquima lacunoso fenólico, a estrutura com maior média de espessura, 48,95  $\mu\text{m}$ , foi observada aos 90 dias (Figura 2.4d); já a menor média foi obtida aos 60 dias, com 40,66  $\mu\text{m}$  de espessura.



**FIGURA 2.4.** Espessura média de epiderme da face abaxial (a), parênquima paliçádico (b), lacunoso (c) e lacunoso fenólico (d), em mangueira ‘Palmer’, nas condições do Semiárido. Janaúba, MG.

A epiderme da face adaxial apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a condição controle e a aplicação do regulador vegetal PBZ, aos 90 dias após a aplicação do regulador (Tabela 2.1). A espessura de epiderme da face adaxial foi maior para a condição

controle, com 30,34  $\mu\text{m}$ , enquanto a aplicação de PBZ resultou na espessura de 26,61  $\mu\text{m}$  na epiderme da face adaxial.

As análises realizadas aos 90 dias da aplicação do regulador vegetal demonstraram que não houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre a condição controle e a aplicação do regulador vegetal PBZ, para as características epiderme da face abaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e parênquima lacunoso fenólico das folhas de mangueira ‘Palmer’ (Tabela 2.1).

**TABELA 2.1.** Valores médios de espessura da epiderme da face adaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso, parênquima lacunoso fenólico e epiderme da face abaxial de mangueira ‘Palmer’ sob tratamentos controle e paclobutrazol (PBZ) nas condições do semiárido. Janaúba, MG.

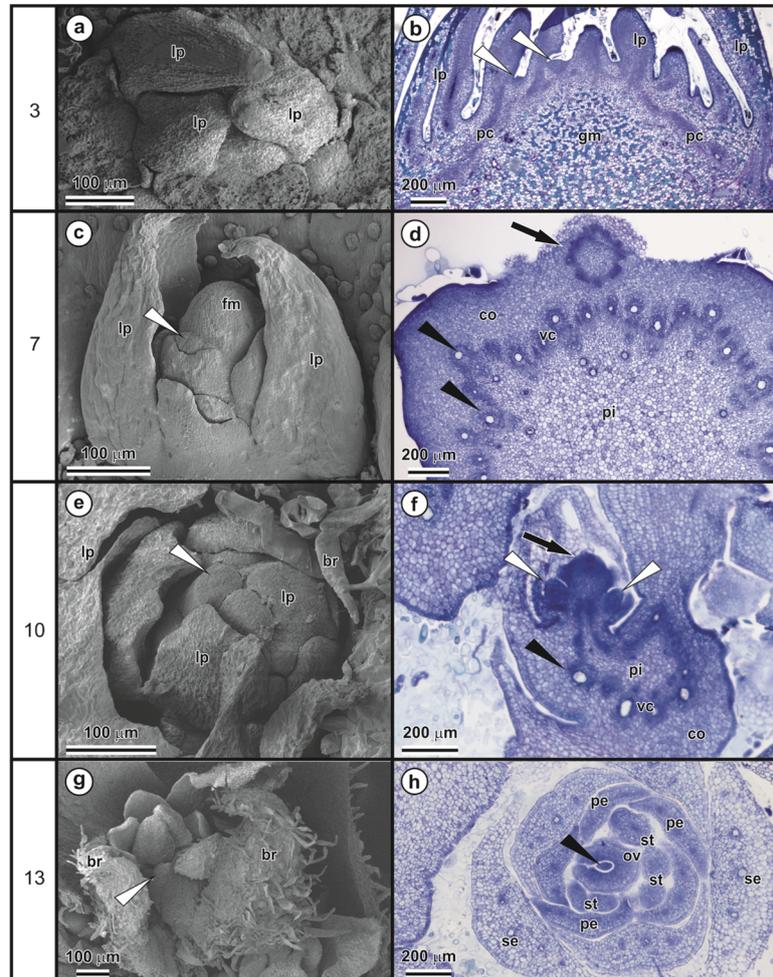
Tratamentos	Epiderme da face adaxial	Parênquima			Epiderme da face abaxial
		paliçádico	lacunoso	lacunoso fenólico	
Paclobutrazol	26,61 b	132,59 a	138,30 a	49,49 a	22,98 a
Controle	30,34 a	121,53 a	140,19 a	48,95 a	22,22 a
CV (%)	9,56	18,73	12,33	8,75	6,48

\*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.3 Organização estrutural do meristema apical durante o desenvolvimento floral

Após a diferenciação floral das gemas indefinidas foram observados a organização estrutural do meristema de gemas reprodutivas de mangueira ‘Palmer’. Durante o desenvolvimento floral, foi possível observar aos 3 dias após a diferenciação floral (DADF), que houve o desenvolvimento acentuado do meristema apical para a inflorescência, envolto por primórdios foliares e gemas nas suas axilas (Figura 2.5a-b). Ao avançar do desenvolvimento, observou-se o início da formação dos cilindros vasculares, bem como a formação do ovário aos 10 DADF (Figura 2.1d). Os primórdios foliares observados desde a fase de diferenciação celular (Figura 2.1) se desenvolveram a partir dos meristemas periféricos até formarem brácteas (Figura 2.5c), aos 7 DADF. Nesse mesmo período foi observado o desenvolvimento e diferenciação do meristema fundamental em meristema floral, quando se iniciou a formação os órgãos florais e dos tecidos de condução (Figura 2.5d). As gemas axilares e o meristema apical observados no início do desenvolvimento floral se

diferenciaram em órgãos florais, ovário e óvulo aos 13 DADF, protegidas pelas brácteas bem desenvolvidas (Figura 2.5g-h).



**FIGURA 2.5.** Morfoanatomia de gemas do meristema apical de mangueira em diferentes fases do desenvolvimento floral. (a, c, e, g) Microscopia eletrônica de varredura e seções (b, d, f) longitudinais e (g) transversais (a). (b, c, e, f, g) Gemas nas axilas dos primórdios foliares em desenvolvimento (seta cheia branca). (d) Eixo principal da inflorescência com padrão de organização eustélico, destacando traço vascular do eixo secundário (seta) e canais secretores (pontas de seta) associados ao cilindro vascular. (h) Peças florais com destaque para o óvulo (ponta de seta). Legendas: Coluna 1: dias após início do desenvolvimento floral; br: brácteas; co: colênquima; fm: meristema floral; gm: meristema fundamental; lp: primórdios foliares; ov: óvulo; pc: procâmbio; pe: pétalas; pi: idioblastosfenólicos; se: elementos crivados; st: estames; vc: cilindros vasculares.

### 3.4 Estádios de desenvolvimento da inflorescência

As observações de campo do processo de desenvolvimento floral iniciaram ao momento do intumescimento da gema ainda fechada e finalizaram no momento do pleno florescimento e antese, fase que antecede à fecundação do ovário e desenvolvimento de frutos.

A Fase 1 foi caracterizada pelo intumescimento da gema apical, já em diferenciação reprodutiva e protegida por revestimento, aos 4 dias DADF, sendo o comprimento médio do eixo principal de 30 mm (Figuras 2.6a-b). Nesta fase, o ramo se diferenciou e o processo de desenvolvimento reprodutivo foi iniciado, com a presença de revestimento recobrando a gema apical. A presença de primórdios foliares era evidente (Figura 2.6b).

Na Fase 2 (8 DADF) ocorreu o desenvolvimento da gema floral. Foi possível observar o desenvolvimento das brotações (envolvidas pelo revestimento) que se afastaram, dando espaço ao surgimento dos botões florais, com diferenciação das brácteas (Figuras 2.6c-d). Nessa fase, o eixo principal apresentou comprimento médio de 3,5 cm.

Na Fase 3 (12 DADF), os primórdios de inflorescências, ainda compactas, surgiram das gemas florais, quando o eixo principal se expandiu e se alongou (Figuras 2.6e-f). Ainda foi possível observar a presença do eixo principal, devido ao nível de compactação das gemas florais, quando a haste apresentou comprimento médio de 8 cm.

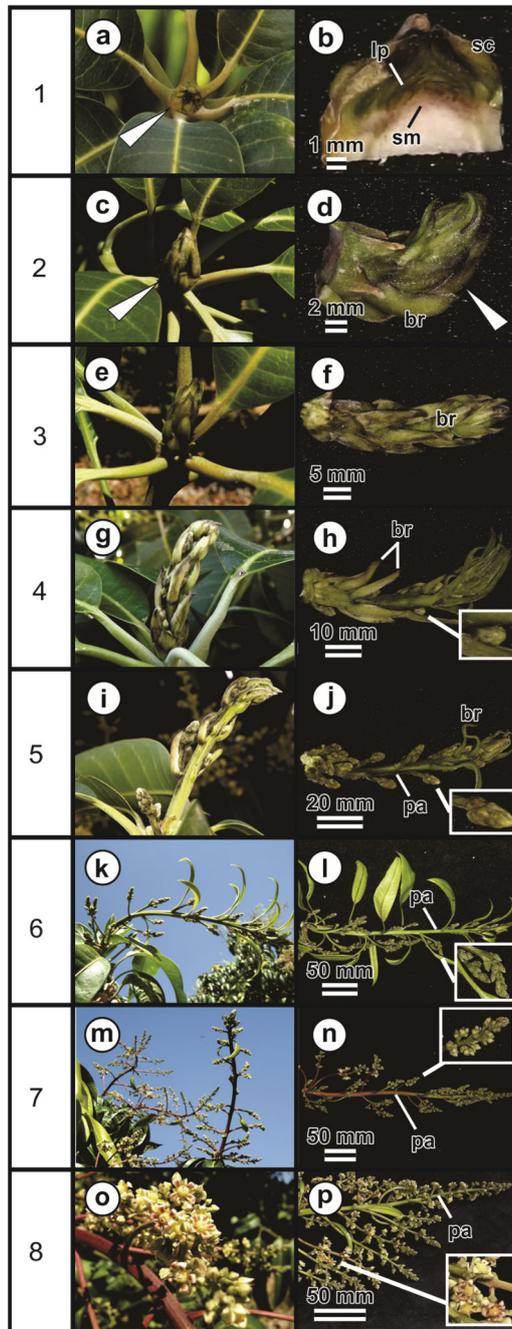
A Fase 4 (16 DADF) foi marcada pelo surgimento do eixo principal, brácteas aparentes e desenvolvidas e o visível desenvolvimento das gemas axilares das brácteas (Figuras 2.6g-h). Nesse momento, a haste apresentava comprimento médio de 13 cm.

O desenvolvimento da inflorescência, o maior alongamento do eixo principal e o surgimento do eixo secundário caracterizaram a Fase 5 (20 DADF). O eixo secundário se originou das gemas axilares existentes nas brácteas, dando a forma de panícula às inflorescências (Figuras 2.6i-j). O eixo principal possuía o comprimento médio de 18 cm.

A Fase 6 (24 DADF) foi caracterizada pelo maior alongamento do eixo principal, com consequente aumento do comprimento de internódios dos eixos secundários, bem como o desenvolvimento acentuado dos eixos secundários, afastando-os do eixo principal (Figuras 2.6k-l). Nessa fase, o eixo principal apresentou o comprimento médio de 25 cm.

O pleno desenvolvimento dos eixos principal e secundários, bem como da inflorescência caracterizaram a Fase 7 (28 DADF) (Figuras 2.6m-n). Nesta fase, as flores ainda permaneceram fechadas, as brácteas encontravam-se ausentes devido à senescência e abscisão. O comprimento médio do eixo principal atingiu 48 cm.

Na Fase 8 (32 DADF) o eixo principal e os secundários encontravam-se totalmente desenvolvidos, assim como as flores (Figuras 2.6o-p). Foi evidenciado o pleno florescimento, com a antese da maior parte das flores. Nesta fase, ocorreram a polinização e fecundação. E esta fase antecedeu a abscisão de verticilos florais e o desenvolvimento de frutos. Neste estágio, o comprimento médio do eixo principal foi de 50 cm.



**FIGURA 2.6.** Morfologia do desenvolvimento do meristema apical diferenciado à antese das inflorescências de mangueira sob condições do semiárido. (a-b) Gemas intumescidas em desenvolvimento com presença de revestimento e primórdios foliares (seta cheia branca). (c-d) Alongamento das gemas apicais e desenvolvimento das brácteas a partir dos primórdios foliares (seta cheia branca). (e-f) Primórdios de inflorescências compactadas e início da expansão do eixo principal. (g-h) Desenvolvimento do eixo principal e de gemas nas axilas das brácteas (destaque). (i-j) Surgimento dos eixos secundários e formação da panícula. (k-l) Alongamento do eixo principal e desenvolvimento dos eixos secundários. (m-n) Pleno desenvolvimento da panícula, antecedendo à antese. (o-p) Antese das inflorescências. Legendas: br: brácteas; lp: primórdios foliares; pa: panícula; sc: revestimento; sm: meristema apical.

## 4 DISCUSSÃO

Este é o primeiro trabalho realizado sob condições semiáridas com o intuito de caracterizar estruturalmente o processo de diferenciação floral e dar subsídios ao aperfeiçoamento das técnicas de indução floral em mangueira sob tais condições.

### 4.1 Efeito da indução na anatomia do ápice caulinar

A indução floral com a utilização de PBZ está associada à restrição da expansão celular e acúmulo de compostos fenólicos no ápice caulinar. Durante o processo de indução floral, observou-se aglomeração de células reduzidas por divisão celular, as quais não se expandiram. É possível que esta situação esteja relacionada à inibição da biossíntese de giberelinas (GAs) pelo PBZ. A similaridade entre o PBZ e o *ent*-caureno, um dos compostos intermediários na biossíntese de GAs, faz com que o PBZ seja preferencialmente utilizado na via biossintética, o que inviabiliza a produção do fitormônio, reduzindo os seus teores nos tecidos vegetais (BÖSE *et al.*, 1992; IZUMI *et al.*, 1985; MIKI *et al.*, 1990). Como as GAS promovem o alongamento celular e regulam negativamente o florescimento na mangueira, a redução de seus níveis estimula os promotores florigênicos, favorecendo a diferenciação reprodutiva dos novos fluxos (DAVENPORT, 2007; RAMÍREZ, 2010). Neste contexto, a mangueira interpreta as alterações fisiológicas igualmente ao momento de estresses abióticos que a induzem à redução nos níveis de GAs e, conseqüente, ao florescimento (FONSECA, 2005; MOUCO, 2005). Apesar da restrição na expansão celular promovida por PBZ, o seu efeito positivo no aumento de produção de mangueira evidencia que o seu uso na cultura, apesar de estressante à planta, é favorável ao controle do florescimento, beneficiando a produção escalonada e reduzindo a característica bianual da cultura (FERREIRA COELHO *et al.*, 2014; MOBILI; BANINASAB, 2008; UPRETI, 2014). Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a repressão à síntese de GAs pelo PBZ está associado também à restrição ao alongamento celular no ápice, o que possivelmente influencia a diferenciação da gema vegetativa em reprodutiva.

Srilatha *et al.* (2015) observaram uma interação entre o incremento no conteúdo de compostos fenólicos e a intensidade de floração e associaram ao efeito dos compostos fenólicos no florescimento da mangueira. Altos níveis de fenólicos também foram reportados por Palanichamy *et al.* (2012) e Patil *et al.*, (1992) em diferentes cultivares de mangueira. O aumento induzido no conteúdo pode não ser efeito direto do regulador PBZ na biossíntese de

fenol, mas por meio do efeito de um regulador (fitormônio), como mencionado por Rademacher (2000). Maiores teores de fenólicos são inibidores do crescimento por meio de efeitos negativos na divisão e alongamento celular. No entanto, estudos futuros poderão esclarecer como o aumento nos compostos fenólicos estão diretamente associados ao processo de floração.

#### **4.2 Respostas micromorfométricas e ultraestruturais nas folhas durante a indução floral**

Durante a indução floral com a utilização de PBZ, não ocorrem alterações significativas na micromorfometria foliar, mas acúmulo de compostos fenólicos, cristais de oxalato de cálcio e substâncias lipofílicas no mesofilo. As alterações micromorfométricas observadas no presente estudo estão associadas ao desenvolvimento vegetal no decorrer do tempo, evidenciando que o PBZ pouco influencia na micromorfometria foliar da mangueira. Burrows *et al.* (1992) observaram, em algumas espécies, que a aplicação de PBZ pode interferir na dinâmica de desenvolvimento dos tecidos vegetais. Estes autores confirmaram que a aplicação de PBZ pode induzir alterações morfológicas como folhas mais espessas e com maior diâmetro em uma ampla gama de espécies. As modificações anatômicas responsáveis por estas mudanças, nas diferentes espécies descritas, são bastante variáveis; algumas são associadas ao método e concentração de PBZ aplicada, como também à idade do material vegetal.

Nos resultados, outra característica marcante das células de plantas sob tratamento com PBZ foi a presença de cristais de oxalato de cálcio, localizados na região de vascularização. A função biológica dos cristais de oxalato de cálcio nas plantas não é suficientemente compreendida. Sua ocorrência nas células vegetais são relacionadas ao armazenamento de cálcio (NAKATA, 2003; VOLK *et al.*, 2002; ZINDLER-FRANK *et al.*, 2001), suporte estrutural (MODENESI *et al.*, 2000) ou proteção contra herbívoros em combinação com outras substâncias protetoras, como produtos químicos e toxinas proteolíticas (BRADBURY; NIXON, 1998; MOLANO-FLORES, 2001; RUIZ *et al.*, 2002; SALTZ; WARD, 2000). O padrão de acúmulo nos vasos é comum em várias espécies, uma vez que a entrada do cálcio, mineral pouco móvel na planta, é realizada pelo xilema. Dessa forma, sua precipitação nas células adjacentes aos vasos impedem o acúmulo em torno das células do clorênquima, impedindo que sua concentração em outras regiões da planta alterem a fisiologia dos demais tecidos e células (MACNISH *et al.*, 2003).

Em mangueira, pouco se sabe acerca do papel do acúmulo de cálcio a nível celular ou tecidual. Burondkar *et al.* (2009) encontraram a menor ocorrência de frutos com colapso interno em mangueiras ‘Alphonso’ tratadas com PBZ e associaram à maior absorção de cálcio pelas mesmas, resultados que confirmaram os dados reportados por Mehta *et al.* (1999) na mesma cultivar. Esses resultados sugerem que plantas altamente produtivas estão propensas a acúmulo de cálcio, em seus tecidos para suprir a necessidade desse nutriente durante a formação de frutos. Porém, estudos mais detalhados a esse respeito deverão ser realizados.

Sabe-se que a produção e presença de compostos fenólicos têm sido comumente associado à produção de compostos protetivos em plantas sob estresse abiótico, cuja síntese pode ocorrer em estruturas secretoras complexas (ductos secretores, tricomas, coléteres) ou em uma única célula (idioblastos e laticíferos) (DEMARCO, 2017; DEMARCO; DEMARCO, 2017; DUSSOURD; DENNO, 1994; EVERT *et al.*, 2006; FAHN, 1979; TURNER, 1999; WINK, 2008).

Ristic e Cass (1991) relataram que plantas de *Zeamays* L. expostas a estresses abióticos apresentaram alterações nos cloroplastos, quando foram observadas a presença de substâncias lipofílicas e alterações na distribuição e inchaço dos tilacoides. A redução na quantidade de amido na bainha do cloroplasto e aumento dos grânulos osmiofílicos foi relatada por Utrillas e Alegre (1997), quando plantas de *Cynodondactylon* foram submetidas a estresse hídrico. No entanto, sabe-se que aplicações de PBZ são responsáveis por manter a integridade da estrutura dos cloroplastos e sua grana com tilacoide compacto, sob condições de estresse hídrico em grão de bico (SOUMYA, 2014). Segundo este autor, PBZ aumenta a atividade de enzimas antioxidantes e restringe a peroxidação lipídica, o que favorece o aumento de substâncias lipofílicas e confere efeito protetivo. O efeito protetivo das substâncias lipofílicas não ficou evidenciado em nossos resultados, requerendo estudos mais aprofundados neste sentido.

### **4.3 Caracterização anatômica de desenvolvimento floral**

O desenvolvimento floral após a indução em condições semiáridas ocorre em 13 dias após o início da diferenciação floral (103 dias após a aplicação de PBZ), nos quais acontece a formação do eixo da inflorescência e das peças florais. O alargamento do eixo principal e o intumescimento meristemático nas axilas dos primórdios foliares são características que evidenciam a diferenciação floral em mangueira (KNIGHT *et al.*, 2009). O eixo principal assume a forma arredondada, com a aparência de cúpula, tornando-se cônico com o seu

desenvolvimento (PALANICHAMY, 2012). A partir de então, a gema se desenvolve e sofre diferenciação, podendo tornar-se vegetativa, floral ou mista (KINET, 1993).

Tongumpai *et al.* (1997) avaliaram o desenvolvimento anatômico de mangueira ‘KhiewSawoey’ na Tailândia sob tratamento com PBZ semanalmente e observaram que o desenvolvimento dos botões florais ocorreu lentamente tanto no controle e sob tratamento com PBZ. Aos 91 dias após a aplicação de PBZ foram percebidos os primórdios florais, observando o desenvolvimento total dos brotos florais, aos 112 dias após o tratamento. Tais resultados demonstram maior tempo para o total desenvolvimento floral que o tempo necessário no presente trabalho. Estes autores estudaram uma cultivar considerada de difícil indução floral, o que favorece a extensão do período de desenvolvimento floral mesmo com a aplicação de 6,0 g.i.a.planta<sup>-1</sup>/m de copa de PBZ. Nossos estudos foram realizados com ‘Palmer’, cultivar considerada tardia no florescimento e produção (CAMPBELL; CAMPBELL, 1993). Ainda assim, as condições de clima semiárido da área experimental e o manejo de indução floral aplicado permitiram o pleno desenvolvimento sob concentrações inferiores (1,0 g.i.a.planta<sup>-1</sup>/m de copa de PBZ), em períodos mais curtos que aqueles observados por Tongumpai *et al.* (1997).

Os trabalhos sobre os estudos anatômicos de mangueira durante o desenvolvimento floral são escassos, apesar da sua importância. Os resultados apresentados no presente trabalho evidenciam a necessidade de se caracterizar o processo de desenvolvimento floral na cultura em diferentes condições ambientais, para ampliar a compreensão sobre a interação entre as condições climáticas e as alterações biológicas envolvidas durante o processo de florescimento e frutificação.

#### **4.4 Caracterização morfológica do florescimento**

O florescimento da mangueira ‘Palmer’ em condições semiáridas, após a indução floral com a utilização de PBZ, ocorre em oito estádios ao longo de 32 dias, indo desde o intumescimento da gema apical até o completo desenvolvimento floral, caracterizado pela antese da maior parte das flores.

Palanichamy *et al.* (2012), em estudos com diferentes híbridos de mangueira, reportaram que a histologia do broto vegetativo varia pouco entre os diferentes estágios de seu desenvolvimento, em comparação ao broto reprodutivo. Em nossos estudos, focamos no desenvolvimento do broto reprodutivo, o que impede a comparação entre as diferenças entre brotos reprodutivos e vegetativos em mangueira ‘Palmer’ nas condições estudadas. Apesar

disso, os resultados obtidos por estes autores vão de encontro aos observados em relação ao desenvolvimento e diferenciação das gemas reprodutivas. Os autores mencionam que o eixo principal, com a forma cônica inicialmente, se alonga durante a diferenciação das gemas reprodutivas, que assumem a forma de cúpula, acompanhada por escamas alargadas. No último estágio, o eixo principal se alonga e torna-se mais espesso. Além disso, as escamas antigas na extremidade basal ficam mais separadas e secam. No presente trabalho, a presença de primórdios foliares são percebidos nos primeiros estágios de desenvolvimento, ocorrendo senescência e queda em estágios mais avançados. Apesar da diferença entre as condições climáticas, observamos que os resultados apresentados vão de encontro ao observado por Palanichamy *et al.* (2012) em seus estudos, demonstrando haver pouca diferença morfológica nas condições citadas.

Os estudos morfológicos e histológicos referentes aos brotos vegetativos e florais, alterações bioquímicas e tempo de diferenciação das gemas permitiram identificar quatro estádios de desenvolvimento para os reprodutivos e nenhum para o vegetativo. É importante identificar, compreender e descrever claramente tais estádios de desenvolvimento para que a determinação do momento da planta durante a indução floral seja facilmente determinada para a tomada de decisões e uso de tratamentos culturais.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos durante o presente estudo em mangueira ‘Palmer’ sob indução floral com utilização de PBZ em condições semiáridas, podemos concluir que:

- O uso de PBZ inibe a expansão das células meristemáticas do ápice caulinar, induzindo ao adensamento do ápice, bem como o acúmulo de compostos fenólicos;
- A aplicação de PBZ favorece, a nível celular, a redução de reservas de amido e o acúmulo de cristais de oxalato de cálcio, compostos fenólicos e substâncias lipofílicas no mesofilo;
- O desenvolvimento floral ocorre após 103 dias da aplicação de PBZ, com a formação do eixo da inflorescência e das peças florais;
- O florescimento ocorre em oito estádios, ao longo de 32 dias após a indução floral com o uso de PBZ, iniciando no intumescimento da gema apical e finalizando com a antese da maior parte das flores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2018.

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. DO C. Indução floral. In: GENU, P. J. C.; PINTO, C. A. Q. (Eds.). **A cultura da mangueira**. 13. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 259–276.

AZEREDO, R. M. A. *et al.* Effect of expansion time and sunlight radiation on the functional and anatomical traits of mango tree leaves. **Revista Agroambiental**, v. 9, n. 4, 1 fev. 2018.

BASSOI, L. H. *et al.* Irrigação. In: MOUCO, M. A. C. (Ed.). **O cultivo da mangueira**. Petrolina: EMBRAPA, 2010.

BATTEN, D.; MCCONCHIE, C. Floral induction in growing buds of lychee (*Litchi chinensis*) and mango (*Mangifera indica*). **Functional Plant Biology**, 1995.

BERNIER, G. *et al.* Physiological signals that induce flowering. **The Plant**, 1993.

BÖSE, G. *et al.* The biosynthesis of ent-kaurene in germinating seeds and the function of 2-oxoglutarate in gibberellin biosynthesis. In: [s.l.] Springer, Dordrecht, 1992. p. 545–554.

BRADBURY, J. H.; NIXON, R. W. The acidity of raphides from the edible aroids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, n. 4, p. 608–616, 1 abr. 1998.

BURONDKAR, M. M.; JADHAV, B. B.; CHETTIA, M. B. Effect of plant growth regulators, polyamine and nutrients on fruit quality and occurrence of spongy tissue in alphonso mango. **Acta Horticulturae**, v. 820, n. 820, p. 689–696, abr. 2009.

BURROWS, G. E.; BOAG, T. S.; STEWART, W. P. Changes in leaf, stem, and root anatomy of *Chrysanthemum* cv. Lillian Hoek following paclobutrazol application. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 11, n. 4, p. 189–194, out. 1992.

CAMPBELL, R. J.; CAMPBELL, C. W. Commercial Florida Mango Cultivars. **Acta Horticulturae**, n. 341, p. 55–59, maio 1993.

DAVENPORT, T. L. Pruning strategies to maximize tropical mango production from the time of planting to restoration of old orchards. **HortScience**, v. 41, n. 3, p. 544–548, jun. 2006.

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

DEMARCO, D. Histochemical Analysis of Plant Secretory Structures. In: [s.l.] Humana Press, New York, NY, 2017. p. 313–330.

DEMARCO, D.; DEMARCO, D. Floral glands in asclepiads: structure, diversity and evolution. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 477–502, set. 2017.

DUSSOURD, D. E.; DENNO, R. F. Host Range of Generalist Caterpillars: Trenching Permits Feeding on Plants with Secretory Canals. **Ecology**, v. 75, n. 1, p. 69–78, 1 jan. 1994.

ENCISO, T.; ENGLEMAN, E.; ROMÁN, A. Iniciación y diferenciación floral en mango manila. **Agrociencia**, v. 34, n. 5, p. 573–581, 2000.

EVERT, R. F.; ESAU, K.; ESAU, K. **Esau's Plant anatomy : meristems, cells, and tissues of the plant body : their structure, function, and development**. [s.l.] Wiley-Interscience, 2006.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979.

FARIA, L. N. *et al.* The effects of irrigation management on floral induction of ‘Tommy Atkins’ mango in bahia semiarid’. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 387–398, jun. 2016.

FERREIRA COELHO, E. *et al.* Flowering and Fruit Set of Mango in Different Doses of Paclobutrazol (Pbz) Florescimento E Estabelecimento De Frutos Da Mangueira Sob Diferentes Doses De Paclobutrazol (Pbz). v. 19, n. 10, 2014.

FONSECA, N. *et al.* Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica*) “Tommy atkins”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 21–24, abr. 2005.

IZUMI, K. *et al.* Studies of Sites of Action of a New Plant Growth Retardant (E)-1-(4-Chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol (S-3307) and Comparative Effects of Its Stereoisomers in a Cell-Free System from *Cucurbita maxima*. **Plant and Cell Physiology**, v. 26, n. 5, p. 821–827, 1 jul. 1985.

KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, n. 15, p. 137, 1965.

KINET, J. Environmental, chemical, and genetic control of flowering. **Horticultural**

**Reviews, 1993.**

KNIGHT, R. J. J.; CAMPBELL, R. J.; MAGUIRE, I. Important mango cultivars and their descriptors. In: LITZ, E. R. (Ed.). **The Mango. Botany, production and uses.** 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: CABI, 2009. p. 42–66.

MACNISH, A. J. *et al.* Identification of intracellular calcium oxalate crystals in *Chamelaucium uncinatum* (Myrtaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 5, p. 565, 2003.

MEHTA, V. B. *et al.* Nutrient dynamics in Alphonso mango orchard treated with paclobutrazol Annals of VI International Mango Symposium. **Anais...** Pattaya: 1999

MIKI, T. *et al.* Sites of Inhibition by a Plant-Growth Regulator, 4'-Chloro-2'-( $\alpha$ -hydroxybenzyl)-isonicotinilide (Inabenfide), and its Related Compounds in the Biosynthesis of Gibberellins. **Plant and Cell Physiology**, v. 31, n. 2, p. 201–206, 1 jan. 1990.

MOBLI, M.; BANINASAB, B. Effects of plant growth regulators on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of two almond rootstock seedlings. **Fruits**, v. 63, n. 6, p. 363–370, 29 nov. 2008.

MODENESI, P. *et al.* Calcium Oxalate and Medullary Architecture in *Xanthomaculina Convoluta*. **The Lichenologist**, v. 32, n. 05, p. 505–512, 28 set. 2000.

MOLANO-FLORES, B. Herbivory and Calcium Concentrations Affect Calcium Oxalate Crystal Formation in Leaves of *Sida* (Malvaceae). **Annals of Botany**, v. 88, n. 3, p. 387–391, 1 set. 2001.

MOUCO, M. A. C. **Cultivo da mangueira.** 2. ed. ed. Petrolina: EMBRAPA, 2015.

MOUCO, M. A. DO C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Paclobutrazol effect at two mango production cycles - Efeito do paclobutrazol em duas epocas de producao da mangueira. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 219–225, 2005.

NAKATA, P. A. Advances in our understanding of calcium oxalate crystal formation and function in plants. **Plant Science**, v. 164, n. 6, p. 901–909, 1 jun. 2003.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. **Scientia Horticulturae**, v. 58, n. 1–2, p. 57–66, 1 jun. 1994.

NUNEZ ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L.; CALDEIRA, M. L. Bud initiation and morphogenesis in “Tommy Atkins” mango as affected by temperature and triazole growth retardants. **Acta hort.**, n. 341, p. 192–198, 1993.

O'BRIEN, T.; FEDER, N.; MCCULLY, M. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, 1964.

OSUNA-GARCÍA, J.; PÉREZ-BARRAZA, M. FLORAL BUD DEVELOPMENT OF 'TOMMY ATKINS' MANGO UNDER TROPICAL CONDITION IN NAYARIT, MEXICO. **VIII International Mango**, 2006.

PAIVA, É. A. S.; PINHO, S. Z. DE; OLIVEIRA, D. M. T. Large Plant Samples: How to Process for GMA Embedding? In: CHIARINI-GARCIA, H.; MELO, R. C. N. (Eds.). **Light Microscopy: Methods and Protocols**. Totowa, NJ: Humana Press, 2011. p. 37–49.

PALANICHAMY, V. *et al.* Determination of the time period of fruit-bud differentiation and the associated histological and biochemical changes in mango hybrids. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 31, n. 2, p. 271–289, 2012.

PATIL, P. B. *et al.* Physiological and biochemical factors associated with fruit bud differentiation in Alphonso mango. V-total phenols and polyphenol oxidase. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 4, p. 338–342, 1992.

PÉREZ-BARRAZA, M. H. V. *et al.* Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpicos en mango “Ataulfo” con reguladores de crecimiento. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 15, n. 2, p. 183–188, 2009.

PÉREZ, M.; VÁZQUEZ, V.; OSUNA, J. Floral bud development of “Tommy Atkins” mango under tropical condition in Nayarit, Mexico. **Proc. VIII International Mango Symposium. Ed. SA**, 2009.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 501–531, 28 jun. 2000.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 65–72, 13 set. 2010.

REECE, P.; FURR, J.; COOPER, W. Further studies of floral induction in the Haden mango (*Mangifera indica* L.). **American Journal of Botany**, 1949.

RISTIC, Z.; CASS, D. D. Leaf Anatomy of *Zea mays* L. in Response to Water Shortage and

High Temperature: A Comparison of Drought-Resistant and Drought-Sensitive Lines. **Botanical Gazette**, v. 152, n. 2, p. 173–185, 19 jun. 1991.

ROBARDS, A. W. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cells. In: HALL, J. L. (Ed.). **Electron Microscopy and Cytochemistry of Plant Cells**. New York: Elsevier, 1978. p. 343–403.

ROLAND, A. M. General preparations and staining of thin sections. In: HALL, J. L. (Ed.). . **Electron Microscopy and Cytochemistry of Plant Cells**. New York: Elsevier, 1978. p. 1–62.

RUIZ, N.; WARD, D.; SALTZ, D. Calcium oxalate crystals in leaves of *Pancratium sickenbergeri*: constitutive or induced defence? **Functional Ecology**, v. 16, n. 1, p. 99–105, 1 fev. 2002.

SALTZ, D.; WARD, D. Responding to a three-pronged attack: desert lilies subject to herbivory by dorcas gazelles. **Plant Ecology**, v. 148, n. 2, p. 127–138, 2000.

SANDIP, M. *et al.* Physiology of Flowering- The Case of Mango. **International Journal of Applied Research**, v. 1, n. 11, p. 1008–1012, 1 out. 2015.

SCHOLEFIELD, P. B. A scanning electron microscope study of flowers of avocado, litchi, macadamia and mango. **Scientia Horticulturae**, v. 16, n. 3, p. 263–272, mar. 1982.

SINGH, L. B. Mango. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, T. T. (Eds.). **Ecophysiology of Tropical Crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 479–485.

SOUMYA, P. R. **Role of paclobutrazol in amelioration of water deficit stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.)**. [s.l.] Indian Agricultural Research Institute, 2014.

SRILATHA, V. *et al.* Pruning and Paclobutrazol Induced Vigour , Flowering and Hormonal Changes in Mango ( *Mangifera Indica* L .). **The Bioscan**, v. 10, n. 1, p. 161–166, 2015.

TONGUMPAI, P. *et al.* Anatomical study of terminal bud development of mango treated with paclobutrazol. **Acta Horticulturae**, v. 455, n. 455, p. 100–107, ago. 1997.

TURNER, G. W. A brief history of the lysigenous gland hypothesis. **The Botanical Review**, v. 65, n. 1, p. 76–88, jan. 1999.

UPRETI, K. K. *et al.* Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Totapuri. **Indian Journal**

of **Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 317–323, 17 dez. 2014.

UTRILLAS, M. J.; ALEGRE, L. Impact of Water Stress on Leaf Anatomy and Ultrastructure in *Cynodon dactylon* (L.) Pers. under Natural Conditions. **International Journal of Plant Sciences**, v. 158, n. 3, p. 313–324, 21 maio 1997.

VOLK, G. M. *et al.* The Role of Druse and Raphide Calcium Oxalate Crystals in Tissue Calcium Regulation in *Pistia stratiotes* Leaves. **Plant Biology**, v. 4, n. 1, p. 34–45, 1 jan. 2002.

WHILEY, A. Environmental effects on phenology and physiology of mango—a review. **IV International Mango Symposium 341**, 1992.

WINK, M. Plant secondary metabolism: Diversity, function and its evolution. **Natural Product Communications**, v. 3, n. 8, p. 1205–1216, 2008.

YESHITELA, T.; ROBBERTSE, P. J.; STASSEN, P. J. C. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of ‘Tommy Atkins’ mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 32, n. 3, p. 281–293, set. 2004.

ZINDLER-FRANK, E.; HÖNOW, R.; HESSE, A. Calcium and oxalate content of the leaves of *Phaseolus vulgaris* at different calcium supply in relation to calcium oxalate crystal formation. **Journal of Plant Physiology**, v. 158, n. 2, p. 139–144, 1 jan. 2001.