

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MANEJO DE FLORESCIMENTO EM TANGERINEIRAS COM ÁCIDO
GIBERÉLICO

Sabrina Raquel Griebeler
Engenheira agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Griebeler, Sabrina Raquel
Manejo de florescimento em tangerineiras com ácido giberélico / Sabrina Raquel Griebeler. -- 2020.
107 f.
Orientador: Sergio Francisco Schwarz.

Coorientador: Mateus Pereira Gonzatto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Citros. 2. Fitorregulador. 3. Alternância de produção. I. Schwarz, Sergio Francisco, orient. II. Gonzatto, Mateus Pereira, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SABRINA RAQUEL GRIEBELER
Engenheira Agrônoma - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 27.02.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 16.10.2020
Por

SERGIO FRANCISCO SCHAWARZ
Orientador - PPG em Fitotecnia
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa
Pós-Graduação em Fitotecnia

MATEUS PEREIRA GONZATTO
Coorientador- Departamento de
Fitotecnia/UFV

RENAR JOÃO BENDER
PPG em Fitotecnia/UFRGS

ALEXANDRE AUGUSTO NIENOW
Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária/UPF

ROBERTO PEDROSO DE OLIVEIRA
Embrapa Clima Temperado

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ilaine e Irineu, por fazerem de mim a pessoa que hoje sou, pela educação e os ensinamentos, além de todo amor e carinho. A forma que tento retribuir é tentando ser a melhor filha que pais como vocês merecem ter.

À minha irmã, Bruna, por estar comigo em todos momentos, agradeço por ser compreensiva comigo e sempre me encher de orgulho.

Ao meu cunhado, Guilherme, pela amizade de sempre;

Ao meu namorado, Artur Stein Fiegenbaum, pelo carinho, amor, compreensão e paciência, que me traz alento em meio a tantos “temporais”.

À família do meu namorado, Marlene, Hélio, Sandra e Thadeu, que são também a minha segunda família, agradeço pela amizade, compreensão e apoio fornecidos.

À UFRGS e à Faculdade de Agronomia, pelo ensino gratuito e de referência em qualidade;

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, que muito contribuiu para minha formação, e também a de mestrado, indispensável para a realização deste trabalho e obtenção deste título;

Ao Departamento de Horticultura e Silvicultura e ao PPG Fitotecnia da UFRGS, pela infraestrutura e pelo corpo docente e quadro de servidores empenhados na geração de ensino e pesquisa de qualidade;

Ao professor Sergio, pelo caráter, dedicação e todos os ensinamentos nestes sete anos de orientação, que contribuíram para minha formação como pesquisadora e também como ser humano.

Ao professor Mateus, que sempre esteve comigo, tanto na graduação, como no mestrado, me orientando nas tomadas de decisões da vida, e por ter contribuído tanto na minha formação.

À Master Citrus, em especial ao Senhor Márcio Mello, pela confiança, apoio e disponibilização de sua propriedade para a implantação e condução da área experimental.

Ao professor Mariath, pela paciência, apoio e dedicação no ensino de anatomia vegetal;

À todos professores, pelo ensino e dedicação que tanto contribuíram para minha formação;

Aos colegas de pós-graduação, principalmente ao Gerson, Léo e Manuela, que muito me auxiliaram tanto nos trabalhos à campo como em conversas científicas ou não;

Aos bolsistas, por todo apoio e auxílio nos experimentos;

Aos meus parceiros de intercâmbio, Miguel e Bruno, pelos laços de amizade criados, pelo apoio mútuo nas dificuldades encontradas, assim como pelas boas lembranças criadas;

Aos meus amigos, Sarah, Gabrielle, Vitória, Gui Fraga, Berlitz, Barok, João e Léo Paim, pela amizade e companheirismo, além dos ensinamentos e bons momentos vividos, tornando até mesmo, momentos difíceis em boas lembranças.

MANEJO DE FLORESCIMENTO EM TANGERINEIRAS COM ÁCIDO GIBERÉLICO¹

Autor: Sabrina Raquel Griebeler

Orientador: Prof. Sergio Francisco Schwarz

Coorientador: Prof. Mateus Pereira Gonzatto

RESUMO

Tangerineiras de maturação tardia da espécie *Citrus deliciosa* Tenore apresentam tendência à alternância produtiva, com produções irregulares entre safras sucessivas. Aplicações de ácido giberélico, em momentos específicos, podem ser usadas para inibirem a indução e diferenciação floral em anos de baixa produção, reduzindo o florescimento excessivo posterior e atenuando a alternância de produção. No presente trabalho, objetivou-se avaliar o uso de aplicações sequenciais de ácido giberélico em período indutivo (AG₃) sobre a redução do florescimento primaveril subsequente a safras de baixa carga de frutos (ano *off*) em tangerineiras ‘Montenegrina’ e ‘Rainha’ (*C. deliciosa*). Foram realizados 3 experimentos, dois com a cultivar Rainha e um com a ‘Montenegrina’. No experimento com ‘Montenegrina’ (Eldorado do Sul, RS, 2018) foram testadas aplicações sequenciais de uma a quatro vezes de 40 mg L⁻¹ de AG₃. Já nos experimentos com a cultivar Rainha (Montenegro: 2018 e 2019, em pomares diferentes), foram testadas aplicações sequenciais de uma a quatro vezes com uso de quatro concentrações de AG₃ (0, 20, 40 e 60 mg L⁻¹). O intervalo entre as aplicações sucessivas foi de 21 dias, iniciando no fim de maio em todos os experimentos. Foram avaliados o florescimento, a brotação, os tipos de brotos, as fixações de frutos e o diâmetro dos mesmos. Adicionalmente, realizou-se estudos anatômicos nas gemas da tangerineira ‘Rainha’, para determinar o período de diferenciação floral. A partir de duas aplicações sequenciais de 40 mg L⁻¹ no experimento com a tangerineira ‘Montenegrina’, houve redução de florescimento e brotação na primavera subsequente. Houve maior frequência de brotos mistos e redução da frequência de brotos florais conforme aumentou-se o número de aplicações de AG₃. Nos experimentos com a cultivar Rainha, a diferenciação floral teve início no mês de julho. Houve interação entre a concentração de ácido giberélico utilizada e o número de aplicações para todas as variáveis estudadas, sendo que quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃, entre maio e julho, resultaram em redução da brotação e florescimento na primavera subsequente, em ambos os experimentos. Em plantas jovens, sob manejo intensificado, o uso de uma a duas aplicações de 40 mg L⁻¹ de AG₃ apresentou consequências similares. Pulverizações com AG₃ em anos *off*, durante o período indutivo, são uma opção viável para alterar o florescimento e reduzir a alternância de produção em tangerineiras ‘Montenegrina’ e ‘Rainha’.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (107f.) Fevereiro, 2020.

FLOWERING MANAGEMENT IN MANDARIN TREES WITH GIBBERELIC ACID¹

Author: Sabrina Raquel Griebeler

Adviser: Sergio Francisco Schwarz

Co-adviser: Mateus Pereira Gonzatto

ABSTRACT

Late-ripening mandarin trees of the species *Citrus deliciosa* Tenore present a tendency to alternate bearing, with irregular production along successive harvests. Gibberellic acid applications, at specific times, can be used to inhibit floral induction and differentiation in years of low production, causing reduction of excessive flowers and attenuating the alternate bearing. The aim of the present work was to evaluate the use of sequential applications of gibberellic acid (GA₃) in the inductive period on the reduction of spring flowering subsequent to low fruit load harvests (off year) in 'Montenegrina' and 'Rainha' (*C. deliciosa*) mandarin trees. Three experiments were carried out, two with Rainha cultivar and one with Montenegrina cultivar. On experiments with 'Montenegrina' (Eldorado do Sul, RS, 2018), sequential applications of one to four times of 40 mg L⁻¹ of GA₃ were tested. In experiments with 'Rainha' (Montenegro: 2018 and 2019, in different orchards), four concentrations of GA₃ (0, 20, 40 and 60 mg L⁻¹) and different numbers of consecutive spraying of the product (1 to 4) were used, with an interval of 21 days, starting at the end of May in all experiments. We evaluated flowering rates, sprout, types of sprouts and fruit fixations, as well as their diameter. Additionally, anatomical studies of 'Rainha' mandarin buds were also performed in order to observe the period of floral differentiation. In the experiment with the 'Montenegrina' mandarin, the use of 40 mg L⁻¹ of GA₃, from two sequential applications in May and June, promotes flowering and sprout reduction in the subsequent spring in the cultivar. There is a higher frequency of mixed shoots and reduction in the frequency of flower shoots, as the number of applications for GA₃ increases. In experiments with the cultivar Rainha, floral differentiation started in July. There was an interaction between the concentration of gibberellic acid used and the number of applications for all variables studied, with four applications of 60 mg L⁻¹ of GA₃, between May and July, resulting in reduced sprouting and flowering in the subsequent spring, in both experiments. In young plants, under intensified management, the use of one to two applications of 40 mg L⁻¹ of GA₃ show similar consequences. Spraying with GA₃ in off years, during the inductive period, is a viable option to alter flowering and reduce the alternation of production in 'Montenegrina' and 'Rainha' mandarin trees.

¹Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (107p.) February, 2020.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Fenologia de citros.....	3
2.2. Anatomia de flores de citros	5
2.2.1 Ontogênese floral.....	6
2.3 Indução e diferenciação floral.....	7
2.3.1 Fatores endógenos e exógenos.....	8
2.4 Frutificação	11
2.5 Alternância de produção	14
2.6 Uso de giberelinas na citricultura	15
2.6.1 Manejo de florescimento de tangerineiras com giberelina	17
2.7 Referências.....	19
3 ARTIGO 1 Aplicações de ácido giberélico na redução da intensidade de florescimento de tangerineira ‘Montenegrina’ em alternância de produção	30
4 ARTIGO 2 Concentração e número de aplicações de ácido giberélico no manejo do florescimento de tangerineira ‘Rainha’ em alternância de produção	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6 APÊNDICE.....	81

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

FIGURA 1. Tipos de brotos cítricos presentes no fluxo primaveril: (A) broto vegetativo - BV; (B) broto multifloral – BM; (C) broto unifloral - BU; (D) brotos duplicados no mesmo nó (broto múltiplo); (E) broto unifloral com folhas -BUF e (F) broto multifloral com folhas - BMF. Fonte: Mateus Gonzatto, 2018. 5

ARTIGO 1

Figura 1. Frequência de brotação (B) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey (p< 0,0001). Eldorado do Sul, 2018. 34

Figura 2. Frequência de florescimento de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma pelo teste de Tukey (p<0,0001). Eldorado do Sul, 2018. 34

Figura 3. Frequência de broto unifloral com folhas (BUF), broto unifloral (BU), broto multifloral com folhas (BMF), broto multifloral (BM) e broto vegetativo (BV) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018. 35

Figura 4. Frequência de broto vegetativo (BV), broto misto (BMisto), broto floral (BFlor) e broto campaneiro (BCamp) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018. 36

Figura 5. Frequência de nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB) de tangerineiras ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018. 36

- Figura 6. Frequência de fixação de frutos aos 30 dias após o pleno florescimento (DAF) (A), aos 72 DAF (B) e aos 107 DAF (B) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018. 37
- Figura 7. Diâmetro de frutos aos 107 dias após o pleno florescimento de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p=0,0038). Eldorado do Sul, 2018. 37
- ARTIGO 2**
- Figura 1. Frequência de B – brotação (%) e de F – florescimento (flores 100 nós⁻¹) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018. 52
- Figura 2. Frequência de B – brotação (%) e de F – florescimento (flores 100 nós⁻¹) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2019. 53
- Figura 3. Frequência de BUF – broto unifloral com folhas (%), BU - broto unifloral (%), BMF – broto multifloral com folhas (%), BM – broto multifloral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018. 54
- Figura 4. Frequência de BUF – broto unifloral com folhas (%) e BU – broto unifloral (%) e BM – broto multifloral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2019. 55

- Figura 5. Frequência de BMF – brotos multiflorais com folhas de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) (A) e mediante 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) de AG₃ (B). NA - número de aplicações de AG₃. Montenegro, 2019. 56
- Figura 6. Frequência de BV – broto vegetativo (%), BMisto – broto misto (%) e BFlor – broto floral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018. 57
- Figura 7. Frequência de BMisto – broto misto (%) e BFlor – broto floral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2019. 58
- Figura 8. Frequência de BV – brotos vegetativos mediante 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) de AG₃ em tangerineira ‘Rainha’. Letras minúsculas distintas, diferem entre si, entre os números de aplicações de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). NA - número de aplicações de AG₃. Montenegro, 2019. 59
- Figura 9. Frequência de broto campaneiro (BCamp) (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018. 60
- Figura 10. Frequência de brotos campaneiros (BCamp) (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2019. 60

- Figura 11. Frequência de NMT - nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (%) e NMB – nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018. 61
- Figura 12. Frequência de NMT - nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (%) e NMB – nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2019. 62
- Figura 13. Frequência de F32DAF – fixação de frutos aos 32 dias após o pleno florescimento (%) e F105DAF – fixação de frutos aos 105 dias após o pleno florescimento (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018..... 63
- Figura 14. Frequência de F23DAF – fixação de frutos aos 23 dias após o pleno florescimento (%) e F94DAF – fixação de frutos aos 94 dias após o pleno florescimento (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2019..... 64
- Figura 15. Diâmetro de frutos (mm) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018. 65

- Figura 16. Gemas íntegras (linha a) e seções longitudinais de cortes à mão-livre em estereomicroscópio (linha b) resultando na progressão de diferenciação de gemas de tangerineira ‘Rainha’ de plantas Testemunhas ao decorrer do tempo, sendo: I – maio/2018; II – início de junho/2018; III – final de junho/2018; IV – julho/2018. Linhas tracejadas acompanham o domo apical. Montenegro, 2018..... 67
- Figura 17. Gemas íntegras (linha a e c) e seções longitudinais de cortes a mão-livre em estereomicroscópio (linha b e d) resultando na progressão de diferenciação de gemas de ‘Rainha’ de plantas Testemunhas ao decorrer do tempo, sendo: I – abril/2019; II – maio/2019; III – junho/2019; IV – início de julho/2019; V – final de julho/2019; VI – agosto/2019. Linhas a e b representam as gemas de maior frequência e linhas c e d representam as gemas mais adiantadas de cada período. Linhas tracejadas acompanham o domo apical. Montenegro, 2019. 68
- Figura 18. Seções longitudinais de cortes a mão-livre em estereomicroscópio resultando na progressão de diferenciação de gemas de ‘Rainha’ de plantas Testemunhas. Setas indicam o domo apical. Br-brácteas, S- primórdios de sépalas, P- primórdios de pétalas e E- primórdios de estames. Montenegro, 2019. 69
- Figura 19. Deformação de folhas de ‘Rainha’ causada por aplicações com alta concentração de AG₃. Folhas coletadas quatro meses após a última aplicação de AG₃. A - sem aplicação de AG₃; B - quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃. Montenegro, 2019..... 70
- Figura 20. Frequência de folhas deformadas (FFD) mediante diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) (A) e mediante 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) de AG₃ (B) em tangerineira ‘Rainha’. NA - número de aplicações de AG₃ (P_{NA} < 0,0001; P_{AG3} 0,0144; P_{NAxAG3} 0,0912). Montenegro, 2019. 70

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

ARTIGO 1

Tabela 1. Frequência de fixação de frutos aos 72 dias após o pleno florescimento (DAF) nos brotos: multifloral com folhas (BMF), unifloral (BU), campaneiros (BCamp), unifloral múltiplo (BUMulti) de tangerineira 'Montenegrina' submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. Dados de número de folhas e flores de cada tipo de broto, nessa ordem, apresentados em pares dentro de parênteses (média ± desvio padrão e ; separam os dados de folhas dos dados de flores), 2x e 3x significa o número de vezes que ocorre o broto dentro de parênteses no mesmo nó. Eldorado do Sul, 2018. 38

Tabela 1. Frequência de fixação de frutos de acordo com o tipo de brotação: broto multifloral com folhas (BMF), broto unifloral (BU) e brotos campaneiros (BCamp) e médias das fixações dos brotos de tangerineira 'Rainha' submetidas a diferentes números de aplicações de 40mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Dados de número de folhas e frutos de cada tipo de broto, nessa ordem, apresentados em pares dentro de parênteses (média ± desvio padrão e, ponto e vírgula separam os dados de folhas dos dados de flores). Montenegro, 2018. 66

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de citros, tendo produzido 19.273.659 toneladas em 2018 (FAO, 2020). O cultivo de tangerineiras no país, apesar de menos expressivo que o de laranjeiras, possui grande importância socioeconômica, com produção de 996.872 toneladas (FAO, 2020). O destino principal das tangerinas é o consumo *in natura*, o que exige maior qualidade de frutos do que aqueles destinados à indústria.

O Rio Grande do Sul é o Estado com maior número de estabelecimentos (3.923) com produção de tangerinas e ocupa o terceiro lugar no ranking de produção no país, com mais de 90 mil toneladas. Onde a região do Vale do Caí, pólo citrícola tradicional do estado, destaca-se na produção de tangerinas, sendo o município de Montenegro o maior produtor desta espécie, produzindo anualmente mais de 25 mil toneladas de frutos (IBGE, 2019). A citricultura gaúcha, além do destaque econômico, apresenta grande importância social, pois se caracteriza por pequenas propriedades, cuja mão de obra é majoritariamente familiar, havendo mais de 12.000 famílias de agricultores que produzem citros no RS (João e Conte, 2018).

As cultivares Montenegrina e Rainha (*Citrus deliciosa* Tenore) são as mais produzidas no Vale do Caí. Os frutos são de maturação tardia e a colheita é realizada em meados de julho a meados de outubro e de julho a meados de setembro, respectivamente. Mesmo apresentando sementes, possuem sabor e coloração que garantem a venda no mercado nacional propiciando preços mais elevados que as demais tangerinas do grupo comum de colheita mais precoce: ‘Caí’ e ‘Pareci’. Estas tangerinas apresentam maior

resistência ao transporte e conservação em câmaras frias que as pertencentes às espécies *C. reticulata* Blanco e *C. unshiu* Marcovitch.

Contudo, cultivares de *C. deliciosa* de maturação tardia apresentam grande tendência à alternância de produção que se caracteriza por produção excessiva de frutos em uma safra (ano *on*) e pequena na subsequente (ano *off*). Esta característica da cultura traz grandes prejuízos ao produtor, pois parte do pomar fica improdutivo e a outra parte floresce e frutifica em demasia. Visto que a produção destas tangerinas é majoritariamente destinada ao mercado *in natura* são necessárias práticas de poda e raleio de frutos para melhorar o calibre e qualidade dos frutos, aumentando a necessidade de mão de obra e, conseqüentemente, os custos de produção para o citricultor.

Um dos motivos da ocorrência da alternância de produção é a presença de grande volume de frutos nas plantas que provocam efeito inibitório ao florescimento, sendo este efeito relacionado com a redução das reservas e aumento da concentração endógena de giberelinas sintetizadas nos frutos presentes durante a indução floral.

Além disso, é importante ressaltar que atualmente não são empregadas as práticas para mitigar a alternância de produção em anos *off* nos sistemas de produção citrícola. Aliado a isso, as pesquisas realizadas com alternância de produção são focadas, em geral, no ano de grande produção (*on*) tentando reduzir a safra por meio de experimentos com podas, raleio manual de frutos e uso de fitorreguladores após floradas e frutificações intensas. Todavia, há a necessidade da realização de pesquisas que atuem no ano *off* de produção, evitando, assim, o desperdício de energia da planta com a alocação de reservas em florações intensas, muitas vezes associadas a brotos primaveris sem presença de folhas e com baixa probabilidade de fixação efetiva.

A participação do ácido giberélico como inibidor da indução floral em citros é amplamente aceita na citricultura. Contudo, há falta de informação em relação à época de indução e diferenciação floral em *C. deliciosa* e sobre a concentração adequada de ácido giberélico para inibir o florescimento de citros. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações e número de aplicações sequenciais de ácido giberélico, durante o período indutivo, na redução da florada primaveril subsequente a safras de baixa carga de frutos, em tangerineiras ‘Montenegrina’ e ‘Rainha’ em irregularidade produtiva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando um melhor entendimento a respeito do manejo do florescimento em plantas cítricas será primeiramente abordado o ciclo fenológico dos citros e a anatomia floral. Após, será tratado da indução e diferenciação floral, bem como dos fatores que estão envolvidos nestes processos, além das alterações biológicas sofridas pelas gemas durante o desenvolvimento floral. O tema subsequente à biologia floral será a frutificação e o processo de alternância de produção em si. Por fim, será abordado o uso das giberelinas na citricultura, focando principalmente no manejo do florescimento como alternativa de redução da alternância de produção.

2.1 Fenologia de citros

O ciclo vegetativo anual das plantas cítricas tem início com a brotação, ou seja, o desenvolvimento das gemas. Essa etapa ocorre por indução das condições ambientais. Após a brotação, segue o desenvolvimento das folhas e dos brotos vegetativos e florais. A frutificação, etapa que dá sequência ao florescimento, é quando ocorre o início do crescimento de frutos que é dividido em três fases as quais são descritas no item 2.5 Frutificação. Com o fim do desenvolvimento de frutos e a maturação destes começa a redução do crescimento vegetativo, finalizando com a entrada em repouso das plantas (Agustí, 2003). Em locais de clima temperado e subtropical, o florescimento tem início na primavera e o repouso sincroniza-se com o início do inverno, ou seja, neste caso a fenologia das plantas é diretamente regulada pela temperatura.

Os citros apresentam de dois a cinco surtos vegetativos, dependendo das condições ambientais em que são cultivados. Em regiões de clima frio ocorrem apenas dois surtos. Em climas tropicais, ou mesmo subtropicais, podem ocorrer entre três a cinco surtos vegetativos distribuídos durante o ano. Além das condições ambientais, a cultivar e a carga produtiva podem determinar o número de brotações (Guardiola, 1997). Dentre os surtos de brotações, o mais importante é o primaveril (com início do fluxo no fim do inverno), pois é quando ocorre o maior fluxo de brotos reprodutivos. Os outros fluxos geralmente são vegetativos, podendo possuir brotos reprodutivos com frequência definida por genótipo e ambiente (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996).

As gemas localizadas junto aos nós, quando brotam podem dar origem a diversos tipos de brotos. Os brotos são classificados de acordo com o número de folhas e flores em broto vegetativo (BV) (não possui flor); broto multifloral sem folhas (BM); broto multifloral com folhas (BMF); broto unifloral sem folhas (BU), ou seja, com apenas uma flor e; broto unifloral com folhas (BUF). Há ainda os brotos múltiplos, que são formados por dois ou mais brotos, provenientes de um mesmo nó (AGUSTÍ, 2003). Os brotos que possuem apenas flores, sem folhas, também são denominados de generativos (BFlor), os quais são a soma de BU e de BM, e os brotos florais com folhas são denominados mistos (BMisto), os quais contemplam os BUF e BMF (Davenport, 1990). Todos estes tipos de brotos podem ser observados na FIGURA 1.

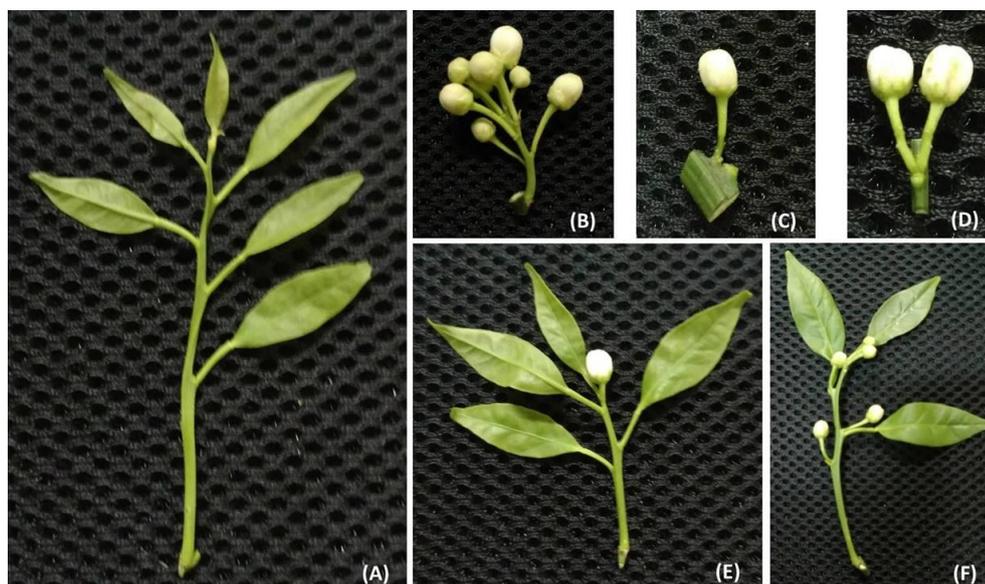


FIGURA 1. Tipos de brotos cítricos presentes no fluxo primaveril: (A) broto vegetativo-BV; (B) broto multifloral – BM; (C) broto unifloral - BU; (D) brotos duplicados no mesmo nó (broto múltiplo); (E) broto unifloral com folhas -BUF e (F) broto multifloral com folhas - BMF. Fonte: Mateus Gonzatto, 2018.

Para acompanhamento da fenologia dos citros, faz-se necessário a utilização de escala fenológica. Assim, é possível uniformizar a informação, facilitar a comunicação e identificar o estágio fenológico em que a planta se encontra. Os distintos estádios fenológicos do gênero *Citrus* são descritos na escala fenológica BBCH adaptada por Agustí *et al.* (1995).

2.2. Anatomia de flores de citros

A flor de citros apresenta um cálice de 5 sépalas e a corola 5 pétalas brancas, dispostos sobre o receptáculo e alternados entre si (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996; Tadeo *et al.*, 2003). O androceu pode ter de 20 a 40 estames, parcialmente unidos na base. O desenvolvimento do androceu ocorre depois da diferenciação das sépalas e pétalas (Gravina, 2014).

O gineceu localiza-se no centro da flor e é formado por estigma, estilo e ovário. O estigma é dividido em duas zonas: uma formada por papilas e uma zona interior formada por células parenquimáticas (a qual envolve os tecidos condutores e os canais estilares). O estilo é cilíndrico e possui os canais estilares, que conectam cada lóculo do ovário ao estigma (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996).

O ovário possui de 8 a 14 carpelos que são fusionados entre si e rodeiam o eixo central. Cada carpelo tem um lóculo, onde são encontrados de 4 a 5 rudimentos seminiais. Os rudimentos seminiais são formados por funículo, nucelo, saco embrionário e os tegumentos. Além disso, são anátropos, ou seja, no período inicial do seu desenvolvimento giram de modo a ficarem curvados sobre o funículo que os prende à placenta (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996).

2.2.1 Ontogênese floral

A anatomia das gemas tem sido usada com eficiência em diferentes frutíferas para identificar a diferenciação floral (Erickson, 1968; Bernier *et al.*, 1981; Fahn, 1990). Desta forma, torna-se fundamental o entendimento de ontogênese floral.

Segundo Lord e Eckard (1985), a primeira mudança observável na gema em diferenciação é o achatamento do domo apical no meristema terminal, em que o aspecto cônico, típico de meristema vegetativo, dá lugar ao alargamento e achatamento do domo apical. No processo de diferenciação, a primeira estrutura a formar-se após o achatamento do domo são as sépalas.

Após a formação do domo nas gemas ainda pode haver reversão floral obtida através da aplicação de AG₃. Em *C. sinensis* (L.) Osbeck um meristema se torna irreversivelmente floral dependendo da sua posição na inflorescência. As gemas terminais são determinadas a serem flores quando as sépalas são formadas, onde parece ocorrer uma mudança na sensibilidade às giberelinas, sendo mais difícil ocorrer a desdiferenciação após esta fase (Lord e Eckard, 1987).

A distribuição das sépalas no processo de diferenciação segue a filotaxia espiral. As pétalas também seguem esse padrão, porém mais condensado. Os estames e carpelos seguem o mesmo padrão de distribuição em espiral. Os estames que se diferenciam primeiro são aqueles que alternam com as pétalas. Após isso, primórdios de estames adicionais são diferenciados entre esses estames iniciais formando um único verticilo. Logo, passa a ocorrer a diferenciação do carpelo supranumerário e, na sequência, os estames formam mais de um verticilo devido a aglomeração lateral. Desde a diferenciação das sépalas até a diferenciação do carpelo são necessárias duas semanas. Uma forma cônica aparece posteriormente com a diferenciação dos estames e, novamente, a forma cônica dá lugar ao achatamento devido à diferenciação dos carpelos (Lord e Eckard, 1985).

Quando há brotos multiflorais as gemas que dão origem são denominadas de gemas apicais e gemas axilares (ou acessórias). Neste tipo de broto, as flores que se desenvolvem primeiro são as flores terminais e as flores axilares tem desenvolvimento posterior (Jahn, 1973; Lord e Eckard, 1985).

2.3 Indução e diferenciação floral

A indução floral é um processo de sinalização que envolve interação com condições ambientais e sinais bioquímicos que tornam as células meristemáticas competentes a formar estruturas específicas para reprodução. Já a diferenciação envolve transição anatômica e morfológica do meristema vegetativo para o meristema floral (Davenport, 1990; Albrigo e Galán-Saúco, 2004).

O florescimento é o resultado final de diversos processos fisiológicos controlados por ações gênicas, como a indução e diferenciação floral, previamente conceituadas. Contudo, todo esse complexo processo de formação de estruturas reprodutivas responde também aos fatores ambientais. Estes fatores só serão reconhecidos e terão seus efeitos sobre a planta se a mesma sofrer as transformações necessárias nos tecidos e órgãos e, assim, reconhecer os sinais ambientais que iniciam o processo de florescimento (Murfet, 1977).

Lord e Eckard (1985) trabalhando com laranjeira (*C. sinensis*) concluíram que a cronologia do desenvolvimento de brotos vegetativos e brotos reprodutivos é similar. A exceção é o início da diferenciação das células meristemáticas, pois as gemas florais iniciam a diferenciação 3 a 4 semanas antes do que as gemas vegetativas. Foi constatado neste mesmo estudo que, microscopicamente, os primeiros sinais de atividade do meristema apical, ou seja, início da diferenciação floral, são observados em dezembro, no hemisfério norte. Esta atividade caracteriza-se por um achatamento do domo no meristema apical. Contudo, neste estágio o meristema ainda não entra em um processo irreversível de formação de flores, ou seja, pode haver desdiferenciação floral (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996). O início da diferenciação pode variar anualmente e conforme a espécie. Além disso, tangerineiras e seus híbridos iniciam a diferenciação ligeiramente mais tarde que as laranjeiras (Abbott, 1935).

Muitas vezes plantas cítricas com presença de frutos não florescem. Isso ocorre devido à repressão de um dos principais genes responsáveis pela indução floral, o *Citrus FLOWERING LOCUS T* (*CiFT2*). Essa repressão é causada pela expressão do gene *CcMADS19* quando em presença de frutos (Agustí *et al.*, 2019). A inibição floral em plantas adultas ocorre em folhas reprimindo a expressão do gene *CiFT2* (Muñoz-Fambuena *et al.*, 2018). Sendo assim, os meristemas para diferenciarem-se em flores

necessitam superar restrições endógenas e também exógenas, e assim, expressar o potencial reprodutivo (Lord e Eckard, 1987).

2.3.1 Fatores endógenos e exógenos

Os fatores exógenos que promovem a indução floral são principalmente as baixas temperaturas e o estresse hídrico. Este processo de indução ocorre de três a cinco meses antes da floração (Gravina, 2014). Em zonas de clima subtropical, as baixas temperaturas no outono e no inverno se correlacionam positivamente com a intensidade de floração (Moss, 1976). Em citros, temperaturas menores que 20 °C fazem com que as gemas se tornem inativas (paradormência), além de promover a indução floral das gemas (Moss, 1969; Guardiola, 1997). Corroborando com os trabalhos anteriores, Poerwanto e Inoue (1990), demonstraram que baixas temperaturas (15 °C) aumentam o número de flores por planta, número de flores por nó e brotação em relação a plantas expostas à altas temperaturas (30 °C). O aumento de florescimento é comprovado quando as plantas cítricas são submetidas à faixa de temperatura de 10-15 °C (Valiente, 2001). Contudo, temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 5 °C já são efetivas na indução floral das gemas (Moss, 1973; Garcia-Luis *et al.*, 1992).

Segundo Moss (1969), a temperatura possui grande influência na indução floral e também no tipo de broto formado. Mais folhas são formadas nas brotações de plantas que estão em temperaturas mais elevadas durante o dia (24-27 °C). Enquanto que em temperaturas amenas durante o dia (15-18 °C) há menos formação de folhas nos brotos.

O aumento de temperatura para 25-30 °C depois de um período de baixas temperaturas (8-15 °C) faz com que haja crescimento de brotos depois de alguns dias após esta mudança. Contudo, altas temperaturas durante a brotação de gemas axilares aumentam o número de brotos sem folhas além de inibir o florescimento. Assim, temperaturas altas durante o início da diferenciação floral podem causar diminuição do potencial de florescimento (Moss, 1969; Moss, 1973).

Já o estresse hídrico é o fator mais importante para a indução floral em zonas tropicais uma vez que nestas ocorre uma estação de seca (Reuther, 1973; Southwick e Davenport, 1986). Segundo Borroto *et al.* (1981), quanto maior o período de déficit hídrico para a planta maior será o retorno floral com o retorno da água ao sistema.

O fotoperíodo não demonstra diferenças significativas quando a este aspecto. Vários trabalhos avaliando diferentes genótipos de citros demonstram não haver envolvimento quantitativo do fotoperíodo no florescimento (Furr *et al.*, 1947; Lenz, 1964; Moss, 1969; Davenport, 1990).

O desfolhamento pode ser um fator que interfere no florescimento em citros. Southwick e Davenport (1986), em estudo com limeira ácida ‘Tahiti’ (*C. latifolia* Tanaka), sugeriram que as folhas não eram essenciais para que houvesse florescimento. Por outro lado, Nishikawa *et al.* (2013), em estudo com cultivo de tangerineiras ‘Okitsu’ (*C. unshiu*), as quais foram mantidas a temperatura controlada de 15 °C por um mês e, após retiradas as folhas e as plantas transferidas para 25 °C. Desta forma, foi possível observar a brotação e correlação negativa da retirada de folhas das plantas com o florescimento. Concluindo também que as plantas cítricas quando desfolhadas, reduzem o número de flores no ciclo subsequente. Segundo Muñoz-Fambuena *et al.* (2018), esta baixa resposta de florescimento é resultado da repressão da indução floral causada por desfolhação, uma vez que a expressão do gene *CiFT2* ocorre nas folhas.

Plantas cítricas submetidas ao estresse hídrico e baixas temperaturas, promovem aumento no florescimento, havendo correlação positiva dos estresses provocados (estresse hídrico e baixas temperaturas) com o aumento de $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$ contido em folhas (Lovatt *et al.*, 1988). A aplicação via foliar de nitrogênio antes da brotação provoca aumento de florescimento em plantas com baixos níveis de nitrogênio (teor foliar menor que 2,1%). Contudo, em plantas bem nutridas em nitrogênio não é observado aumento de florada com aplicações de nitrogênio foliar na mesma época (Rabe, 1994; El-Otmani *et al.*, 2004). Com relação à participação dos carboidratos na indução floral ainda não há respostas conclusivas. Os fotoassimilados possuem efeito quantitativo na indução floral, porém não são determinantes (Gravina, 2014). Contudo, posteriormente, a diferenciação floral necessita de um nível mínimo de fotoassimilados para ocorrer (Goldschmidt, 1999). Portanto, os carboidratos não parecem ter uma função específica na regulação do florescimento, embora esse processo requeira energia, a qual pode ser fornecida por fotoassimilados (Agustí e Primo-Millo, 2020).

A prática do anelamento no verão, período bem anterior ao indutivo, pode aumentar o número de flores de ‘Salustiana’ e ‘Satsuma’ (Agustí *et al.*, 1992). Contudo, o anelamento com esta finalidade deve ser realizado antes das condições que induzem ao

florescimento, ou seja, antes do inverno ou do período de seca. Entretanto, esta técnica torna-se menos efetiva quando há alta carga produtiva nas plantas e a colheita é realizada tardiamente. Assim, não seria indicado o uso desta técnica para a indução ao florescimento para cultivares tardias (Guardiola, 1997).

A influência de alta carga de frutos na indução floral é direta e tempo-dependente. Quanto maior o tempo de permanência de frutos nas plantas, menor será o florescimento na safra subsequente. Isto explica o motivo de cultivares precoces possuírem um maior retorno floral, pois seus frutos são colhidos antes do período de indução floral (Guardiola, 1997).

A presença de frutos próximo aos ápices vegetativos inibe a expressão de brotos reprodutivos em gemas laterais (Goldschmidt *et al.*, 1985; Davenport, 1990). Esta situação diminui o número de gemas que poderiam brotar (García-Luis *et al.*, 1995), além de diminuir o desenvolvimento de gemas florais (Koshita *et al.*, 1999; Moss, 1969). Valiente e Albrigo (2004), em estudo realizado na Florida, registraram que a presença de frutos reduziu significativamente o florescimento em laranjeiras (*C. sinensis*), independentemente da cultivar ('Valência' e 'Hamlin') ou do período em que foram expostos os tratamentos às condições climáticas do inverno na Florida.

O efeito inibitório do florescimento provocado pela presença dos frutos ocorre de forma direta, diminuindo a formação de gemas reprodutivas na planta (Martínez-Fuentes *et al.*, 2010). A inibição, de forma indireta, ocorre nas primeiras etapas de desenvolvimento dos frutos, quando há diminuição ou inibição da intensidade das brotações de verão e outono. Estas gemas de verão-outono possuem maior capacidade de indução quando comparadas às brotações da primavera anterior (Valiente e Albrigo, 2004; Verreyne e Lovatt, 2009).

Apenas os estímulos exógenos não são suficientes para a transição das gemas aos meristemas florais, sendo necessários estímulos endógenos também. Podendo ainda haver relação entre estes fatores internos e externos e/ou complementação. Além disso, há a suposição que os citros podem ser auto-induzidos, ou seja, trata-se de uma indução floral que ocorre independentemente das condições ambientais (Medina *et al.*, 2005).

Os frutos presentes em plantas cítricas de 'Murcott' (*C. reticulata* × *C. sinensis*) (Shalom *et al.*, 2012), 'Moncada' (*C. clementina* Hort. ex. Tan. × (*C. unshiu* × *C. nobilis* Loureiro) (Muñoz-Fambuena *et al.*, 2011) e tangerineira Satsuma (Nishikawa *et al.*,

2012) suprimem a expressão de *Citrus FLOWERING LOCUS T* (*CiFT2* – promotor de florescimento) quando há alta carga de frutos no período de indução floral. Além da carga de frutos, a expressão do gene *CiFT2* está associado com a época de colheita. Quanto mais tempo o fruto fica na planta maior a repressão do gene (Muñoz-Fambuena *et al.*, 2011). Contudo, a inibição causada por presença de fruto no gene é limitada aos arredores de onde o fruto está presente (Agustí *et al.*, 2019). Nishikawa *et al.* (2007) demonstrou que baixas temperaturas induzem a expressão do homólogo de *CiFT2*. Entretanto, quando as plantas estão sob altas temperaturas o florescimento não é induzido e ao mesmo tempo *CiFT2* é mantido em baixos níveis de expressão. Isso demonstra que *CiFT2* é regulado por temperatura (Nishikawa *et al.*, 2009).

Muñoz-Fambuena *et al.* (2011) demonstraram que ramos de tangerineira ‘Moncada’, onde foram retirados todos os frutos na fase II do desenvolvimento de fruto, floresceram mais (142 flores por 100 nós) no próximo ciclo em comparação aos ramos em que foram mantidos todos os frutos até a maturação (menos de 10 flores por 100 nós), havendo inibição da expressão dos genes homólogos *CiFT* e *SOCI*. Sendo *FT* e *SOCI*, promotores de floração em *Arabidopsis* (Blazquez e Weigel, 2000; Samach *et al.*, 2000). Também houve inibição da expressão de *CiFT* em laranjeiras (*C. sinensis*) em ano *off*, ou seja, com baixa produção ou produção nula, por meio de aplicação de ácido giberélico em período de indução (Muñoz-Fambuena *et al.*, 2012).

2.4 Frutificação

A frutificação, ou fixação de frutos, é a transição do ovário da flor totalmente desenvolvida para o fruto em crescimento. Por sua vez, a fixação efetiva de fruto leva em consideração o número de frutos que permanecem na planta em relação ao número inicial de flores após as abscisões que podem ocorrer ao longo das fases iniciais do desenvolvimento do fruto (Agustí, 2003).

Os citros florescem abundantemente, mas também apresentam alta abscisão de flores e frutos, podendo apresentar fixações de 10% a até mesmo 0,1% (Agustí, 2003; Iglesias *et al.*, 2007). A abscisão de frutos ocorre em determinadas fases do seu crescimento. A curva sigmoideal que representa o crescimento dos frutos em relação ao tempo é dividida em três partes: a fase I que ocorre desde a queda de pétalas até o final da queda fisiológica dos frutos, trata-se de uma curva exponencial em que acontece a

divisão celular do ovário e a regulação hormonal, realizada por giberelinas e citocininas. Na fase II, há um comportamento do tipo linear, onde ocorre a expansão celular, regulada por auxinas e também por aporte de nutrientes e água. Já na fase III, ocorre redução na taxa de crescimento e ocorrem as mudanças relacionadas à maturação (Bain, 1958; Agustí, 2003).

A abscisão de órgãos reprodutivos em citros acontece principalmente durante a fase I. Durante esta fase, ocorrem dois momentos de abscisão elevada: o primeiro ocorre na transição entre flor e fruto (queda de pétalas); e o segundo durante a queda fisiológica de frutos jovens, sendo que o fim dessa queda está associado ao final da fase I (Bermejo *et al.*, 2016). A queda fisiológica de frutos jovens ocorre em novembro no hemisfério sul, sendo que no hemisfério norte é conhecida como *june drop* (Webber, 1923). A importância dessas duas quedas de estruturas reprodutivas pode variar dependendo do genótipo. Citros com sementes apresentam o primeiro pico de abscisão menor do que cultivares sem sementes, podendo estar relacionado com o estímulo da polinização que ocorre nas cultivares com sementes. Já a abscisão que ocorre na queda fisiológica de frutos jovens é mais importante na determinação da frutificação efetiva de genótipos com sementes (Bermejo *et al.*, 2016).

Durante as fases II e III, a abscisão é consideravelmente reduzida, embora em algumas espécies e em condições ambientais adversas, frutas maduras (fase III) podem apresentar queda em pré-colheita. Contudo, muitas cultivares são insensíveis à abscisão nesta fase. A zona de abscisão de flores e ovários, geralmente, ocorre entre o ramo e o pedúnculo, denominada AZ-A. Esse tipo de abscisão se torna progressivamente inoperante durante a fase I, dando lugar à ativação da abscisão na zona entre a parede do ovário e o nectário, denominada AZ-C, durante a queda natural de frutos e no amadurecimento (Iglesias *et al.*, 2007).

A frutificação efetiva em plantas cítricas é altamente dependente do tipo de broto floral. Geralmente, brotos de flores sem folhas possuem baixa probabilidade de fixar frutos. Por outro lado, brotos de flores com presença de folhas – tanto aqueles brotos com flores terminais ou brotos com flores intercaladas com folhas – possuem uma maior probabilidade de fixar frutos (Jahn, 1973; Iglesias *et al.*, 2007).

Em cultivares alternantes de laranjeira doce há relação entre florescimento e frutificação. Quando o florescimento é menos intenso (menos de 20 flores 100 nós⁻¹) a

frutificação aumenta com o número de flores. Por outro lado, quando há mais de 20 flores 100 nós⁻¹ a frutificação torna-se independente da intensidade de florescimento (Agustí, 2003).

A fixação de frutos está diretamente relacionada com a polinização, devido à produção de sementes (Talón *et al.*, 1990). Cultivares com semente fixam frutos mais facilmente e, geralmente, em excesso (Agustí, 2003). Por sua vez, as cultivares que são partenocárpicas têm a fixação dos frutos associada à quantidade endógena de giberelinas presentes nas paredes do ovário, as quais são sintetizadas na antese e desencadeiam a divisão celular do ovário. Os frutos de Clementinas (*C. clementina*) podem apresentar baixa fixação quando em condições de autopolinização. Já o grupo das Satsumas (*C. unshiu*) apresenta alta fixação de frutos mesmo sendo partenocárpicas. Quando se analisa o conteúdo de giberelinas endógenas, percebe-se que as Clementinas, as quais são partenocárpicas facultativas, possuem concentrações menores nos ovários comparativamente às Satsumas (partenocárpicas obrigatórias), estando essas concentrações de giberelinas relacionadas com o tipo de partenocarpia (Talón *et al.*, 1990; Mesejo *et al.*, 2016). Desta maneira, comprova-se o estímulo hormonal proveniente das giberelinas para promover a frutificação, pois elas estimulam a divisão e expansão celular de frutos (Talón *et al.*, 1991), o que acarreta em maior consumo de carboidratos e assim, o crescimento de frutos, o que aumenta a probabilidade de fixação destes (Rivas *et al.*, 2007).

Além dos estímulos das giberelinas, outros fitorreguladores também estão relacionados com a fixação de frutos. O ácido abscísico (ABA) atua como inibidor do desenvolvimento, ativando a abscisão de frutos. O aumento da concentração de ABA nos frutos provoca mudanças nas concentrações de giberelinas, reduzindo a concentração destas nos frutos. Aplicações exógenas de ABA associadas ao etileno também promovem a abscisão dos frutos, sendo o etileno notoriamente reconhecido como fator de abscisão de frutos (Goren, 2003; Agustí, 2003).

A ativação endógena de ABA pode ocorrer em épocas de estresse hídrico, sendo comprovado que este estresse afeta negativamente a fixação de frutos (Goren, 2003; Agustí, 2003). Além do estresse hídrico, o encharcamento causado em solos com baixo teor de oxigênio reduz a fixação efetiva de frutos em ‘Satsuma’, estando isso relacionado com a redução da função radicular e acumulação de amido em folhas (Goñi *et al.*, 2015).

Altas temperaturas ou mudanças bruscas das temperaturas também podem promover a abscisão de frutos. As baixas temperaturas não demonstram efeitos negativos na fixação de frutos. Já a competição por nutrientes durante o desenvolvimento do fruto pode ser um promotor de abscisão, devido à competição fonte-dreno (Agustí, 2003).

2.5 Alternância de produção

A alternância de produção pode ocorrer em muitas espécies lenhosas. Em algumas variedades de citros, os frutos podem controlar o florescimento, chegando ao ponto de reduzi-lo drasticamente. A safra em que este processo ocorre denomina-se ano *off*, compreendendo desde o florescimento até a colheita. A ausência de frutos faz com que haja um florescimento abundante, assegurando uma safra de alta carga de frutos, sendo denominada de ano *on*. Por fim, a safra seguinte será de ano *off*, pois a produção de frutos em abundância provoca inibição do florescimento sucessivo. Essa sucessão de ciclos de alta e baixa carga de frutos se denomina alternância de produção (Agustí, 2003).

O grau de intensidade da alternância é altamente dependente da espécie e cultivar. Em geral, as tangerineiras e seus híbridos apresentam alternância, principalmente as cultivares de maturação tardia, devido à presença de sementes em seus frutos, as quais produzem giberelinas. Os pomeleiros, limoeiros e cultivares de laranjeiras e tangerineiras sem sementes possuem, geralmente, colheitas sem alternância de produção. Contudo, há outros fatores que podem interferir e fazer com que variedades que comumente não alternam tenham safras alternantes (Agustí, 2003).

O balanço de carboidratos influencia na alternância de produção. O efeito de produções elevadas em uma safra acarreta na redução considerável nas reservas de amido das raízes e este pode ser um fator limitante na floração, uma vez que a formação dos verticilos florais é dependente da disponibilidade de carboidratos (Agustí, 2003; Martínez-Fuentes *et al.*, 2010).

Há outros fatores determinantes para que haja alternância, como: as alterações metabólicas na rota do nitrogênio, que causam desacoplamento do mecanismo de redução de nitrato em anos *on*; alterações no balanço hormonal pela presença de frutos em plantas alternantes, devido ao incremento dos teores endógenos de giberelinas, inibindo a indução ao florescimento; interação entre os fatores já descritos, provocados pela poda ou raleio

de frutos nos primeiros estádios de desenvolvimento do fruto, o que permite que haja novamente o acúmulo de carboidratos nas folhas antes da diferenciação floral. A explicação para o efeito destes manejos é a redução de drenos de carboidratos e, conseqüentemente, das fontes de giberelinas (Turnbull, 1989; Talón *et al.*, 1990; Agustí, 2003).

2.6 Uso de giberelinas na citricultura

As giberelinas são um dos grupos de hormônios vegetais. Os sítios de biossíntese são os pontos de divisão celular mais intensa, como ápice de ramos e folhas jovens. As giberelinas são diterpenos tetracíclicos compostos de quatro unidades de isopreno. O isopreno, por sua vez, é um composto que resulta da junção de cinco unidades de carbono. A unidade biológica do isopreno é o pirofosfato de isopentenilo (IPP). São conhecidas duas rotas da biossíntese do IPP: uma citoplasmática, dependente de mevalonato (MEV); e outra plastidial, independente de mevalonato, também conhecida como rota do metileritrol fosfato ou deoxixilulose fosfato (MEP/DOXP). A rota plastidial é a via predominante, com pequena contribuição da via MVA, particularmente quando a via MEP sofre limitação, indicando *crossstalk* entre as rotas MVA e MEP (Dewick, 1997; Kasahara *et al.*, 2002; Kerbaudy, 2008; Vranova *et al.*, 2013; Taiz e Zeiger, 2017).

Na via MEP, a biossíntese de giberelinas ocorre em três estágios e em compartimentos diferentes da célula. O primeiro estágio ocorre no proplastídeo com a reação de ciclização do geranyl geranyl difosfato, uma molécula de 20 carbonos formando o composto tetracíclico, ent-caureno. A segunda etapa ocorre no retículo endoplasmático, o ent-caureno é convertido na primeira giberelina, a AG₁₂. E, por fim, a terceira etapa ocorre no citoplasma, onde a AG₁₂ é convertida em outras giberelinas (Kerbaudy, 2008; Taiz e Zeiger, 2017).

A biossíntese das giberelinas ocorre em pontos de divisão celular mais intensa, ou seja, em ápice de ramos e raízes, folhas jovens e sementes em germinação. O transporte é feito pelos vasos condutores (xilema e floema), dependendo da zona de produção do mesmo, do ápice até a base e vice-versa (Lavagnini *et al.*, 2014). A biossíntese é regulada geneticamente, ambientalmente e pelo estádio de desenvolvimento. O fotoperíodo e a temperatura também podem modificar a transcrição gênica de enzimas da síntese de giberelina (Argyris *et al.*, 2008). Muitos dos compostos do grupo das giberelinas são

biologicamente inativos, sendo até o momento definidos mais por sua estrutura química do que por sua atividade biológica (Taiz e Zeiger, 2017).

O uso exógeno de giberelinas é amplamente difundido na citricultura, promovendo melhorias na produção e na qualidade dos frutos. Dentre os vários usos, as giberelinas melhoram o crescimento de mudas, o aumento do número de folhas, o comprimento da haste, o comprimento dos entrenós, a massa da raiz, a massa seca e o suprimento de carbono para as brotações (Dilip *et al.*, 2017; Le Roux e Barry, 2010; Siqueira *et al.*, 2008; Dizon *et al.*, 2005). Além disso, aplicações de AG₃ atrasam a senescência da casca de frutos e alteram teores de óleos essenciais em frutos (Coggins *et al.*, 1969). Aplicações exógenas de AG₃ antes da troca de cor de casca reduzem a degradação da clorofila (Agustí *et al.*, 1988) e a biossíntese de carotenoides (García-Luis *et al.*, 1986).

Aplicações de giberelinas são efetivas na fixação de frutos, caso haja falta de estímulo reprodutivo para tanto, principalmente em cultivares sem sementes, que apresentam problemas de baixa fixação de frutos. As giberelinas aumentam a força de dreno dos frutos promovendo maior fixação de frutos (Rivas *et al.*, 2007; Garmendia *et al.*, 2019). Koller *et al.* (2006), trabalhando com laranjeiras-de-umbigo ‘Monte Parnaso’, que apresentam alta abscisão de frutos, demonstraram aumento de produtividade com o uso de anelamento da casca dos ramos no final da queda das pétalas ou no final da queda natural de frutos, ou ainda, com pulverização das plantas com 5 mg L⁻¹ de AG₃ no final da queda das pétalas. Os autores concluíram que esta resposta positiva deve estar relacionada ao aumento da divisão celular e melhor nutrição dos frutos promovida pela aplicação de AG₃ e/ou anelamento da casca dos ramos.

O *creasing* é uma desordem fisiológica que afeta a epiderme de frutos causando depressões (afinamento ou ruptura) inicialmente no albedo. Pode inibir o crescimento celular e reduzir os níveis de pectina na epiderme. Assim, há depreciação do valor comercial de frutos, além de diminuir a qualidade em pós-colheita. A aplicação de giberelina exógena pode aumentar a plasticidade da parede celular, o que favorece o crescimento e extensão celular, e diminui a atividade da pectina metilesterase, que atua na degradação das pectinas (Holtzhausen, 1981; Jona *et al.*, 1989; Li e Chen, 2017). Reduções desse distúrbio em ‘Valência Late’ foram observadas com aplicações de 12 mg L⁻¹ de AG₃ no mês de julho na Espanha (Ruiz e Primo-Millo, 1989). Aplicações de 20 mg

L⁻¹ de AG₃ com frutos entre 40 e 55 mm de diâmetro reduziram a ocorrência de *creasing* em laranja-de-umbigo ‘Washington Navel’ (Gambetta *et al.*, 2002).

Aplicações exógenas de AG₃ demonstram promover a atividade da enzima Rubisco resultando no aumento da capacidade de fixação de carbono na fotossíntese (Yuan e Xu, 2001). Na mesma linha, Huerta *et al.* (2008), demonstraram em plantas transgênicas de ‘Carrizo’ (*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf) que expressam alta concentração de AG₁, que há aumento de condutividade estomática e da taxa de transpiração promovendo, assim, aumento da fotossíntese.

A preferência pela ausência de sementes em frutos cítricos é uma tendência de mercado. A possibilidade de indução à partenocarpia torna-se importante para garantir a venda de frutos. Otero e Rivas (2017), demonstraram que na tangerineira ‘Afourer’ pode-se reduzir o percentual de sementes e o número de sementes por fruto, sem reduzir produtividade ou tamanho de fruto mediante aplicações repetidas de ácido giberélico em concentrações de 25 a 50 mg L⁻¹ durante a antese.

Em plantas frutíferas, as giberelinas inibem o florescimento, enquanto que em plantas herbáceas promovem o florescimento (Wilkie *et al.*, 2008). Vários trabalhos demonstram este efeito das giberelinas como inibidores da indução floral em citros (García-Luis *et al.*, 1986; Goldschmidt *et al.*, 1985; Monselise e Halevy, 1964).

2.6.1 Manejo de florescimento de tangerineiras com giberelina

O manejo do florescimento em tangerineiras torna-se interessante quando se trata de cultivares alternantes. Como já descrito no item 2.5 - Alternância de produção é possível diminuir a alternância de produção evitando que ocorram anos com pequena produção ou improdutividade de frutos. A manipulação pode ser feita em safras de baixa carga através da inibição do florescimento.

A participação do ácido giberélico como inibidor da indução floral em citros é amplamente aceita. Uma das hipóteses propostas por Goldschmidt e Monselise (1972), indica que todas as gemas de citros são determinadas a serem flores no início da fase adulta, e a presença de AG₃ inibe o florescimento. Em outras palavras, as gemas são determinadas a serem flores, mas não expressam essa determinação antes de sair do repouso e da influência inibidora das giberelinas. Monselise e Halevy (1964), em trabalho

anterior, demonstraram a inibição da biossíntese de giberelinas repercutindo no aumento do florescimento.

Na mesma linha de pesquisa, Koshita *et al.* (1999) concluíram que a concentração de ácido giberélico (AG_{1+3}) em folhas de tangerineira ‘Satsuma’ se correlaciona negativamente com a floração do ciclo seguinte. Em concordância com o resultado descrito acima, Gambetta *et al.* (2002), trabalhando com laranjeira ‘Washington Navel’ constataram translocação de AG_1 e AG_4 dos tecidos de frutos para tecidos adjacentes durante a mudança de cor de fruto no período de indução.

No entanto, sob condições extremas de excesso ou falta de produção de frutos esses tratamentos falham. A proporção de promotores endógenos do florescimento e inibidores do florescimento (P/I) foi aceita como responsável pela floração. No entanto, existem evidências sugerindo que os inibidores e seu metabolismo são os únicos fatores que controlam a floração em citros (Martínez-Fuentes *et al.*, 2004).

A hipótese defendida por Martínez-Fuentes *et al.* (2004) é de que há três níveis de proporções de promotores e inibidores. Um de alta intensidade de florescimento definido anteriormente por alta proporção de P/I em que os inibidores não podem conter o promotor de florescimento. O contrário acontece em baixas proporções de P/I e mesmo aplicações exógenas de promotores não conseguem neutralizar o inibidor de florescimento. Apenas numa relação P/I quase equilibrada a floração pode ser inibida exogenamente pela aplicação de inibidores (AG_3) ou promovida pela aplicação de inibidores da síntese de giberelinas, como o paclobutrazol (PBZ). Esse tipo de resposta é a causa da falha na maioria dos tratamentos comerciais que tentam aumentar ou reduzir a intensidade das flores. Características varietais, condições de manejo, carga de colheita e estágio de desenvolvimento da árvore devem ser avaliadas antes do tratamento comercial.

Por outro lado, Muñoz-Fambuena *et al.* (2012), trabalhando com laranjeira ‘Salustiana’, demonstraram que aplicações de 40 mg L^{-1} no período de indução floral reduziram o florescimento em relação à testemunha, enquanto que o uso de PBZ aumentou o número de flores. Por meio de análise de expressão do gene *CiFT* os autores concluíram que a inibição do florescimento nas plantas tratadas com AG_3 ocorreu devido a repressão desse gene em folhas, enquanto que o uso de PBZ promoveu aumento da expressão de *CiFT*.

2.7 Referências

- ABBOTT, C. E. Blossom-bud differentiation in citrus trees. *American Journal of Botany*, Baltimore Philadelphia, v. 22, p. 476-485, 1935.
- AGUSTÍ, M. *Citricultura*. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2003.
- AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; GUARDIOLA, J. L. Aplicaciones de ácido giberélico para el control de alteraciones de la corteza de las mandarinas asociadas a la maduración. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal*, Madrid, v. 3. n. 2, p. 125-137, 1988.
- AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; PONS, J. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *Journal of Horticultural Science*, Ashford Kent, v. 2, p. 203-210, 1992. 67. ed.
- AGUSTÍ, M. et al. Fruit-dependent epigenetic regulation of flowering in Citrus. *New Phytologist*, Oxford, v. 225, p. 376–384, 2019.
- AGUSTÍ, M. et al. Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). *Levante Agrícola*, València, v. 3, n. 332, p. 189-199, 1995.
- AGUSTÍ, M.; PRIMO-MILLO, E. Flowering and fruit set. In: TALON, M.; CARUSO, M.; GMITTER, F.G. *The genus citrus*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2020. p. 219-244.
- ALBRIGO, L.G.; GALÁN-SAÚCO, V. Flower bud induction, flowering and fruit-set of some tropical and subtropical fruit tree crops with special reference to citrus. *Acta Horticulturae*, Leuven, v. 632, p. 81–91. 2004.
- ARGYRIS, J. et al. Genetic variation for lettuce seed thermoinhibition is associated with temperature-sensitive expression of abscisic acid, gibberellin, and ethylene biosynthesis, metabolism, and response genes. *Plant Physiologist*, West Lafayette, v. 148, n. 2, p. 926-947, 2008.
- BAIN, J.M. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Australian Journal of Botany*, Melbourne, v. 6, n. 1 p. 1-24, 1958.

BERMEJO, A. et al. Biosynthesis and contents of gibberellins in seeded and seedless sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cultivars. *Journal of Plant Growth Regulation*, New York, v. 4, ed. 35, p. 1036-1048, 2016. 35 ed.

BERNIER, G.; KINET, J. M.; SACHS, R. M. *The physiology of flowering*. Boca Raton: CRC, 1981. p. 1-3.

BLAZQUEZ M. A.; WEIGEL, D. Integration of floral inductive signals in *Arabidopsis*. *Nature*, London, v. 404, p. 889–92, 2000.

BORROTO, C. G.; LÓPEZ, M.; HIDALGO, O. *Efecto del estrés hídrico y la presencia de frutos de la cosecha anterior sobre rendimiento de los naranjos*. 2 ed. Valencia: Centro Agrícola, 1981.

CHAO, C. C. T. et al. Response of evergreen perennial tree crops to gibberellic acid is crop load-dependent. I: GA₃ increases the yield of commercially valuable “Nules” clementine mandarin fruit only in the off-crop year of an alternate bearing orchard. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 130. p. 743–752, 2011.

COGGINS JUNIOR, C. W. et al. Gibberellin-delayed senescence and essential oil changes in the navel orange rind. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 17, p. 807–809, 1969.

DAVENPORT, T. L. *Citrus flowering*. *Horticultural Reviews*, Westport, v. 12, p. 349–408, 1990.

DEWICK, P. M. *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*. Chichester: John Wiley e Sons, 1997. 509 p.

DILIP, W.S. et al. Effect of gibberellic acid (GA) different concentrations at different time intervals on seed germination and seedling growth of rangpur lime. *Journal of Agroecology and Natural Resource Management*, New Delhi, v. 4, p.157–165, 2017.

DIZON, F. S. III. et al. Growth acceleration of calamandarin (*Citrus reticulata* Blanco x *C. madurensis* Lour.) by gibberellic acid and photoperiod. *Philippines: Philippine Journal of Crop Science*, Laguna, Filipinas, v. 67, ed. 30, 2005.

EILATI, S.K.; GOLDSCHMIDT, E.E.; MONSELISE, S.P. Hormonal control of colour change in orange peel. *Experientia*, Basel, v. 25, p. 209-210, 1969.

EL-OTMANI, M. et al. LOVATT, C. Improved use of foliar urea on Clementine mandarin to manipulate cropping in a sustainable production system. *Acta Horticulture*, Leuven, v. 632, p.167-175, 2004.

ERICKSON, L.G. The general physiology of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (ed.). *The citrus industry*. Riverside: University of California, 1968. v. 2, p. 86-122.

ERNER, Y. Carbohydrate content associated with bud differentiation. *Hortscience*, Alexandria, v. 27, n. 6, p. 489-716, 1992.

FAHN, A. *Plant anatomy*. 4. ed. Pergamon: New York, 1990.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT [Base de dados], Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 11 abr. 2020.

FURR, J. R.; W. C. COOPER; P. C. REECE. An investigation of flower formation in adult and juvenile citrus trees. *American Journal of Botany*, Baltimore, Philadelphia, v. 34. p. 1-8, 1947.

GAMBETTA, G. et al. ‘Creasing’ en naranja ‘Washington’ navel en Uruguay: Incidencia, severidad y control. *Agrociencia*, Montevideo, v. 6, n. 2, p. 17-24, 2002.

GARCÍA-LUIS, A.; FORNES, F.; GUARDIOLA, J.L. Leaf carbohydrates and flower formation in Citrus. *Journal of The American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 120, n. 2, p. 222-227, 1995.

GARCÍA-LUIS, A. et al. Low temperature influence on flowering in Citrus. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 86, p. 648-652, 1992.

GARCÍA-LUIS, A. et al. Inhibition of flowering in vivo by existing fruits and applied growth regulators in Citrus unshiu. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 66, p. 515–520, 1986.

GARCÍA-LUIS, A. et al. Effect of gibberellic acid on ripening and peel puffing in Satsuma mandarin. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 27, n.1-2, p. 75-86, 1985.

GARMENDIA, A. et al. Gibberellic acid in Citrus spp. flowering and fruiting: A systematic review. PLoS ONE, San Francisco, v. 14, n. 9, p. 1-24, 2019.

GOLDSCHMIDT, E. E.; GOLOMB, A. The carbohydrate balance of alternate bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. Journal of The American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 107, n. 2, p. 206-208, 1982.

GOLDSCHMIDT, E. E. et al. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 26, p. 159–166, 1985.

GOLDSCHMIDT, E.; MONSELISE S.P. Hormonal control of flowering in Citrus and some other woody perennials. In: CARR, D. J. (ed.). Plant growth substances. Springer: Verlag New York, 1972.

GOLDSCHMIDT, E. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. Hortscience, Alexandria, v. 34, n. 6, p. 1020-1021, 1999.

GOÑI, C.; OTERO, A.; SYVERTSEN, J. Flooding affects fruitlet abscission in Satsuma mandarin. Acta Horticulturae, Belgium, n. 1065, p. 1407-1416, 2015. Trabalho apresentado no 12º Congresso Internacional de Citrus, 2012, Valencia, Espanha.

GOREN, R. Anatomical, physiological and hormonal aspects of abscission in Citrus. Horticultural Reviews, Westport, v. 15, p. 33-46, 1993.

GRAVINA, A. Fisiología de citrus. Montevideo: UDELAR- Facultad de Agronomía, 2014. ISBN: 9789974996625.

GUARDIOLA, J. L. Overview of flower bud induction, flowering and fruit set. In: FUTCH, S. H.; KENDER, W. J. (ed.). Citrus flowering and fruit short course. Florida: University of Florida- Citrus Research and Education Center, 1997. p. 5-21.

HOLTZHAUSEN, L.C. Creasing: formulating a hypothesis. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 1981; MEETING OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF CITRICULTURE, 4., 1981, Tokyo. Proceeding [...]. Riverside: International Society of Citriculture, 1981.

HUERTA, L. et al. Gene expression analysis in citrus reveals the role of gibberellins on photosynthesis and stress. Plant, Cell & Environment, Hoboken, v. 31, n. 11, p. 1620-1633, 2008.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?tema=76391&localidade=43. Acesso em: 21 nov. 2019.

IGLESIAS, D. J. et al. Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Campinas, v. 19, n. 4, ed. 19, p. 333-362, 2007.

JAHN, O.L. Inflorescence types and fruiting patterns in 'Hamlin' and 'Valencia' oranges and 'Marsh' grapefruit. *American Journal of Botany*, Baltimore, Philadelphia, v. 60, n. 7, p. 663-670, 1973.

JOÃO, P. L.; CONTE, A. A citricultura no Rio Grande do Sul. In: EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. (org.). *Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação, 2018.

JONA, R.; GOREN, R.; MARMORA, M. Effect of gibberellin on cell wall components of creasing in mature 'Valencia orange'. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 105-115, 1989.

KASAHARA, H. et al. Contribution of the Mevalonate and Methylerythritol Phosphate Pathways to the Biosynthesis of Gibberellins in *Arabidopsis*. *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v. 277, n. 47, p. 45188–45194, 2002.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KOLLER, O.C.; SCHÄFER, G.; SARTORI, I.A.; PANZENHAGEN, N.V.; LIMA, J.G. de. Produção da laranja-de-umbigo 'Monte Parnaso' com incisão anelar de ramos e uso de reguladores vegetais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 425-429, 2006.

KOSHITA, Y. et al. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin. *Scientia Horticulture*, Amsterdam, v. 79, p. 185-194, 1999.

LAVAGNINI, C. G. et al. *Fisiologia vegetal: hormônio Giberelina*. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, v. 25, n. 1, p. 48-52. 2014.

LE ROUX, S.; BARRY G.H. Vegetative growth responses of citrus nursery trees to various growth retardants. *Horttechnology*, Alexandria, v. 20, p.197–201, 2010.

- LENZ, F. Effects of daylength and temperature on the vegetative and reproductive growth of Washington Navel orange. In: INTERNATIONAL CITRUS SYMPOSIUM, 1., 1968, Califórnia. Proceeding [...]. Riverside: University of California, 1969. v.1, p. 333-338.
- LI, J.; CHEN, J. Citrus fruit-cracking: causes and occurrence. Horticultural Plant Journal, Beijing, v. 3., n. 6, p. 255-260, 2017.
- LORD, E.M.; ECKARD, K.J. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel orange). I. Floral and inflorescence ontogeny. Botanical Gazette, Chicago, v. 146, n. 3, ed. 146, p. 320-326, 1985.
- LORD, E.M.; ECKARD, K.J. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel orange). II. Alteration of developmental fate of flowering shoots after GA3 treatment. Botanical Gazette, Chicago, v. 148, n. 1, p. 17-22, 1987.
- LOVATT, C.J.; ZHENG, Y.; HAKE, K.D. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in Citrus. Israel Journal of Botany, Jersusalém, v. 37, p. 181-188. 1988.
- MARTÍNEZ-FUENTES, A. et al. Timing of the inhibitory effect of fruit on return bloom of 'Valencia' sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Journal of the Science of Food and Agriculture, London, v. 90, n. 11, p. 1936-1943, 2010.
- MARTÍNEZ-FUENTES, A. et al. Restrictions on the exogenous control of flowering in citrus. Acta Horticulturae, Belgium, n. 632, p. 91-98, 2004. Trabalho apresentado no 26º Congresso Internacional Hortícola, [2003], Toronto.
- MEDINA, C. L. et al. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D. et al. (ed.). Citros. Campinas: IAC; Fundag, 2005.
- MESEJO, C. et al. Gibberellin reactivates and maintains ovary-wall cell division causing fruit set in parthenocarpic Citrus species. Plant Science, Clarev, v. 247, p. 13-24. 2016.
- MONSELISE, S.; H. HALEVY. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, v. 84, p. 141-146. 1964.

MOSS, G. I. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v. 44, p. 311-320, 1969.

MOSS, G. I. Temperature effects on flower initiation in sweet Orange (*Citrus sinensis*). *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 27, p. 399-407, 1976.

MOSS, G. I. The influence of temperature during flower development on the subsequent fruit-set of sweet orange (*Citrus sinensis*) 'Washington Navel.' *Horticultural Research*, [s.l.], v. 13, p. 65-73, 1973.

MUÑOZ-FAMBUENA, N. et al. Fruit regulates seasonal expression of flowering genes in alternate bearing 'Moncada' mandarin. *Annals of Botany*, Oxford, v. 108, p. 511-519, 2011.

MUÑOZ-FAMBUENA, N. et al. Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by repressing CiFT gene expression. *Journal of Plant Growth Regulation*, New York, v. 31, p. 529-536, 2012.

MUÑOZ-FAMBUENA, N. et al. Genetic inhibition of flowering differs between juvenile and adult *Citrus* trees. *Annals of Botany*, Oxford, v. 20, p. 1-8, 2018.

MURFET, I. C. Environmental interaction and the genetic of flowering. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 28, p. 253-78, 1977.

NISHIKAWA, F. et al. Leaf removal suppresses citrus FLOWERING LOCUS T expression in satsuma mandarin. *Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science*, Ibaraki, Japan, v. 15, p. 1-6, 2013.

NISHIKAWA, F. et al. Fruit bearing suppresses citrus FLOWERING LOCUS T expression in vegetative shoots of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, Kyoto, Japan, v. 81, n. 1, p. 48-53. 2012.

NISHIKAWA, F. et al. Increased CiFT abundance in the stem correlates with floral induction by low temperature in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 58, p. 3915-3927, 2007.

NISHIKAWA, F. et al. Differences in seasonal expression of flowering genes between deciduous trifoliolate orange and evergreen Satsuma mandarin. *Tree Physiology*, Oxford, v. 29, p. 921-926, 2009.

OTERO, A.; RIVAS, F. Field spatial pattern of seedy fruit and techniques to improve yield on 'Afourer' mandarin. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 225, p. 264–270, 2017.

POERWANTO, R.; INOUE, H. Effects of air and soil temperatures on flower development and morphology of satsuma mandarin. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v. 65, n. 6, p. 739-745, 1990.

RABE, E. Yields benefits associated with pre-blossom low-biuret urea sprays on Citrus spp. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v. 69, n. 3, p. 495-500, 1994.

REUTHER, W. Climate and citrus behavior. p. 280–337. In: REUTHER, W. (ed.). *The citrus industry*. Berkeley: University of California, 1973. v. 3.

RIVAS, F.; GRAVINA, A.; AGUSTÍ, M. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two Citrus cultivar. *Tree Physiology*, Oxford, v. 27, p. 527-535, 2007.

RUIZ, L.L.; PRIMO-MILLO, E. El rajado, agrietado o "splitting" de los frutos cítricos. *Levante Agrícola*, Valência, v. 291, p. 98-102, 1989.

SAMACH, A. et al. Distinct roles of CONSTANS target genes in reproductive development of Arabidopsis. *Science*, Washington DC, v. 288, p. 1613-1616, 2000.

SHALOM, L. et al. Alternate bearing in citrus: changes in the expression of flowering control genes and in global gene expression in ON versus OFF-Crop Trees. *PLoS One*, San Francisco, v. 7, n. 10, p. 1-16, 2012.

SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; CHAMHUM SALOMAO, L.C. Growth of "Volkameriano" lemons tree treated with paclobutrazol and gibberellic acid. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 30, n.3, p.764–768, 2008.

SOUTHWICK, S.; DAVENPORT, T. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiologist*, West Lafayette, v. 81, p. 26–29, 1986.

SPIEGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E.E. *Biology of citrus*. Cambridge: University Press, 1996.

TADEO, F. R. et al. *Histología y citología de cítricos*. Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria D'Agricultura, Peixca I Alimentació, 2003. v. 1054. (Série Divulgació Tecnica).

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

TALÓN, M.; HEDDEN, P.; PRIMO-MILLO, E. Gibberellins in *Citrus sinensis*: a comparison between seeded and seedless varieties. *Journal of Plant Growth Regulation*, New York, v. 9, p. 201–206, 1990.

TALÓN, M.; TADEO, F. R.; ZEEVAART, J. A. D. Cellular changes induced by exogenous and endogenous gibberellins in the shoot tips of the long-day plant *Silene armeria*. *Planta*, Berlin, v. 185, p. 487-493, 1991.

TALÓN, M.; ZACARÍAS, L.; PRIMO-MILLO, E. Hormonal changes associated with fruit set and development in mandarins differing in their parthenocarpic ability. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 79, p. 400-406, 1990.

TURNBULL, G. C. N. Identification and quantitative analysis of gibberellins in *Citrus*. *Journal of Plant Growth Regulation*, New York, v. 8, n. 4, p. 273–282, 1989.

VALIENTE, J. I. B; ALBRIGO, L.G. Flower Bud Induction of Sweet Orange Trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): Effect of low temperatures, crop load, and bud age. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 129, n. 2, p. 158–164, 2004.

VALIENTE, J. I. B. Timing and intensity of flowering of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) as a function of local weather factors and crop under central Florida conditions. 2001. Dissertação (Doctorate of Philosophy)- Department of Horticultural Sciences, University of Florida, [Gainesville], 2001.

VERREYNNE, J.S.; LOVATT, C.J. The effect of crop load on budbreak influences return bloom in alternate bearing 'Pixie' mandarin. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 134, n. 3, p. 299-307, 2009.

VRANOVA, E.; COMAN, D.; GRUISSEM, W. Network analysis of the MVA and MEP pathways for isoprenoid synthesis. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 64, p. 665–700, 2013.

WEBBER, R. J. The June drop of oranges. California Citrograph, California, v. 8, n. 183, p.196-197, 1923.

WILKIE, J., M. SEDGLEY, T. OLESEN. Regulation of floral initiation in horticultural trees. Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 59, p. 3215–3228, 2008.

YUAN, L; XU, D. Q. Stimulation effect of gibberellic acid short term treatment on leaf photosynthesis to increase in Rubisco content in broad bean and soybean. Photosynthesis Research, Dordrecht, v. 68, p. 39-47, 2001.

3 ARTIGO 1

Aplicações de ácido giberélico na redução da intensidade de florescimento de tangerineira ‘Montenegrina’ em alternância de produção

(Manuscrito ajustado às normas da revista *Hortscience*)

Aplicações de ácido giberélico na redução da intensidade de florescimento de tangerineira ‘Montenegrina’ em alternância de produção

Resumo

Tangerineiras da espécie *Citrus deliciosa* Tenore apresentam tendência à alternância produtiva, com produções irregulares entre safras sucessivas. O manejo dos pomares visando o controle da alternância de produção é um processo muito complexo e que necessita ser solucionado. Há falta de informações do comportamento ecofisiológico do florescimento da cultivar Montenegrina mediante aplicações de AG₃ em diferentes períodos. Assim, objetivou-se avaliar o número de aplicações de ácido giberélico (AG₃) sobre a redução do florescimento primaveril subsequente a safras de baixa carga de frutos (ano *off*) em tangerineira ‘Montenegrina’. Foram testadas aplicações sequenciais de uma a quatro vezes a concentração de 40 mg L⁻¹ de AG₃, com intervalos de 21 dias e início no final de maio, contando também de uma Testemunha. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 4 repetições e 1 planta por unidade experimental. Foram avaliados o florescimento, a brotação, os tipos de brotos, a fixação e diâmetro de frutos. O uso de AG₃ em duas, três ou quatro aplicações sequenciais no período de indução e diferenciação floral reduz a intensidade de florescimento e de brotação na primavera subsequente de plantas em alternância de produção, incrementando brotos mistos e reduzindo brotos florais sem folha. O uso de quatro aplicações sequenciais de 40 mg L⁻¹ de AG₃ propiciam grande incremento na frequência de brotos campaneiros, favorecendo um aumento na fixação e no tamanho dos frutos.

Palavras-chave: Tangerina, *Citrus deliciosa* Tenore, fitorreguladores, cv Montenegrina.

Introdução

A tangerineira ‘Montenegrina’ (*Citrus deliciosa* Tenore) é uma cultivar selecionada no município de Montenegro, Rio Grande do Sul (RS), provavelmente a partir de uma semente da tangerineira ‘Caí’ (SCHWARZ, 2009). A cultivar destaca-se como a principal cultivar dentre as tangerineiras no RS. Assim, representa grande importância econômica e social para o estado e também no cenário nacional (JOÃO e CONTE, 2018). O estado do RS é o terceiro maior produtor de tangerinas com aproximadamente 90 mil toneladas anuais de frutos cítricos. No RS há também o maior número de estabelecimentos que trabalham com tangerinas no país (IBGE, 2019). A

produção citrícola no RS ocorre principalmente nas regiões do Vale do Caí, Alto Uruguai e Fronteira Oeste, sendo a principal atividade agropecuária de dezenas de municípios nessas regiões (JOÃO e CONTE, 2018).

As tangerineiras de maturação tardia da espécie *C. deliciosa* apresentam tendência à alternância de produção, com produções irregulares entre safras sucessivas. Trata-se de um processo que traz prejuízos ao sistema produtivo. Safras com alta carga de frutos inibem o florescimento posterior gerando, na sequência, safras de baixa frutificação. Desta forma, inicia-se um ciclo de altas e baixas cargas de frutos, conceituado como alternância de produção (AGUSTÍ, 2003; GONZATTO *et al.*, 2016).

Muitos trabalhos já foram realizados com poda, raleio manual e raleio químico de frutos em *C. deliciosa*. Sendo um dos objetivos destas técnicas de manejo realizadas em anos *on*, a redução de alternância de produção. Entretanto, nem sempre são suficientes para redução do problema (RODRIGUES *et al.*, 1998; SARTORI *et al.*, 2007; GONZATTO *et al.*, 2016). Diante disso, uma opção a ser testada é a manipulação em safras de baixa carga (anos *off*), através da inibição do florescimento, considerando que o uso do ácido giberélico (AG₃) como inibidor da indução floral em citros é amplamente documentado (GOLDSCHMIDT e MONSELISE, 1972; GUARDIOLA *et al.*, 1982; MONSELISE e HALEVY, 1964; KOSHITA *et al.*, 1999; MUÑOZ-FABUENA *et al.*, 2012).

A alternância de produção é um processo muito complexo e que necessita ser solucionado (MESEJO *et al.*, 2020). Além disso, há falta de informações do comportamento ecofisiológico do florescimento da cultivar Montenegrina com aplicações de AG₃ em diferentes períodos. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do número de aplicações de ácido giberélico (AG₃) sobre a redução do florescimento primaveril subsequente a safras de baixa carga de frutos (ano *off*) em plantas desta cultivar.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em um pomar experimental com manejo em sistema convencional localizado no Setor de Horticultura e Silvicultura da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul - RS. O pomar com 30 anos de idade, consiste de 50 tangerineiras *Citrus deliciosa*

cultivar Montenegrina enxertadas em *Poncirus trifoliata* submetidas à poda de rejuvenescimento em 2015. Este pomar apresenta quadro de alternância de produção. O solo é Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). As árvores encontram-se em uma fila espaçadas 4 metros na linha. As árvores selecionadas para aplicação dos tratamentos foram aquelas que estavam com carga nula de frutos (ano *off*).

Foi utilizado 40 mg L⁻¹ de ácido 3-indolil-giberélico (AG₃), concentração mais comumente utilizada para esse fim (GRAVINA, 2007). Também foram realizadas de uma a quatro aplicações, com intervalos de 21 dias. O início das aplicações foi em maio e o término em julho. Plantas do tratamento Testemunha não receberam aplicação de giberelinas. As datas de aplicação do AG₃ foram 24/05/2018, 15/06/2018, 10/07/2018 e 03/08/2018. Os tratamentos de número de aplicações foram os seguintes: NA1 - somente na primeira data; NA2 – na primeira e segunda data; NA3 – na primeira, segunda e terceira data; NA4 – em todas as datas. Utilizou-se o produto comercial PROGIBB 400[®] com concentração de 40 % de AG₃. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 4 repetições e 1 planta por unidade experimental.

Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal manual de 20 litros, marca Guarany[®]. A calibração do tempo e volume de aplicação da calda foi efetuada em função da vazão da ponteira do pulverizador considerando o volume de copa das plantas. A base de cálculo do volume foi de 4,0 L árvore⁻¹, proporcionando o cobrimento até o ponto de escurimento nas plantas. A pressão de pulverização foi de 0,5MPa (catálogo do fabricante). Além disso, foi utilizado espalhante adesivo não-iônico (copolímero de poliéter e silicone 1000 g L⁻¹, Silwet L-77 AG[®]), redutor de pH (produto comercial à base de ácido fosfórico (30 % P₂O₅), Quimifol P30W[®]), sendo a calda ajustada ao pH 4,5 previamente à diluição do AG₃.

A escala BBCH (AGUSTÍ *et al.*,1995) foi utilizada para acompanhamento da fenologia e da brotação primaveril. Para tanto, foram demarcados quatro ramos, um por quadrante da planta. O início do florescimento ocorreu em 18/09/2018 e término em 03/10/2018. Foram avaliados, no mínimo, 600 nós por árvore. No estágio 65 da escala fenológica (23/09/2018), referente a plena floração, nos mesmos ramos demarcados para acompanhar a fenologia, foram avaliados os nós não brotados e brotados. Os brotos foram classificados em: brotos uniflorais sem folhas (BU) (0 folha e 1 flor); brotos multiflorais sem folhas (BM) (0 folha e >1 flor); brotos uniflorais com folhas (BUF) (≥1 folha e 1

flor); brotos multiflorais com folhas (BMF) (≥ 1 folha e > 1 flor); e brotos vegetativos (BV) (≥ 1 folha e 0 flor). Da mesma forma, foram avaliadas as frequências de brotação (B) e a intensidade de florescimento (F, flores 100 nós⁻¹).

Além disso, foi avaliado o número de nós com brotos múltiplos (dois ou mais brotos por nós) e calculado o percentual destes nós em relação ao total de nós (NMT) e em relação aos nós brotados (NMB). Os brotos foram reunidos em 3 grandes grupos: brotos vegetativos (BV); brotos florais (BFloral) – soma de BU e BM; e brotos mistos (BMisto) – soma de BUF e BMF, que são aqueles brotos que possuem flores e folhas. Brotos campaneiros (BCamp), um subgrupo de BUF, que são aqueles com ≥ 3 folhas e 1 flor, também foram determinados por meio do percentual de ocorrência.

As contagens de frutos foram realizadas em 30 dias após o pleno florescimento (DAF) (23/10/2018), 72 DAF (04/12/2018) e 107 DAF (08/01/2019), calculando a fixação de frutos em cada uma das datas (F30DAF, F72DAF e F107DAF), por meio da razão entre número de frutos e número de flores, expressa em percentual. O diâmetro de frutos foi mensurado aos 107 DAF ($\emptyset 107\text{DAF}$), medindo-se oito frutos por unidade experimental (dois frutos por ramo marcado).

No mesmo estágio fenológico, foram demarcados, em cada unidade experimental, dez unidades de cada um dos quatro tipos de brotos com maior ocorrência no pomar: BU (0 folha e 1 flor); BCamp (5,02 \pm 1,42 folhas) e 1 flor); BMF (3,69 \pm 1,73 folhas e 2,71 \pm 0,51 flores); e BUMulti (dois ou três BUs originários de um mesmo nó). Os frutos foram contados aos 72 DAF (04/12/2018) para determinação da fixação de frutos, correlacionando com cada tipo de broto.

Os dados foram submetidos à análise de variância via modelos mistos utilizando-se a rotina PROC MIXED no programa SAS 9.4[®] (SAS Institute, Cary NC) e complementados com teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foi realizada análise de correlação linear de Pearson de parte das variáveis estudadas, utilizando-se o programa RStudio[®] (RStudio Team, 2018).

Resultados

Todas variáveis estudadas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, com exceção da fixação de frutos aos 30 dias após o pleno

florescimento. A brotação e o florescimento foram reduzidos com duas, três ou quatro aplicações de ácido giberélico (AG_3) em relação ao tratamento Testemunha (Figuras 1 e 2).

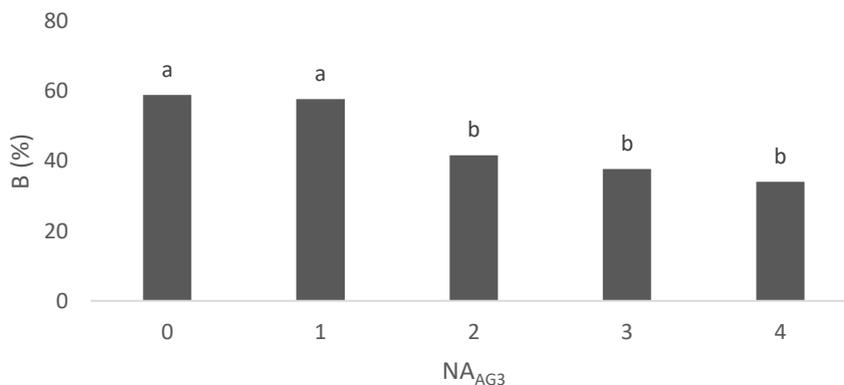


Figura 1. Frequência de brotação (B) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L^{-1} de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,0001$). Eldorado do Sul, 2018.

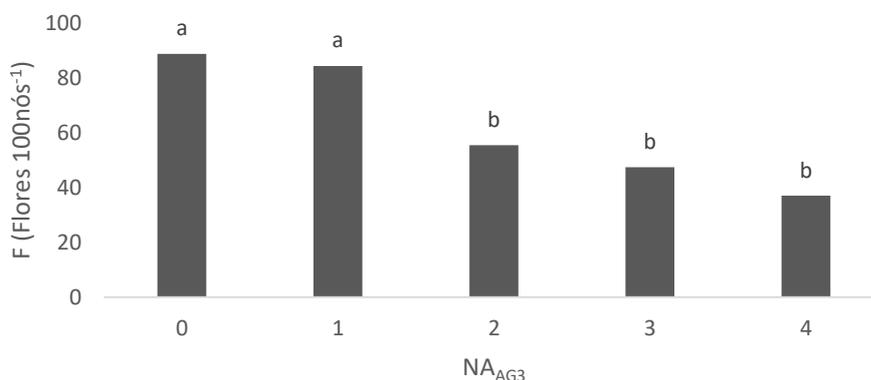


Figura 2. Frequência de florescimento de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L^{-1} de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma pelo teste de Tukey ($p < 0,0001$). Eldorado do Sul, 2018.

A frequência de brotos uniflorais com folhas (BUF) (Figura 3) apresentou comportamento crescente, enquanto a frequência de brotos uniflorais sem folhas (BU) foi decrescente com o aumento do número de aplicações de AG_3 . Quanto aos brotos multiflorais com folhas (BMF) (Figura 3), os percentuais aumentaram a partir de duas aplicações de AG_3 . Os brotos vegetativos (BV) apresentaram comportamento semelhante a BMF, com mais brotos deste tipo com três e quatro aplicações de AG_3 (Figura 3). Em

brotos multiflorais sem folhas (BM) (Figura 3), apesar de observado efeito, não foi possível distinguir os tratamentos entre si.

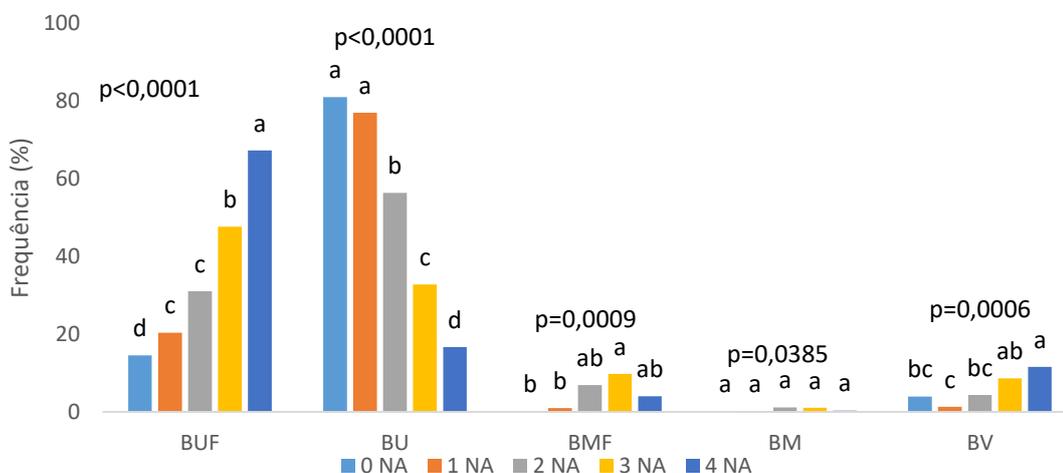


Figura 3. Frequência de broto unifloral com folhas (BUF), broto unifloral (BU), broto multifloral com folhas (BMF), broto multifloral (BM) e broto vegetativo (BV) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018.

Brotos mistos (Figura 4) tiveram sua frequência incrementada com uma aplicação ou mais aplicações em relação ao tratamento Testemunha, sendo este aumento crescente com as aplicações de AG₃, não havendo diferença significativa entre três e quatro aplicações de AG₃. Brotos florais (BFloral) diminuíram a ocorrência a partir de duas aplicações de AG₃, chegando a 17,0% com quatro aplicações (Figura 4), uma redução significativa em relação a Testemunha, que apresentou 81,2% de ocorrência. A frequência de brotos campaneiros (Bcamp) (Figura 4) apresentaram as maiores ocorrências com quatro aplicações de AG₃, mas a partir de duas aplicações já houve incremento em relação ao tratamento Testemunha.

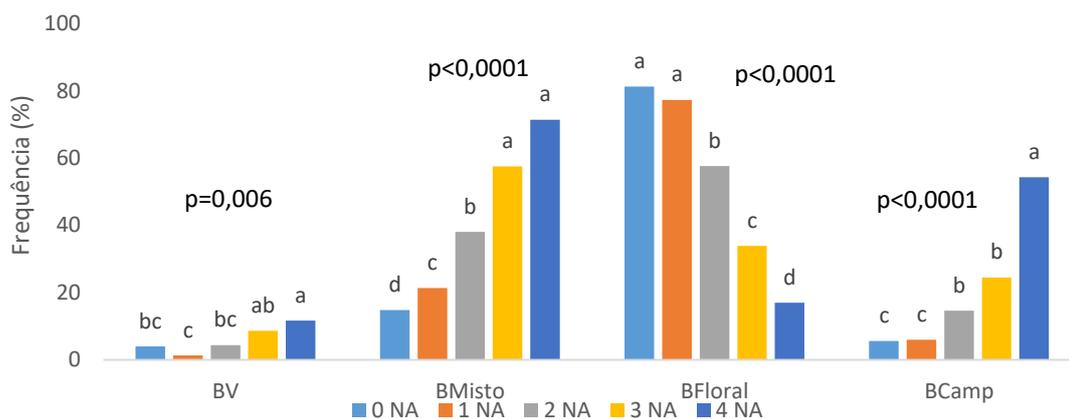


Figura 4. Frequência de broto vegetativo (BV), broto misto (BMisto), broto floral (BFloral) e broto campaneiro (BCamp) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40 mg L^{-1} de ácido giberélico (AG_3). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018.

Observa-se que o percentual de nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e o percentual de nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB) diminuíram a partir de duas aplicações de AG_3 na comparação com o tratamento Testemunha, (Figura 5). Quando se observa o NMB, constata-se que os brotos múltiplos diminuem não só porque há diminuição da brotação devido ao maior número de aplicações de AG_3 , como já constatado anteriormente, mas também devido a ação das giberelinas sobre estes tipos de brotos, uma vez que o NMB considera apenas os nós que brotaram.

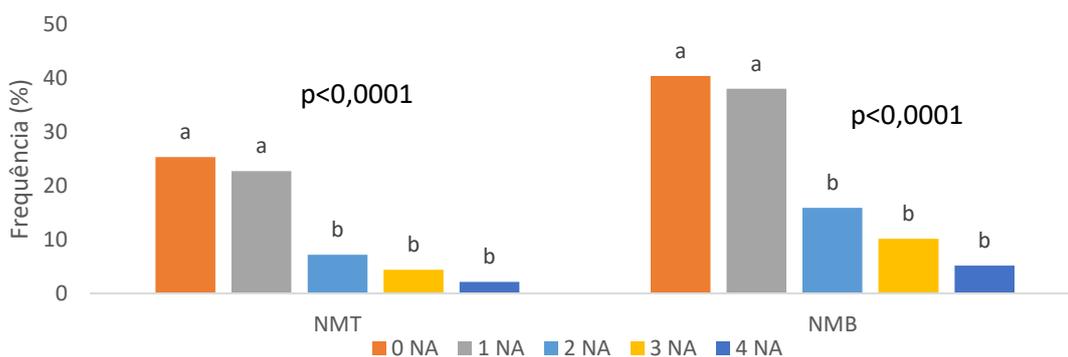


Figura 5. Frequência de nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB) de tangerineiras ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40 mg L^{-1} de ácido giberélico (AG_3). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018.

As fixações de frutos, ou seja, o percentual de flores que se tornaram frutos, aos 72 DAF e aos 107 DAF (Figura 6), foram significativamente maiores com quatro aplicações de AG₃. Contudo, a fixação aos 30 DAF (período anterior à queda fisiológica dos frutos) não foi afetada pelo número de aplicações. O diâmetro de frutos avaliado aos 107 DAF (Figura 7), diferiu da Testemunha, com duas e quatro aplicações, resultando em aumento no calibre dos frutos.

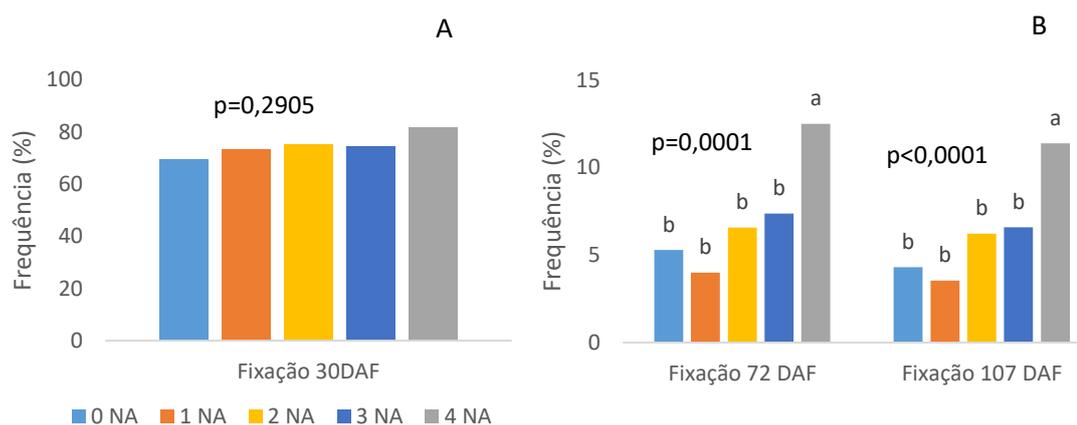


Figura 6. Frequência de fixação de frutos aos 30 dias após o pleno florescimento (DAF) (A), aos 72 DAF (B) e aos 107 DAF (B) de tangerineira 'Montenegrina' submetida a diferentes números de aplicações (NA) de 40mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey. Eldorado do Sul, 2018.

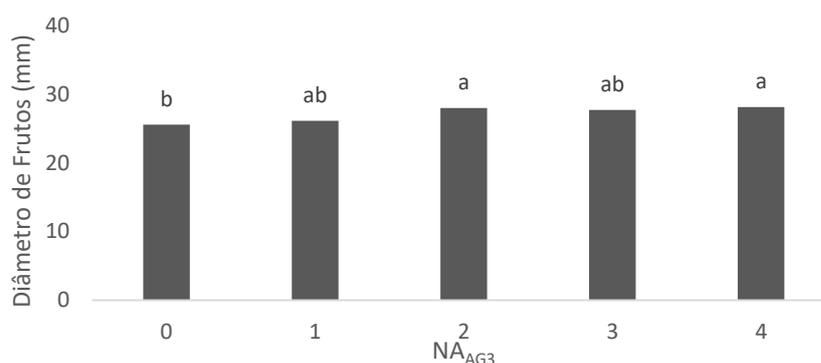


Figura 7. Diâmetro de frutos aos 107 dias após o pleno florescimento de tangerineira 'Montenegrina' submetida a diferentes números de aplicações de 40mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p=0,0038). Eldorado do Sul, 2018.

Na Tabela 1 são apresentados os percentuais de fixação de frutos aos 72 DAF de diferentes tipos de brotos específicos: BU, BCamp, BMF e BUMulti. A aplicação de AG₃ não alterou a fixação de frutos em cada tipo de broto avaliado. Entretanto, os brotos

campaneiros fixaram significativamente mais frutos, próximo a três vezes mais frutos que brotos uniflorais e brotos uniflorais múltiplos, e próximo a cinco vezes mais que brotos multiflorais com folhas.

Tabela 1. Frequência de fixação de frutos aos 72 dias após o pleno florescimento (DAF) nos brotos: multifloral com folhas (BMF), unifloral (BU), campaneiros (BCamp), unifloral múltiplo (BUMulti) de tangerineira ‘Montenegrina’ submetida a diferentes números de aplicações de 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. Dados de número de folhas e flores de cada tipo de broto, nessa ordem, apresentados em pares dentro de parênteses (média ± desvio padrão e ; separam os dados de folhas dos dados de flores), 2x e 3x significa o número de vezes que ocorre o broto dentro de parênteses no mesmo nó. Eldorado do Sul, 2018.

NA _{AG3}	Fixação de frutos aos 72 DAF (%)				Média
	BMF (3,7±1,7; 2,7±0,5)	BU (0;1)	BCamp (5,0±1,4; 1)	BUMulti (2×(0;1)) (3×(0;1))	
0	7,3	10,0	35,0	36,8	22,3 a
1	2,3	2,5	10,0	2,0	4,2 a
2	7,4	12,5	25,0	3,5	12,1 a
3	8,4	12,5	52,5	8,8	20,5 a
4	3,7	15,0	20,0	0,5	9,8 a
Média	5,8 B	10,5 B	28,5 A	10,3 B	
Fontes de variação			Probabilidade Teste F		
NA			0,0321		
Tipo de broto			0,0004		
NA*Tipo de broto			0,2445		

Broto unifloral com folhas (BUF), broto vegetativo (BV), broto campaneiro (BCamp) e a fixação de frutos têm correlação negativa significativa (Apêndice 9) com brotação (B) e florescimento (F). Ou seja, quanto menor B e F maior será a fixação de frutos e a ocorrência de BUF, BV e BCamp, destacando a presença de folhas nestes brotos. O florescimento tem correlação positiva significativa (Apêndice 9) com nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB) e brotos uniflorais sem folhas (BU). A correlação de fixação de frutos com as variáveis tem o comportamento oposto ao número de brotos e de flores, ou seja, a fixação de frutos tem correlação negativa com NMB, NMT e BU e correlação positiva com BUF, BCamp e BV.

Discussão

A redução significativa de brotação e florescimento a partir de duas aplicações de AG₃ em relação a Testemunha é similar aos resultados de Muñoz-Fambuena *et al.* (2012), onde os autores avaliaram laranjeiras ‘Salustiana’ (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) com uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃ no período de indução floral. Este tratamento promoveu redução do florescimento e da brotação. A inibição do florescimento pelo ácido giberélico é devido a repressão da expressão do gene *Citrus Flowering Locus T (CiFT)* (MUÑOZ-FAMBUENA *et al.*, 2012).

Sartori *et al.* (2007), trabalhando com ‘Montenegrina’ no sul do Brasil, em condições edafoclimáticas muito semelhantes ao presente trabalho, concluíram que a aplicação de 10 mg L⁻¹ de AG₃ no período do outono não inibiu o florescimento. Ramos-Hurtado *et al.* (2006), em estudo similar com ‘Montenegrina’, utilizando quatro concentrações de AG₃ (0, 20, 40 e 60 mg L⁻¹), porém com aplicações únicas em três datas distintas (abril, maio e junho), não conseguiram obter resultados de inibição de florescimento. O mesmo ocorreu neste experimento com aplicação única de AG₃, não observando-se diferenças significativas. Uma possível explicação pode estar relacionada com a distribuição de aplicações de AG₃, ou seja, realizar aplicações sequenciais de giberelina pode permitir uma maior chance de acerto na redução do florescimento. Isso porque não se sabe ao certo quando ocorre a diferenciação floral desta cultivar.

Recomenda-se que o período de aplicação de AG₃ para diminuir o florescimento seja quando ocorre a indução floral (outono e início de inverno), porém não existe nenhum indicador fisiológico que possa identificar esse estágio (AGUSTÍ e ALMELA, 1991). Em experimento realizado com ‘Montenegrina’, em condições edafoclimáticas muito semelhantes, concluiu-se que a diferenciação floral ocorre na primeira quinzena de agosto (RAMOS-HURTADO *et al.*, 2006), estando de acordo com o período em que foram realizados os tratamentos neste estudo.

Segundo Gravina (2007), o uso no inverno de 40 mg L⁻¹ de AG₃ em ‘Montenegrina’ no Uruguai proporciona diminuição considerável de florescimento, aumento de brotos campaneiros e vegetativos e diminuição de brotos florais desprovidos de folhas. Também é observado aumento de fixação de frutos, sendo justificado pela melhora na qualidade da brotação. Resultados similares foram obtidos neste trabalho em relação a qualidade da brotação e a fixação de frutos. Além disso, houve aumento de

diâmetro dos frutos, porém foram necessárias mais aplicações de AG₃ para obter estes resultados.

As divergências entre os resultados quanto ao número de aplicações e sua eficiência na redução de florescimento pode ter explicação no período em que foi realizado. Talvez aplicações de AG₃ muito precoces (maio) não causam o efeito esperado no florescimento da primavera posterior. Ramos-Hurtado *et al.* (2006) concluíram que, supostamente, os tratamentos com ácido giberélico não foram efetivos na inibição da floração porque foram realizadas com muita antecedência ao momento da indução floral.

O aumento do número de aplicações de AG₃ provocou crescente redução de BU, confirmando os resultados obtidos por Muñoz-Fambuena (2012), com uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃ no período de indução floral em laranjeira ‘Salustiana’. Além disso, com o aumento do número de aplicações de AG₃, houve aumento de BUF, em especial de BCamp, assim como maior ocorrência de BV. O que representa melhora na qualidade da brotação com o uso de duas ou mais aplicações de AG₃, pois brotos florais com presença de folhas, ou seja, brotos mistos possuem maior probabilidade de fixar frutos (JAHN, 1973; IGLESIAS *et al.*, 2007). É importante salientar que em tangoreiro ‘Ortanique’ (*C. sinensis* × *C. reticulata*), brotos campaneiros chegam a fixar quase 40% dos frutos, enquanto que brotos mistos fixam aproximadamente 17% dos frutos. Já os brotos uniflorais e multiflorais são os que menos fixam neste tangor, menos de 10% (CUNHA BARROS e GRAVINA, 2006).

No presente trabalho foi possível observar maior fixação de frutos proveniente da ação das giberelinas, mas foram necessárias aplicações sequenciais de AG₃ para promover maior frutificação. Também foi possível observar que os brotos campaneiros fixam significativamente mais frutos que brotos uniflorais e brotos uniflorais múltiplos (dois ou mais brotos uniflorais provenientes de um mesmo nó), e também fixam mais do que brotos multiflorais com folhas.

Também foi identificada a ocorrência de brotos múltiplos, podendo chegar a mais de 40% dos nós brotados, valores bastante superiores aos observados por Agustí *et al.* (1992) em tangerineira ‘Satsuma’ e laranjeira ‘Salustiana’, que apresentaram, respectivamente, ocorrência próximo a 4% e 3% de brotos duplos. Esta característica de elevado número de brotos múltiplos na tangerineira ‘Montenegrina’ é negativa para a fixação de frutos, pois como observado nos resultados, brotos múltiplos fixam menos

frutos do que brotos campaneiros. Neste estudo, foram demonstradas reduções significativas na frequência destes tipos de brotos (NMT e NMB), a partir da segunda aplicação sequencial de AG₃.

O aumento de diâmetro dos frutos obtido com as aplicações de AG₃. Trata-se de um resultado importante para uma cultivar onde a produção é comercializada predominantemente *in natura*, pois calibre de fruto é uma das principais exigências deste tipo de mercado. Isto pode ocorrer devido ao estímulo de alongação celular causado pelas giberelinas (TALÓN *et al.*, 1991; TALON e ZEEVAART, 1992), o que acarreta em maior consumo de carboidratos, aumentando a probabilidade de fixação e crescimento dos frutos (RIVAS *et al.*, 2007). Outros autores também demonstram que aplicações exógenas de AG₃ promovem a atividade da enzima Rubisco, que aumenta a capacidade de fixação de carbono na fotossíntese (YUAN e XU, 2001). Também pode aumentar a condutividade estomática e a taxa de transpiração, promovendo aumento da assimilação líquida de CO₂ (HUERTA *et al.*, 2008). Contudo, não há a informação do período de efeito residual da aplicação exógena de ácido giberélico na cultivar em estudo. Outra explicação plausível para o aumento do diâmetro dos frutos é a influência indireta das giberelinas, que causam redução de florescimento e, conseqüentemente, diminuem o gasto energético. Desta forma, as plantas possuem mais reservas para os frutos. Desta forma, pode-se dizer que as giberelinas podem auxiliar na produção de fontes para os frutos.

Conclusão

O uso de duas, três e quatro aplicações sequenciais de 40 mg L⁻¹ de AG₃ no período de indução e diferenciação floral reduz a intensidade de florescimento e brotação na primavera subsequente em tangerineiras ‘Montenegrina’ em alternância de produção, incrementando brotos mistos e reduzindo brotos florais sem folha.

O uso de quatro aplicações sequenciais de 40 mg L⁻¹ de AG₃ propicia grande incremento na frequência de brotos campaneiros, favorecendo um aumento na fixação e o tamanho dos frutos.

Referências

AGUSTÍ, M. Citricultura. Madrid: Mundi-Prensa. 2. ed. 2003.

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. Aplicación de fitorreguladores em citricultura. Barcelona: Editorial Aedos, p.261. 1991.

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; PONS, J. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *Journal of Horticultural Science*. 67 ed. Vol.2. p.203-210. 1992.

AGUSTÍ, M.; ZARAGOZA, S.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; HACK, H.; KLOSE, R.; STAUSS, R. Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). *Levante Agrícola*. nº332. 1995.

CUNHA BARROS, M.; GRAVINA, A. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tangor Ortanique. *Agrociencia*, 10 ed. Vol.1. p.37-46.2006.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa. 2013.

GAMBETTA, G.; TELIAS, A.; ARBIZA, H.; ESPINO, M.; FRANCO, F.; RIVAS, F.; GRAVINA, A. "Creasing" en naranja 'Washington' navel en Uruguay. Incidencia, severidad y control. *Agrociencia*. 2002.

GARMENDIA, A.; BELTRÁN, R.; ZORNOZA, C.; GARCÍA-BREIJO, F.J.; REIG, J.; MERLE, H. Gibberellic acid in Citrus spp. flowering and fruiting: A systematic review. *PLoS ONE* 14 ed. Vol. 9. 2019.

GOLDSCHMIDT, E.; MONSELISE S.P. Hormonal control of flowering in Citrus and some other woody perennials. In: CARR DJ (ed.). *Plant growth substances*. Springer – Verlag New York. 1972.

GONZATTO, M.P.; BÖETTCHE, G. N.; SCHNEIDER, L. A.; LOPES, Â. A.; SILVEIRA JÚNIOR, J.C.; PETRY, H.B., OLIVEIRA, R. P. de; SCHWARZ, S. F. 3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid as effective thinning agent for fruit of 'Montenegrina' mandarin. *Ciência Rural*, Santa Maria. Vol.46, n.12, p.2078-2083. 2016.

GRAVINA, A. Aplicación del ácido giberélico en Citrus: revisión de resultados experimentales en Uruguay. *Agrociencia*, Vol. 10, n.1, p. 57 – 66. 2007.

GUARDIOLA, J. L.; MONERRI, C.; AGUSTI, M. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant*. v. 55. p.136-142. 1982.

HUERTA, L.; FORMENT, J.; GADEA, J.; FAGOAGA, C.; PEÑA, L.; PÉREZ-AMADOR, M.A.; GARCÍA-MARTÍNEZ, J.L. Gene expression analysis in citrus reveals

the role of gibberellins on photosynthesis and stress. *Plant. Cell and Environment* 31, p.1620–1633. 2008.

IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: IBGE. 2019. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76391. 2017.

IGLESIAS, D.J.; CERCÓS, M.; COLMENERO-FLORES, J.M.; NARANJO, M.A.; RÍOS, G.; CARRERA, E.; RUIZ-RIVERO, O.; LLISO, I.; MORILLON, R.; TADEO, F.R.; TALON, M. Physiology of citrus fruiting. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19 ed. Vol. 4. p. 333-362. 2007.

JAHN, O.L. Inflorescence types and fruiting patterns in 'Hamlin' and 'Valencia' oranges and 'Marsh' grapefruit. *Am. J. Bot.* 60. p.663-670. 1973.

KOSHITA, Y.; TAKAHARA, T.; OGATA, T.; GOTO, A. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin. *Science Horticulture*. Vol.79. p. 185-194.1999.

MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO C., JUAN, M.; ALMELA, V.; AGUSTÍ, M. Restrictions on the Exogenous Control of Flowering in Citrus. *Acta Horticulturae* 632. p.91-98. 2004.

MESEJO, C.; MARTÍNEZ-FUENTES, A.; REIG, C.; BALASCH, S.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTÍ, M. Mechanical pruning attenuates alternate bearing in “Nadorcott” mandarin. *Scientia Horticulturae*, 108993. doi:10.1016/j.scienta.2019.108993. *No prelo*.

MONSELISE, S.; H. HALEVY. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84. p.141–146. 1964.

MUÑOZ-FAMBUENA, N.; MESEJO, C.; GONZÁLES-MAS, M.C.; IGLESIAS, D.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTÍ, M. Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by repressing CiFT gene expression. *J. Plant Growth Reg.* p. 529-536. 2012.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W.B.; SCHRODER, E.C.; ESSWEIN, F.J. Estado da arte da produção orgânica de citros no Rio Grande do Sul. In: OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W.B.; SCHRODER, E.C.; ESSWEIN, F.J. (Ed.) *Produção de citros*

orgânico no Rio Grande do Sul. Sistema de produção nº20. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2010.

RAMOS-HURTADO, A. M.; KOLLER, O.C.; MARIATH, J.DE A.; SARTORI, I. A.; THEISEN, S.; REIS, B. Diferenciação floral, alternância de produção e uso de ácido giberélico em tangerineira 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore). Revista Brasileira de Fruticultura. 28 ed. Vol.3. p.355-359. 2006.

RIVAS, F.; GRAVINA, A.; AGUSTÍ, M. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two Citrus cultivar. Tree Physiol. 27. p.527-535. 2007.

RODRIGUES, L.R.; SCHWARZ, S.F.; RECICIEGEL, V.P.; KOLLER, O.C. RALEIO Manual de frutos em tangerineiras 'Montenegrina'. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.33, n.8, p.1 315-1320. 1998.

RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>. 2018.

SARTORI, I. A., KOLLER, O. C., THEISEN, S., SOUZA, P. V. D. DE, BENDER, R. J., MARODIN, G. A.B. Efeito da poda, raleio de frutos e uso de fitorreguladores na produção de tangerinas (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. montenegrina. Revista Brasileira de Fruticultura. 29 ed. Vol.1. p.5-10. 2007.

SARTORI, I.A.; KOLLER, O.C.; THEISEN, S; SOUZA, P.V,D.; BENDER, R.J.; MARODIN, G.A.B. Efeito da poda, raleio de frutos e uso de fitorreguladores na produção de tangerineiras (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina. Rev. Bras. Frutic.: Jaboticabal. Vol. 29, n. 1, p. 005-010. 2007.

SCHWARZ, S. F. Melhoramento genético e variedades. In: KOLLER, O. C. (Coord.) Citricultura – Cultura de tangerineiras: Tecnologia de Produção, Pós-Colheita e Industrialização. Porto Alegre: Editora Rígel, p.35-48. 2009.

TALÓN, M.; TADEO, F.R.; ZEEVAART, J.A.D. Cellular changes induced by exogenous and endogenous gibberellins in the shoot tips of the long-day plant *Silene armeria*. Planta 185. p.487-493.1991.

TALON, M.; ZEEVAART, J.A.D. Stem elongation and changes in the levels of gibberellins in shoots tips induced by photoperiodic treatments in the longh day plant *Silene armeria*. Planta 188. p.457-461. 1992.

4 ARTIGO 2

Concentração e número de aplicações de ácido giberélico no manejo do florescimento de tangerineira ‘Rainha’ em alternância de produção

(Manuscrito ajustado às normas da revista *Scientia Horticulturae*)

Concentração e número de aplicações de ácido giberélico no manejo do florescimento de tangerineira ‘Rainha’ em alternância de produção

Resumo

Tangerineiras da espécie *Citrus deliciosa* Tenore apresentam tendência à alternância produtiva com produções irregulares entre safras sucessivas. Aplicações de ácido giberélico podem ser usadas entre o final do outono e início do inverno, para inibirem a indução e diferenciação floral em anos de baixa produção, reduzindo assim o florescimento excessivo posterior e atenuando a alternância produtiva. No entanto, não há informações quanto a concentração e a quantidade de aplicações ideais para a cultivar Rainha. Diante disso, objetivou-se avaliar diferentes concentrações e número de aplicações de ácido giberélico (AG₃) sobre a redução do florescimento primaveril subsequente a safras de baixa carga de frutos (ano *off*) em plantas de tangerineira ‘Rainha’. Para tanto, foi realizada a seleção de plantas em ano *off* em pomar comercial de ‘Rainha’ no município de Montenegro – RS. O delineamento foi de blocos ao acaso, com os tratamentos em arranjo fatorial 4²: concentrações de AG₃ (0, 20, 40 e 60 mg L⁻¹) e número de pulverizações do produto (de 1 a 4), com intervalo de 21 dias, iniciando no fim de maio. Foram avaliados o florescimento, a brotação, os tipos de brotos, as fixações e o diâmetro dos frutos. Também foram realizados estudos anatômicos das gemas a fim de identificar o período de diferenciação floral. Houve interação entre as concentrações de ácido giberélico e o número de aplicações para todas as variáveis estudadas. O uso de uma a duas aplicações de 40 mg L⁻¹ de AG₃ no primeiro ano e quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃ nos dois anos de estudo, resultaram em redução da brotação e florescimento na primavera subsequente. Além disso, esse tratamento traz mudanças no padrão de florescimento, diminuindo brotos florais e nós com brotos múltiplos, e aumentando brotos mistos e fixação de frutos. A diferenciação floral teve início em julho nos dois anos de experimento.

Palavras chave: *Citrus deliciosa* Tenore, giberelina, tangerina, diferenciação floral.

1 Introdução

A cultivar Rainha (*Citrus deliciosa* Tenore), provavelmente, trata-se de mutação espontânea de gema de ‘Montenegrina’, proveniente de seleção por parte dos citricultores do Vale do Caí, no Rio Grande do Sul (RS). A produtividade média da cultivar é de 22 t ha⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Os frutos são fáceis de descascar, a polpa é amarelo-alaranjada e a cultivar é tolerante ao frio. A ‘Montenegrina’ e a ‘Rainha’ são de grande importância econômica para o RS, inclusive comercializadas em vários outros estados do país (JOÃO e CONTE, 2018).

A produção de tangerinas é a principal atividade econômica de mais de 5.000 produtores rurais no Rio Grande do Sul (RS), tendo o Vale do Caí como principal região produtora do

Estado (JOÃO e CONTE, 2018). A agricultura familiar representa 90% das famílias que produzem citros nesta região (SULZBACH *et al.*, 2016). Todavia, as cultivares tardias da espécie *C. deliciosa* apresentam grande tendência a irregularidade produtiva entre anos sucessivos. Safras com alta carga de frutos inibem o florescimento posterior, gerando, na sequência, safras de baixa frutificação. Desta forma, inicia-se um ciclo de altas e baixas cargas de frutos, conceituado como alternância de produção (MARTÍNEZ-FUENTES *et al.*, 2013).

O uso de giberelinas na citricultura é amplamente difundido, promovendo melhorias na produção e na qualidade dos frutos (COGGINS *et al.*, 1969; GARCÍA-LUIS *et al.*, 1986; AGUSTÍ *et al.*, 1988; SIQUEIRA *et al.*, 2008; LE ROUX e BARRY, 2010; DILIP *et al.*, 2017). Uma das aplicações deste fitorregulador é na inibição da indução floral em citros. Este tipo de aplicação é realizada em safras de baixa carga (ano *off*), inibindo o florescimento excessivo que ocorreria no ciclo posterior. A participação do ácido giberélico (AG₃) como inibidor da indução floral em citros é amplamente documentada (MONSELISE e HALEVY, 1964; GOLDSCHMIDT e MONSELISE, 1972; GUARDIOLA *et al.*, 1982; DAVENPORT, 1990; KOSHITA *et al.*, 1999; MUÑOZ-FAMBUENA *et al.*, 2012). Muñoz-Fambuena *et al.* (2012) demonstraram que a ação de inibição do florescimento promovido pela aplicação de AG₃ (40 mg L⁻¹) no período de indução floral, em laranjeiras (*C. sinensis* Osbeck) em ano *off*, deve-se à ação inibidora da expressão de *CiFT* (*Citrus* FLOWERING LOCUS T) em folhas, promovida pelo AG₃.

No entanto, os resultados da aplicação de AG₃ na inibição do florescimento podem sofrer interações com outros fatores que intervêm no processo (GRAVINA, 2007). A cultivar é um fator importante a ser considerado na definição de concentrações de giberelinas a serem utilizadas, pois quanto mais alternante mais difícil torna-se o manejo de florescimento, visando o equilíbrio produtivo (AGUSTÍ, 2003).

Outro fator decisivo é a época de aplicação de giberelina. Os melhores resultados ocorrem com aplicações realizadas ao final de novembro e meados de dezembro para o hemisfério Norte (GUARDIOLA *et al.*, 1982; AGUSTÍ, 2003). A época de aplicação é importante, pois uma vez iniciada a diferenciação floral torna-se mais complexo o processo de reversão. A diferenciação envolve transição anatômica e morfológica do meristema vegetativo para o meristema floral (DAVENPORT, 1990; ALBRIGO e GALÁN-SAÚCO, 2004). A primeira mudança observável na gema em diferenciação ocorre no meristema terminal, em que

o aspecto cônico, típico de meristema vegetativo, dá lugar ao alargamento e achatamento do domo apical. No processo de diferenciação, a primeira estrutura a formar-se após o achatamento do domo são as sépalas (LORD E ECKARD, 1985). Após a formação do domo nas gemas, ainda pode haver reversão floral, obtida através da aplicação de ácido giberélico. Contudo, quando as sépalas são formadas, parece ocorrer uma mudança na sensibilidade às giberelinas, sendo muito difícil ocorrer a desdiferenciação após esta fase (LORD e ECKARD, 1987).

Considerando que há diversos fatores que dificultam o manejo de florescimento de cultivares cítricas com giberelinas (características varietais, manejo do pomar, carga de colheita, estágio de desenvolvimento da árvore e condições climáticas), experimentos direcionados a genótipos específicos, em condições edafoclimáticas de interesse, tornam-se imprescindíveis para atingir resultados reproduzíveis a campo. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de concentrações e número de aplicações sucessivas de ácido giberélico (AG₃) sobre a redução do florescimento primaveril subsequente a safras de baixa carga de frutos (ano *off*) em tangerineira ‘Rainha’, no sul do Brasil.

2 Material e métodos

O estudo constitui-se de dois experimentos realizados em pomares comerciais da cultivar Rainha (*C. deliciosa*) enxertadas em *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., com manejo convencional. Os solos de ambos pomares são classificados como Argissolo Vermelho Distrófico espessarênico (EMBRAPA, 2013).

O experimento I foi conduzido em 2018, em pomar com 5 anos de idade, localizado no município de Montenegro – RS (29° 37’ 47” S e 51° 28’ 34” O), a 23 m de altitude. O espaçamento do pomar é de 5,5 m x 2,7 m (673,4 árvores ha⁻¹) e orientação das linhas leste-oeste. Os dados meteorológicos de temperatura, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação acumulada referentes ao período de experimento encontram-se no Apêndice 7. O resultado da análise foliar encontra-se no Apêndice 11.

O experimento II foi conduzido em 2019, em pomar com 10 anos de idade, localizado no município de Montenegro – RS (29° 37’ 32” S e 51° 33’ 30” O), a 55 m de altitude. O espaçamento do pomar é de 5,5 m x 3 m (606 árvores ha⁻¹) e orientação das linhas norte-sul. Os dados meteorológicos de temperatura, temperatura máxima, temperatura mínima e

precipitação acumulada referentes ao período de experimento encontram-se no Apêndice 8. O resultado da análise foliar encontra-se no Apêndice 11.

As plantas selecionadas para aplicação dos tratamentos foram as que apresentavam pequena quantidade de frutos (experimento I- média de $6,83 \pm 7,27 \text{ kg árvore}^{-1}$); experimento II – média de $1,72 \pm 4,31 \text{ kg árvore}^{-1}$), indicando que estavam em alternância de produção (em ano *off*). Os frutos presentes foram colhidos assim que amadureceram, em 01/08/2018 e 12/08/2019, respectivamente, para que interferissem o mínimo possível nos resultados.

Ambos os experimentos foram delineados em blocos ao acaso, com os tratamentos arranjados em fatorial 4^2 , com quatro repetições e uma planta por unidade experimental (UE), totalizando 64 UE. Nos dois experimentos, as concentrações dos tratamentos com AG_3 foram as seguintes: 0 mg L^{-1} de AG_3 (Testemunha); 20 mg L^{-1} de AG_3 ; 40 mg L^{-1} de AG_3 ; e 60 mg L^{-1} de AG_3 . No experimento I, o número de aplicações (NA) do produto foi: 1 aplicação (1NA) em 21/05/2018; 2 aplicações (2NA) em 21/05/2018 e 09/06/2018; 3 aplicações (3NA) em 21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018; e 4 aplicações (4NA) em 21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018. No experimento II, o número de aplicações (NA) do produto foi: 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019).

O produto comercial utilizado para as aplicações de AG_3 nos tratamentos do experimento I e II foi o PROGIBB® 400 g kg^{-1} , Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal manual de 20 litros, marca Guarany®. Efetuando-se a calibração do tempo e volume de aplicação da calda em função da vazão da ponteira do pulverizador em relação ao volume de copa das plantas. A base de cálculo do volume foi de $1,5 \text{ L árvore}^{-1}$ no experimento I e $2,0 \text{ L árvore}^{-1}$ no experimento II, proporcionando cobertura adequada do dossel até o ponto de escorrimento. A pressão de pulverização foi de 0,5 MPa (catálogo do fabricante). Foi utilizado espalhante adesivo não-iônico (copolímero de poliéter e silicone 1000 g L^{-1} , Silwet L-77 AG®) com calda ajustada previamente a pH 4,5, fazendo-se uso de Quimifol P30W® como redutor de pH (produto comercial à base de ácido fosfórico com 30% P_2O_5).

Para acompanhamento do desenvolvimento das gemas, em ambos experimentos, foram coletados dois ramos, um na face leste e outro na face oeste da planta, com 5 gemas das plantas Testemunhas e um tratamento Testemunha por bloco, escolhida de forma aleatória. No

experimento I, as coletas foram realizadas nos mesmos dias em que foram feitas as aplicações dos tratamentos com AG₃. Já no experimento II, foram realizadas coletas em abril, maio, junho, início de julho, final de julho e em agosto. Cada gema foi excisada e acondicionada em tubos eppendorf de 2 mL com aproximadamente 1,5 mL de solução Trump (1% de glutaraldeído e 4% de formaldeído em solução tampão de fosfato), com finalidade de fixação do material. Posteriormente, foram realizadas seções longitudinais das gemas, a mão livre, com uso de lâmina de corte em estereomicroscópio da marca Leica M165 FC com câmera digital DFC 500.

Para a avaliação da fenologia na brotação primaveril, no experimento I e II a copa de cada árvore foi dividida em quatro quadrantes, sendo demarcado um ramo por quadrante e avaliada conforme escala BBCH de Agustí *et al.* (1995). O florescimento iniciou em 16/09/2018 e terminou em 11/10/2018 no experimento I e no experimento II teve início em 26/09/2018 e término em 10/10/2019. Cada ramo foi selecionado com ao menos 150 nós, avaliando-se no mínimo, 600 nós árvore⁻¹.

No estágio 65 da escala fenológica BBCH (23/09/2018 – experimento I e 03/10/2019 – experimento II), referente a plena floração (aproximadamente 50% de flores abertas), nos mesmos ramos demarcados para acompanhar a fenologia, foram avaliados todos os nós brotados e não brotados, contando o número de folhas e flores, para classificá-los em: brotos uniflorais sem folhas (BU) (0 folha e 1 flor), brotos multiflorais sem folhas (BM) (0 folha e >1 flor), brotos uniflorais com folhas (BUF) (≥ 1 folha e 1 flor), brotos multiflorais com folhas (BMF) (≥ 1 folha e >1 flor) e brotos vegetativos (BV) (≥ 1 folha e 0 flor). Da mesma forma, foram avaliadas as frequências de brotação (B) e a intensidade de florescimento (F, flores 100 nós⁻¹). Além disso, foi avaliado o número de nós com brotos múltiplos (dois ou mais brotos por nós) e calculado o percentual destes nós em relação ao total de nós (NMT) e em relação ao total de nós brotados (NMB). Os brotos foram reunidos em 3 grandes grupos: brotos vegetativos (BV); brotos florais (BFloral = BU + BM); e brotos mistos (BMisto = BUF + BMF), que são aqueles brotos que possuem flores e folhas. A ocorrência de cada um dos tipos de broto supracitados foi expressa em frequência do total de brotos (%). Também se determinou a frequência de brotos campaneiros (BCamp), subgrupo de BUF, que são aqueles com ≥ 3 folhas e 1 flor apical.

No estágio fenológico 65 do experimento I, também foram demarcados em cada unidade experimental dez brotos de cada um dos três tipos com maior ocorrência no pomar: BU (0 folha

e 1 flor); BCamp ($5,42 \pm 1,89$ folhas e 1 flor); e BMF ($4,78 \pm 1,35$ folhas e $3,49$ flores $\pm 1,19$) nos tratamentos com 0, 1, 2, 3 e 4 aplicações de 40 mg L^{-1} de AG_3 . Os frutos desses brotos foram contados 71 dias após o pleno florescimento (DAF), em 02/12/2018, para determinação da fixação de frutos em cada tipo de broto.

Foram avaliados o número de frutos fixados no experimento I em: 32 DAF (25/10/2018); 71 DAF (03/12/2018); 90 DAF (22/12/2018) e 105 DAF (06/01/2019). E no experimento II, em 23 DAF (26/10/2019) e 94 DAF (05/01/2020). Essa avaliação foi utilizada para calcular o percentual de frutos fixados em relação ao total de flores inicialmente formadas, tanto nos quatro ramos marcados para determinar a intensidade e qualidade do florescimento, como nos brotos individuais de diferentes tipos. Após a queda de frutos jovens, oito frutos remanescentes foram mensurados quanto ao seu diâmetro por unidade experimental (dois frutos por ramo marcado), com o uso de paquímetro digital da marca Digimess[®], aos 105 DAF (06/01/2019) no experimento I, e aos 94 DAF (05/01/2020) no experimento II. Além disso, foram coletadas no experimento II, aos 44 DAF (16/11/2019), 50 folhas de cada tratamento para avaliar o percentual de folhas deformadas.

Os dados de ambos os experimentos foram submetidos, separadamente, à análise de variância via modelos mistos, com o fator bloco como aleatório, utilizando-se a rotina PROC MIXED no programa SAS 9.4[®] (SAS Institute, Cary NC), sendo complementados com regressão polinomial e teste de Tukey ($p < 0,05$). Adicionalmente, foi realizada análise de correlação, calculando-se o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) de parte das variáveis estudadas, utilizando-se o programa RStudio[®] (RStudio Team, 2018).

3 Resultados

No experimento I, realizado em 2018, houve efeito significativo da interação entre concentração e número de aplicações para todas as variáveis apresentadas (Apêndices 1, 2 e 3). Já no experimento II, realizado em 2019, houve efeito significativo da interação entre concentração e número de aplicações sobre a maior parte das variáveis (Apêndices 4, 5 e 6). Neste segundo experimento, apenas as variáveis BMF, BV e Ø94DAF não apresentaram efeito significativo de interação, sendo que para BV houve apenas efeito de número de aplicações e Ø94DAF não foi afetado pelos tratamentos.

Nas Figuras 1 e 2, pode-se observar os resultados para brotação e o florescimento para os experimentos I e II, respectivamente. Com uma, duas e três aplicações os comportamentos variaram comparativamente entre os experimentos I e II. No experimento I, houve redução significativa de brotação (B) e florescimento (F) com uma e duas aplicações de 40 mg L⁻¹ de AG₃ para brotação e florescimento, porém no experimento II, este resultado não se repetiu. Todavia, o uso de quatro aplicações mantiveram um comportamento similar em ambos experimentos, sendo este linear decrescente, conforme as concentrações de AG₃ aumentaram. No experimento II, não houve efeito com uma e duas aplicações de AG₃.

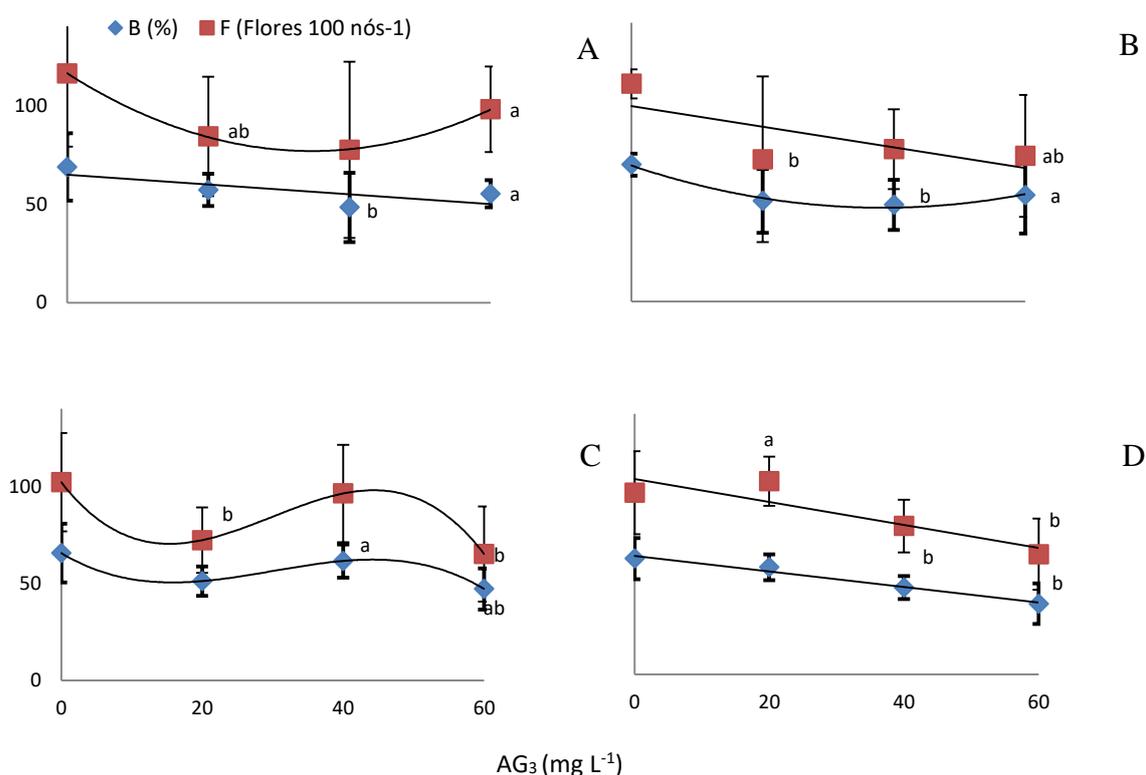


Figura 1. Frequência de B – brotação (%) e de F – florescimento (flores 100 nós⁻¹) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018.

No experimento I, a frequência de brotação e florescimento foi mais baixa com quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃, respectivamente, 39% e 34% inferior à Testemunha. No experimento II, o mesmo tratamento, quando comparado à Testemunha, reduziu em 42% a

brotação e 63% o florescimento. Para quatro aplicações de AG₃ também houve redução significativa de brotação e florescimento com 20 mg L⁻¹ e 40 mg L⁻¹ de AG₃ nos dois anos de experimentos. Para uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃, no experimento I, a redução no florescimento foi de 33%.

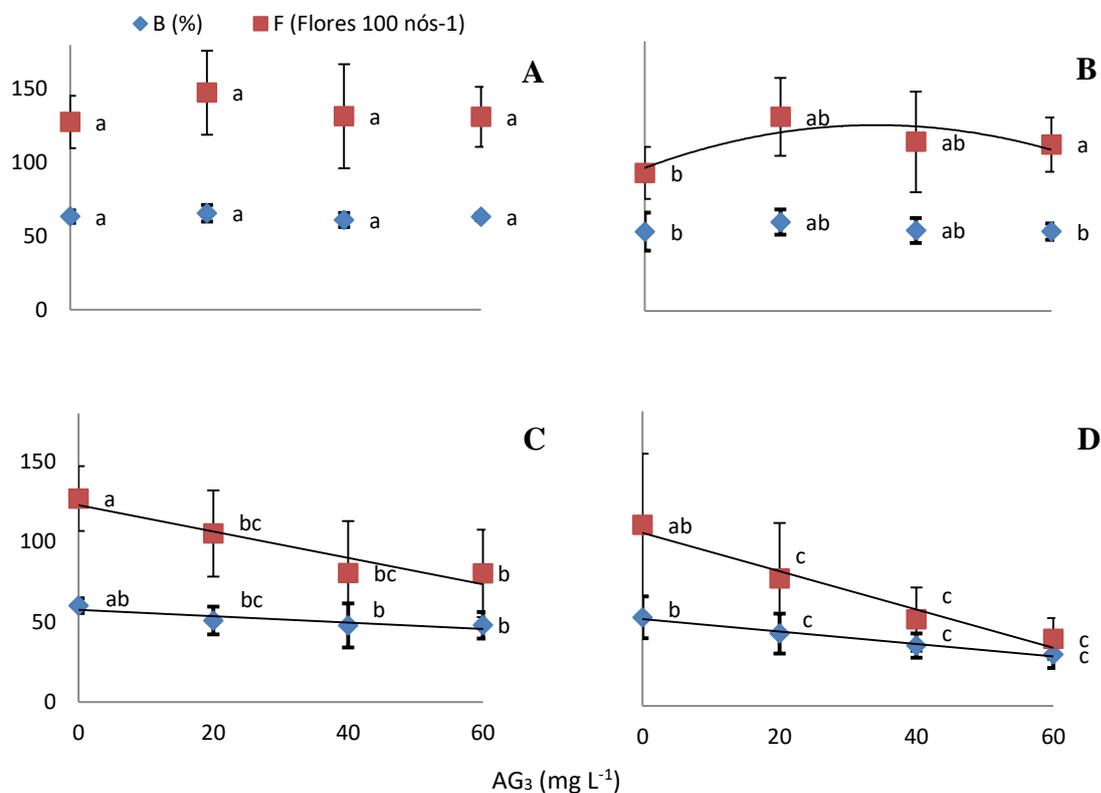


Figura 2. Frequência de B – brotação (%) e de F – florescimento (flores 100 nós⁻¹) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Montenegro, 2019.

A frequência de brotos uniflorais sem folhas (BU) decresceu linearmente, conforme houve aumento da concentração de AG₃, quando aplicado três e quatro vezes em ambos os experimentos (Figuras 3 e 4). No experimento I, as reduções deste tipo de broto, com três e quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ quando comparado a Testemunha, chegaram a 29% e 42%, respectivamente. Uma e duas aplicações de ácido giberélico proporcionam redução significativa e comportamento quadrático de BU. Também se obteve 42% de redução de BU com apenas uma aplicação de 40 mg L⁻¹ comparativamente à Testemunha. No experimento II,

houve redução de até 76,5% de BU com quatro aplicações de 60 mg L⁻¹. As menores frequências significativas de BU entre o número de aplicações, foi com uma aplicação de 40 mg L⁻¹, três e quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ no experimento I e com quatro aplicações comparativamente com uma, duas ou três aplicações para todas as concentrações testadas no experimento II.

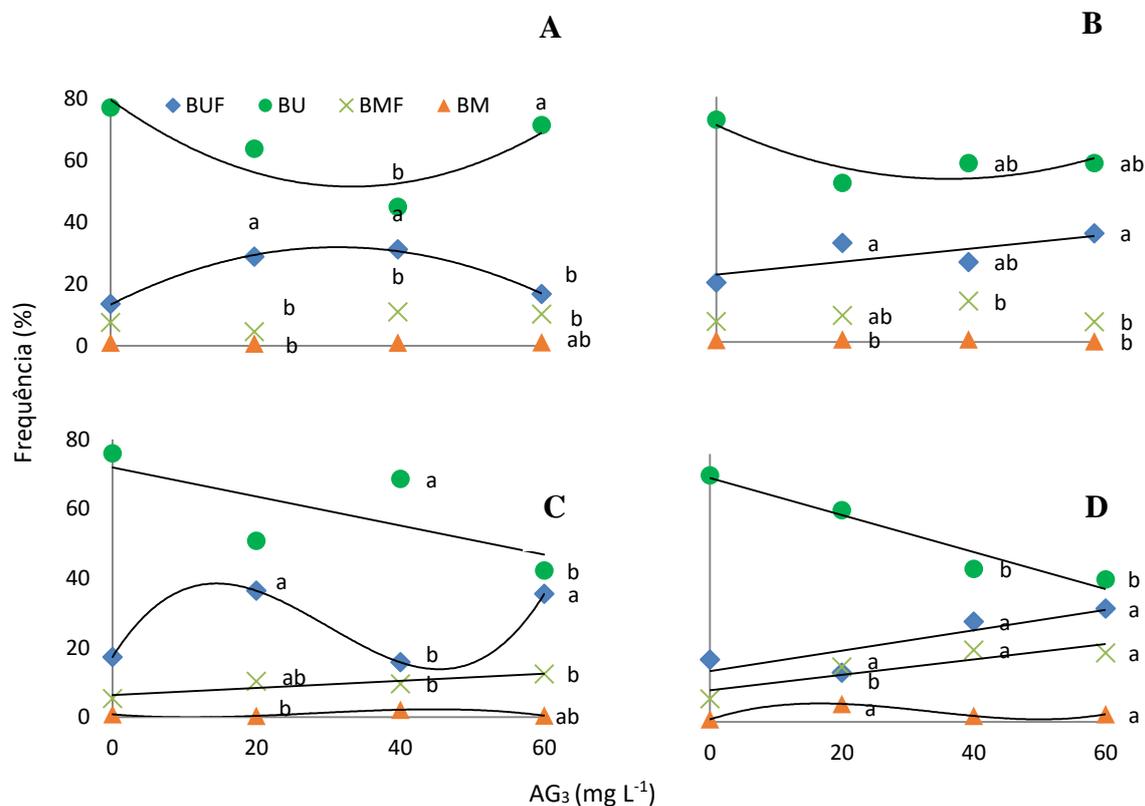


Figura 3. Frequência de BUF – broto unifloral com folhas (%), BU- broto unifloral (%), BMF – broto multifloral com folhas (%), BM – broto multifloral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018.

Para brotos uniflorais com folhas (BUF) houve resposta contrária em relação a BU, ou seja, conforme aumentaram as concentrações de AG₃ aumentaram linearmente as ocorrências deste tipo de broto para duas e quatro aplicações no experimento I (Figura 3). O mesmo comportamento linear ocorreu com três e quatro aplicações de AG₃ no experimento II (Figura 4). O aumento na frequência de BUF foi de 1,8 vezes na concentração de 60 mg L⁻¹ em relação a Testemunha para duas e quatro aplicações no experimento I. Com três aplicações, o comportamento de BUF foi cúbico, e quando comparado a Testemunha, houve aumento de 2

vezes de BUF com 60 mg L^{-1} . Já no experimento II, as maiores frequências de BUF em relação a Testemunha foram com aplicações de 60 mg L^{-1} de AG₃: 2,2 vezes e 4 vezes para três aplicações e quatro aplicações de AG₃, respectivamente.

As maiores frequências de BUF foram com 60 mg L^{-1} em duas, três e quatro aplicações no experimento I (Figura 3), e estes números de aplicações não diferiram entre si. No experimento II, quatro aplicações proporcionam frequências maiores que uma, duas e três em relação a BUF para todas concentrações de AG₃ (Figura 4).

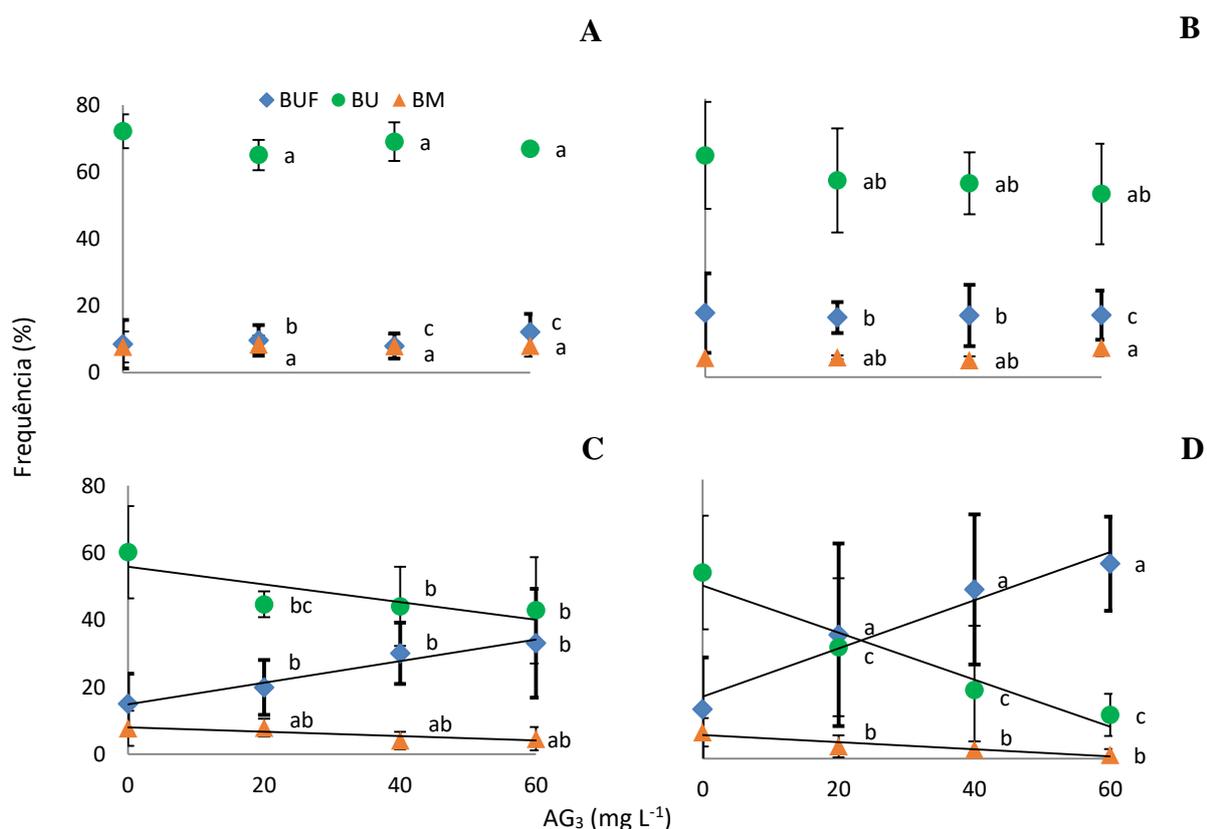


Figura 4. Frequência de BURF – broto unifloral com folhas (%) e BU – broto unifloral (%) e BM – broto multifloral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p < 0,05). Montenegro, 2019.

Broto multiflorais (BM) e multiflorais com folhas (BMF) tem baixa frequência em relação a BU e BUF. No experimento I (Figura 3), não houve diferença significativa para 40 mg L^{-1} quanto aos números de aplicações do fitorregulador para BM. Por outro lado, com 20 mg L^{-1}

mg L⁻¹ e 60 mg L⁻¹ as frequências significativamente menores foram com uma aplicação e duas aplicações. No experimento II (Figura 4), BM demonstrou frequências significativamente menores com quatro aplicações em relação a uma, duas e três aplicações para todas concentrações de AG₃.

No experimento I os brotos multiflorais com folhas (BMF) (Figura 3) aumentaram linearmente a frequência com o aumento da concentração de ácido giberélico para três e quatro aplicações, 2,3 vezes e 3 vezes, respectivamente, com 60 mg L⁻¹. No experimento II, não houve interação de BMF entre número de aplicações e concentrações de AG₃ (Figura 5). As maiores frequências ocorreram com duas e três aplicações. As concentrações obtiveram um melhor ajuste com equação quadrática, sendo que a maximização da frequência de BMF se deu entre 20 e 40 mg L⁻¹.

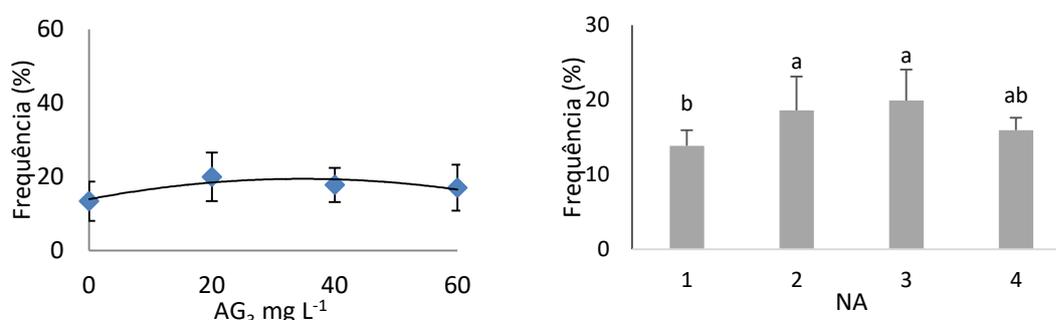


Figura 5. Frequência de BMF – brotos multiflorais com folhas de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) (A) e mediante 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) de AG₃ (B). NA - número de aplicações de AG₃. Montenegro, 2019.

Quanto aos brotos mistos (BMisto), no experimento I (Figura 6) é observado um aumento linear com duas e quatro aplicações de AG₃ conforme as concentrações do fitoregulador aumentam. Já no experimento II (Figura 7), o comportamento linear com aumento das concentrações de AG₃ também é observado, porém para três e quatro aplicações. No experimento I a frequência de BMisto chegou a ser incrementada em 2 vezes com quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ AG₃ em comparação com a Testemunha. As maiores frequências de BMisto ocorreram com três aplicações de 20 mg L⁻¹, uma e quatro aplicações de 40mg L⁻¹ e com duas, três e quatro aplicações de 60mg L⁻¹.

A brotação floral (BFlor) (Figuras 6 e 7) demonstrou comportamento linear decrescente conforme houve aumento das concentrações de AG₃ para duas, três e quatro aplicações no experimento I, e para três e quatro aplicações no experimento II. No experimento I, as menores frequências foram obtidas com 20 mg L⁻¹, com três aplicações. Já para 40 mg L⁻¹, as menores frequências foram com uma e quatro aplicações, e para 60 mg L⁻¹ com três e quatro aplicações. As reduções das frequências de BFlor chegaram a 45% com três aplicações de 60 mg L⁻¹. Contudo, com apenas uma aplicação de 40 mg L⁻¹ houve redução de 41% deste tipo de broto.

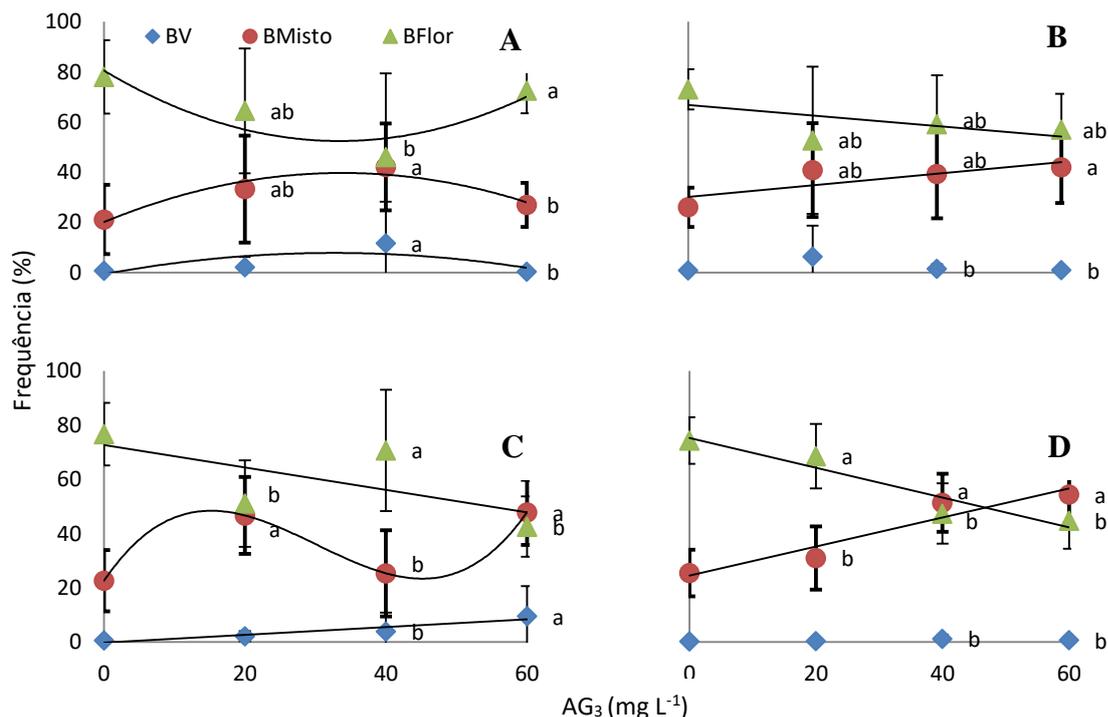


Figura 6. Frequência de BV – broto vegetativo (%), BMisto – broto misto (%) e BFlor – broto floral (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p < 0,05). Montenegro, 2018.

As diferenças de frequência de brotos vegetativos (BV) no experimento I (Figura 6) foram significativas para número de aplicações de 40 e 60 mg L⁻¹ de AG₃. As frequências maiores de BV para 40 e 60 mg L⁻¹ ocorreram com uma e três aplicações, respectivamente. Com uma aplicação o comportamento das frequências de BV em relação às concentrações de AG₃ foi quadrático, e para três aplicações a equação linear obteve o melhor ajuste.

No experimento II, BMisto (Figura 7) apresentaram as maiores frequências com quatro aplicações para 20, 40 e 60 mg L⁻¹ de AG₃. Houve incremento de 2,7 vezes em relação a Testemunha com a concentração mais alta, com quatro aplicações. Para BFlor, no experimento II (Figura 7), as menores frequências ocorreram com quatro aplicações para 20, 40 e 60 mg L⁻¹. A redução deste tipo de broto chegou a 78% com 60 mg L⁻¹ comparativamente a Testemunha. Os brotos mistos e florais demonstram resultados muito similares, com mesmo comportamento dos BUF e BU, respectivamente. Isso ocorre, pois formam a maior parte da composição na soma de brotos florais que possuem folhas, resultando nos brotos mistos; e na soma de brotos florais com ausência de folhas, compondo os brotos florais.

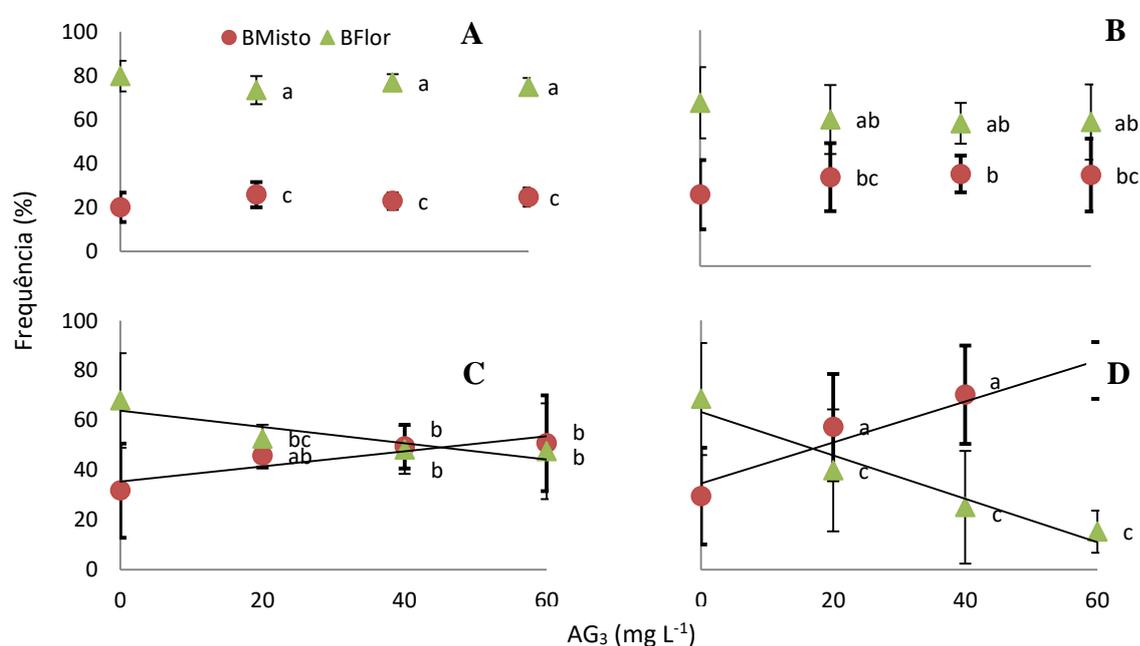


Figura 7. Frequência de BMisto – broto misto (%) e BFlor – broto floral (%) de tangerineira 'Rainha' submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p < 0,05). Montenegro, 2019.

Na Figura 8 é demonstrada a frequência de BV para o número de aplicações de AG₃ no experimento II. Percebe-se que quatro aplicações resultaram em maior frequência de BV. Não houve interação entre os fatores para frequências de BV, assim como não houve diferenças significativas em relação as concentrações de ácido giberélico.

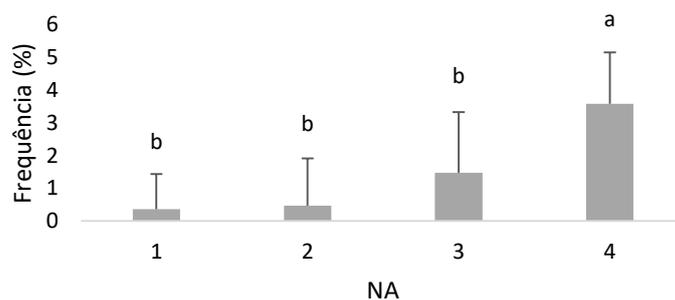


Figura 8. Frequência de BV – brotos vegetativos mediante 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) de AG₃ em tangerineira ‘Rainha’. Letras minúsculas distintas, diferem entre si, entre os números de aplicações de AG₃ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). NA - número de aplicações de AG₃. Montenegro, 2019.

Para frequência de brotos campaneiros (BCamp), no experimento I não houve diferença estatística entre o número de aplicações do AG₃ para 60 mg L⁻¹ (Figura 9). Com o uso de 20 mg L⁻¹ as maiores frequências deste tipo de broto ocorreram com uma, duas e três aplicações. Com o uso de 40 mg L⁻¹ a maior frequência foi com uma aplicação. Neste tratamento, houve incremento de brotos campaneiros em mais de 8 vezes em relação a Testemunha. Por outro lado, a frequência dos brotos campaneiros no experimento II (Figura 10) foram significativas com o uso de quatro aplicações de AG₃ para todas as concentrações utilizadas. O aumento foi de 7,7 vezes com quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ em comparação a Testemunha.

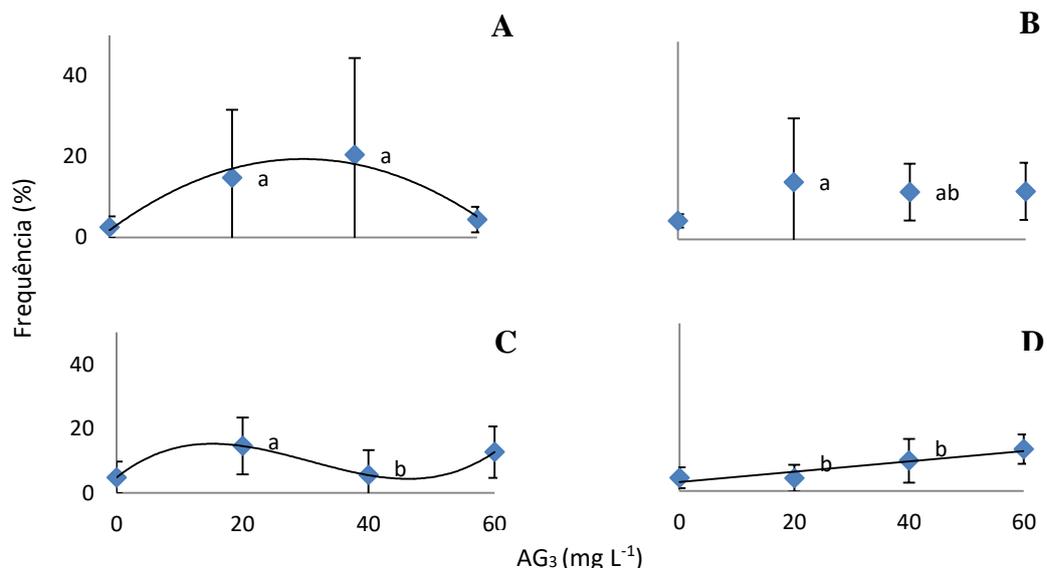


Figura 9. Frequência de broto campaneiro (BCamp) (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Montenegro, 2018.

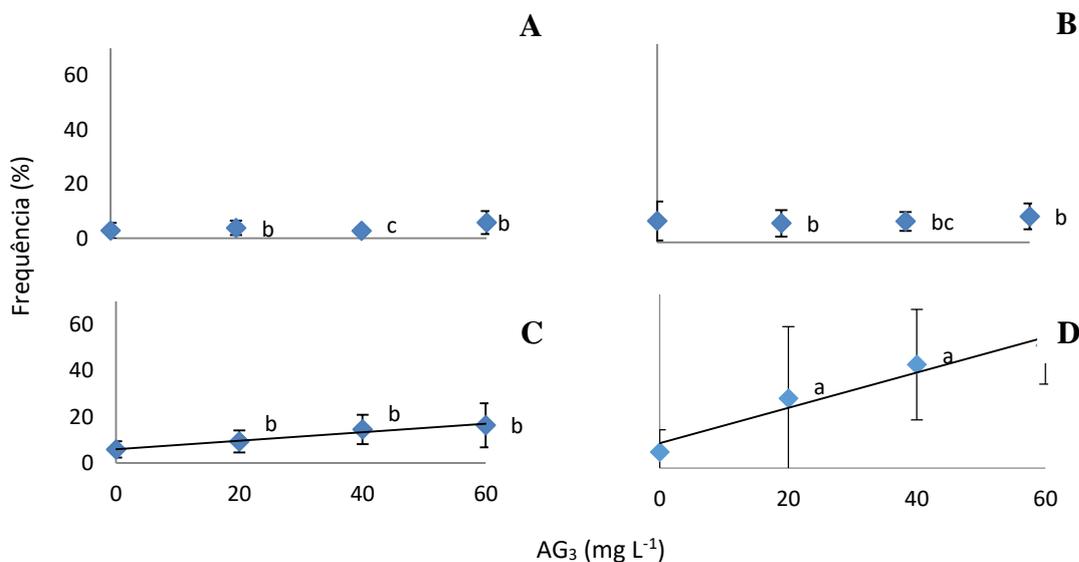


Figura 10. Frequência de brotos campaneiros (BCamp) (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Montenegro, 2019.

A frequência de nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e de nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB), em ambos experimentos, resultaram em comportamentos semelhantes em todos tratamentos, como pode ser visto nas Figuras 11 e 12, porém com frequências menores de NMT em todos tratamentos em relação a NMB. Houve diferença estatística apenas na concentração de 60 mg L⁻¹ de AG₃ comparando o número de aplicações, sendo que as menores frequências ocorreram com duas, três e quatro aplicações. Os comportamentos para duas, três e quatro aplicações foram lineares decrescentes com o aumento das concentrações de ácido giberélico.

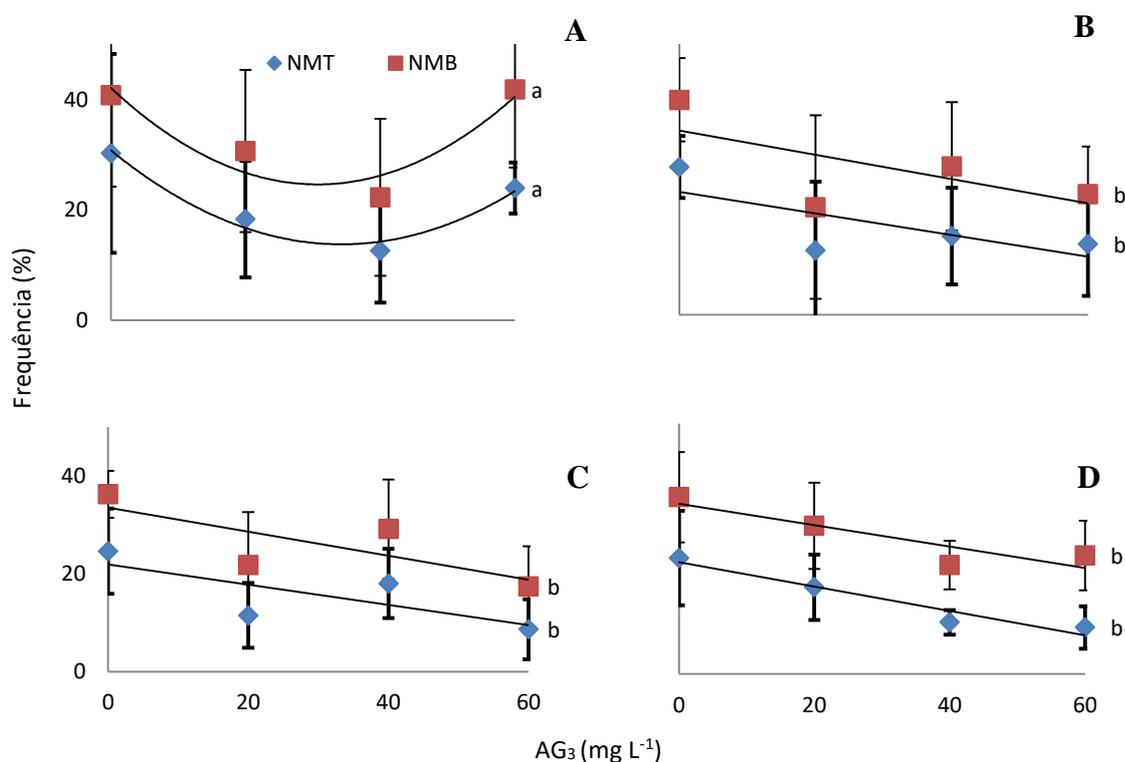


Figura 11. Frequência de NMT - nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (%) e NMB – nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Montenegro, 2018.

No experimento II, as frequências de NMT e NMB (Figura 12) também demonstraram comportamento linear decrescente para três e quatro aplicações de AG₃. As menores

frequências ocorreram com três e quatro aplicações para todas concentrações, não diferindo entre três e quatro aplicações.

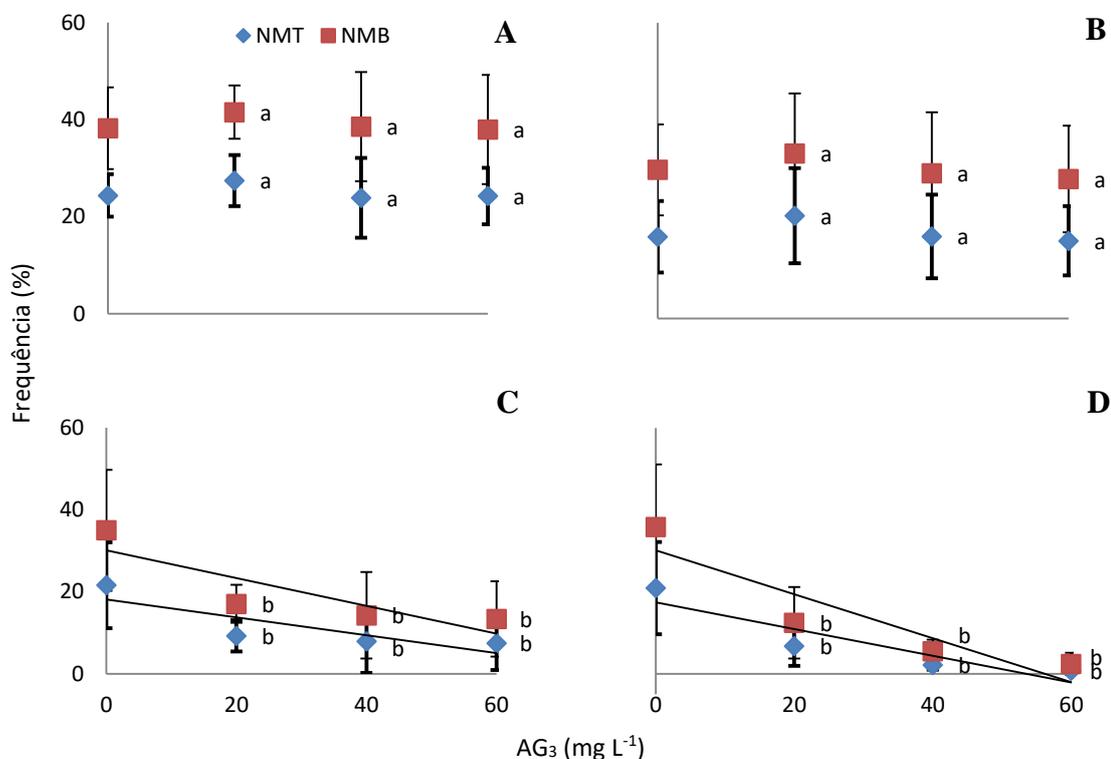


Figura 12. Frequência de NMT - nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (%) e NMB – nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG3 (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG3 pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Montenegro, 2019.

No experimento I, a fixação de frutos aos 32 dias após o pleno florescimento (F32DAF) – antes da queda natural de frutos - e aos 105 dias após o pleno florescimento (F105DAF) – após a queda natural de frutos – (Figura 13), não diferiu para 20 e 60 mg L⁻¹ de AG₃ quanto ao número de aplicações. O tratamento com uma aplicação de 40 mg L⁻¹ apresentou as maiores frequências significativas para F32DAF e F105DAF

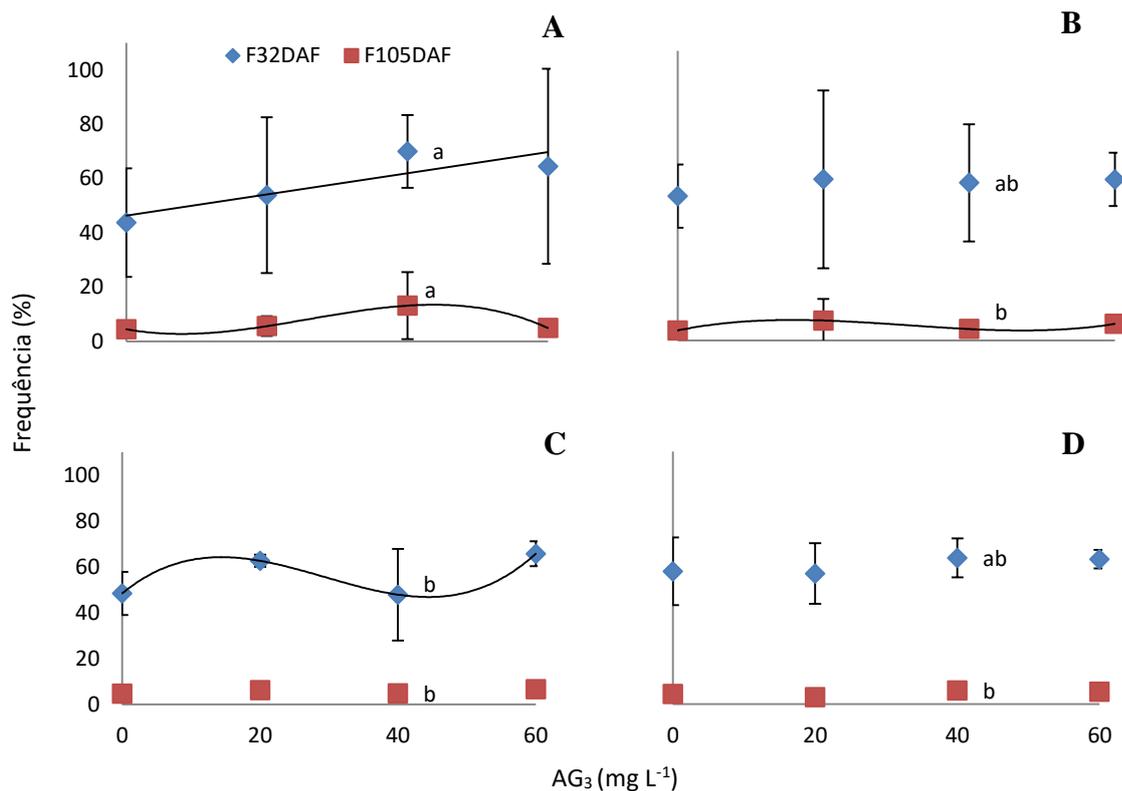


Figura 13. Frequência de F32DAF – fixação de frutos aos 32 dias após o pleno florescimento (%) e F105DAF – fixação de frutos aos 105 dias após o pleno florescimento (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Montenegro, 2018.

No experimento II, a fixação de frutos aos 23 dias após o pleno florescimento (F23DAF) – antes da queda natural de frutos - (Figura 14) foi maior com três e quatro aplicações, para todas as concentrações aplicadas. Para F94DAF - após a queda natural de frutos - a maior fixação ocorreu com quatro aplicações de AG₃ para todas as concentrações, com aumento de 3 vezes com 60 mg L⁻¹ em comparação a Testemunha.

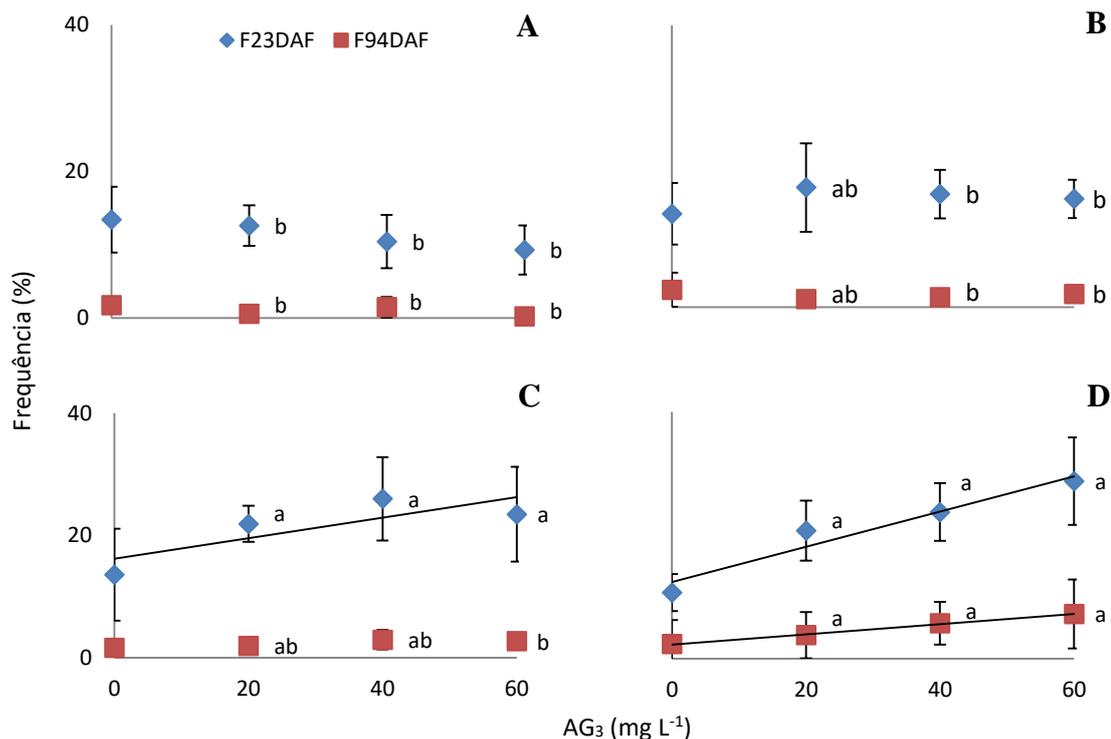


Figura 14. Frequência de F23DAF – fixação de frutos aos 23 dias após o pleno florescimento (%) e F94DAF – fixação de frutos aos 94 dias após o pleno florescimento (%) de tangerineira ‘Rainha’ submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (25/05/2019) (A), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019) (B), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) (C) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p < 0,05). Montenegro, 2019.

Na Figura 15 pode-se observar as diferenças de diâmetro de frutos aos 105 dias após o pleno florescimento resultantes do experimento I. Não houve diferenças significativas quanto ao número de aplicações nas concentrações de 20, 40 e 60 mg L⁻¹ de AG₃. Com uma aplicação o ajuste da equação foi quadrático, e com duas e três aplicações foi linear e com quatro aplicações não houve diferença significativa para as concentrações estudadas. No experimento II, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para diâmetros de frutos aos 93 dias após o pleno florescimento. A média de todos tratamentos de diâmetro foi de 20,5mm com desvio padrão de 1,0.

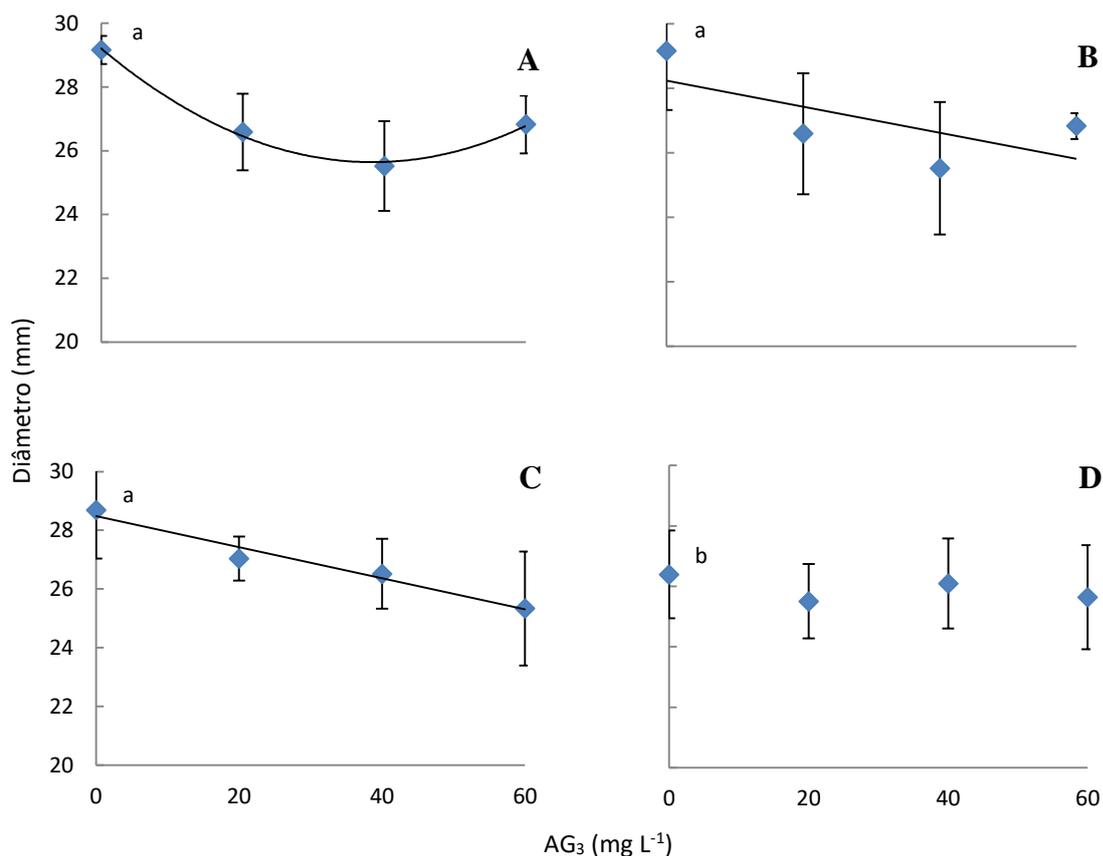


Figura 15. Diâmetro de frutos (mm) de tangerineira 'Rainha' submetida a diferentes concentrações de AG₃ (0, 20, 40, 60 mg L⁻¹) em 1 aplicação (21/05/2018) (A), 2 aplicações (21/05/2018 e 09/06/2018) (B), 3 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018 e 30/06/2018) (C) e 4 aplicações (21/05/2018, 09/06/2018, 30/06/2018 e 21/07/2018) (D). Médias com letras minúsculas distintas diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações com a mesma concentração de AG₃ pelo teste de Tukey (p<0,05). Montenegro, 2018.

Na Tabela 1 são demonstrados os percentuais de fixação de frutos no experimento I conforme os tipos de brotos, afim de verificar se a fixação pode também ser dependente deste fator. Não houve interação entre número de aplicações de AG₃ e os tipos de brotos para fixação de frutos. O número de aplicações de AG₃ também não diferiu quanto a fixação. Os tipos de brotos diferiram significativamente entre si. Os brotos uniflorais (BU) e campaneiros (BCamp) fixaram 2,5 vezes mais que os brotos multiflorais com folhas (BMF).

Tabela 1. Frequência de fixação de frutos de acordo com o tipo de brotação: broto multifloral com folhas (BMF), broto unifloral (BU) e brotos campaneiros (BCamp) e médias das fixações dos brotos de tangerineira ‘Rainha’ submetidas a diferentes números de aplicações de 40mg L⁻¹ de ácido giberélico (NA_{AG3}). Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Dados de número de folhas e frutos de cada tipo de broto, nessa ordem, apresentados em pares dentro de parênteses (média ± desvio padrão e, ponto e vírgula separam os dados de folhas dos dados de flores). Montenegro, 2018.

NA _{AG3}	Fixação de frutos (%) 71 DAF		
	BMF (4,7±1,35; 3,49±1,19)	BU (0;1)	BCamp (5,4±1,89; 1)
0	4,8	15,0	15,00
1	8,2	25,0	20,00
2	7,6	20,0	7,50
3	10,6	7,5	30,00
4	6,4	27,5	25,00
Média	7,5 B	19,0 A	19,50 A
Fontes de variação	Probabilidade Teste F		
NA	0,2331		
Tipo de broto	0,0009		
NA*Tipo de broto	0,0699		

As correlações das variáveis resultantes dos experimentos I e II constam no Apêndice 10. As correlações positivas de brotação (B) e florescimento (F) do experimento I ocorreram com brotos uniflorais, nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós, nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados e diâmetro de frutos. Ainda sobre B e F no experimento I, as correlações negativas ocorreram com brotos uniflorais com folhas, brotos vegetativos, brotos campaneiros e com a fixação de frutos. No experimento II, houve as mesmas correlações positivas e negativas, com exceção de diâmetro de frutos, que teve correlação negativa com B e F.

As fixações de frutos do experimento I resultaram em correlações negativas, com a brotação e florescimento (já mencionados), e também com brotos uniflorais, nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós, nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados e diâmetro. Ainda para fixações de frutos do primeiro ano, as correlações foram positivas para brotos uniflorais com folhas, brotos vegetativos e brotos campaneiros. No experimento II, as fixações de frutos tiveram correlações negativas com brotação, florescimento, brotos uniflorais,

brotos multiflorais, nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós, nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados. Já as correlações positivas no experimento II para as fixações de frutos ocorreram com brotos uniflorais com folhas, brotos campaneiros, brotos vegetativos e diâmetro de frutos.

Na Figura 16, é apresentada a progressão das gemas no experimento I, onde as gemas íntegras (sem cortes) são demonstradas em Ia, IIa, IIIa e IVa. Na linha abaixo (Figura 16, linha b) são demonstradas as seções longitudinais resultantes de cortes à mão-livre. Os números romanos indicam o decorrer do tempo. As linhas tracejadas de Ib, IIb e IIIb acompanham o domo apical das gemas ainda não diferenciadas. Na imagem IVb, a linha tracejada acompanha o início do achatamento do domo apical.

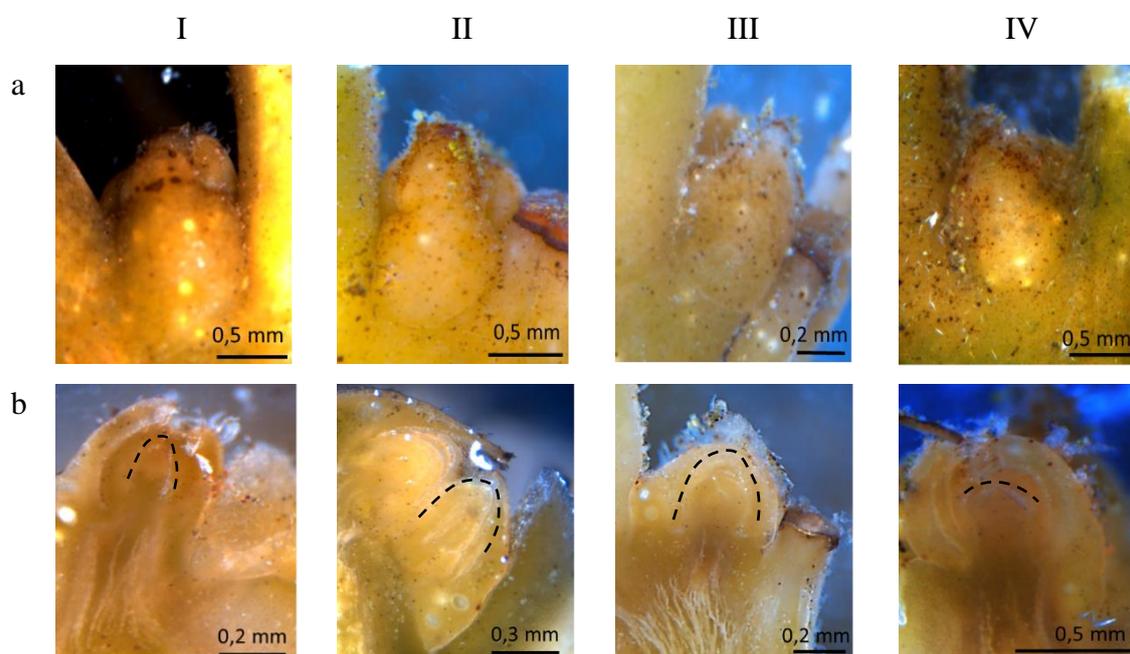


Figura 16. Gemas íntegras (linha a) e seções longitudinais de cortes à mão-livre em estereomicroscópio (linha b) resultando na progressão de diferenciação de gemas de tangerineira 'Rainha' de plantas Testemunhas ao decorrer do tempo, sendo: I – maio/2018; II – início de junho/2018; III – final de junho/2018; IV – julho/2018. Linhas tracejadas acompanham o domo apical. Montenegro, 2018.

Na Figura 17 (ampliado no Apêndice 14) é apresentada a progressão das gemas no experimento II, onde as gemas íntegras (sem cortes) são demonstradas nas linhas a e c. Nas linhas b e d, constam as seções longitudinais resultantes de cortes à mão-livre. Os números em romano indicam o decorrer do tempo. Na linha b são demonstrados os estádios de maior ocorrência, conforme o período observado. Já na linha d, são os estádios mais adiantados

observados em cada período de coleta de gemas. As linhas pontilhadas acompanham o domo apical, que permanece indiferenciado até final de julho, nas gemas de maior frequência; e junho na sequência que representa as gemas mais adiantadas de cada período (Figura 17 Vb e IIIId, respectivamente). No acompanhamento da progressão de gemas, observa-se que na linha b (maior ocorrência), a diferenciação tem início na imagem VIb, com um leve achatamento do domo apical. Já na linha d, o achatamento do domo apical inicia em IVd, passando por um estágio com mais verticilos em formação na imagem Vd, e em VIId observa-se o botão floral em diferenciação.

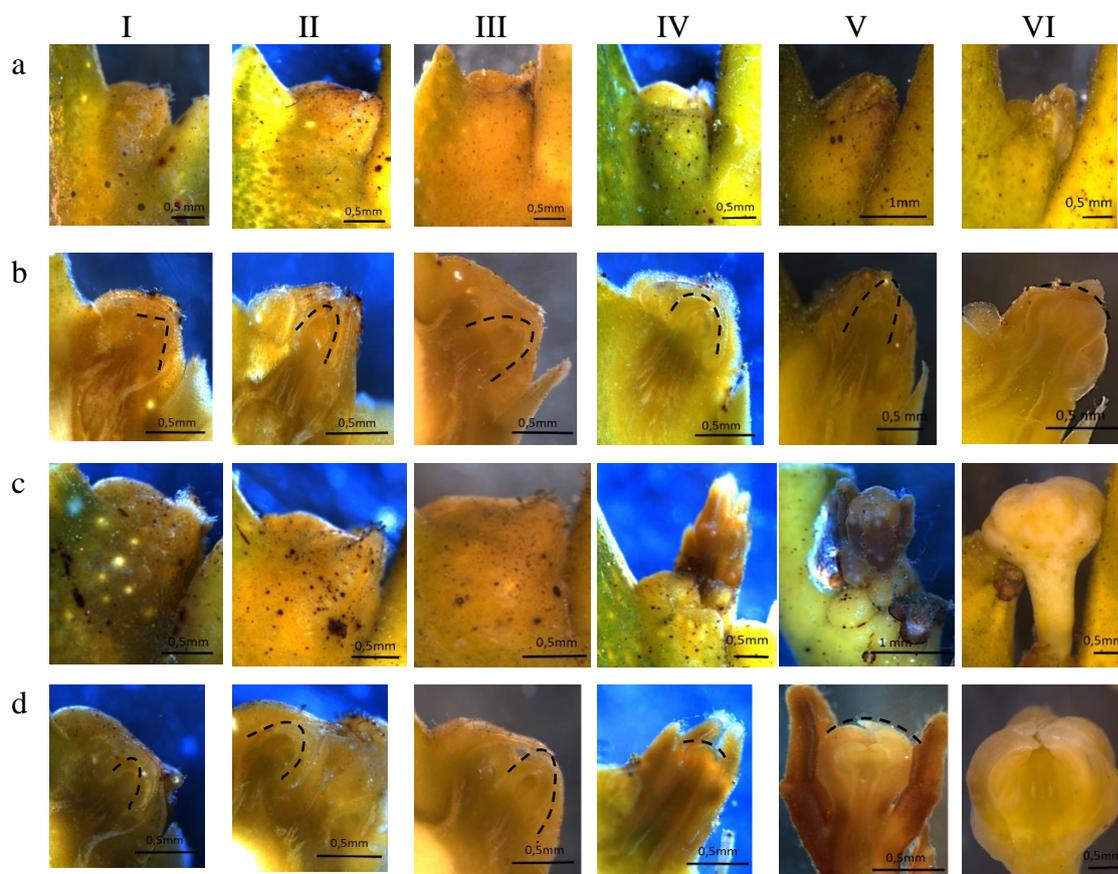


Figura 17. Gemas íntegras (linha a e c) e seções longitudinais de cortes a mão-livre em estereomicroscópio (linha b e d) resultando na progressão de diferenciação de gemas de ‘Rainha’ de plantas Testemunhas ao decorrer do tempo, sendo: I – abril/2019; II – maio/2019; III – junho/2019; IV – início de julho/2019; V – final de julho/2019; VI – agosto/2019. Linhas a e b representam as gemas de maior frequência e linhas c e d representam as gemas mais adiantadas de cada período. Linhas tracejadas acompanham o domo apical. Montenegro, 2019.

Na Figura 18, é demonstrado o processo de diferenciação floral de forma mais detalhada. Observa-se um leve achatamento do domo na Figura 18A. Já na Figura 18B, o domo apresenta-

se mais achatado e há a formação dos primórdios das sépalas. Posteriormente, na Figura 18C, observa-se o domo completamente achatado, já com três verticilos em formação: sépalas, pétalas e estames.

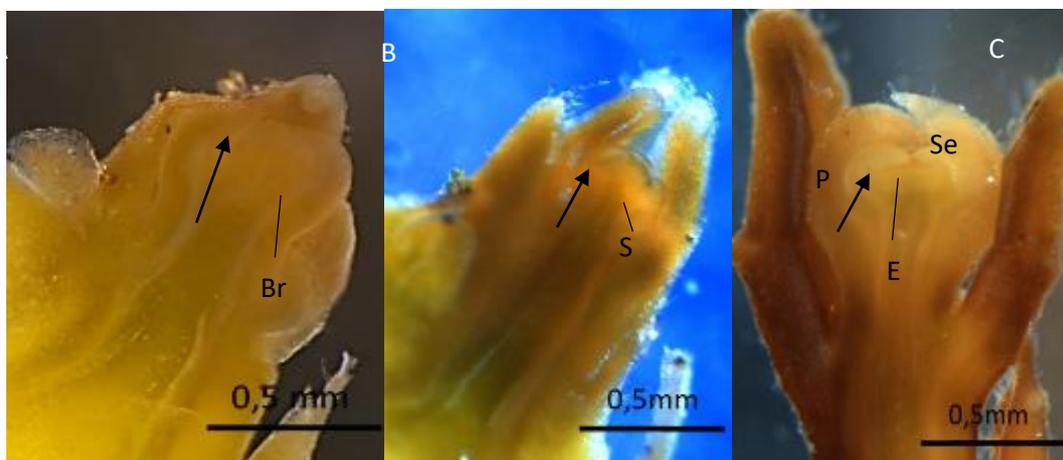


Figura 18. Seções longitudinais de cortes a mão-livre em estereomicroscópio resultando na progressão de diferenciação de gemas de ‘Rainha’ de plantas Testemunhas. Setas indicam o domo apical. Br-brácteas, S- primórdios de sépalas, P- primórdios de pétalas e E- primórdios de estames. Montenegro, 2019.

No experimento II, verificou-se a ocorrência de deformação de folhas (Figura 19) quando da aplicação dos tratamentos, causando um estreitamento do limbo foliar. Observou-se incremento linear da frequência de folhas deformadas (FFD) em relação as concentrações de AG₃, bem como incremento significativo quando se fez o uso de quatro aplicações de AG₃ (Figura 20). Não foi observada deformação de folhas no experimento I.



Figura 19. Deformação de folhas de ‘Rainha’ causada por aplicações com alta concentração de AG_3 . Folhas coletadas quatro meses após a última aplicação de AG_3 . A- sem aplicação de AG_3 ; B- quatro aplicações de 60 mg L^{-1} de AG_3 . Montenegro, 2019.

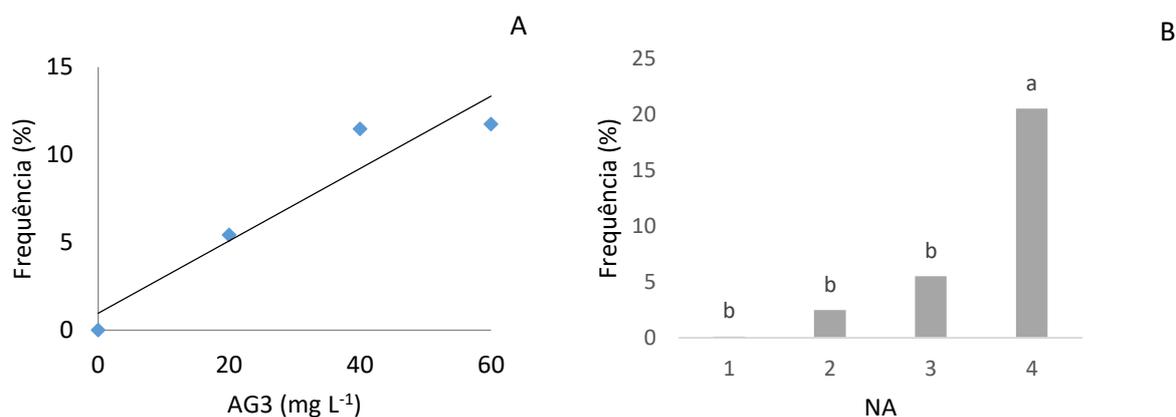


Figura 20. Frequência de folhas deformadas (FFD) mediante diferentes concentrações de AG_3 (0, 20, 40, 60 mg L^{-1}) (A) e mediante 1 aplicação (25/05/2019), 2 aplicações (25/05/2019 e 15/06/2019), 3 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019 e 06/07/2019) e 4 aplicações (25/05/2019, 15/06/2019, 06/07/2019 e 27/07/2019) de AG_3 (B) em tangerineira ‘Rainha’. NA - número de aplicações de AG_3 ($P_{NA} < 0,0001$; $P_{AG_3} 0,0144$; $P_{NA \times AG_3} 0,0912$). Montenegro, 2019.

Discussão

Os resultados dos tratamentos para brotação (B) e florescimento (F) variaram entre os dois anos de estudo (experimentos I e II). A redução em ambas variáveis foi mais pronunciada com o maior número de aplicações de AG_3 em todas as concentrações testadas. Experimento realizado na Espanha em plantas de Clementina (*C. clementina* Hort. ex. Tan) e ‘Owari’ (*Citrus*

unshiu Marcovitch) com aplicações de novembro a fevereiro – hemisfério Norte – de 10 mg L^{-1} de AG_3 , também reduziram o florescimento (GUARDIOLA *et al.*, 1982). É importante salientar que as cultivares do experimento na Espanha são cultivares sem sementes, e a cultivar utilizada neste estudo possui sementes, podendo ser uma possível explicação para a necessidade de concentrações mais elevadas de AG_3 em ‘Rainha’. Pois a presença de sementes em frutos aumenta a intensidade da alternância (AGUSTÍ, 2003) e a cultivar Rainha possui alta alternância de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A redução do florescimento com o uso de quatro aplicações de 60 mg L^{-1} de AG_3 foram de 39% e 63% nos experimentos I e II, respectivamente (Apêndice 12 e 13). Para uma e duas aplicações de 40 mg L^{-1} , no experimento I, a redução no florescimento foi de 33% e 30%, respectivamente. Em estudo desenvolvido no Uruguai com ‘Montenegrina’ – cultivar similar a ‘Rainha’ – houve redução de florescimento também com 40 mg L^{-1} de AG_3 , de 60% no primeiro ciclo e 51% no segundo ciclo de estudo (GRAVINA, 2007). Por outro lado, Ramos-Hurtado *et al.* (2006), em estudo realizado nas mesmas condições ambientais do presente estudo, não obtiveram resultados de inibição de florescimento em tangerineira ‘Montenegrina’, utilizando quatro concentrações de AG_3 (0, 20, 40 e 60 mg L^{-1}), com aplicações únicas em três datas distintas (abril, maio e junho).

Tratando-se de uso de giberelinas, são diversos os fatores que podem interferir nas respostas obtidas. Variações importantes podem ser causadas pelas condições meteorológicas durante o ciclo, concentração utilizada de AG_3 , condições de aplicação do produto, manejo da cultura, idade do pomar e o material genético (GRAVINA, 2007). Os pomares utilizados neste estudo apresentam níveis nutricionais semelhantes, não havendo variações importantes para este quesito. As condições climáticas também não apresentaram muitas variações, comparativamente, entre os dois anos de experimentos. Contudo, não são conhecidas as temperaturas ótimas para a aplicação exógena (TALÓN *et al.*, 2001), assim como, não há dados concretos sobre como as condições de umidade afetam a pós-aplicação de giberelinas (GRAVINA, 2007).

Aplicações com 25 mg L^{-1} de AG_3 em laranjeiras (*C. sinensis*) ‘Washington Navel’ e ‘Navelate’, e em cultivares de tangerineiras clementina (*C. clementina*) ‘Hernandina’ e ‘Orogrande’, no período de indução floral, reduziram o florescimento (GUARDIOLA *et al.*, 1977; MARTÍNES-FUENTES *et al.*, 2004), lembrando que essas cultivares produzem frutos

sem sementes. Todavia, experimentos com tangoreiro ‘Ellendale’ (*C. sinensis* × *C. reticulata* Blanco), cultivar alternante e que produz frutos com sementes, demonstram que, quando esta cultivar floresce abundantemente, aplicações com 25 mg L⁻¹ de AG₃ em novembro (hemisfério Norte) não promovem a redução do florescimento em relação à Testemunha, sendo necessários 50 mg L⁻¹ de AG₃ para essa finalidade (MARTÍNES-FUENTES *et al.*, 2004). Resultados similares foram encontrados para o tangeleiro ‘Nova’ (*C. reticulata* × (*C. paradisi* Macf. X *C. tangerina* Hort.ex Tan.)) e o tangoreiro ‘Ortanique’ (*C. sinensis* × *C. reticulata*), cultivares com florescimento abundante e com frutos que produzem sementes, para as quais foram necessários 40 mg L⁻¹ de AG₃ em junho (hemisfério Sul - Uruguai) para redução significativa do florescimento (ESPINO *et al.*, 2005; GRAVINA, 2007). Portanto, pode-se inferir que a necessidade de maiores concentrações de AG₃ para redução de florescimento neste estudo pode estar relacionada ao fato da ‘Rainha’ ser uma cultivar alternante, com florescimento abundante e frutos com sementes.

Aplicações de concentrações de AG₃ mais elevadas também provocaram a redução de brotos uniflorais sem folhas (redução de até 76,5% com quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃). Reduções na frequência deste tipo de broto também foram observadas por Muñoz-Fambuena (2012) que mediante uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃ observaram uma redução de brotos uniflorais sem folhas em 63%. A redução da frequência de brotos florais sem folhas e o aumento de brotos florais com folhas indica um incremento na qualidade do florescimento, devido a fixação de frutos geralmente ser maior em brotos florais com presença de folhas (JAHN, 1973; IGLESIAS *et al.*, 2007). O uso de AG₃ neste estudo, promoveu aumento na frequência de brotos florais com folhas (brotos mistos), os quais alcançaram quase 80% do total de brotos, demonstrando uma melhora na qualidade do florescimento devido ao uso exógeno de AG₃.

Por outro lado, os brotos vegetativos (BV) e brotos multiflorais, com ou sem folhas, apresentaram baixa frequência em comparação com os outros tipos de brotos. BV também apresentaram resultados diferentes em cada ciclo estudado. No experimento I, houve respostas de aumento da frequência de BV com apenas uma aplicação de 40 mg L⁻¹ ou três aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃. Diversos trabalhos (GUARDIOLA *et al.*, 1982; BOSS e THOMAS, 2002; MUÑOZ-FAMBUENA *et al.*, 2012) demonstram aumento de brotos vegetativos com aplicação exógena de giberelinas. Já no experimento II, o maior número de aplicações de AG₃ resultou em maior frequência de BV em relação aos outros tratamentos. O aumento do número de

brotações vegetativas está relacionado ao grau de controle exercido no florescimento. De acordo com Guardiola *et al.* (1982), somente tratamentos que suprimam o desenvolvimento de inflorescências sem folhas, aumentam significativamente a ocorrência de brotos vegetativos.

Na cultivar Rainha observou-se a ocorrência de nós com brotos múltiplos, com frequências que ultrapassaram 40% em relação ao total de nós. Além disso, brotos múltiplos (NMT e NMB) apresentaram correlação positiva significativa deste tipo de broto com a brotação e o florescimento. O uso de AG₃ promoveu redução na frequência de nós com brotos múltiplos. A observação de brotos duplos também foi relatada em tangerineira ‘Satsuma’ (4%) e laranjeira ‘Salustiana’ (3%) (AGUSTÍ *et al.*, 1992), com frequências muito inferiores ao identificado em Rainha. Semelhante ao observado no presente trabalho, a ocorrência de brotos duplos em ‘Satsuma’ e ‘Salustiana’ também apresentaram correlação positiva com brotação e florescimento.

Segundo Garmendia *et al.* (2019), a maioria das publicações com aplicações de giberelina em pré-florescimento concordam que a giberelina diminui o florescimento, mas grande parte destes estudos não avalia o efeito sobre a frutificação. Todavia, as giberelinas tem papel importante no aumento da fixação de frutos, pois aumentam a força de dreno do fruto (RIVAS *et al.*, 2007). Agustí (2003) explica que maiores intensidades de florescimento provocam maior competição entre os órgãos que estão em desenvolvimento, havendo menor fixação de frutos. Neste trabalho pode-se observar isto, pois houve correlação negativa de brotação e florescimento com fixações de frutos, ou seja, aumento de brotação e florescimento diminuem a fixação de frutos.

No experimento I, a correlação negativa de brotação e florescimento com fixação de frutos ocorreu no tratamento com uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃. No experimento II, houve esta correlação de fixação de frutos com brotação e florescimento para três e quatro aplicações, com um comportamento linear inverso da fixação de frutos com a brotação e o florescimento, conforme aumentavam as concentrações de AG₃. Além da intensidade do florescimento, as diferenças de fixação de frutos podem ocorrer devido ao tipo de broto. Em tangoreiro ‘Ortanique’, brotos campaneiros chegam a fixar quase 40% dos frutos, brotos mistos fixam aproximadamente 17% dos frutos e brotos uniflorais e multiflorais são os que menos fixam (menos de 10%) (CUNHA BARROS e GRAVINA, 2006). No experimento I, resultados

semelhantes foram encontrados, onde brotos campaneiros fixaram significativamente mais frutos que os brotos multiflorais com folhas.

Outro fator decisivo é a época de aplicação da giberelina, pois a resposta à inibição floral é altamente dependente disso (AGUSTÍ, 2003). Trata-se de um fator importante, pois uma vez iniciada a diferenciação floral torna-se mais complexo o processo de reversão. No experimento I foi possível observar que a diferenciação começou a ocorrer em julho, perceptível pelo achatamento do domo apical no meristema terminal (LORD e ECKARD, 1985). No experimento II, com maior número de amostras, o que possibilitou maior detalhamento, percebe-se que as primeiras gemas começam a se diferenciar no início de julho. Contudo, há uma grande parte das gemas que só foi possível diagnosticar a diferenciação em agosto. Em trabalho semelhante, desenvolvido com 'Montenegrina', foi concluído que a diferenciação floral só ocorre na primeira quinzena de agosto, porém foi definido como início da diferenciação floral o aparecimento de sépalas (RAMOS-HURTADO *et al.*, 2006). Todavia, quando as sépalas são formadas, parece ocorrer uma mudança na sensibilidade às giberelinas, sendo muito difícil ocorrer a desdiferenciação após esta fase (LORD e ECKARD, 1987).

Os experimentos I e II tiveram as últimas aplicações de AG₃ – tratamentos com quatro aplicações - realizadas em julho, o que não acarretou problemas, pois neste período inicia-se o processo de diferenciação floral, segundo os estudos anatômicos realizados neste trabalho. Além disso, houve reduções significativas de florescimento e brotação com quatro aplicações, demonstrando os resultados positivos para aplicações realizadas em julho.

No experimento I, o pomar era mais jovem e houve bons resultados com poucas aplicações em baixas concentrações, assim como resultados positivos na redução de florescimento com mais aplicações combinado com maiores concentrações. Entretanto, no experimento II o pomar era adulto (dobro de idade), e resultaram em redução do florescimento apenas com o uso de concentrações mais elevadas com maior número de aplicações. Desta forma, uma possível explicação para a divergência de resultados entre os anos, poderia ser o maior número de anos em que as plantas mais velhas se mantiveram em alternância. Isso pode significar que há uma maior dificuldade para a quebra deste ciclo, sendo necessário o uso de AG₃ em maiores concentrações, distribuídos no período que antecede a diferenciação floral.

Conclusão

Quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃, entre maio e julho, resultam em redução da brotação e florescimento na primavera subsequente. Em plantas jovens, sob manejo intenso o uso de uma a duas aplicações de 40 mg L⁻¹ de AG₃, no mesmo período, apresenta consequências similares. Esses tratamentos trazem mudanças no padrão de florescimento, diminuindo brotos florais e nós com brotos múltiplos, e aumentam brotos mistos, resultando em incremento da fixação de frutos.

A diferenciação floral das gemas de tangerineira 'Rainha' tem início no mês de julho, nas condições do Vale do Caí no Estado do Rio Grande do Sul.

A aplicação de AG₃ (40 mg L⁻¹) não afeta a taxa de fixação de frutos de brotos multiflorais com folhas, brotos uniflorais e brotos campaneiros de tangerineira 'Rainha'.

A partir de quatro aplicações de AG₃ ocorre incremento da deformação de folhas em tangerineira 'Rainha', reduzindo o tamanho destas.

Referências

AGUSTÍ, M. Citricultura. Madrid: Mundi-Prensa. 2. ed. 2003.

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; GUARDIOLA, J.L. Aplicaciones de ácido giberélico para el control de alteraciones de la corteza de las mandarinas asociadas a la maduración. Invest.Agr. Prot. Veg. 1988.

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; PONS, J. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. Journal of Horticultural Science. 67 ed. Vol.2. p.203-210. 1992.

AGUSTÍ, M.; ZARAGOZA, S.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; HACK, H.; KLOSE, R.; STAUSS, R. Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). Levante Agrícola. nº332. 1995.

ALBRIGO, L.G.; GALÁN-SAÚCO, V. Flower bud induction, flowering and fruit-set of some tropical and subtropical fruit tree crops with special reference to citrus. Acta Horticulturae 632. p.81-91. 2004.

BOSS, P.K., THOMAS, M.R. Association of dwarfism and floral induction with a grape 'green revolution' mutation. *Nature* 416. p.847–850. 2002.

COGGINS, C.W. JR; SCORA, R.W.; LEWIS, L.N.; KNAPP, J.C.F. Gibberellin-Delayed Senescence and Essential Oil Changes in the Navel Orange Rind. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 17. p.807–809. 1969.

CUNHA BARROS, M.; GRAVINA, A. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tangor Ortanique. *Agrociência*, Vol.10. p.37-46.2006.

DAVENPORT, T. L. Citrus Flowering. *Horticultural Reviews*. p.349–408.1990.

DILIP, W.S.; SINGH, D.; MOHARANA, D.; ROUT, S.; PATRA, S.S. Effect of Gibberellic Acid (GA) Different Concentrations at Different Time Intervals on Seed Germination and Seedling Growth of Rangpur Lime. *J. Agroeco. Nat. Resource Management*. 4. p.157–165. 2017.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa. 2013.

ESPINO, M.; BORGES, A.; DA CUNHA BARROS, M.; GAMBETTA, G. Y GRAVINA, A. Manejo de la floración y cuajado de frutos en tangor Ortanique. *Memorias II Simposio Investigación y desarrollo tecnológico en Citrus*. Montevideo, Uruguay. CD, nº 20, p.4. 2005.

GARCIA-LUIS, A.; ALMELA, V.; MONERRI, C.; AGUSTÍ, M.; GUARDIOLA, J. Inhibition of flowering in vivo by existing fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*. *Physiol. Plant*. 66. p.515–520. 1986.

GARMENDIA, A.; BELTRÁN, R.; ZORNOZA, C.; GARCÍA-BREIJO, F.J.; REIG, J.; MERLE, H. Gibberellic acid in Citrus spp. flowering and fruiting: A systematic review. *PLoS ONE*. 14 ed. Vol. 9. 2019.

GOLDSCHMIDT, E.; MONSELISE S.P. Hormonal control of flowering in Citrus and some other woody perennials. In: CARR DJ (ed.). *Plant growth substances*. Springer: Verlag New York. 1972.

GRAVINA, A. Aplicación del ácido giberélico en Citrus: revisión de resultados experimentales en Uruguay. *Agrociencia*. Vol. 21. p.57 – 66. 2007.

GUARDIOLA, J.L.; AGUSTÍ, M.; GARCÍA-MARÍ, F. Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange. Proc. Int. Soc. Citriculture 2. p.696-699. 1977.

GUARDIOLA, J.L.; MONERRI, C.; AGUSTI, M. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. Physiol. Plant. 55.p.136–142. 1982.

IGLESIAS, D.J.; CERCÓS, M.; COLMENERO-FLORES, J.M.; NARANJO, M.A.; RÍOS, G.; CARRERA, E.; RUIZ-RIVERO, O.; LLISO, I.; MORILLON, R.; TADEO, F.R.; TALON, M. Physiology of citrus fruiting. Braz. J. Plant Physiol., 19 ed. Vol. 4. p.333-362. 2007.

JAHN, O.L. Inflorescence types and fruiting patterns in 'Hamlin' and 'Valencia' oranges and 'Marsh' grapefruit. Am. J. Bot. 60. p.663-670. 1973.

JOÃO, P.L.; CONTE, A. A citricultura no Rio Grande do Sul. In: EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. de (Org.). Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - SEAPI; DDPA. 2018.

KOSHITA, Y.; TAKAHARA, T.; OGATA, T.; GOTO, A. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin. Science Horticulture. p.185-194. 1999.

LE ROUX, S.; BARRY, G.H. Vegetative Growth Responses of Citrus Nursery Trees to Various Growth Retardants. Horttechnology. 20. p.197–201. 2010.

LORD, E.M.; ECKARD, K.J. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel orange). I. Floral and inflorescence ontogeny. Bot. Gaz. 146 ed. Vol.3. p.320-326. 1985.

LORD, E.M.; ECKARD, K.J. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel orange). II. Alteration of developmental fate of flowering shoots after GA3 treatment. Bot. Gaz. 1987.

MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; MUNOZ-FAMBUENA, N.; REIGA, C.; GONZÁLEZ-MAS, M.C.; IGLESIAS, D.J.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTÍ, M. Fruitload restricts the flowering promotion effect of paclobutrazol in alternate bearing Citrus spp. Scientia Horticulturae. Vol.151. p.122-127. 2013.

MONSELISE, S.; H. HALEVY. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84. p.141–146. 1964.

MUÑOZ-FAMBUENA, N.; MESEJO, C.; GONZÁLES-MAS, M.C.; IGLESIAS, D.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTÍ, M. Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by repressing CiFT gene expression. *J. Plant Growth Reg.* p.529-536. 2012.

OLIVEIRA, R.P. de; SCHWARZ, S.F.; GONZATTO, M.P.; SOUZA, E.L.S.; BONINE, D.P.; JOÃO, P.L. Diferenciação das tangerineiras mais cultivadas no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p.21. 2018.

RIVAS, F.; GRAVINA, A.; AGUSTÍ, M. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two Citrus cultivar. *Tree Physiol.* 27. p.527-535. 2007.

SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; CHAMHUM SALOMAO, L.C. Growth of “Volkameriano” lemon tree treated with paclobutrazol and giberellic acid. *Revista Brasileira de Fruticultura.* 30. p.764–768. 2008.

SULZBACH, M.; OLIVEIRA, R. P. de; WAQUIL, P. D.; GIRARDI, E. A.; GONZATTO, M. P.; BÖETTCHER, G. N.; SCHWARZ, S. F. Characterization of citrus farms production systems used in Rio Grande do Sul, Brazil. *Citrus Research & Technology*, Vol. 37, n. 1, 2016.

TALÓN, M.; TADEO, F. R.; JUAN, M.; SOLER, J.; AGUSTÍ, M.; PRIMO-MILLO, E. Mejora del cuajado del fruto de los Cítricos mediante aplicaciones de ácido giberélico. *Fruticultura Profesional.* 116. p.31-45. 2001.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aplicações exógenas de ácido giberélico no período de indução de ciclos *off*, tanto em ‘Montenegrina’ como em ‘Rainha’ resultaram em efeitos positivos, reduzindo a brotação e o florescimento. Também alteraram a frequência de tipos de brotos na primavera subsequente às aplicações, reduzindo brotos florais (sem folhas) e aumentando brotos mistos (folhas e flores). Essa alteração das frequências de brotos ocorreu nos mesmos tratamentos que tiveram menor frequência de brotação e florescimento. Além disso, houve maior fixação de frutos em plantas tratadas com AG₃.

Comparativamente aos resultados encontrados na literatura, apenas no experimento I com tangerineira ‘Rainha’ (Artigo 2) foi possível encontrar resultados positivos em relação ao objetivo com apenas uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃. Já, no experimento II com tangerineira Rainha (Artigo 2) foram necessários no mínimo três aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃. Observou-se que os resultados com repetibilidade para tangerineira ‘Rainha’ foram com quatro aplicações de 60 mg L⁻¹ de AG₃. Já, para ‘Montenegrina’ (Artigo 1) foram necessárias no mínimo duas aplicações de 40 mg L⁻¹ de AG₃ para reduzir a brotação e o florescimento.

Uma possível explicação para essas diferenças entre os resultados é a idade das plantas em que os tratamentos foram aplicados. No experimento II com ‘Rainha’, assim como no experimento com ‘Montenegrina’, as plantas tinham, no mínimo, o dobro de idade do que as plantas do experimento do Experimento I com ‘Rainha’. Estas plantas mais novas responderam positivamente com apenas uma aplicação de 40 mg L⁻¹ de AG₃, no final do mês de maio, enquanto que as mais velhas necessitaram maior número de aplicações. Uma hipótese é que as plantas mais velhas se encontram em ciclos sucessivos de alternância de produção há mais

tempo, tornando mais difícil sua interrupção. Contudo, o uso de mais aplicações sucessivas, além de aumentar a concentração aplicada de AG₃, também possibilita atingir gemas que ao decorrer do tempo possam desenvolver maior sensibilidade à giberelina por condições exógenas ou mesmo endógenas.

Aplicações exógenas de ácido giberélico reduzindo o florescimento, pode promover melhor utilização da energia na planta, pois, além da diminuição do florescimento excessivo, há melhora na distribuição dos diferentes tipos de brotos formados, havendo mais brotos florais com presença de folhas. Tudo isso resulta em menos drenos competindo pelas fontes da planta, melhorando a fixação de frutos. Além de propiciar futuras fontes próximas aos drenos, pois há mais brotos de flores com folhas, demonstrando ser mais uma opção para redução da variabilidade espaço-temporal da produção, devendo ser integrada a outros manejos cientificamente testados para a produção racional de tangerineiras da espécie *Citrus deliciosa*.

6 APÊNDICE

APÊNDICE 1. Probabilidades de significância do teste F (análise de variância) e contrastes ortogonais de brotação (B), florescimento (F), broto unifloral com folhas (BUF), broto unifloral (BU), broto multifloral com folhas (BMF), broto multifloral (BM) e broto vegetativo (BV) do Artigo 2 referente ao primeiro ano de experimento. AG₃ – concentração de ácido giberélico, NA – número de aplicações de AG₃, AG₃ x NA – interação da concentração de AG₃ e número de aplicações de AG₃, EL- equação linear, EQ – equação quadrática, EC – equação cúbica, NA1 – 1 aplicação de AG₃, NA2 – 2 aplicações de AG₃, NA3 – 3 aplicações de AG₃, NA4- 4 aplicações de AG₃. Montenegro, Experimento I.

Fontes de Variação	B (%)	F (Flores 100 nós ⁻¹)	BUF (%)	BU (%)	BMF (%)	BM (%)	BV (%)
AG ₃	0,0152	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0389	0,0199
NA	<0,0001	0,1016	0,1571	0,1242	<,0001	<,0001	0,0251
AG ₃ x NA	0,0002	0,0004	<,0001	<,0001	0,0252	<,0001	<,0001
Contrastes ortogonais							
EL em NA1	0,0003	0,5200	0,4670	0,0870	0,1527	0,7244	0,2843
EQ em NA1	0,0029	0,0004	0,0001	<.0001	0,6158	0,6828	0,0006
EC em NA1	0,3656	0,9418	0,8162	0,0233	0,1177	0,8233	0,0007
EL em NA2	0,0004	0,0010	0,0113	0,0508	0,6630	0,6182	0,5708
EQ em NA2	0,0001	0,0138	0,6324	0,0403	0,0513	0,4488	0,0863
EC em NA2	0,4810	0,0981	0,0350	0,0915	0,1543	0,8755	0,0603
EL em NA3	0,0008	0,0055	0,0393	<.0001	0,0399	0,7934	0,0003
EQ em NA3	0,9998	0,9222	0,9344	0,8924	0,6216	0,2535	0,2454
EC em NA3	0,0002	0,0005	<,0001	<,0001	0,3488	0,0197	0,6440
EL em NA4	<,0001	<,0001	0,0002	<,0001	<,0001	0,6428	0,7649
EQ em NA4	0,4927	0,1279	0,2843	0,4263	0,0194	0,0002	0,8560
EC em NA4	0,5150	0,2092	0,0624	0,2995	0,8807	<,0001	0,8292

APÊNDICE 2. Probabilidades de significância do teste F (análise de variância) e contrastes ortogonais de broto misto (BMisto), broto floral (BFlor), broto campaneiro (BCamp), nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB) do Artigo 2 referente ao primeiro ano de experimento. AG₃ – concentração de ácido giberélico, NA – número de aplicações de AG₃, AG₃ x NA – interação da concentração de AG₃ e número de aplicações de AG₃, EL- equação linear, EQ – equação quadrática, EC – equação cúbica, NA1 – 1 aplicação de AG₃, NA2 – 2 aplicações de AG₃, NA3 – 3 aplicações de AG₃, NA4- 4 aplicações de AG₃. Montenegro, Experimento I.

Fontes de Variação	BMisto (%)	BFlor (%)	BCamp (%)	NMT(%)	NMB (%)
AG ₃	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0002
NA	0,0098	0,2462	0,1882	0,0043	0,0097
AG ₃ x NA	<,0001	<,0001	0,0002	0,0121	0,0016
Contrastes ortogonais					
EL em NA1	0,1433	0,0979	0,3196	0,0354	0,7348
EQ em NA1	0,0011	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EC em NA1	0,2804	0,0268	0,2091	0,3819	0,1152
EL em NA2	0,0099	0,0458	0,0776	0,0007	0,0040
EQ em NA2	0,1265	0,0512	0,0570	0,0075	0,0343
EC em NA2	0,2477	0,0901	0,1831	0,0558	0,0099
EL em NA3	0,0025	<,0001	0,1940	0,0004	0,0016
EQ em NA3	0,8421	0,7889	0,6042	0,4650	0,6964
EC em NA3	<,0001	<,0001	0,0019	0,0023	0,0086
EL em NA4	<,0001	<,0001	0,0065	<,0001	0,0060
EQ em NA4	0,7473	0,7310	0,4758	0,3531	0,2698
EC em NA4	0,0716	0,1047	0,5321	0,5354	0,4400

APÊNDICE 3. Probabilidades de significância do teste F (análise de variância) e contrastes ortogonais de fixação de frutos 32 dias após o pleno florescimento (F32 DAF), fixação de frutos 72 dias após o pleno florescimento (F72 DAF), fixação de frutos 90 dias após o pleno florescimento (F90 DAF), fixação de frutos 105 dias após o pleno florescimento (F105 DAF) e diâmetro de frutos 105 dias após o pleno florescimento (\emptyset 105 DAF) do Artigo 2 referente ao primeiro ano de experimento. AG₃ – concentração de ácido giberélico, NA – número de aplicações de AG₃, AG₃ x NA – interação da concentração de AG₃ e número de aplicações de AG₃, EL- equação linear, EQ – equação quadrática, EC – equação cúbica, NA1 – 1 aplicação de AG₃, NA2 – 2 aplicações de AG₃, NA3 – 3 aplicações de AG₃, NA4- 4 aplicações de AG₃. Montenegro, Experimento I.

Fontes de Variação	F32 DAF (%)	F71 DAF (%)	F90 DAF (%)	F105 DAF (%)	\emptyset 105 DAF (mm)
AG ₃	0,0008	0,0037	0,0111	0,0149	<,0001
NA	0,5576	0,0980	0,0713	0,0620	0,0008
AG ₃ x NA	0,0256	<,0001	<,0001	0,0001	0,0175
Contrastes ortogonais					
EL em NA1	<,0001	0,0779	0,0937	0,0985	0,0001
EQ em NA1	0,0082	<,0001	<,0001	0,0001	<,0001
EC em NA1	0,1884	<,0001	<,0001	<,0001	0,6884
EL em NA2	0,3700	0,3534	0,3691	0,4212	0,0021
EQ em NA2	0,5610	0,3812	0,4275	0,4212	0,0677
EC em NA2	0,6029	0,0066	0,0142	0,0194	0,0799
EL em NA3	0,0591	0,3013	0,3001	0,3703	<,0001
EQ em NA3	0,6729	0,8456	0,7517	0,8958	0,6123
EC em NA3	0,0019	0,1459	0,2003	0,2096	0,3797
EL em NA4	0,2462	0,0989	0,1537	0,2562	0,4229
EQ em NA4	0,9553	0,5403	0,5752	0,7451	0,6275
EC em NA4	0,4371	0,2640	0,1866	0,1316	0,2059

APÊNDICE 4. Probabilidades de significância do teste F (análise de variância) a e contrastes ortogonais de brotação (B), florescimento (F), broto unifloral com folhas (BUF), broto unifloral (BU), broto multifloral com folhas (BMF), broto multifloral (BM) e broto vegetativo (BV) do Artigo 2 referente ao segundo ano de experimento. AG₃ – concentração de ácido giberélico, NA – número de aplicações de AG₃, AG₃ x NA – interação da concentração de AG₃ e número de aplicações de AG₃, EL- equação linear, EQ – equação quadrática, EC – equação cúbica, NA1 – 1 aplicação de AG₃, NA2 – 2 aplicações de AG₃, NA3 – 3 aplicações de AG₃, NA4- 4 aplicações de AG₃. Montenegro, Experimento II.

Fontes de Variação	B (%)	F (Flores 100 nós ⁻¹)	BUF (%)	BU (%)	BMF (%)	BM (%)	BV (%)
AG ₃	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0029	0,0156	0,1145
NA	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,004	<,0001	<,0001
AG ₃ x NA	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,6116	0,0014	0,5601
Contrastes ortogonais							
EL em NA1	0,6558	0,8871	0,6206	0,5507		0,9426	
EQ em NA1	0,9604	0,2383	0,7069	0,5548		0,7943	
EC em NA1	0,2142	0,1679	0,6200	0,3511		0,7133	
EL em NA2	0,6395	0,2767	0,9372	0,0617		0,1163	
EQ em NA2	0,1401	0,0180	0,8556	0,6099		0,1217	
EC em NA2	0,1215	0,0643	0,8896	0,6345		0,2847	
EL em NA3	0,0003	<,0001	0,0002	0,0041		0,0098	
EQ em NA3	0,0510	0,1933	0,8154	0,0779		0,8890	
EC em NA3	0,7851	0,4553	0,4603	0,3943		0,0948	
EL em NA4	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001		<,0001	
EQ em NA4	0,3514	0,2034	0,0410	0,0496		0,2065	
EC em NA4	0,9592	0,8837	0,8576	0,8010		0,4012	
EL					0,1268		
EQ					0,0040		
EC					0,0702		

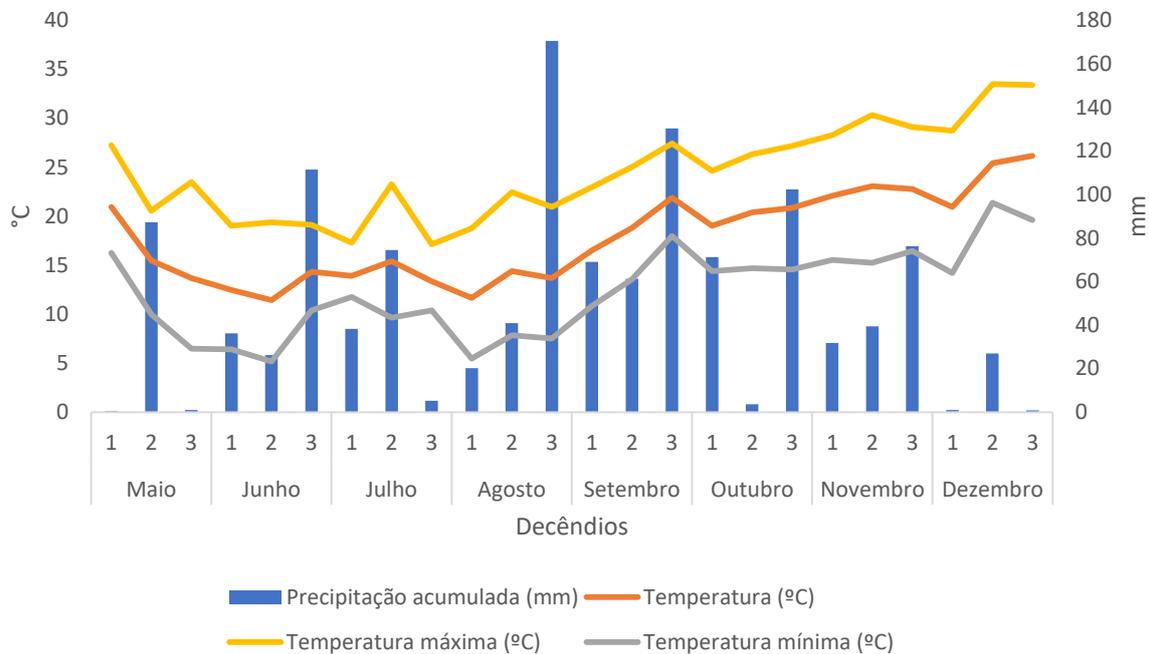
APÊNDICE 5. Probabilidades de significância do teste F (análise de variância) e contrastes ortogonais de brotos mistos (BMisto), brotos florais (BFlor), brotos campaneiros (BCamp), nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT) e nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB) do Artigo 2 referente ao segundo ano de experimento. AG₃ – concentração de ácido giberélico, NA – número de aplicações de AG₃, AG₃ x NA – interação da concentração de AG₃ e número de aplicações de AG₃, EL- equação linear, EQ – equação quadrática, EC – equação cúbica, NA1 – 1 aplicação de AG₃, NA2 – 2 aplicações de AG₃, NA3 – 3 aplicações de AG₃, NA4- 4 aplicações de AG₃. Montenegro, Experimento II.

Fontes de Variação	BMisto (%)	BFlor (%)	BCamp (%)	NM _T (%)	NM _B (%)
AG ₃	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
NA	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
AG ₃ x NA	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Contrastes ortogonais					
EL em NA1	0,5916	0,6026	0,6023	0,7070	0,7984
EQ em NA1	0,6504	0,6393	0,7561	0,5542	0,5476
EC em NA1	0,4852	0,4529	0,6629	0,2822	0,5332
EL em NA2	0,1694	0,1940	0,6941	0,4848	0,4906
EQ em NA2	0,3523	0,3971	0,6755	0,2342	0,4684
EC em NA2	0,8243	0,8709	0,9780	0,2220	0,4641
EL em NA3	0,0015	0,0013	0,0093	<,0001	<,0001
EQ em NA3	0,1339	0,1036	0,7929	0,0066	0,0064
EC em NA3	0,6686	0,7247	0,7196	0,2921	0,3398
EL em NA4	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EQ em NA4	0,0347	0,0370	0,0272	0,0035	0,0012
EC em NA4	0,5435	0,6622	0,8633	0,5154	0,3595

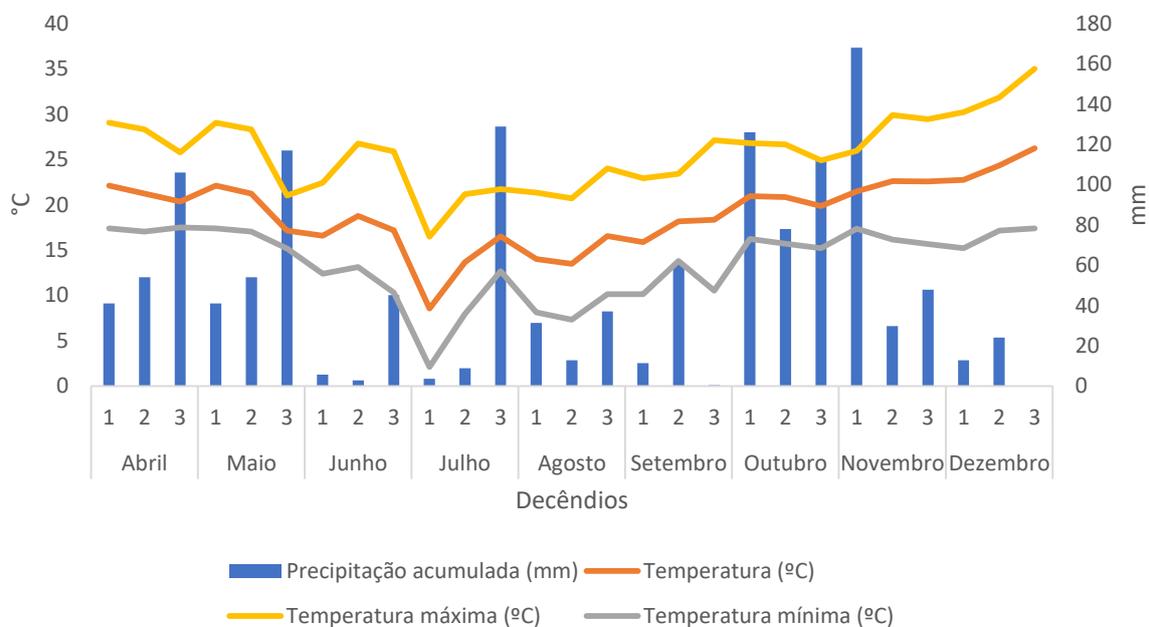
APÊNDICE 6. Probabilidades de significância do teste F (análise de variância) e contrastes ortogonais de fixação de frutos 23 dias após o pleno florescimento (F23 DAF), fixação de frutos 94 dias após o pleno florescimento (F94 DAF) e diâmetro de frutos 105 dias após o pleno florescimento (\emptyset 94 DAF) do Artigo 2 referente ao segundo ano de experimento. AG₃ – concentração de ácido giberélico, NA – número de aplicações de AG₃, AG₃ x NA – interação da concentração de AG₃ e número de aplicações de AG₃, EL- equação linear, EQ – equação quadrática, EC – equação cúbica, NA1 – 1 aplicação de AG₃, NA2 – 2 aplicações de AG₃, NA3 – 3 aplicações de AG₃, NA4- 4 aplicações de AG₃. Montenegro, Experimento II.

Fontes de Variação	F23 DAF	F94 DAF	\emptyset 94 DAF
AG ₃	<,0001	0,1313	0,8389
NA	<,0001	<,0001	0,3651
AG ₃ x NA	<,0001	0,0157	0,0883
Contrastes ortogonais			
EL em NA1	0,1410	0,2558	
EQ em NA1	0,9363	0,8409	
EC em NA1	0,7963	0,2158	
EL em NA2	0,5593	0,6582	
EQ em NA2	0,2873	0,2684	
EC em NA2	0,5910	0,7127	
EL em NA3	0,0003	0,2372	
EQ em NA3	0,0092	0,7495	
EC em NA3	0,7957	0,5804	
EL em NA4	<,0001	<,0001	
EQ em NA4	0,2250	0,9700	
EC em NA4	0,3317	0,8040	

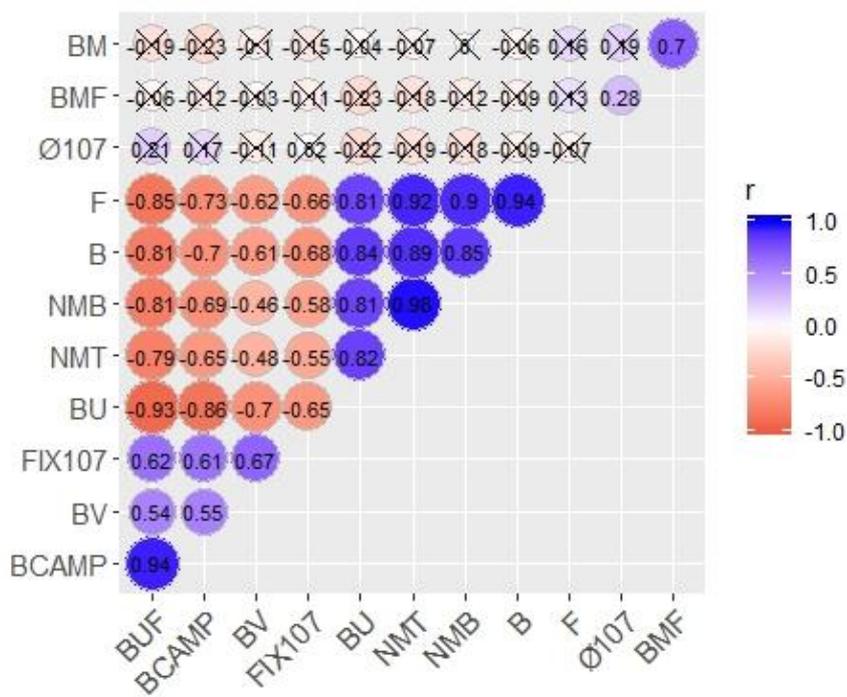
APÊNDICE 7. Dados de temperatura média, temperatura média das máximas, temperatura média das mínimas e precipitação acumulada decencial do período de maio a dezembro. Montenegro, 2018.



APÊNDICE 8. Dados de temperatura média, temperatura média das máximas, temperatura média das mínimas e precipitação acumulada decendial do período de maio a dezembro. Montenegro, 2019.

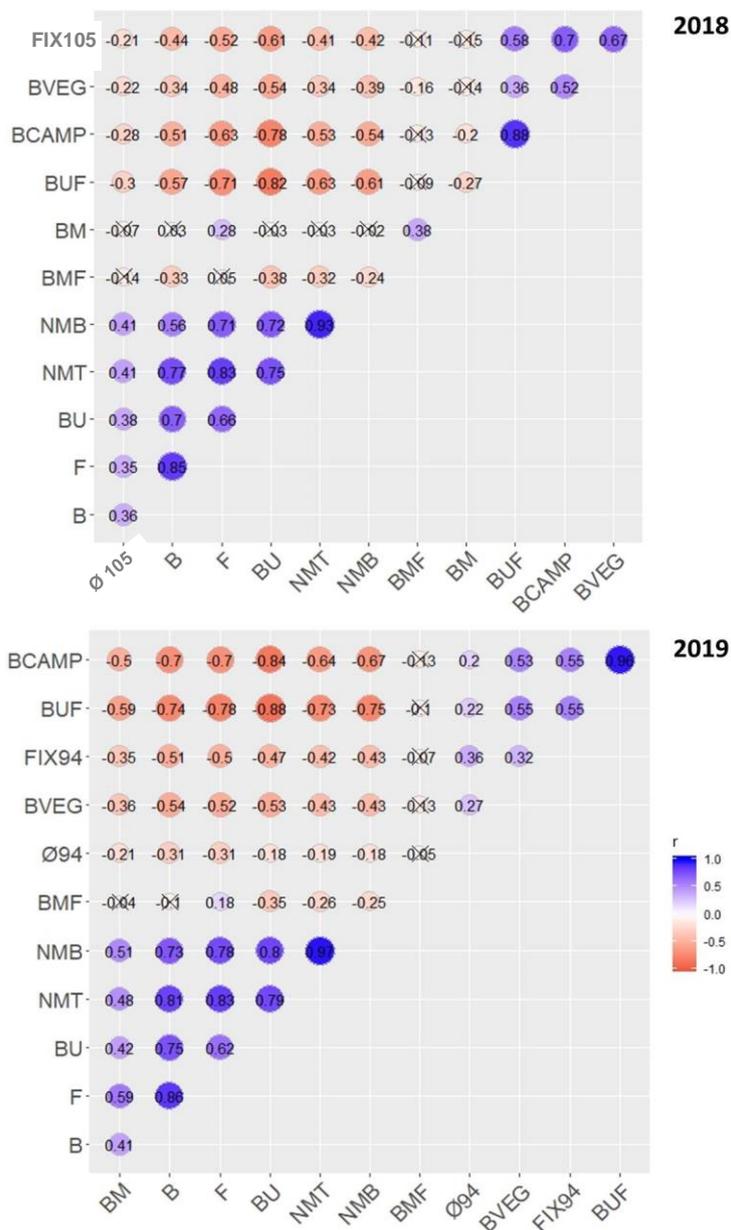


APÊNDICE 9. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as principais variáveis da brotação, florescimento e frutificação de tangerineira ‘Montenegrina’^a. Eldorado do Sul, RS. Coeficientes hachurados com \times tem $p > 0,01$ e são considerados não significativos.



^a, Florescimento (F), brotação (B), nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT), nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB), broto unifloral com folhas (BUF), broto unifloral (BU), broto multifloral com folhas (BMF), broto multifloral (BM), broto vegetativo (BV), broto campaneiro (BCAMP), diâmetro de frutos aos 107 DAF (Ø107), fixação de frutos aos 107 dias após o pleno florescimento (FIX107).

APÊNDICE 10. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as principais variáveis da brotação, florescimento e frutificação de tangerineira ‘Rainha’^a. Montenegro, RS (Experimento I – 2018 e Experimento II -2019). Coeficientes hachurados com \times tem $p > 0,01$ e são considerados não significativos.

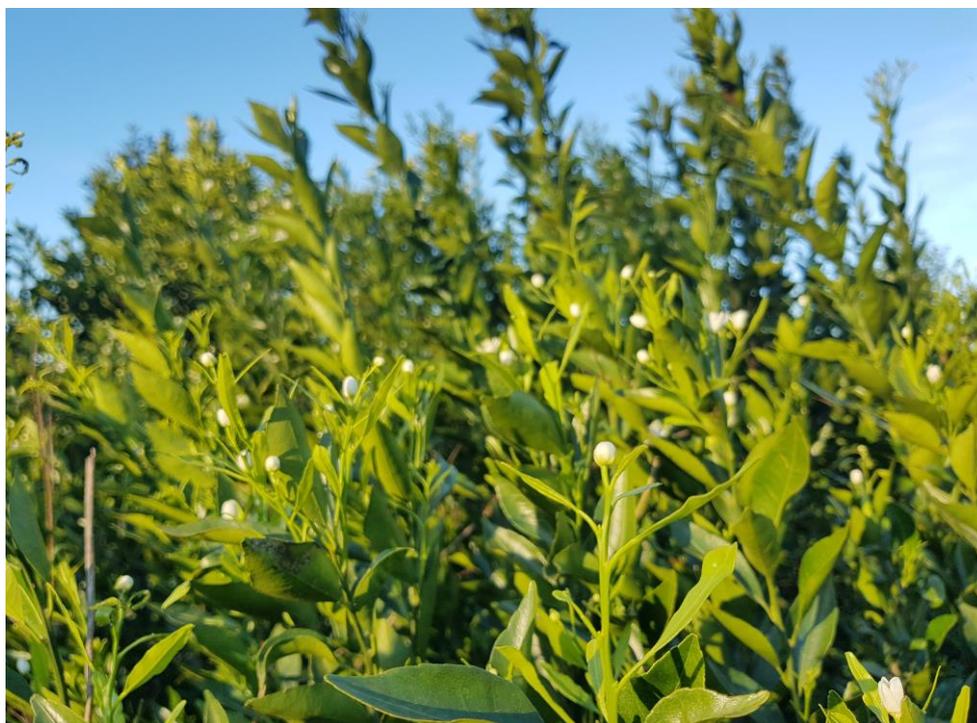


^a, Florescimento (F), brotação (B), nós com brotos múltiplos em relação ao total de nós (NMT), nós com brotos múltiplos em relação aos nós brotados (NMB), broto unifloral com folhas (BUF), broto unifloral (BU), broto multifloral com folhas (BMF), broto multifloral (BM), broto vegetativo (BVEG), broto campaneiro (BCAMP), diâmetro de frutos aos 105 DAF (Ø105), diâmetro de frutos aos 94 DAF (Ø94), fixação de frutos aos 105 dias após o pleno florescimento (FIX105), fixação de frutos aos 94 dias após o pleno florescimento (FIX94).

APÊNDICE 11. Laudos de análises foliares realizadas nas áreas experimentais de tangerineira ‘Rainha’ em fevereiro de 2018 (experimento I) e fevereiro de 2019 (experimento II) referentes ao Artigo 2. Coletas realizadas conforme Manual de Adubação e Calagem para os Estados d Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Montenegro, RS.

IDENTIFICAÇÃO	Experimento I	Experimento II
Nitrogênio (TKN) (%)	2,4	2,6
Fósforo total (%)	0,14	0,17
Potássio total (%)	1,1	1,9
Cálcio total (%)	2,3	1,7
Magnésio total (%)	0,31	0,37
Enxofre total (mg kg ⁻¹)	0,20	0,26
Cobre total (mg kg ⁻¹)	15	55
Zinco total (mg kg ⁻¹)	32	18
Ferro total (mg kg ⁻¹)	67	96
Manganês total (mg kg ⁻¹)	59	22
Boro total (mg kg ⁻¹)	98	67

APÊNDICE 12. Imagem superior demonstra tratamento Testemunha de tangerineira *C. deliciosa* cultivar Rainha em fase de florescimento no ano *on*. Imagem inferior demonstra tratamento com quatro aplicações de 60 mg L^{-1} de AG_3 em tangerineira *C. deliciosa* em fase de florescimento no ano *on*. Montenegro, 2019.



APÊNDICE 13. Imagem a esquerda demonstra tratamento Testemunha de tangerineira *C. deliciosa* cultivar Rainha em fase de florescimento no ano *on*. Imagem a direita demonstra tratamento com quatro aplicações de 60 mg L^{-1} de AG_3 em tangerineira *C. deliciosa* em fase de florescimento no ano *on*. Montenegro, 2019.



APÊNDICE 14. Gemas íntegras (linha a e c) e seções longitudinais de cortes a mão-livre em estereomicroscópio (linha b e d) resultando na progressão de diferenciação de gemas de 'Rainha' de plantas Testemunhas ao decorrer do tempo, sendo: I – abril/2019; II – maio/2019; III – junho/2019; IV – início de julho/2019; V – final de julho/2019; VI – agosto/2019. Linhas tracejadas acompanham o domo apical. Montenegro, 2019.

