

Frutificação e indução artificial de maturação com ácido 2-cloroetilfosfônico em diferentes épocas para figos 'roxo de valinhos'

Fruiting and artificial maturation induction with 2-chloroethylphosphonic acid at different stages for 'roxo de valinhos' figs

Adinor José Cappellesso* (ORCID 0000-0002-9833-672X), **Anderson André Züge** (ORCID 0009-0003-0866-221X),
Aquidauana Miqueloto Zanardi (ORCID 0000-0001-6051-2882), **Claudinei Bazi** (ORCID 0000-0001-9024-7581)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, SC, Brasil. *Autor para correspondência: adinor.cappellesso@ifsc.edu.br

Submissão: 01/06/2023 | Aceite: 29/06/2023

RESUMO

A produção brasileira de *Ficus carica* L. se concentra nos meses de janeiro a março. O uso de etileno para antecipar e uniformizar a colheita pode alterar a oferta e melhorar seus resultados econômicos. Este trabalho objetivou estabelecer uma curva de crescimento e avaliar o efeito do ácido 2-cloroetilfosfônico (etefom) na maturação e qualidade de figos 'Roxo de Valinhos' em diferentes períodos, em dias após a frutificação efetiva (DAFE). O estudo foi dividido em dois experimentos concomitantes em um pomar comercial localizado na linha Jacutinga, São Miguel do Oeste, SC, na Safra 2020/2021. Em ambos se utilizou delineamento em blocos casualizados, com oito repetições (blocos), tendo a planta como bloco e dois frutos basais de um ramo como unidade experimental. O Experimento I consistiu na caracterização do desenvolvimento natural dos sicônios. Para isso foram coletados pseudofrutos aos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 DAFE e na maturação em "estado de vez", sendo mensurados massa, diâmetro, comprimento; cor; textura; sólidos solúveis e acidez titulável. O Experimento II consistiu em uma aplicação de etefom 500 µL L⁻¹ (a partir de Ethrel® 240 g L⁻¹ de ácido 2-cloroetilfosfônico) aos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 DAFE. Não foi realizada nenhuma aplicação. A colheita ocorreu quando os figos apresentaram coloração roxa ("estado de vez"), sendo avaliados quanto aos atributos físico-químicos. O comportamento de crescimento foi uma curva dupla-sigmoide, com três estágios de desenvolvimento. As aplicações de etefom 500 mg L⁻¹ não promovem respostas desejadas para indução artificial de maturação até os 50 DAFE. Os resultados satisfatórios iniciam-se aos 60 DAFE, com diâmetro ≥ 39,8 mm, e aos 70 DAFE, com diâmetro ≥ 38,1 mm. No entanto, 95% de respostas desejáveis para maturação por indução artificial ocorrem aos 80 DAFE quando os figos têm diâmetro médio de 37,3 ± 1,8 mm.

PALAVRAS-CHAVE: *Ficus carica* L.; indução artificial; etefom; etileno; figueira.

ABSTRACT

The Brazilian production of *Ficus carica* L., particularly 'Roxo de Valinhos' figs variety, is predominantly concentrated from January to March. The ethylene utilization to anticipate and standardize fig harvesting has the potential to alter the supply and improve economic results. The objective of this study was to establish a growth curve and evaluate the effect of 2-chloroethylphosphonic acid (ethephon) on the maturation and quality of 'Roxo de Valinhos' figs at different periods, measured in days after effective fruit set (DAEFS). The study was divided into two concurrent experiments conducted in a commercial orchard in Linha Jacutinga, a village in São Miguel do Oeste, SC, during the 2020/2021 harvest. In each experiment was used randomized block design, with eight replications (blocks), with the plant as the block and two basal fruits of a branch as the experimental unit. Experiment I consisted of characterizing the natural development of figs at different stages. The analyses of pseudo-fruits included measurements of mass, diameter, length, color, texture, soluble solids, and titratable acidity. Experiment II consisted of an application of ethephon 500 µL L⁻¹ at 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 and 80 DAEFS. The control treatment was natural development without any applications. Harvesting took place when the figs showed the presence of purple coloration, indicating ripeness. The figs were evaluated for their physical and chemical attributes. The growth behavior followed a double-sigmoid curve with three stages of development. The applications of ethephon at 500 µL L⁻¹ did not promote the desired responses for artificial maturation induction until 50 DAEFS. Satisfactory results began at 60 DAEFS, with a diameter of ≥ 39.8 mm, and at 70 DAEFS, with a diameter of ≥ 38.1 mm. However, 95% of desirable responses for maturation by artificial induction occurred at 80 DAEFS when figs had an average diameter of 37.3 ± 1.8 mm.

KEYWORDS: *Ficus carica* L.; artificial induction; ethephon; ethylene; fig tree.

INTRODUÇÃO

A produção de figos (*Ficus carica* L.) no Brasil está concentrada no estado do Rio Grande do Sul (RS), Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP). Em SP e MG, a maturação inicia-se no mês de outubro, embora essa fique concentrada nos meses de dezembro a fevereiro (FRANCISCO et al. 2005). No RS, as temperaturas amenas de inverno atrasam a brotação, começando as colheitas apenas em dezembro, e concentrando a produção nos meses de janeiro a março. Essa sazonalidade na época de produção impacta nos preços, em uma relação inversa com a curva de oferta. A maior produção e os menores preços dos figos ocorrem entre os meses de janeiro a março, conforme registrados pela Ceasa do Rio Grande do Sul entre 2009 e 2018 (BERNARDI 2021). Nos meses de julho a novembro registra-se baixa oferta e elevação de preços. Nesse período, os figos comercializados no mercado nacional são provenientes de importação ou cultivados em sistemas protegidos. A possibilidade de antecipar a oferta configura-se em uma oportunidade para acessar janelas de mercado de preços mais favoráveis.

No Oeste Catarinense, os figos atingem a maturação fisiológica no final de dezembro e início de janeiro, um mês antes das tradicionais regiões produtoras no Sul do Brasil. O uso de fitorreguladores associado a outras técnicas de manejo, como áreas menos sujeitas a geadas, uso de quebra de dormência e de indutores de desenvolvimento e maturação (ex. óleo de oliva, ácido giberélico, etefom, auxina e outros) configuram-se como possibilidades para antecipar e controlar a colheita e comercialização de figos (OWINO et al. 2006, PETRI et al. 2016). A cultivar mais plantada no Brasil é a 'Roxo de Valinhos', do grupo cachopo, conduzida para produzir figos vindimos na axila de ramos do ano por partenocarpia, sem necessidade de caprificação (polinização).

A parte suculenta dos figos comestíveis constitui-se de tecido parenquimático de órgãos florais, onde as células crescem e armazenam substâncias de reserva, formando pseudofrutos periforme com 50 a 80 mm de comprimento e com tonalidades variando desde suavemente esverdeado a violáceo escuro (LEONEL & SAMPAIO 2011, PIO 2018). O desenvolvimento dos sicônios pode ser caracterizado por três estágios: I) ocorre divisão e diferenciação celular e alta taxa respiratória até formar as flores diferenciadas; II) finalização da mitose peduncular, redução nas atividades de biossíntese e na respiração, estabilização do diâmetro e baixos teores de etileno; e III) ocorre alongamento celular, aumento na taxa respiratória, aumento da atividade das enzimas de parede celular e elevação nos teores de etileno (MAREI & CRANE 1971, GONÇALVES et al. 2006, OWINO et al. 2006).

A figueira é uma espécie classificada como climatérica, em que o aumento da produção de etileno no estágio final de desenvolvimento desencadeia o amadurecimento do pseudofruto (MAPSON & ROBINSON 1966). Contudo, FREIMAN et al. (2015) demonstram ambiguidade dos figos entre um comportamento climatérico e não climatérico, aumentando a produção de etileno mesmo após receber aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), o que configura um paradoxo. Na maturação ocorre aumento da atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase, que catabolizam os ácidos poligalacturônicos e reduzem a firmeza do tecido, que são características importantes do processo de maturação (PAIVA et al. 2009). Além disso, durante o processo de amadurecimento, o amido é degradado e transformado em mono e dissacarídeos que contribui para o aumento dos teores de sólidos solúveis (°Brix) (MAREI & CRANE 1971). Na fase de maturação, as clorofilases degradam as moléculas de clorofila presente no epicarpo dos sicônios, reduzindo a coloração verde. Em paralelo, ocorre a síntese de mais antocianinas, o que evidencia os pigmentos que dão cor arroxeada às frutas. No caso da variedade 'Roxo de Valinhos', essa lhe confere excelente aspecto visual incorporado à sua denominação no Brasil (PEREIRA & MAIORANO 2010).

Um dos fitorreguladores responsáveis pelo amadurecimento dos figos é o etileno, cujo precursor é a metionina. Esse aminoácido é metabolizado a 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) pela enzima ACC sintase (ACS) e desse a etileno pela ACC oxidase (ACO) (ADAMS & YANG 1979, TAIZ et al. 2017). O etileno se liga aos receptores presentes na membrana do retículo endoplasmático (ETR1, ETR2, EIN4, ERS1 e/ou ERS2) e desencadeia um processo de sinalização, que é levado ao núcleo ativando um fator de transcrição, denominado EFR1. Esse fator se liga a uma região promotora, fazendo com que a região de transcrição codifique genes que são responsáveis pela formação das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, que atuam na biossíntese de mais etileno. Em estágio de maturação fisiológica, a aplicação de etileno exógeno será o sinal de partida para desencadear a produção endógena, em um ciclo de reforço (OETIKER & YANG 1995, KERBAUY 2004, OWINO et al. 2006). CUI et al. (2021) verificaram que dois dias e após aplicação de etefom ocorreu o pico de produção de etileno nos figos. Já a maturação dos sicônios aconteceu seis dias após a aplicação e foi verificada pelas modificações nos atributos físico-químicos como

aumento na concentração de antocianinas das flores e receptáculo e nos açúcares solúveis e redução da firmeza dos frutos.

Os produtos comerciais a base de ácido 2-cloroetilfosfônico (etefom) se destacam como principal fitorregulador usado para acelerar e uniformizar a maturação de frutas climatéricas (PEREIRA & MAIORANO 2010). Essa molécula penetra nos tecidos vegetais e acessa o citoplasma celular, que apresenta pH próximo à neutralidade, o que ocasiona sua clivagem e liberação de etileno. Se aplicado no estágio responsivo da fruta, esse desencadeia a maturação e as alterações físico-químicas (KERBAUY 2004, EIDAM et al. 2014, ABDULLAH et al. 2022). Em estudo para induzir maturação de figos, o emprego de etefom induziu a maturação de 100% dos figos no estágio II e permitiu antecipar a maturação em relação às testemunhas, sendo mais rápido que o emprego de óleo de oliva no ostíolo ou aplicação de ácido giberélico (BIANCHI et al. 1998). Ao aumentar de 250 $\mu\text{L L}^{-1}$ para 500 $\mu\text{L L}^{-1}$, ÇELIKEL et al. (1997) observaram aumento na velocidade de maturação, enquanto a aspersão de 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, apesar de estimular a maturação, ocasionou abscisão foliar. RODRIGUES et al. (1997) demonstra que os figos responderam a concentrações de 100 a 750 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etefom, sendo que o ganho de massa, percentual de maturação e qualidade ampliaram-se até as concentrações de 500 $\mu\text{L L}^{-1}$. Ao utilizar concentrações maiores (0, 500, 1000 e 1500 $\mu\text{L L}^{-1}$), ABDULLAH et al. (2022) não observaram mudanças de tamanho e massa, mas demonstraram aumentos significativos de sólidos solúveis e de acidez nos figos nas duas maiores dosagens testadas. Nas principais regiões produtoras de figos *in natura*, os ficultores têm utilizado esse fitorregulador para regular o processo de maturação (RODRIGUES et al. 1997, PEREIRA & MAIORANO 2010), o que permite programar a colheita e reduzir exposição da fruta à mosca-do-figo (*Zaprionus indianus* Gupta) e aos pássaros.

Para o emprego do etefom nos figos, é importante considerar que esse apresenta movimento de translocação basípeto pelo floema, e da folha para os frutos (PUECH & CRANE 1975). Em complemento, a formação dos pseudofrutos da figueira ocorre progressivamente com o desenvolvimento do ramo. Ao aplicar etefom sem respeitar os diferentes estágios de desenvolvimento dos figos, este fitorregulador poderá afetar positivamente ou negativamente seu desenvolvimento e/ou maturação. Assim, no momento de cada aplicação, essa deve-se restringir a apenas os dois primeiros figos a partir da base do ramo, para que resulte em características físico-químicas satisfatórias (PEREIRA & MAIORANO 2010).

O paradoxo sobre o caráter climatérico/não-climatérico associado à carência de estudos sobre o momento adequado de desenvolvimento do pseudofruto para aplicação do etefom orientou a execução deste trabalho. Falhas na aplicação de fitorreguladores geram resultados insatisfatórios, causando perdas significativas de produção. Seguindo essa problemática, o presente estudo objetivou caracterizar parâmetros do desenvolvimento de sicônios de *Ficus carica* L. para região Extremo Oeste Catarinense e estabelecer critérios sobre o momento adequado para ampliar a frequência de respostas satisfatórias quando da aplicação exógena de etefom para indução artificial da maturação dos figos destinados ao consumo *in natura*. Em síntese busca-se: a) construir uma curva que caracterize os estágios de desenvolvimento natural de sicônios de *Ficus carica* L. na região Oeste Catarinense; b) avaliar a ação do etefom na maturação de figos em diferentes períodos determinados pelos dias após a frutificação efetiva (DAFE¹); c) analisar os atributos de qualidade dos figos que sofreram processo de maturação natural e artificial obtidos com a técnica de aplicação de etefom nas diferentes idades de desenvolvimento dos sicônios; e d) determinar o tempo e o diâmetro em que o sicônio se tornou responsivo à aplicação de etefom.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em dois experimentos conduzidos concomitantemente em um pomar comercial de *Ficus carica* da variedade 'Roxo de Valinhos' localizada na linha Jacutinga, São Miguel do Oeste, SC, latitude 26°42'22.819" S e longitude 53°29'44.496" W e altitude de 604 m. A parte do pomar utilizada no experimento possuía 800 m² e era constituído por mudas propagadas por estaquia (pé-franco), com seis anos de idade e espaçamento de 1,5 m entre plantas e 3,0 m entre linhas. O solo do local é uma associação de Cambissolo Eutrófico Ta A chernozêmico + Solos Litólicos eutróficos A Chernozêmico (POTTER et al. 2004, SANTOS et al. 2013). A adubação do pomar foi realizada com fertilizante mineral (cloreto de potássio, ureia e superfosfato triplo) e calculada com base na expectativa de produção de 18 t ha⁻¹ de sicônios, resultando na recomendação de 90 kg ha⁻¹ de N, 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 108 kg ha⁻¹ de K₂O (SOCIEDADE

¹ Por se tratar de um pseudofruto em que a formação das flores é interna, optou-se por adotar como critério a frutificação efetiva, que consiste o momento em que a planta emite o sicônio na axila da folha.

BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO 2016).

As entrelinhas do pomar foram manejadas com amendoim forrageiro (*Arachis pinto*) e roçadas mensais. Em razão destas plantas de cobertura fixarem biologicamente entre 26 e 99 kg ha⁻¹ de N (MIRANDA et al. 2003), optou-se por aplicar somente 50% do N recomendado via ureia. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento. Contudo, com a forte escassez hídrica da Safra 2020/2021 (LIMA & MIRANDA 2020) e o baixo volume de armazenamento nos reservatórios, a disponibilidade de água ficou comprometida e as plantas sofreram deficiência hídrica.

A poda de frutificação e a seleção de plantas foi realizada em julho de 2020. As 25 plantas iniciais tinham diâmetro de tronco entre 59,8 e 90,0 mm, vigor vegetativo similar (tamanho de ramos do ano anterior) e não se situavam nas bordaduras. A desbrota foi realizada 63 dias após a poda de inverno (13/09/2020), mantendo-se 12 ramos com diâmetro e tamanho similares por planta. Quando as plantas apresentaram 50% dos ramos com emissão dos sicônios nas axilas das duas primeiras folhas (20/09/2020), foram selecionadas as dezesseis plantas mais uniformes. O delineamento foi em blocos ao acaso, sendo a planta o bloco. Em cada experimento utilizou-se oito plantas (repetições) com nove tratamentos (ramos). Cada uma das 72 unidades experimentais (por experimento) era composta pela média dos dois pseudofrutos basais de um ramo, totalizando nove ramos e dezoito frutos em cada bloco. A distribuição dos tratamentos nos ramos por sorteio, deixando sem tratamento os demais ramos.

O Experimento I destinou-se a construir a curva de desenvolvimento natural dos sicônios. Para isso utilizou-se oito plantas (blocos) e nove tratamentos. Os sicônios foram coletados em intervalo de 10 DAFE até o amadurecimento natural. O Experimento II destinou-se a avaliar a indução artificial da maturação de figos com aplicação de etefom na concentração de 500 µL L⁻¹, preparado a partir do produto comercial Ethrel® (240 g L⁻¹ de ácido 2-cloroetilfosfônico = etefom) e água destilada. Embora EIDAM et al. (2014) recomende o uso de etefom a 200 µL L⁻¹, RODRIGUES et al. (1997) demonstrou que o aumento nas concentrações de etefom de 100 até 500 µL L⁻¹ resultaram em maior ganho de peso, percentual de maturação e de qualidade dos figos, enquanto não existiu diferenças entre 500 e 750 µL L⁻¹. Os tratamentos consistiram em 8 períodos de aplicação do etefom determinados pelo tempo em DAFE. Os sicônios em cada período (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 DAFE) receberam uma única aplicação de dois mililitros de calda na concentração de 500 µL L⁻¹ de etefom direcionada ao ostíolo com auxílio de um borrifador manual tipo spray, no início da manhã. Nos figos controle, de desenvolvimento natural, não foi aplicado nenhuma substância. No momento da aplicação utilizou-se de um paquímetro para mensurar o diâmetro e o comprimento dos dois primeiros sicônios com a finalidade de correlacionar essas variáveis com o tipo de resposta. Os figos foram colhidos quando apresentavam mudanças na coloração da epiderme (arroxamento), em “estado de vez”. A colheita foi finalizada quando o último figo do tratamento controle alcançou a maturação natural.

Os pseudofrutos dos dois experimentos foram conduzidos ao laboratório e analisados quanto a²:

- a) Massa fresca (g) foi aferida com auxílio de uma balança semianalítica de precisão de (0,00), e expressa em gramas.
- b) comprimento do pericarpo dos figos (mm): foi determinado medindo a distância entre o fim do pedúnculo e o ostíolo com paquímetro digital;
- c) diâmetro dos figos (mm): medido no ponto pericarpo de maior diâmetro com auxílio de paquímetro digital;
- d) Coloração da epiderme foi mensurada em dois lados opostos na região equatorial dos figos com auxílio de um colorímetro Delta Color Vista. A coloração da epiderme foi determinada com base no lightness (L), sendo que valores mais próximos a 0 e 90 indicam, respectivamente, baixo e elevado luminosidade (brilho) da epiderme; alteração de cor entre verde e vermelho (a); alteração de cor entre azul e amarelo (b); saturação de cor/cromaticidade (C); e tonalidade de cor ângulo hue (h°).
- e) Os atributos de textura foram avaliados em dois lados opostos da região equatorial dos sicônios usando um analisador de textura eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltda, Reino Unido). Para quantificar as forças necessárias para a ruptura da epiderme e de penetração da polpa (sem remoção da epiderme) foi utilizada uma ponteira de diâmetro de 2 mm. A sonda PS2 foi introduzida na polpa dos pseudofrutos a uma profundidade de 5 mm, com velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 6, 3 e 10 mm s⁻¹, respectivamente. Os dados (g/mm²) foram transformados para unidade de medida em newtons (N), multiplicando o valor disponibilizado pela constante 0,00980665.
- f) A determinação dos teores de sólidos solúveis (SS) foi realizada com um refratômetro digital de

² Na fase inicial, os sicônios exibiram tamanho reduzido impossibilitando realizar análises de textura, cor, SS e AT aos 10 DAFE, bem como de SS e AT aos 20 DAFE.

precisão (Atago, Modelo Pal-1). Para isso, a polpa dos dois sicônios de cada unidade amostral fragmentada em moinho analítico. Parte da polpa moída foi comprimida com auxílio de uma gaze, sendo o líquido depositado e quantificado com um refratômetro digital com ajuste automático de temperatura para 20 °C (AOAC 2000). Os resultados foram expressos em °Brix.

- g) Para determinação da acidez titulável (AT): utilizou-se 0,5 g de polpa dos dois figos da unidade experimental, diluída em 25 mL de água destilada. Em seguida, nessa solução foi acrescentada 3 gotas de fenoltaleína e titulada com hidróxido de sódio 0,094 M até o ponto de viragem (coloração rosa). A AT foi expressa em percentagem de ácido cítrico.

No Experimento II estabeleceu-se a classificação visual e interpretativa da resposta ao etefom: I) não responsivos à aplicação exógena do etefom: sem alterações visível dos sicônios nos quinze dias após aplicação, completando a maturação natural até os 111 DAFE (quando maturou o último figo do controle); II) retardo no desenvolvimento: sem alteração visível dos sicônios nos quinze dias após aplicação, sendo que o figo não completou seu desenvolvimento (maturação) até a colheita dos últimos sicônios controle (até os 111 DAFE). Não se tem precisão se trata-se só de retardo ou inibição do desenvolvimento, pois não houve acompanhamento desses figos após a colheita dos controle; III) indução depreciativa: mudança de cor e murchamento dos sicônios nos quinze dias que se seguiram à aplicação de etefom, com qualidade imprópria para o consumo *in natura* (sem suculência, sólidos solúveis <10,9 °Brix, massa < 37 g sicônio⁻¹ e, por vezes, queda do sicônio da planta); IV) resposta desejada: amadurecimento dos figos nos dias que se seguem à aplicação do etefom com qualidade similar aos controle (>10,9 °Brix e massa > 37 g sicônio⁻¹).

Para demonstrar o tempo necessário para a maturação natural dos figos, nos dois experimentos, construiu-se um gráfico de distribuição de frequência quanto ao tempo até a colheita em DAFE, agrupada a cada cinco dias (77-81 DAFE; até 97-111 DAFE). Com base na média e no desvio padrão, foi construída a curva normal de maturação natural para ambos os experimentos. No experimento I, os dados foram submetidos a teste de regressão linear e não linear e analisado a significância das curvas de regressão ($p < 0,05$). Optou-se por apresentar as curvas polinomiais entre as ordens 1 a 4, priorizando a menor ordem significativa com melhor capacidade de explicar o comportamento biológico. No experimento II, após a classificação visual interpretativa, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias Scott-Knott 5% ($p < 0,05$) visando identificar o estágio de desenvolvimento que os figos foram responsivos ao amadurecimento após aplicação de etefom. Os figos que obtiveram respostas desejadas foram comparados a um grupo controle para verificar se a indução artificial da maturação afeta a qualidade desses sicônios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I – curva de crescimento e desenvolvimento natural dos sicônios

Os sicônios apresentaram o comportamento de crescimento de uma curva dupla-sigmoide caracterizado por três estágios de desenvolvimento. No estágio I, ocorreu rápido crescimento entre 10 e 30 DAFE, quando os sicônios tiveram aumento da massa fresca de 0,19 g sicônio⁻¹ para 9,13 g sicônio⁻¹, comprimento médio de 5,6 mm para 28,1 mm, e do diâmetro médio de 6,6 mm para 29,6 mm (Figura 1a, 1b, 1g). No estágio II, houve uma lenta alteração desses parâmetros entre 30 e 80 DAFE, atingindo massa de 18,3 g sicônio⁻¹, diâmetro de 34,2 mm e comprimento de 37,6 mm. Já no estágio III (80 DAFE até a maturação) houve rápido incremento na massa fresca e no tamanho. A massa média final atingiu 44,56 g sicônios⁻¹, o comprimento de 45,5 mm e o diâmetro de 48,4 mm. O rápido crescimento durante os estágios I e III correspondem, respectivamente, ao aumento no número e alongamento de células, já detalhado na literatura (ZERONI et al. 1972). No estágio II houve uma estabilização no crescimento. Os resultados obtidos foram similares aos encontrados por MAREI & CRANE (1971), OWINO et al. (2006) e QIAO et al. (2021), que observaram comportamento de uma curva dupla-sigmoide. Contudo, a massa final foi inferior às 57,76 g sicônio⁻¹ observada por NAVA et al. (2015) em plantas de figo 'Roxo de Valinhos' com doze ramos.

Os teores de SS foram aferidos a partir dos 30 DAFE e aumentaram até os 40 DAFE (de 5,4 °Brix até 8,4 °Brix), seguido de leve declínio até os 80 DAFE. Ao iniciar a fase III, verificou-se um aumento no teor de SS até a maturação, atingindo média de 12,8 °Brix (Figura 1C). O teor de SS expressa a quantidade de açúcares e ácidos orgânicos presentes nas frutas. Com os resultados obtidos foi possível verificar que durante os estágios I e III houve maior alocação e acúmulo de carboidratos solúveis, verificados com aumento nos teores de SS e massa. No entanto, no estágio II houve uma redução nos SS, o que pode ter sido decorrente das grandes alterações metabólicas e transformações bioquímicas, especialmente, o aumento na produção de etileno e na respiração (pico climatérico) e início da biossíntese de pigmentos

(antocianinas) na epiderme do pseudofruto (Figura 1C). As antocianinas fazem parte do grupo dos flavonóides e, para ser sintetizadas, necessita-se de uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (FRANCIS 1989).

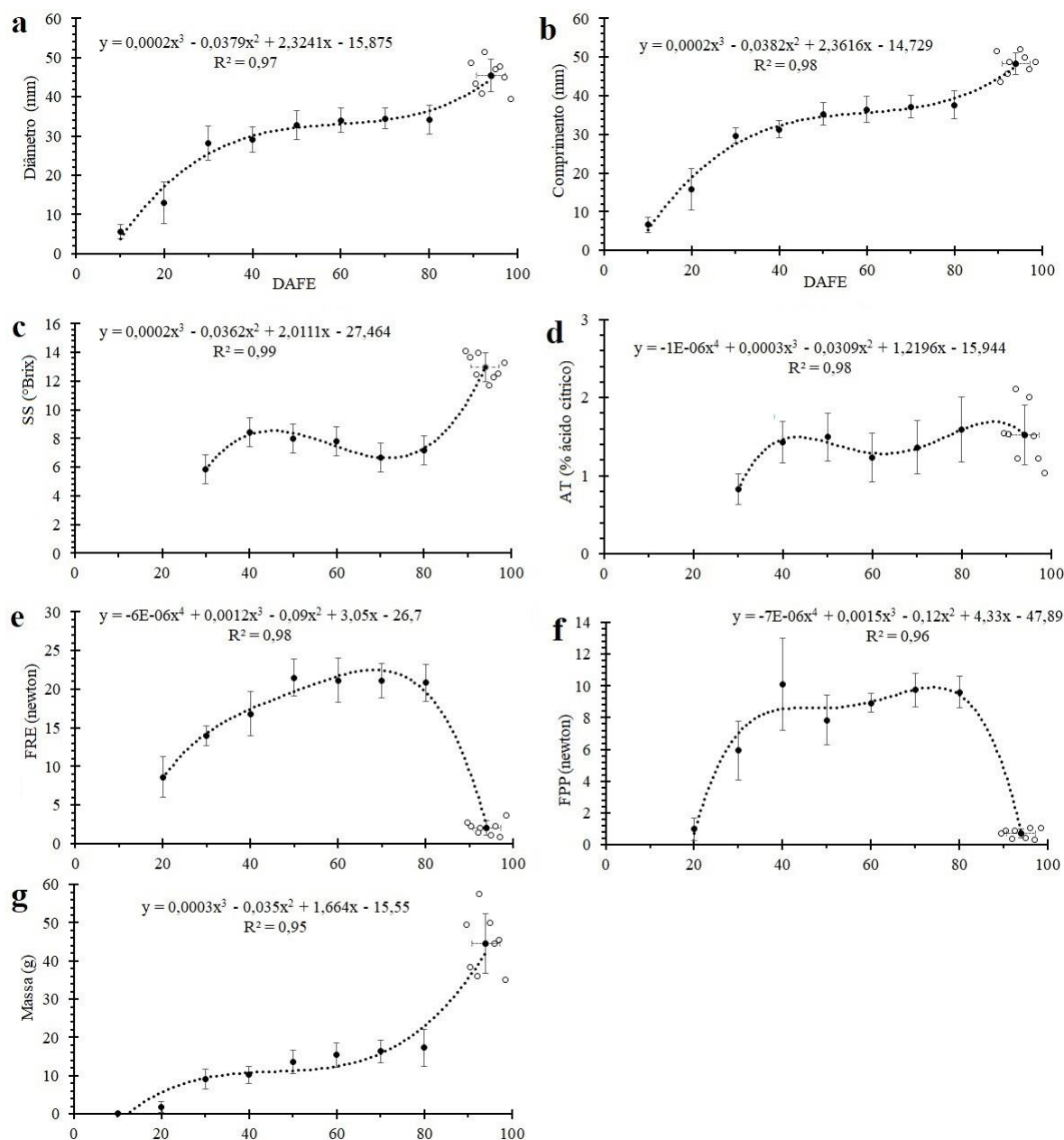


Figura 1. Análise dos atributos físico-químicos de sicônios de *Ficus carica* L. 'Roxo de Valinhos' colhidos em diferentes dias após a frutificação efetiva (DAFE) em um pomar comercial de São Miguel do Oeste, SC. a) diâmetro (mm); b) comprimento (mm); c) sólidos solúveis -SS (°Brix); d) acidez titulável -AT (% de ácido cítrico); e) força de ruptura de epiderme-FRE (Newton); f) força de penetração da polpa-FPP (Newton); e g) massa (g). Notas: barra com um desvio padrão para mais e um para menos, calculada com base nas oito repetições de cada data. Na maturação natural, optou-se por exibir os oito pontos referente os figos de cada repetição no gráfico.

Figure 1. Analysis of physicochemical attributes of 'Roxo de Valinhos' (*Ficus carica* L.) pseudofruits harvested on different days after effective fruit set (DAEFS) in a commercial orchard in São Miguel do Oeste, SC: a) diameter (mm); b) length (mm); c) soluble solids -SS (°Brix); d) total acidity-TA (% citric acid); e) epidermal rupture force-FRE (Newton); f) pulp penetration force-FPP (Newton); and g) mass (g). Notes: Error bars represent one standard deviation above and below the mean, calculated based on the eight repetitions of each date. For natural maturation, it was decided to plot the eight date points corresponding to the figs of each repetition on the graph.

A acidez titulável elevou-se de 0,83% para 1,50% no período de 30 a 50 DAFE (Figura 1d), seguindo de um declínio nos próximos dez dias. Posteriormente, esse parâmetro novamente elevou-se, atingindo 1,59% aos 80 DAFE, seguido de nova redução na maturação (1,52%). A respiração é constituída por três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia de transporte de elétrons (TAIZ et al. 2017). Quando há um aumento na taxa respiratória, pode ocorrer um consumo dos ácidos orgânicos como ácido málico no Ciclo de Krebs, o que pode reduzir os teores de acidez titulável nos frutos (TAIZ et al. 2017), conforme verificado no período de 50 a 60 DAFE e no período de maturação.

A textura é um atributo que indica as mudanças físicas na parede celular dos sicônios ao longo do desenvolvimento. Os sicônios exibiram aumento na Força de ruptura de epiderme (FRE) e na Força de penetração de polpa (FPP) entre os 20 e 40 DAFE, com algumas oscilações até os 80 DAFE, seguido de um declínio com a maturação (Figura 1e, 1f). O comportamento dessas variáveis difere do observado nas variáveis massa, diâmetro e comprimento, uma vez que a firmeza do figo reduz com a maturação, não seguindo a tendência de uma dupla-sigmoide.

As enzimas responsáveis pela redução na firmeza em frutos são a poligalacturanase (PG) e pectinametilesterase (PME) (PAIVA et al. 2009). Durante os estágios iniciais do desenvolvimento de frutos, essas enzimas ficam inativas. Entretanto, ao atingir a maturação fisiológica, essas enzimas são ativadas e começam a clivar os ácidos poligalaturônicos que compõem os pectatos presentes na lamela média da parede celular, responsáveis pela resistência. Essa degradação da lamela média pela PME e PG durante o amadurecimento dos frutos ocasiona redução na sua textura. Os resultados obtidos a partir dos 80 DAFE, quando os sicônios foram colhidos em “estado de vez”, permitem inferir que houve uma redução na textura, provavelmente, em razão da ação das enzimas PME e PG sobre a parede celular.

As análises de coloração da epiderme dos lados mais e menos exposto a radiação solar permitem apontar pequenas variações entre 20 e 80 DAFE, seguindo-se forte alteração após os 80 DAFE, associadas ao amadurecimento natural (Figura 2).

Durante o período dos 20 aos 70 DAFE de desenvolvimento, a variação de cor entre verde e vermelho (*a*) ficou entre -17,9 e -9,4 (média de -15,1), a variação de *b* entre azul e amarelo, de 30,3 e 61,8 (média de 49,5), e o ângulo hue (*h*^o) foi superior a 100, indicando que a epiderme apresentava coloração verde e amarela. Os sicônios durante este período tiveram redução nos valores de *b* e *C*, o que indica que os pseudofrutos passaram a acumular pigmentos de coloração roxo escuro, como antocianinas, desde os 30 DAFE. Já os valores de *L* na epiderme do pseudofruto tiveram pouca alteração de 20 a 60 DAFE, indicando que não houve mudanças significativas no brilho dos sicônios neste período. Já a partir dos 70 DAFE, os sicônios tiveram aumento nos valores de *a* e redução dos valores de *b*, *C*, *L* e *h*^o, indicando que os frutos apresentavam coloração da epiderme roxo-vermelhado escuro e opaco (pouco brilho).

A partir dos 70 DAFE, o lado dos sicônios exposto a maior radiação solar exibiram maiores valores de *a* e menores valores de *b*, *C*, *L* e *h*^o em comparação ao lado menos exposto a radiação solar. Esses resultados permitem inferir que a epiderme mais exposta a radiação solar exibiu maior coloração roxo-vermelhado escuro e menor brilho que o lado sombreado. A incidência solar direta pode ocasionar um aumento na síntese de antocianinas. A enzima chalcona sintase atua na rota de biossíntese desse pigmento, sendo responsável pela conversão de 4-coumaroil-CoA em chalcona, tendo como produto a síntese de antocianinas (JEONG et al. 2004). Assim, o lado dos pseudofrutos expostos a maior radiação solar pode ter aumento na atividade ou expressão do gene que codifica esta enzima e maior produção de antocianinas.

A maturação natural dos dois primeiros sicônios de cada ramo da figueira ficou distribuída ao longo de uma faixa de tempo de 81 a 111 DAFE, nos dois experimentos. No Experimento I registrou-se média de maturação aos 93,9 DAFE (desvio padrão de 4,8 dias), muito próximo aos 93,6 DAFE (desvio padrão de 6,4 dias) registrado no Experimento II (Figura 3). O maior desvio padrão do Experimento II parece estar associado às diferenças entre plantas, dada a baixa translocação do etileno, o que faz a média ficar muito próxima entre os experimentos. Embora registrem-se diferenças de desvio padrão (4,8 dias e 6,4 dias, respectivamente), para construção da curva normal, optou-se por agrupar em faixas de frequência com intervalos de cinco dias.

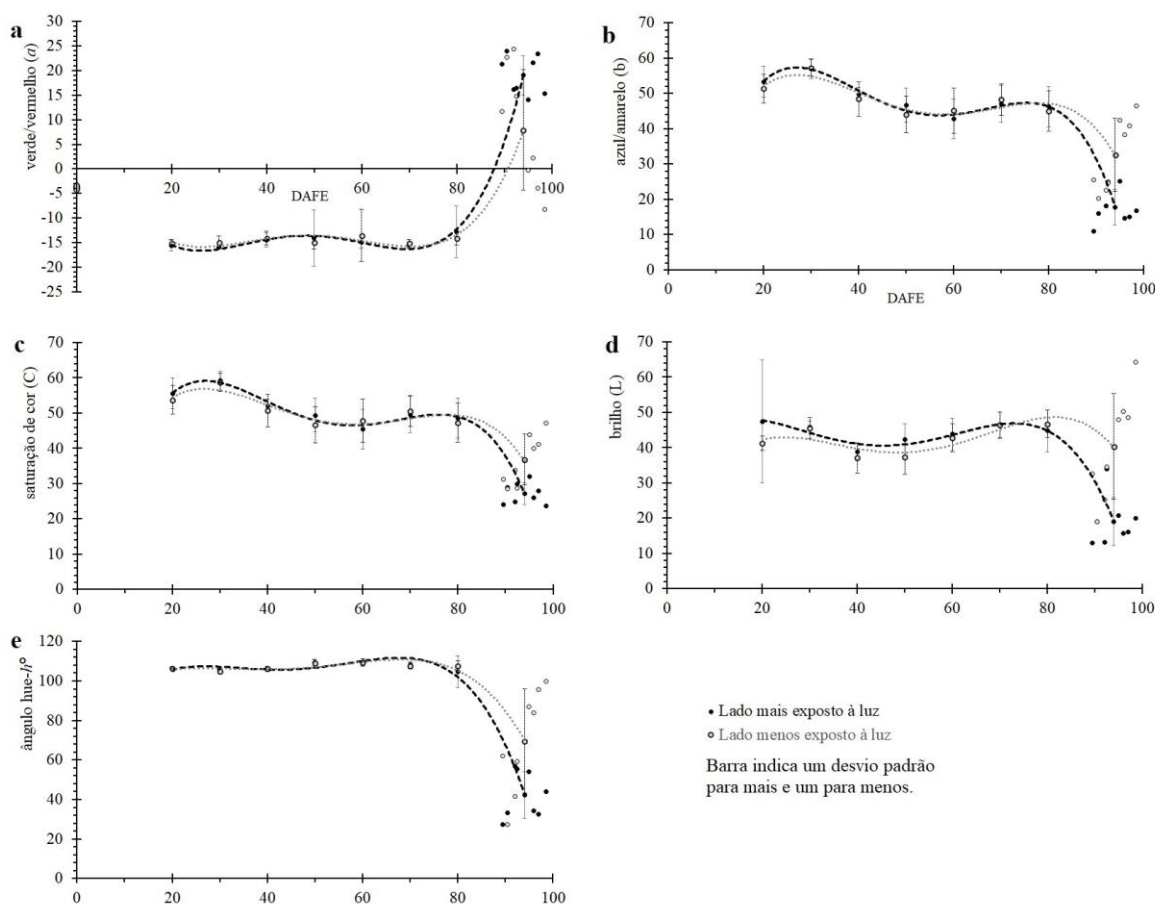


Figura 2. Alterações nas características de cor dos sicônios de *Ficus carica* L. 'Roxo de Valinhos' em função de diferentes dias após a frutificação efetiva (DAFE) em um pomar comercial de São Miguel do Oeste, SC: a) Valor de a (tonalidade verde/vermelho); b) Valor de b (tonalidade azul/vermelho); c) Valor de C (saturação de cor); d) Valor de L (brilho); e) Valor do ângulo hue – h° (tonalidade de cor predominante). Notas: Na maturação natural, optou-se por exibir os oito pontos referente os figos de cada repetição no gráfico.

Figure 2. Changes in color traits of 'Roxo de Valinhos' (*Ficus carica* L.) pseudofruits as a function of different days after effective fruit set (DAEFS) in a commercial orchard in São Miguel do Oeste, SC: a) Value of a (green/red tint); b) Value of b (blue/red hue); c) C value (color saturation); d) L value (brightness); e) Hue angle value – h° (predominant color hue). Notes: Error bars represent one standard deviation above and below the mean, calculated based on the eight repetitions of each date. For natural maturation, it was decided to plot the eight date points corresponding to the figs of each repetition on the graph.

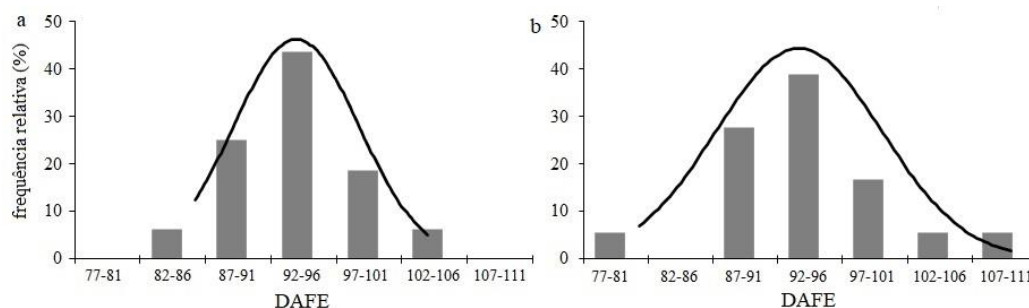


Figura 3. Distribuição de frequência relativa (%) e curva normal em relação ao tempo em dias após a frutificação efetiva (DAFE) para alcançar a maturação natural de figos 'Roxo de Valinhos' nos experimentos I (a) e II (b), São Miguel do Oeste, Safra 2020/2021. Nota: no experimento II, refere-se aos figos controle, sem aplicação de etefom 500 $\mu\text{L L}^{-1}$.

Figure 3. Frequency distribution and normal curve of 'Roxo de Valinhos' figs in relation to the time in days after effective fruit set (DAEFS) required to achieve natural maturation in Experiments I (a) and II (b), in São Miguel do Oeste, Harvest 2020/2021. Note: in Experiment II, it refers to control figs without application of ethephon at a concentration of 500 $\mu\text{L L}^{-1}$.

As diferenças na maturação dos sicônios podem ser atribuídas à fisiologia da figueira, sendo observadas diferenças visuais a campo. Em complemento, mesmo com a padronização das plantas, brotação e início da frutificação, há que se considerar um erro associado a pequenas diferenças na data de emissão dos sicônios (diferenças entre ramos e plantas).

Experimento II - Indução artificial de maturação com etefom

A aplicação exógena de etefom nos sicônios promoveu respostas diferentes quanto ao estágio de desenvolvimento e maturação dos figos, o que permitiu agrupá-los em quatro grupos:

a. Não responsivos a aplicação exógena do etefom: nessa categoria foram incluídos os sicônios que receberam aplicação de etefom, mas que não afetou o período de desenvolvimento e de maturação quando comparados aos sicônios controle. Durante as fases iniciais do desenvolvimento das frutas ocorre o aumento em número e no tamanho de células, que resulta no crescimento. Os principais fitorreguladores envolvidos nessa regulação são as auxinas e citocininas (KUMAR et al. 2014). Em figos, até 60 DAFE, a produção do etileno é baixa e os sicônios podem não ser responsivos a esse fitorregulador (QIAO et al. 2021). Em alguns dos sicônios deste estudo, as aplicações exógenas de etefom durante o período de 20 a 60 DAFE não foram capazes de promover modificações no desenvolvimento e maturação, e não desencadearam a produção autocatalítica de etileno (Figura 4). Em síntese, continuaram seu desenvolvimento similar aos figos controle.

b. Retardo no desenvolvimento: nessa categoria inclui-se os sicônios que não apresentaram maturação e mudanças nos atributos físico-químicos logo após terem recebidos a aplicação de etefom. Embora aparentemente sem resposta visual à aplicação exógena, esse grupo difere do anterior pela não maturação até os 111 DAFE (Figura 5). Esse tipo de resposta ocorreu em sicônios que receberam a aplicação de etefom entre o período de 20 a 70 DAFE. Os figos nas fases iniciais do desenvolvimento não apresentam produção autocatalítica de etileno, porque o gene *FcAAO₃* está ativo e inibe a produção deste hormônio. Aos 60 DAFE ocorre a fase de desverdecimento do figo, em que o gene *FcACO₂* é ativado e induz a produção de etileno (QIAO et al. 2021). Como a expressão fenotípica depende de variáveis internas e ambientais que afetam o desenvolvimento, neste estudo, pode-se inferir que as aplicações de etefom em estágios iniciais (até 70 DAFE) podem ter causado uma inibição da ação do gene *FcACO₂*, o que retardou a produção de etileno. A inibição da produção autocatalítica do etileno pode ter contribuído para a ausência de coloração roxa da epiderme e de modificações nos atributos físico-químicos nos sicônios até os 111 DAFE.

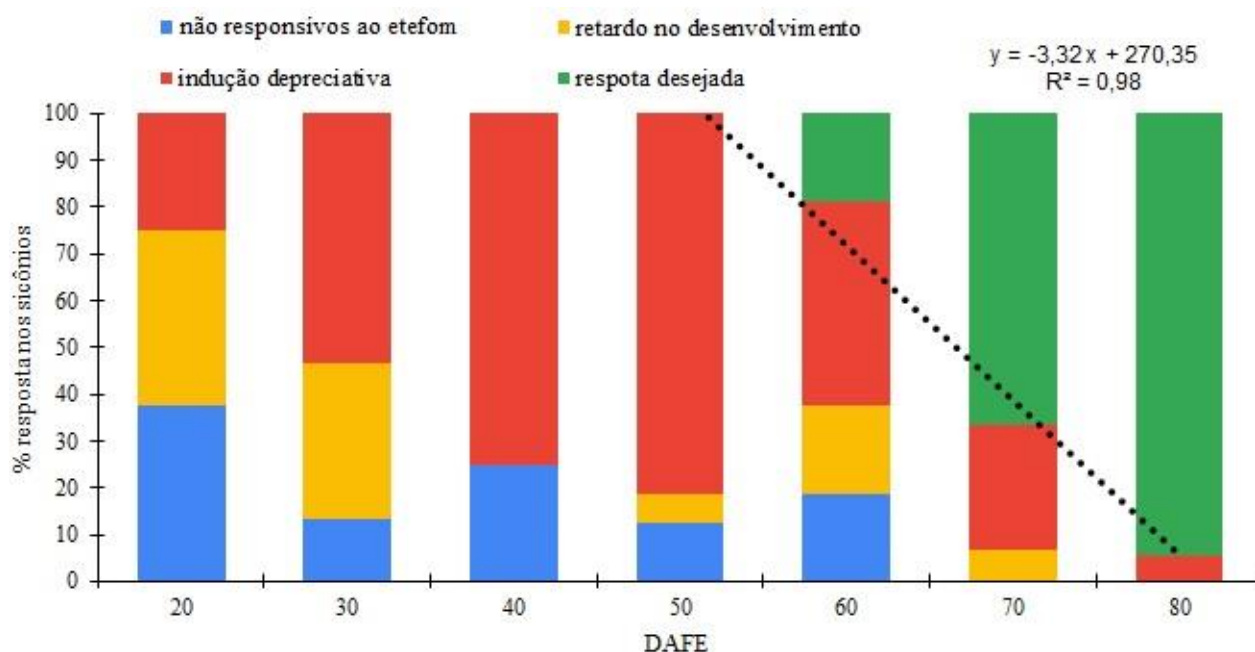


Figura 4. Frequência relativa (%) de respostas dos figos 'Roxo de Valinhos' à aplicação de etefom $500 \mu\text{L L}^{-1}$ em diferentes tempos em dias após frutificação efetiva (DAFE) em um pomar comercial em São Miguel do Oeste, SC, Safra 2020/2021.

Figure 4. Relative frequency (%) of responses of 'Roxo de Valinhos' figs to the application of ethephon at a concentration of $500 \mu\text{L L}^{-1}$ at different time interval in days after effective fruit set (DAEFS) in a commercial orchard in São Miguel do Oeste, SC, during the 2020/2021 harvest.



Figura 5. Figs 'Roxo de Valinhos' que retardaram seu desenvolvimento quando tratados com etefom $500 \mu\text{L L}^{-1}$, não maturando até o fim da colheita dos figos controle.

Figure 5. 'Roxo de Valinhos' figs that experienced delayed development when treated with ethephon at a concentration of $500 \mu\text{L L}^{-1}$, not maturing until the end of the control figs' harvest period.

c. Indução depreciativa: correspondem aos sicônios que receberam aplicação de etefom entre o período de 20 a 80 DAFE, o que induziu alterações na pigmentação da casca (arroxeadada) em até 4 dias, mas tiveram baixa massa fresca, elevada firmeza de polpa, reduzida suculência e no teor de sólidos solúveis (Figura 6). Nessa direção, CUI et al. (2021) demonstram que a aplicação de etefom na fase II do desenvolvimento dos figos desencadeia a expressão de genes que induzem a produção de antocianinas no receptáculo (casca), enquanto atrasa a coloração das flores femininas ao inibir a expressão de genes que a induzem, no que os autores denominam um efeito bidirecional desse hormônio.



Figura 6. Figs 'Roxo de Valinhos' que apresentaram resposta depreciativa à aplicação de etefom $500 \mu\text{L L}^{-1}$, com diferenças de frequência, no período de 20 a 80 DAFE, no experimento II.

Figure 6. 'Roxo de Valinhos' figs that exhibited a negative response to the application of ethephon at a concentration of $500 \mu\text{L L}^{-1}$, with differences in frequency, in the period from 20 to 80 DAFE, in Experiment II.

Segundo QIAO et al. (2021), o gene *FaAAO3* desempenha fator de regulação negativa sobre a produção de etileno e sobre a maturação após o desverdecimento, o que ocorre aproximadamente 60 DAFE. Após esse período, o gene *FcACO2* desencadeia o início do amadurecimento e o acúmulo de ácido abscísico (ABA), que é percebido pelo receptor *FcPYL8*, o qual desencadeia a produção autocatalítica de etileno e outras alterações fisiológicas ligadas ao amadurecimento dos figos. Assim, a indução depreciativa por etefom nos figos pode ter ocorrido em razão da baixa atividade do gene *FcACO2*, ou sua ativação em baixa presença de ácido abscísico, o que desencadeia um processo incompleto de amadurecimento dos figos.

d. Resposta desejada: sicônios que iniciaram o processo de maturação após aplicação de etefom e alcançaram “estado de vez” em até 4 dias após a aplicação, com qualidade semelhante às testemunhas (Figura 7). Para diferenciar essa categoria da indução depreciativa, adotou-se como recorte de qualidade desejada superior a 10,9 °Brix e o peso superior a 37 g sicônios⁻¹, referencial obtido com base nos pseudofrutos testemunhas que resultaram nos menores valores para essas variáveis. As respostas desejadas iniciaram aos 60 DAFE, com aumento significativo aos 80 DAFE. Esses dados sugerem variações na resposta fisiológica dos figos, mesmo com idades similares.



Figura 7. Figos 'Roxo de Valinhos' com resposta desejada à aplicação do etefom 500 $\mu\text{L L}^{-1}$, no experimento II, com resultado similar aos observados na maturação natural.

Figure 7. 'Roxo de Valinhos' figs that displayed the desired response to the application of ethephon at a concentration of 500 $\mu\text{L L}^{-1}$ in Experiment II, yielding results similar to those observed in natural maturation.

Entre as datas testadas, os sicônios tratados com etefom resultaram em maior frequência de respostas desejadas e baixo riscos de perdas aos 80 DAFE. Nesse período, 94,4% dos pseudofrutos foram colhidos no 3º e 4º dias após aplicação (83 e 84 DAFE), apresentando apenas 5,6% de resposta depreciativa. A linha de tendência sobre as respostas desejadas (Figura 4), considerando 0% aos 50 DAFE, resulta na equação $y = -3,32x + 270,35$, R^2 0,98, que permite estimar 100% de respostas satisfatórias aos 81,6 DAFE. Contudo, a aferição do tempo entre frutificação efetiva e a data indicada para a aplicação de etefom é de difícil controle pelo agricultor, dada a emissão contínua de inflorescências. Em complemento, o desenvolvimento da cultura é afetado pela soma térmica, com temperatura basal mínima de 8 °C e máxima de 36 °C (SOUZA et al. 2009). Além das condições de temperatura, o desenvolvimento pode sofrer alterações em função da disponibilidade hídrica, adubação, não se devendo adotar a data de aplicação sem testes complementares.

Na busca por um critério físico para tomada de decisão, no Experimento II foram realizadas medidas de diâmetro e comprimento dos sicônios no momento da aplicação de etefom. A partir dessas informações, nas datas de 60 e 70 DAFE, os figos foram separados em grupos de resposta desejada e indesejadas (sem resposta, retardo ou indução depreciativa). Aos 80 DAFE não havia número de figos com resposta indesejada suficiente para rodar análise comparativa. Na Anova, o comprimento aferido nos figos no momento da aplicação do etefom não diferiu significativamente entre os sicônios com diferentes respostas. Já o diâmetro pré-aplicação de etefom nos 60 e 70 DAFE diferiu entre esses tipos de respostas (Figura 8).

Os sicônios que apresentam resposta desejada em cada data tinham diâmetro médio de: 40,1 mm aos 60 DAFE; 39,7 mm aos 70 DAFE; e 37,3 mm aos 80 DAFE. Esse dado indica que, com o passar do tempo, mesmo sicônios menores podem apresentar resposta desejada à aplicação de etefom. Como o

agricultor não tem controle preciso do momento de emissão do pseudofruto, a adoção do diâmetro como critério de decisão para a aplicação representa uma possibilidade, devendo ser ajustado no início da safra com as condições de desenvolvimento da cultura.

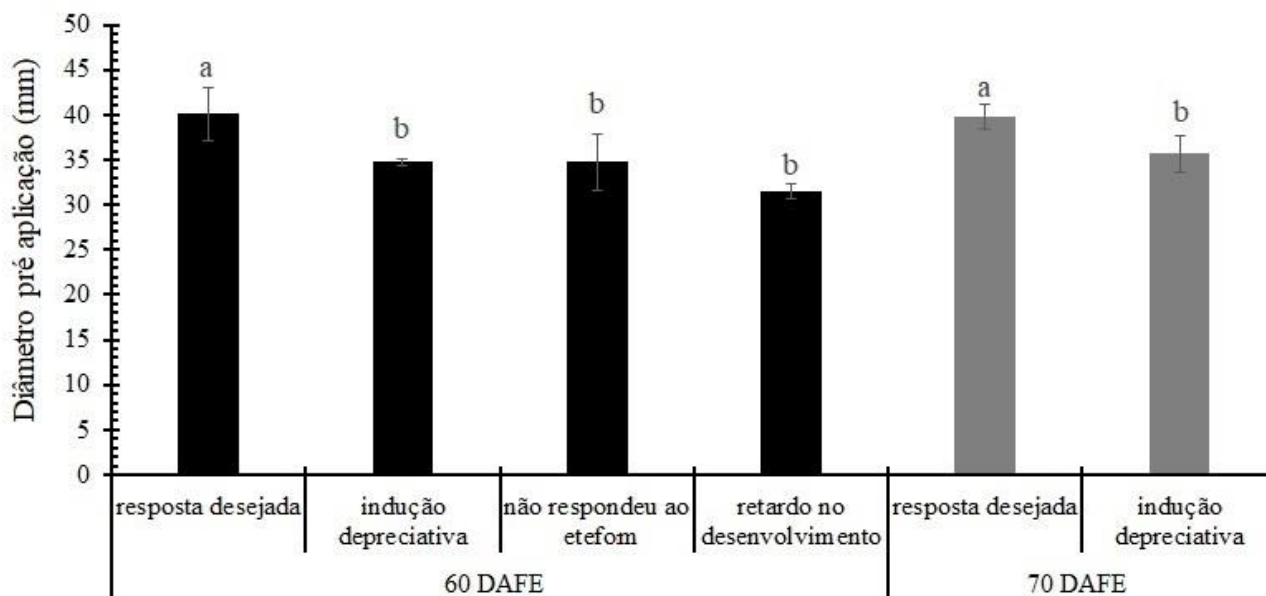


Figura 8. Diâmetro médio pré-aplicação para os sicônios agrupados segundo diferentes tipos de resposta ao etefom $500 \mu\text{L L}^{-1}$ nas datas de 60 e 70 dias após frutificação efetiva (DAFE). Nota: letras iguais entre tipos de resposta, na mesma época em DAFE, indicam que não há diferença estatística de diâmetro a 5% de probabilidade de erro (Scott-knott). Barra de desvio padrão, com um desvio para mais e um para menos.

Figure 8. Average pre-application diameter of pseudofruits grouped according to different response types to the application of ethephon at a concentration of $500 \mu\text{L L}^{-1}$ at 60 and 70 days after effective fruit set (DAEFS). Note: When response types share the same letters the same time, it indicates that there is no statistical significant difference in diameter at a 5% probability of error (Scott-knott). Error bars represent one standard deviation above and below the mean.

Para verificar se os figos classificados como de resposta desejada se assemelham aos de maturação natural (controle), foram realizadas análises de qualidade dos sicônios (Figura 9). Para as variáveis de massa, comprimento e sólidos solúveis não se registrou diferenças significativas. A acidez titulável foi significativamente maior nos pseudofrutos testemunhas que nos sicônios que receberam aplicação de etefom (Figura 9c), o que pode conferir alguma alteração sensorial. Essa redução na acidez titulável como resultado da aplicação de etefom já havia sido demonstrada por EIDAM et al. 2014, com elevação de 30% no pH em relação aos figos testemunha. Embora ABDULLAH et al. (2022) também observem essa redução na acidez, quando da aplicação de etefom a $500 \mu\text{L L}^{-1}$, esses observaram crescimento na acidez e nos teores de sólidos solúveis quando da aplicação de etefom em maiores concentrações (1000 e $1500 \mu\text{L L}^{-1}$). No caso deste estudo, a queda provavelmente decorra do consumo de ácidos orgânicos dos sicônios pelo processo de maturação mais acelerada induzido pelo etefom.

Para a Força de ruptura da epiderme (FRE) e Força de penetração da polpa (FPP), os sicônios com respostas desejadas tratados aos 70 DAFE apresentam maior firmeza em relação a testemunha e aos demais tratamentos. Contudo, como essa maior firmeza não se confirmou nas demais datas de aplicação, tal resultado não pode ser atribuído ao resultado do tratamento com etefom. O diâmetro final foi maior nos figos que receberam aplicação aos 60 DAFE, enquanto aos 70 e 80 DAFE foram similares à testemunha. Ao observar o diâmetro pré-aplicação, verifica-se que esses também eram significativamente maiores aos 60 DAFE que nas demais datas, o que impacta no resultado final, não podendo atribuir tal resultado à aplicação do etefom. Tal condição indica que os figos com bom desenvolvimento podem chegar a respostas favoráveis antes da data do desenvolvimento normal, o que permitiria mobilizar o diâmetro como critério de campo.

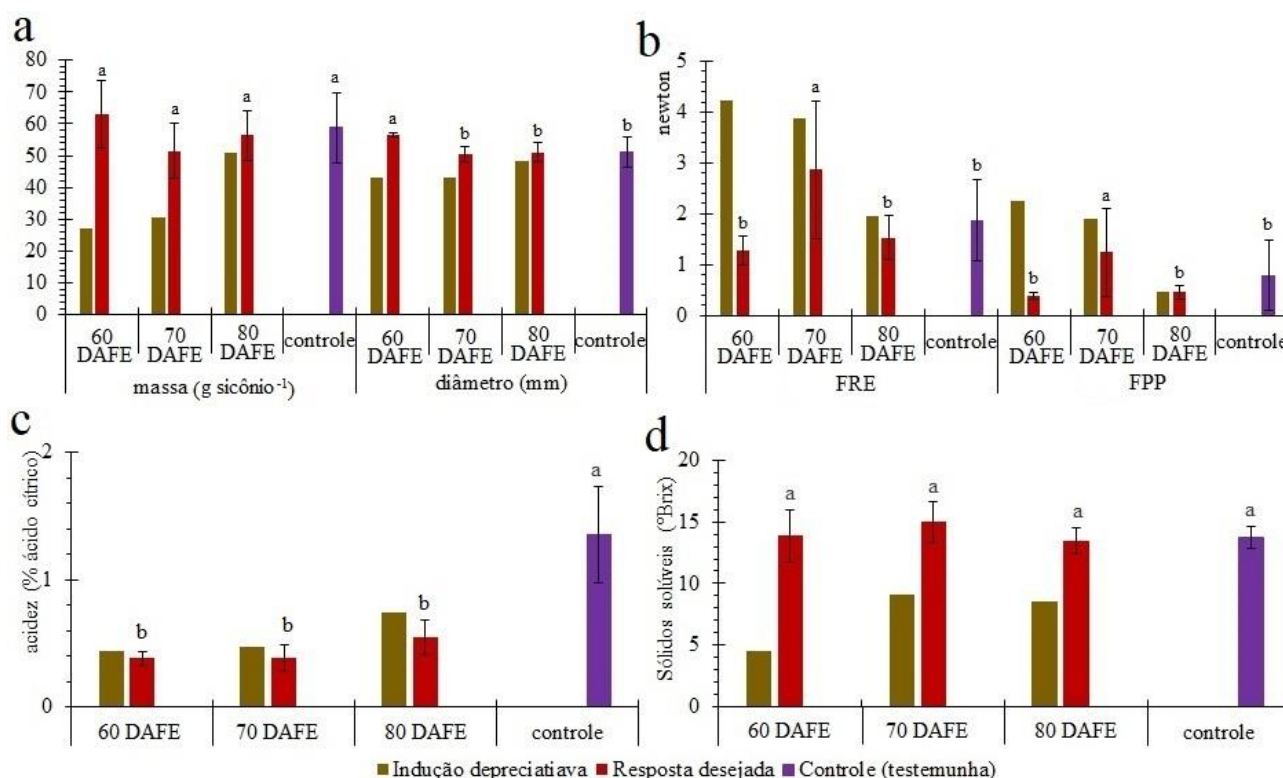


Figura 9. Qualidade dos figos colhidos em maturação natural e induzida por etefom $500 \mu\text{L L}^{-1}$ aos 60, 70 e 80 dias após frutificação efetiva (DAFE): a) massa (g) e diâmetro (mm); b) Força de ruptura de epiderme (FRE, em Newton) e Força de penetração da polpa (FPP, em Newton); c) Acidez titulável (% ácido cítrico); d) Sólidos Solúveis (°Brix). Nota: Letras iguais entre 'resposta desejada' e controle, em cada variável, não possuem diferença estatística a 5% de probabilidade de erro (Scott-knott). Barra de desvio padrão, com um desvio para mais e um para menos.

Figure 9. Quality of figs harvested under natural conditions and induced by the application of ethephon at a concentration of $500 \mu\text{L L}^{-1}$ at 60, 70 and 80 days after effective fruit set (DAEFS): a) Mass (g) and diameter (mm); b) Epidermal rupture strength (FRE, in Newton) and pulp penetration force (FPP, in Newton); c) Titratable acidity (% citric acid); d) Soluble Solids (°Brix). Note: Equal letters between the 'desired response' and the control group, for each variable, indicate no statistically significant difference at a 5% probability of error (Scott-Knott test). Error bars represent one standard deviation above and below the mean.

CONCLUSÃO

Os figos 'Roxo de Valinhos' na região Extremo Oeste de Santa Catarina, Safra 2020/2021, tiveram crescimento descrito por uma curva dupla-sigmoide caracterizado por três estágios de desenvolvimento, atingindo a maturação natural em média aos 94 DAFE.

As aplicações de etefom $500 \mu\text{L L}^{-1}$ não promoveram respostas desejadas para indução artificial de maturação até os 50 DAFE. Os resultados satisfatórios iniciaram-se aos 60 DAFE com diâmetro $\geq 39,8$ mm, e aos 70 DAFE com diâmetro $\geq 38,1$ mm.

Os parâmetros sólidos solúveis e massa fresca utilizados para a determinação de uma equação linear permitem estimar que 100% das respostas desejáveis dos figos seriam atingidas aos 82 DAFE.

A indução artificial com etefom induziu a maturação dos sicônios em três a quatro dias após aplicação, o que permite programar e concentrar a oferta dos pseudofrutos para comercialização.

Os figos tratados com etefom aos 60, 70 e 80 DAFE resultaram em menor acidez titulável em comparação aos pseudofrutos que não receberam aplicação desse fitorregulador (maturação natural).

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH MM et al. 2022. Effects of Ethephon treatments on Ripening and Uniformity of Fig Fruit (*Ficus carica*. L). Jopas 21: 282-284.
- ADAMS D & YANG SF. 1979. Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1- carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America 76: 170-174.

- AOAC. 2000. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. 15.ed. Washington: AOAC Internacional.
- BERNARDI M. 2021. Análise de oportunidades para produtos da horticultura na região Extremo Oeste Catarinense. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). São Miguel do Oeste: IFSC. 59p.
- BIANCHI VJ et al. 1998. Maturação de figos cv. Roxo de Valinhos fora do período normal de colheita. Revista Brasileira de Agrociência 4: 218-221.
- ÇELIKEL FG et al. 1997 Effects of ethephon on fruit development and ripening of the fig (*Ficus carica* L.) variety 'Bursa Siyahi'. Acta Hort. 441: 145-151.
- CUI Y et al. 2021. Ethephon induces coordinated ripening acceleration and divergent coloration responses in fig (*Ficus carica* L.) flowers and receptacles. Plant Molecular Biology 105: 347-364.
- EIDAM T et al. 2014. Efeitos do óleo de soja e ácido 2-cloroetil-fosfônico, na qualidade e na maturação de frutos de figo. Ambiência 10: 167-177.
- FRANCIS FJ. 1989. Food colorants: anthocyanins. Critical Review. Food Science and Nutrition 28: 273-314.
- FRANCISCO VLFS et al. 2005. A cultura do figo em São Paulo. Instituto de economia agrícola. São Paulo. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=2314>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- FREIMAN ZE et al. 2015. The ambiguous ripening nature of the fig (*Ficus carica* L.) fruit: a gene-expression study of potential ripening regulators and ethylene-related genes. Journal of Experimental Botany 66: 3309-3324.
- GONÇALVES CAA et al. 2006. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. Ciência e Tecnologia de Alimentos 26: 220-229.
- JEONG ST et al. 2004. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. Plant Science 167: 247-252.
- KERBAUY GB. 2004. Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan SA.
- KUMAR R et al. 2014. Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits. Journal of Experimental Botany 65: 4561-4575.
- LEONEL S & SAMPAIO AC. 2011. A figueira. São Paulo: UNESP.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 2016. Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11.ed. RS/SC: Núcleo Regional Sul- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- LIMA M & MIRANDA G. 2020. Setembro com volumes baixos de chuva no oeste de SC. EPAGRI Ciram. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/10/01/setembro-com-volumes-baixos-de-chuva-no-oeste-de-sc/>. Acesso em: 07 dez. 2021.
- MIRANDA CHB et al. 2003. Determinação da Fixação Biológica de Nitrogênio o Amendoim Forrageiro (*Arachis spp*) por Intermédio da Abundância Natural de ¹⁵N. Revista Brasileira de Zootecnia 32: 1859-1865.
- MAPSON L & ROBINSON JE. 1966. Relation between oxygen tension, biosynthesis of ethylene, respiration and ripening changes in banana fruit. Food Science Technology 1: 215-225.
- MAREI N & CRANE JC. 1971. Growth and respiratory response of fig (*Ficus carica* L. cv. Mission) fruits to ethylene. Plant Physiology 48: 249-254.
- NAVA GA et al. 2015. Desbaste de ramos influencia na produtividade e qualidade de figo 'Roxo de Valinhos'. Revista de Ciências Agroveterinárias 14: 29-37.
- OETIKER JH & YANG SF. 1995. The role of ethylene in fruit ripening. Acta horticulturae 397: 197-198.
- OWINO OW et al. 2006. Regulatory mechanisms of ethylene biosynthesis in response to various stimuli during maturation and ripening in fig fruit (*Ficus carica* L.). Planta Physiology and Biochemistry 44: 335-342.
- PAIVA EP et al. 2009. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. Revista Iberoamericana de Polímero 10: 196-211.
- PEREIRA FM & MAIORANO JA. 2010. Efeitos do ethephon (ácido 2-cloroetil fosfônico) sobre a maturação de frutas da figueira (*Ficus carica*) variedade Roxo de Valinhos. In: Simpósio brasileiro sobre a cultura da figueira, Resumos ..., Campinas: FEAGRI – UNICAMP. 204p.
- PETRI JL et al. 2016. Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. Florianópolis: Epagri.
- PIO R. 2018. Cultivo de frutíferas de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais. 2.ed. Lavras: UFLA.
- POTTER RO et al. 2004. Boletim de pesquisa e desenvolvimento: solos do estado de Santa Catarina. 21.ed. Rio de Janeiro: Embrapa.
- PUECH AA & CRANE JC. 1975. Translocation of ethephon in fig (*Ficus carica* L) shots. Journal of the American Society for Horticultural science 100: 443-446.
- QIAO H et al. 2021. Fig fruit ripening is regulated by the interaction between ethylene and abscisic acid. Journal of Integrative Plant Biology 63: 553-569.
- RODRIGUES AC et al. 1997. Antecipação e uniformização da maturação de figos cv. Roxo de Valinhos com uso de fitoreguladores e óleo de oliva. Revista Brasileira de Agrociência 3: 69-73.
- SANTOS HG et al. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília: Embrapa.
- SOUZA AP et al. 2009. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. Revista Brasileira de Fruticultura 31: 314-322.
- TAIZ L et al. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed.
- ZERONI M et al. 1972. Relationship between Ethylene and the Growth of *Ficus sycomorus*. Plant Physiology 50: 378-381.