

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
AGRONOMIA

ANDERSON ANDRÉ ZÜGE

**DESENVOLVIMENTO NATURAL E RESPOSTA DE DIFERENTES ÉPOCAS DE
APLICAÇÃO DE ETEFON NA MATURAÇÃO DE FIGOS ROXO DE VALINHOS.**

São Miguel do Oeste – SC 2022

Anderson André Züge

**DESENVOLVIMENTO NATURAL E RESPOSTA A DIFERENTES ÉPOCAS DE
APLICAÇÃO DE ETEFON NA MATURAÇÃO DE FIGOS ROXO DE VALINHOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Agronomia do Câmpus São Miguel do Oeste do
Instituto Federal de Santa Catarina como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro(a) agrônomo(a)

Orientador

Adinor José Capellesso

Coorientadora

Aquidauana Miqueloto Zanardi

São Miguel do Oeste

Anderson André Züge

**DESENVOLVIMENTO NATURAL E RESPOSTA A DIFERENTES ÉPOCAS DE
APLICAÇÃO DE ETEFON NA MATURAÇÃO DE FIGOS ROXO DE VALINHOS.**

Este trabalho foi aprovado pela Banca examinadora composta por Adinor José Capellesso, Clevison Luiz Giacobbo e Keli Cristina Fabiane na data 11 de fevereiro de 2022, cujas notas e assinaturas constam em Ata de Defesa. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.



Adinor José Capellesso, Dr.

Instituto Federal Santa Catarina - Câmpus São Miguel Do Oeste

RESUMO

A produção nacional de figos (*Ficus carica* L.) se concentra nos meses de janeiro a março, momento em que a grande oferta impacta negativamente no preço da fruta *in natura*. Diante desse cenário, o emprego de técnicas para adiantar e regular a oferta de figos pode permitir obter uma melhor precificação e melhorar os resultados econômicos da cultura. O uso de etileno ou de substâncias análogas a esse hormônio para antecipar e uniformizar a colheita dos figos é comum entre produtores, mas persistem alguns entraves para melhorar seus resultados. A necessidade de adaptar essa orientação à realidade da região Extremo Oeste Catarinense resultou no estudo sobre o estágio de desenvolvimento adequado para a aplicação do etileno. Este trabalho teve como objetivo aperfeiçoar a técnica de indução artificial de maturação dos figos com aplicação de etileno (etefon) em diferentes estágios de desenvolvimento dos sicônios. Para a realização do estudo estabeleceu-se dois experimentos, sendo conduzidos na Safra 2020/21. O primeiro buscou caracterizar o desenvolvimento natural dos sicônios. Já o segundo buscou avaliar a resposta da aplicação do etefon (500 ppm) em diferentes datas de aplicação. O estudo foi realizado em um pomar comercial de 0,3 ha, cultivado em um espaçamento de 1,5x3,0 metros, localizado no município de São Miguel do Oeste, Santa Catarina. Realizados de forma concomitante no mesmo pomar, ambos foram conduzidos com blocos ao acaso. No experimento I foram selecionadas 8 plantas com desenvolvimento uniforme, onde cada planta constituiu um bloco, com nove ramos. Para construir a curva de desenvolvimento dos sicônios foram coletados os dois primeiros figos a partir da base do ramo, em intervalos de dias após frutificação efetiva: 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80 dias de idade; e na maturação natural. Os dados foram submetidos à análise de regressão e, quando significativas, construídas curvas de desenvolvimento. No experimento II, os tratamentos foram as diferentes datas de aplicação: 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80 dias após frutificação efetiva; e testemunha (sem aplicação). O etefon 500 ppm foi preparado a partir de Ethrel[®], sendo aplicado nos dois frutos basais do ramo, sendo esses escolhidos aleatoriamente em oito ramos de cada planta (bloco). O crescimento dos sicônios pode ser dividida em 3 fases de desenvolvimento, a primeira e terceira de rápido crescimento e a segunda de lento crescimento, com média de maturação natural de 94 dias. A aplicação do etefon resultou em quatro respostas distintas: a) frutas sem resposta ao etefon, que não alteraram seu desenvolvimento até a maturação, comparados a testemunhas; b) frutas em que o etefon inibiu o desenvolvimento, não ocorrendo maturação até a colheita de todos os sicônios controle; c) indução depreciativa, na qual os sicônios mudaram de cor, indicando maturação, mas murcharam, não apresentando condições de consumo por textura, aparência, e sólidos solúveis; d) resposta desejada: frutas visualmente agradáveis, com características de textura e grau brix que se aproximam do controle. Aos sicônios que apresentaram respostas desejadas foi aplicada análise estatística de variância e scott-knott a 5% de probabilidade, testando a qualidade com base na testemunha. Os resultados mostram viabilidade de aplicação de etefon aos 80 dias, contribuindo principalmente para apressar e uniformizar a colheita.

Palavras-chave: Estágio de Desenvolvimento; Etileno; *Ficus carica* L; Figueira.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	Botânica	8
2.2	O desenvolvimento e frutificação de <i>Ficus carica</i>	9
2.2.1	<i>Ação enzimática</i>	10
2.2.2	<i>Composição química e alterações físicas</i>	11
2.3	Maturação	12
2.4	Etileno como fitorregulador nas plantas	13
2.5	Ação do Fitorreguladores no desenvolvimento e maturação dos frutos	13
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo geral	16
3.2	Objetivos Específicos	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	Experimento I- Curva de desenvolvimento dos sicônios	18
4.2	Experimento II – Maturação Induzida por Etefon	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1	Experimento I – Desenvolvimento dos sicônios	21
5.2	Experimento II - Indução artificial de maturação com etefon	25
6	CONCLUSÕES	32
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O figo (*Ficus carica* L.) é uma espécie nativa do oriente médio e mediterrâneo. Embora os principais países produtores utilizem variedades que necessitam caprificação, no Brasil são mobilizados materiais que produzem frutas comerciais por partenocarpia, sem fecundação. Embora existam estudos com plantas de outros grupos e variedades, a Roxo de Valinhos, pertencente ao grupo cachopo, é dominante nos cultivos comerciais no país.

Os principais estados produtores de figo são Rio Grande do Sul (RS), Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP). Desses, os estados de MG e SP contam com temperaturas mais elevadas durante o ano, iniciando a maturação no mês de novembro, embora essa fique concentrada nos meses de dezembro a abril (FRANCISCO; BATISTELLA; FAGUNDES, 2005). Na região sul do país, as temperaturas amenas de inverno atrasam a brotação, começando a maturar 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. Tendo por base os dados de volume e preços mensais coletados pela Ceasa do Rio Grande do Sul ao longo de uma década (2009 a 2018) observa-se que a produção comercializada concentra entre os meses de janeiro a maio, no qual registram-se os menores preços (Figura 1) (BERNARDI, 2020).

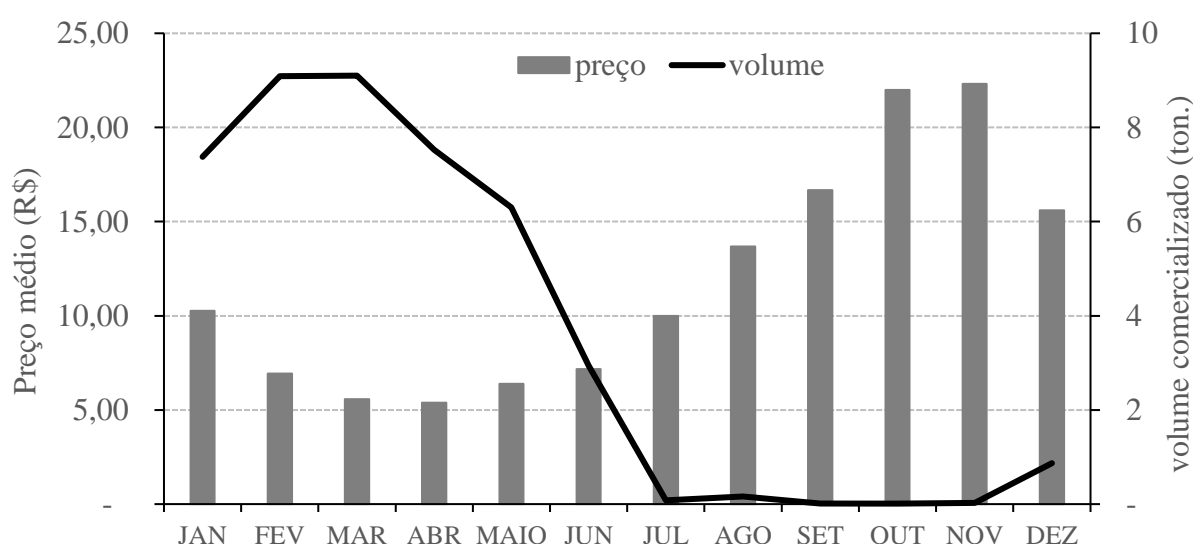


FIGURA 1- Preço médio (R\$) e massa (ton.) de figos maduros comercializados na CEASA do Rio Grande do Sul entre 2009 e 2018.

Fonte: Bernardi, 2021.

Nos meses de julho a novembro registra-se baixa oferta e elevação dos preços, quando são comercializados figos importados ou cultivados em sistemas protegidos. A possibilidade de antecipar a oferta para fins de novembro em diante configura-se em uma oportunidade para acessar janelas de mercado de preços mais favoráveis. O Oeste Catarinense tem altitude menor que as regiões mais frias do Sul do país, sendo que as frutas naturalmente começam a amadurecer no final de dezembro a início de janeiro.

O uso de fitorreguladores associado a outras técnicas de manejo configura-se como uma possibilidade para antecipar e controlar a colheita e comercialização de figos. Dentre essas técnicas pode-se associar áreas menos sujeitas a geadas, o uso de quebra de dormência e dos indutores de desenvolvimento e maturação, como o ácido giberélico, etefon e outros.

O etefon se destaca como principal fitorregulador usado para acelerar e uniformizar a maturação dos frutos (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. Desde que aplicado no estágio responsivo da fruta, esse desencadeia a maturação e as alterações físico-químicas (KERBAUY, 2004).

O figo é uma fruta climatérica, caracterizada pelo aumento na taxa respiratória e produção de etileno no estágio final de desenvolvimento, o que induz seu amadurecimento (FERRAZ, 2017). Segundo Marei e Crane (1971), o etileno aumenta a conversão do amido em açúcares e induz alterações no metabolismo de substâncias pécticas nas paredes celulares. A quebra das ligações de amidos os transforma em açúcares de cadeias curtas (mono e dissacarídeos), com aumentos nos teores de sólidos solúveis totais (° Brix) e na massa fresca dos figos. Por sua vez, a quebra das moléculas de clorofila presente na casca do sicônio reduz a cor verde, o que evidencia os pigmentos que dão cor às frutas. No caso da variedade Roxo de Valinhos, essa lhe confere excelente aspecto visual incorporado à sua denominação no Brasil.

O etefon tem sido estudado como fitorregulador indutor de maturação em doses de 100 a 750 mg/L na cultura da figueira, com os melhores resultados nas doses de 500 e 750 mg/L (RODRIGUES FACHINELLO, 1997). Em estudo com objetivo de aproveitar os figos remanescentes que não completariam o ciclo antes do inverno, Rodrigues e Fachinello (1997) verificaram antecipação de 30 dias na maturação com uso de etefon, embora o ácido giberélico tenha induzido maior percentual de figos maduros. No entanto, nas principais regiões produtoras de figos *in natura*, os ficultores têm preferido o uso de etefon para regular o processo de maturação das frutas (MAIORANO, 2010).

Em estudos preliminares realizados no Extremo Oeste Catarinense na safra 2019/2020 foram testados a aplicação de óleo de oliva; óleo de girassol; ácido giberélico (AG3) 20 mg/L; AG3 50 mg/L; etefon 250 mg/L; etefon 750 mg/L; AG3 20 mg/L + etefon 250 mg/L (7 dias depois). Na ocasião foram tratados os 5 primeiros figos da base de cada ramo. Observou-se que o etefon 750 mgL⁻¹ gera maturação dos figos até 7 dias após aplicação. No entanto, apenas os dois primeiros figos a partir da base do ramo apresentaram características físico-químicas satisfatórias, enquanto os três figos superiores tiveram intenso murchamento e perda de qualidade, o que limitou as avaliações estatísticas. Esta ocorrência já havia sido apontada por Pereira e Maiorano (2010).

Como a floração ocorre em diferentes idades, estima-se que a aplicação de etefon ocorreu em figos com diferentes estágios de desenvolvimento. Possivelmente o murchamento observado nos figos superiores está associado a estágios de desenvolvimento menos avançados (estágio I). Este efeito também foi observado por Marei e Crane (1971), em figos com altos níveis de etileno endógeno no estágio de desenvolvimento I. Os mesmos autores também verificaram rápida indução na maturação quando os mesmos níveis de etileno foram detectados em figos em estágio III de desenvolvimento. Embora os estudos prévios demonstraram a relação entre a aplicação de etileno exógeno, e o estágio de desenvolvimento dos frutos para desencadear o processo de maturação, não houve definição sobre o momento adequado do desenvolvimento do pseudofruto para aplicação do etefon.

O emprego de técnicas de maturação artificial exige ajustes no sistema de produção e apropriação dos elementos técnicos pelo produtor. O desconhecimento pode levar a aplicação de fitorreguladores com resultados insatisfatórios, a exemplo do que ocorre em figos que não estão em estágio correto de desenvolvimento para indução, causando perdas significativas de produção. A presente pesquisa propõe compreender a influência da idade de desenvolvimento dos figos na prática de indução da maturação artificial promovida pela aplicação do fitorregulador etefon.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Botânica

A figueira pertence à ordem Urticales, família Moraceae, subfamília Hamamelidae. Esta família possui cerca de 2000 espécies e 61 gêneros, sendo que o *Ficus* possui aproximadamente 750 espécies (PIO, 2018). A espécie *Ficus carica* L. destaca nos cultivos para alimentação, sendo dividida em grupos de acordo com as condições de floração. Dos três tipos de flores, duas são femininas e uma masculina (estaminada). As flores femininas caracterizam-se por serem pistiladas com estilo curto (aproximadamente 0,7 mm de comprimento) e um ovário globoso, adaptadas para a oviposição da vespa-do-figo *Blastophaga psenes* L. (Hymenoptera: Agaonidae) ou pistiladas com estilo longo (1,75 mm de comprimento) e ovário entre ovoide e elipsoide e não adaptadas à oviposição de *B. psenes*. As flores pistiladas com pistilo curto são férteis e podem formar frutos verdadeiros, os aquênios, quando polinizadas pelo caprifigo (plantas de flor masculina) (LEONEL; SAMPAIO, 2011).

Embora a caprificação predomine na produção dos principais produtores mundiais, os materiais partenocárpicos podem formar o pseudofruto mesmo quando não polinizados, apresentando pseudofrutos com ovário esclerificado, ou seja, ocos sem a semente. 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 com tonalidades variando desde suavemente esverdeado a violáceo escuro (PIO, 2018).

O grupo caprifigo (*Ficus carica silvestris*) é o único grupo de figos que, quando as flores estão maduras, têm estames fornecedores de pólen às demais variedades. Essas são polinizadas pela vespa *B. psenes*, em uma relação considerada de simbiose com o figo, uma vez que não vive muito tempo sem o caprifigo (PIO, 2018).

O grupo smyrna (*Ficus carica smyrniaca*) é o mais produzido no mundo, considerado o de melhor qualidade. Seu cultivo exige caprificação para formar sementes, sem a qual as frutas da produção principal murcham e caem ao atingir diâmetro de aproximadamente 2,5cm. Os grupos cachopo (*Ficus carica violacea*) e comum ou adriático (*Ficus carica hortensis*) possuem flores exclusivamente femininas, sem produção de pólen. Seus figos se desenvolvem por partenocarpia (sem caprificação), mas se polinizados podem produzir sementes. Por fim, o grupo São Pedro (*Ficus carica intermedia*) situa-se entre o tipo smyrna e comum. Ao apresentar

apenas flores femininas, estes são partenocárpicos na primeira safra (figos lampos), mas na segunda safra (vindimos) não se desenvolvem até à maturidade sem fecundação (PIO, 2018).

Os figos ainda são diferenciados quanto ao tipo de ramo e época de produção em: lampos, vindimos e boloitos. Os lampos iniciam a formação no outono, entrando em dormência no inverno (frio). Na primavera seguinte, esses pequenos gomos situados na parte terminal dos ramos do ano desenvolvem-se e amadurecem no verão (camada de verão). Os figos vindimos se desenvolvem nas axilas das folhas de ramos do ano. Iniciam sua formação na primavera e amadurecem no verão/outono (camada de outono). Por fim, os figos boloitos ocorrem somente nas figueiras baforeiras (selvagens). Esses iniciam seu desenvolvimento no outono, entram em dormência no inverno e amadurecem na primavera (camada de primavera), não sendo comestíveis (LEONEL; SAMPAIO, 2011).

O cultivo de figos smyrna ainda está em testes no Brasil, uma vez que exige a introdução da vespa polinizadora. Enquanto os testes não apontam condições favoráveis, a produção contínua baseada na variedade Roxo de Valinhos, que pertence ao grupo cachopo. Essa desenvolve pseudofrutos partenocárpicos sem polinização (caprificação). Embora possa produzir figos lampos, a produção comercial se dá com base em vindimos, desenvolvendo-se a partir de uma inflorescência nas axilas das folhas sobre ramo do ano. Essa opção permite a adoção de poda drástica, que auxilia no controle de broca dos ramos (*Azochis gripusalis*). Formando-se sobre o ramo que cresce na primavera, o figo vindimo inicia a sua formação na primavera e amadurece no verão e outono (PIO, 2018).

2.2 O desenvolvimento e frutificação de *Ficus carica*

A figueira é um pseudofruto climatérico, sendo o etileno o hormônio vegetal associado ao amadurecimento dos sicônios. Este fitohormônio é responsável por desencadear processos fisiológicos que degradam as pectinas da parede celular e garantem maciez aos sicônios. Além disso, o etileno pode estar associado a ativação de genes que codificam enzimas para a produção de coloração na epiderme, aroma e sabor (OETIKER; YANG, 1995). O desenvolvimento dos sicônios desde o surgimento da inflorescência até a maturação total é dividida em três estágios. Dois estágios rápidos (I e III) separados por um lento II: estágio I de 20-22 dias; estágio II de 40-43 dias; e estágio III de 12-15 dias, quando ocorre sua maturação (MAREI; CRANE, 1971).

No Período I as inflorescências encontram-se em fase de crescimento intenso, desde sua formação até apresentarem flores completamente diferenciadas, com cor branca. Essa fase é

caracterizada por alta taxa respiratória, divisão e diferenciação celular ativa, material protoplasmático denso e síntese rápida de ribossomos, ácidos nucleicos e proteínas (MAREI; CRANE, 1971; PEREIRA; MAIORANO, 2010).

No Período II a mitose no tecido peduncular do sicônio cessa, sendo que a respiração, o crescimento e as atividades biossintéticas são mínimas, com o diâmetro basal variando pouco (35,8 a 39,0 mm). As alterações na coloração das flores são evidentes, passando do branco a intensamente rosada no final do período, o que permite caracterizar as diferentes fases de crescimento (MAREI; CRANE, 1971; PEREIRA; MAIORANO, 2010).

No Período III alcança-se a maturidade fisiológica, com rápido aumento celular, além de aumentos temporários na síntese de ribossomos, RNA e enzimas, à ocorrência de diferentes processos associados ao amadurecimento normal, como alterações de cor, sabor e textura. Os pseudofrutos apresentaram as mais notáveis transformações morfológicas aparentes e é o estágio de menor duração. Nas variedades roxas, há uma alteração na coloração da epiderme de verde amarelada para roxo-avermelhada e as flores exibem coloração variável de rosado intenso a vermelho (MAREI; CRANE, 1971; PEREIRA; MAIORANO, 2010).

2.2.1 Ação enzimática

Em termos enzimáticos, a maior atividade da enzima peroxidase (POD) ocorre na fase inicial do fruto. Essa tem a função metabólica de proteger os tecidos vegetais contra a atividade tóxica do peróxido de hidrogênio. Já a enzima polifenoloxidase (PFO), entre suas várias funções, possui atividade principal na resistência do fruto, em estágio inicial, contra vírus e micro-organismos. À medida que as atividades enzimáticas da PFO e POD diminuem, ocorre aumento significativo da atividade enzimática da poligalacturonase (PG) até o fruto atingir maturidade fisiológica (GONÇALVES *et al*, 2006).

A enzima pectinametilesterase (PME) possui baixa atividade nos primeiros 30 dias de desenvolvimento do sicônio, quando passa a ocorrer aumento significativo de sua atividade até os 60 dias. Sua atividade principal é diminuir o grau de esterificação, demonstrando sua efetividade em desmetilar o polímero péctico para a ação da PG. A partir dos 60 dias o sicônio já está próximo da maturidade fisiológica e a enzima já atuou de forma efetiva, preparando as subunidades de protopectinas e aumentando a atividade da PG (GONÇALVES *et al*, 2006).

A PG é considerada elemento chave da despolimerização na maioria dos frutos e atua clivando as ligações endo e exo alfa (1-4) dos ácidos galacturônicos, levando a diminuição do

peso molecular das pectinas e ácidos péclicos. A PG possui aumento de atividade durante o amadurecimento (PAIVA *et al*, 2009). Como observado por Gonçalves *et al*. (2006), nos últimos dias de desenvolvimento dos sicônios (60-75 dias) estes se encontram na maturidade fisiológica.

A PG e polimetilgalacturonase (PMG) quebram pectatos em pectinas por mecanismos de hidrólise. A PG liase e PMG liase quebram os pectatos em pectinas por beta eliminação. Essas enzimas podem variar do padrão de ação, de aleatório a terminal, recebendo a denominação terminal endo ou exo, respectivamente (PAIVA *et al*, 2009).

Com o processo de maturação ocorre aumento das pectinas solúveis, ácidos péclicos e pectatos de cálcio, enquanto diminui a protopectina. As pectinas solubilizadas são originadas de polímeros mais firmemente integrados à parede celular e possivelmente também de hemicelulose. O aumento da solubilização e despolimerização é correlacionado com a perda de firmeza do tecido, que são características importantes do processo de maturação (PAIVA *et al*, 2009).

2.2.2 *Composição química e alterações físicas*

Em experimento nas condições normais de cultivo de figueiras da região norte de Minas Gerais foram encontrados teores de sólidos solúveis totais apresentando teores máximos de 13°Brix para sicônios maduros analisados aos 75 dias. O estudo verificou aumento nos açúcares solúveis totais médios de 3,24% aos 15 dias para 11,37% aos 75 dias. Em contraste, o teor de açúcares redutores (glucose) reduz para cerca de 9,5% aos 75 dias, valor superior aos níveis de açúcar não redutores (sacarose), que chegaram a 1,75% (GONÇALVES *et al*, 2006).

O pH apresenta comportamento de queda linear, durante a maturação, variando de 5,9 a 5,4. Essa pequena variação pode ser relacionada ao efeito tamponante ocasionado pela presença de ácidos orgânicos e seus sais (GONÇALVES *et al*, 2006).

Quanto aos atributos físicos, o diâmetro e comprimento apresentaram aumento linear ao longo dos estágios de desenvolvimento dos sicônios. O diâmetro médio foi sempre inferior ao comprimento médio dos figos, passando de 24,74 mm aos 15 dias para 52 mm aos 75 dias, enquanto o comprimento passou de 32,3 mm aos 15 dias para 59,2 mm aos 75 dias. O peso médio dos figos apresenta comportamento quadrático ascendente, com peso médio de frutos de 7,6 g aos 15 dias, de 10 g aos 30 dias (ponto de colheita de figo verde para indústria) e de 53,2 g aos 75 dias com os figos totalmente maduro (GONÇALVES *et al*, 2006).

2.3 Maturação

A maturação de frutos carnosos é um processo geneticamente programado e se caracteriza por mudanças na textura, cor, aroma e sabor dos frutos. Para diversas espécies e variedades, a alteração da cor é um dos pontos mais perceptíveis do processo de maturação, onde ocorre a degradação das moléculas de clorofila e, conseqüentemente, aparecimento de sua cor característica (KERBAUY, 2004). O amolecimento dos frutos é causado por modificações que acontecem nas paredes celulares. No início do processo, as paredes celulares tornam-se mais hidratadas, e atuam diversas enzimas, incluindo a pectato liase. Esta é responsável pela desesterificação (quebra das ligações de éster) da pectina, que resultam no enfraquecimento das ligações entre as células e facilitam sua separação. A degradação dos ácidos poligalacturônicos são realizados pela enzima poligalacturonase, que necessita de etileno para sua biossíntese (KERBAUY, 2004).

A função hormonal do etileno nos processos de maturação de frutos o faz ser considerado o hormônio do amadurecimento. Contudo, a diferença entre as espécies permitiu a divisão em dois grupos característicos de amadurecimento: climatéricos e não climatéricos. Os frutos climatéricos possuem um aumento intenso e rápido na produção de etileno e nos índices de maturação. Já os não climatéricos apresentam baixas taxas de respiração e de produção de etileno. Os frutos climatéricos atingem a maturidade fisiológica quando se tornam responsivos à ação do etileno. Nesse caso, os frutos podem ser colhidos antes do ponto ideal de consumo, para ter mais tempo de conservação, completando sua maturação pelo etileno produzido pelo próprio fruto ou por produtos exógenos. Já os não climatéricos pouco sofrem ação do etileno e completam sua maturidade fisiológica junto com a maturação, sendo essa interrompida com a colheita (TAIZ *et al*, 2017).

As alterações de sabor dos frutos podem ser atribuídas à alteração da relação entre ácidos e açúcares e ao aumento de compostos voláteis específicos, destacando-se os álcoois, aldeídos e ésteres. No tomate detectaram mais de 400 substâncias voláteis, sendo sete de maior importância: hexanal, hexenal, hexenol, 3-metilbutanal, 3-metilbutanol, metilnitrobutano e isobutiltiazol. Esse último é um dos mais importantes na composição do aroma. A lipoxigenase controla a formação de hexanal e hexenal tendo como principais substratos o ácido linolênico e o ácido linoleico (TAIZ *et al*, 2017).

2.4 Etileno como fitorregulador nas plantas

O etileno é um hidrocarboneto gasoso e um hormônio vegetal. Essa molécula orgânica tem várias atividades biológicas nos vegetais, atuando na senescência, inibição do alongamento de caules, aumento radial, floração, maturação entre outros (KERBAUY, 2004). A síntese desse hormônio na planta se dá a partir do aminoácido metionina. Esse aminoácido é metabolizado a 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) pela enzima ACC sintase (ACS). Em seguida, o ACC é convertido a etileno pela ACC oxidase (ACO) (TAIZ et al, 2017).

O etileno se liga aos receptores que podem ser ETR1, ETR2, EIN4, ERS1 e/ou ERS2, presentes na membrana do retículo endoplasmático. Quando ocorre a ligação, o etileno desencadeia um processo de sinalização, ou seja, bloqueia a atividade da proteína CTR1. Esse bloqueio irá ativar outras proteínas denominadas EIN2 e EIN3, as quais são levadas ao núcleo ativando um fator de transcrição denominado EFR1. Esse fator de transcrição 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 (KERBAUY, 2004).

Em ausência de etileno, a proteína CTR1 mantém sua atividade, atuando em um processo cascata de fosforilação e assim não ocorrendo a ativação das proteínas EIN2 e EIN3. Com isso, impede-se que ocorra a emissão do sinal para a ativação do fator de transcrição EFR1, não ocorrendo a codificação dos genes para ACC sintase e oxidase (KERBAUY, 2004). No caso de frutos não climatéricos, esse processo não gera uma reação em cadeia, sendo considerados pouco responsivos ao etileno. Já no caso dos frutos climatéricos, a maturidade fisiológica é definida quando o fruto se torna responsivo.

Assim, o etileno pode ser mobilizado para promover as alterações físico-químicas e bioquímicas nos frutos e induzir amadurecimento dos frutos climatéricos (MAPSON; ROBINSON, 1966).

2.5 Ação do Fitorreguladores no desenvolvimento e maturação dos frutos

O uso de fitorreguladores exógenos deve considerar como esses interagem com a presença dos demais fito-hormônios da planta. Para além do etileno, as alterações no desenvolvimento e maturação de frutos têm sido promovidas, especialmente, pelo uso de ácido

giberélico, citocininas e mimetizadores de auxinas (ex. 2,4-D). Esses têm por objetivo regular os processos florais e de desenvolvimento dos frutos, com foco no aumento de produtividade, melhoria da qualidade dos frutos, fixação, regulação do desenvolvimento induzindo a maturação, retardamento da colheita, melhoria de cor, redução de defeitos etc. (PETRI *et al*, 2016).

A aplicação exógena de etileno no processo de maturação dos frutos climatéricos desencadeia um fenômeno auto catalítico, com retroalimentação, onde a presença do produto alimenta a sua síntese, promovendo a conversão de ACC em mais etileno. A resposta à presença de etileno nos frutos climatéricos, tanto de forma endógena como exógena, depende do estágio de desenvolvimento dos frutos. Geralmente, a resposta é maior quando estes alcançam o tamanho máximo dos frutos com a casca ainda verde (TAIZ *et al*, 2017).

Algumas substâncias, como o propileno e acetileno, possuem atividade biológica similar ao etileno, sendo denominadas análogas ao etileno. Essas são moléculas pequenas e com duplas ligações, enquanto as que possuem longa cadeia de carbono e ligação tripla tem sua atividade biológica reduzida (KERBAUY, 2004). Em alguns casos, o propileno e acetileno são utilizados como alternativas em processos pós-colheita, a exemplo do emprego de acetileno na destanização de caquis e nas câmaras de maturação de banana.

Por participar de vários processos fisiológicos na planta, o emprego exógeno de etileno tem se tornado uma importante ferramenta de manejo. O emprego de um hormônio gasoso pode ser interessante em câmaras de maturação, mas nessa condição há grande dificuldade de aplicá-lo a campo. Para as aplicações sobre as plantas ou frutos na lavoura tem se utilizado ácido 2-cloroetilfosfônico ($C_2H_6ClO_3P$), ou etefon. Essa molécula entra na composição de produtos comerciais como Ethrel[®] sendo inerte em pH inferior a 4,0. Ao diluí-la em água, sua molécula é facilmente absorvida pela planta, sendo capaz de reagir e liberar etileno em pH fisiológico (KERBAUY, 2004).

A solução ácida de etefon é absorvida pela planta e desloca-se para o espaço intracelular. Ao adentrar na célula ele entra em contato com uma hidroxila (OH^-), gerando uma reação que libera uma molécula de ácido fosfórico (H_2PO_4), uma molécula de cloro (Cl) e uma molécula de etileno $CH_2=CH_2$. A presença desse etileno exógeno nos tecidos do fruto desencadeia as sínteses de enzimas e o processo de retroalimentação, aumentando a produção de etileno endógeno e desencadeando o processo de maturação (KERBAUY, 2004).

Os estímulos à biossíntese de etileno ou exposição das plantas ao hormônio já vem sendo empregadas desde a antiguidade até os tempos atuais, para manejo de frutos em pré e

pós-colheita. Uma das práticas mais antigas era realizada no início das civilizações egípcias, que consistia em fazer incisões em pseudofrutos de figo (*Ficus sycomorus*) com finalidade de gerar ou ampliar a produção de etileno e, conseqüente, amadurecimento dos figos (KERBAUY, 2004). Outra técnica muito antiga é a oleação, que consiste em aplicar uma gota de óleo no ostíolo do figo quando esse está em maturação fisiológica, desencadeando a produção de etileno e sua maturação final.

Para este estudo com a cultura da figueira, foram testados previamente (dados não publicados), no ano de 2019, algumas técnicas de maturação sobre sicônios de figueira: ácido giberélico, oleação e etefon em aplicação exógena. A grande vantagem do etileno em relação aos produtos alternativos é a rapidez da resposta, obtendo-se figos maduros uma semana após a aplicação de etefon na concentração de 750 mg/L. Contudo, ao aplicar sobre cinco figos de cada ramo obteve-se bons resultados nos dois primeiros figos basais, no entanto, houve murchamento dos três figos superiores que receberam a aplicação. O estudo deixou dúvidas sobre as razões do murchamento, podendo tal resultado estar relacionado com a quantidade de figos aplicados por ramo ou ao estágio de desenvolvimento. A otimização desse processo é de grande relevância para consolidar o uso da técnica.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Caracterizar parâmetros do desenvolvimento de sicônios de *Ficus carica* para região Extremo Oeste Catarinense e estabelecer critérios de aplicação exógena de etefon (500 ppm) para indução artificial da maturação dos figos destinados ao consumo in natura.

3.2 Objetivos Específicos

Construir uma curva de desenvolvimento de sicônios de *Ficus carica* caracterizando os estágios de desenvolvimento natural das frutas na região Oeste Catarinense.

Avaliar a ação do etefon na maturação de figos segundo a aplicação exógena em diferentes idades de desenvolvimento e diâmetro do pseudofruto.

Analisar os atributos de qualidade dos figos que sofreram processo de maturação natural e artificial obtidos com a técnica de aplicação de etefon nas diferentes idades de desenvolvimento dos sicônios.

Determinar a idade e o diâmetro em que o sicônio se torna responsivo à aplicação de etefon.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os pseudofrutos da cultivar Roxo de Valinhos foram coletados de um pomar comercial de *F. carica* localizada na linha Jacutinga, São Miguel do Oeste, SC, latitude 26°42'22.819" e longitude S 53°29'44.496" W. A parte do pomar utilizada no experimento possui 800 m² e é constituído por mudas propagadas por estaquia (pé-franco), com seis anos de idade e espaçamento de 1,5 m e 3,0 m entre plantas e linhas, respectivamente.

O solo do local é uma associação de Cambissolo Eutrófico Ta A chernozemico + Solos Litólicos eutróficos A Chernozemico (POTTER *et al.*, 2004). A adubação do pomar foi realizada com base na análise de solo e recomendação de adubação para expectativa de produção de 18 t ha⁻¹ de sicônios, resultando em 90 kg ha⁻¹ de N, 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 108 kg ha⁻¹ de K₂O (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2016).

Entre as linhas de plantio, o pomar conta com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), manejado com roçadas mensais. Este fixa biologicamente entre 26 e 99 kg de N há⁻¹ (MIRANDA *et al.*, 2003), e assim aplica-se ureia de forma pontual e em 50% das doses recomendadas.

O pomar conta com sistema de irrigação via gotejamento. Entretanto, a baixa disponibilidade de água durante a safra 2020/2021 afetou a irrigação, sendo realizado o molhamento do pomar com o intuito de diminuir o impacto do déficit hídrico registrado na safra. Os índices pluviométricos registrados no mês de setembro de 2020 nas regiões do Oeste ao litoral norte catarinense variaram de 20 a até 75 mm (LIMA E MIRANDA, 2020.). Assim, vários municípios da região extremo oeste decretaram estado de emergência por escassez hídrica.

A poda de frutificação do pomar foi realizada no dia 09/07/2020. Nesse momento foram pré-selecionadas 25 plantas com o máximo de uniformidade. Selecionou-se as plantas que apresentavam caule único, vigor vegetativo similar e descartando-se as plantas de bordadura. Para auxiliar na seleção de plantas uniformes foi mensurado o diâmetro do caule a 10 cm do solo com auxílio de um paquímetro, mantendo-se plantas com diâmetro de 59,8 a 90,0 mm.

A desbrota foi realizada 63 dias após a poda de inverno (13/09/2020). Nesse momento manteve-se 12 ramos com características similares quanto ao diâmetro e tamanho, bem distribuídos no entorno da planta. Na sequência avaliou-se o aparecimento de pequenos sicônios na axila das duas primeiras folhas, escolhendo-se os ramos mais uniformes para compor as unidades experimentais distribuídas em cada bloco (planta), com sorteio dos tratamentos. A

frutificação efetiva ocorreu em 29/09/2020, estabelecida com base na média do pomar, quando 50% dos ramos tinham emissão das inflorescências.

4.1 Experimento I- Curva de desenvolvimento dos sicônios

A caracterização da curva de desenvolvimento dos figos mobilizou nove tratamentos. A unidade amostral foram os dois primeiros figos de cada ramo, e cada planta constituiu um bloco, com oito repetições (plantas).

Os sicônios foram coletados em intervalo de 10 dias entre si a partir da frutificação efetiva até o completo amadurecimento (totalizando 9 coletas). A maturação natural ocorreu em datas distintas de colheita, entre 81 dias e 110 dias, o que resultou em tempo médio de 94 dias. Os pseudofrutos colhidos em cada período foram analisados quanto a: a) massa (gramas por sicônios); b) tamanho (comprimento e diâmetro); c) cor; d) textura; e) sólidos solúveis (SS); e f) acidez titulável (AT). Os momentos de avaliação para cada variável estão sintetizados na Tabela 1, na qual destaca-se a ausência de algumas análises aos 10 e 20 dias, por limitações de tamanho para avaliação.

TABELA 1- Relação de variáveis e momento em dias após a floração (28 de outubro) para a coleta de dados do Experimento I, de desenvolvimento normal de sicônios de figueira em São Miguel do Oeste (SC), safra 2021/21

Determinações Analíticas	Momento das coletas Experimento I (dias)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	Maduro
Diâmetro; Comprimento; Massa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Força de ruptura de epiderme; Força de penetração da polpa; Cor		X	X	X	X	X	X	X	X
Sólidos solúveis (ss); Acidez titulável			X	X	X	X	X	X	X

Nota: a colheita dos sicônios maduros ocorreu com média de 94 dias e desvio padrão de 4,9 dias. “O teor de sólidos solúveis”, “acidez titulável”, “força de ruptura de epiderme”, “força de penetração de polpa” e “cor” não foram aferidos na fase inicial

4.2 Experimento II – Maturação Induzida por Etefon

Para avaliação da idade de desenvolvimento para aplicação da indução artificial da maturação, com etefon 500 ppm, em cada planta (bloco) foram selecionados oito ramos, utilizando os dois primeiros figos a partir da base como unidade amostral, com oito repetições (plantas). O etefon foi aplicado em diferentes estágios de desenvolvimento dos figos: I) 20 dias

após o surgimento dos sicônios; II) 30 dias; III) 40 dias; IV) 50 dias, V) 60 dias, VI) 70 dias; VII) 80 dias; e VIII) controle sem aplicação de etefon.

A solução de etefon foi obtida a partir do produto comercial Ethrel[®], diluído em água destilada, sendo aplicado 2 ml na direção do ostíolo do figo com um borrifador manual tipo spray no início da manhã. No momento da aplicação foram mensurados o diâmetro e o comprimento dos dois primeiros sicônios com a finalidade de correlacionar com o tipo de resposta.

Os figos foram colhidos quando apresentavam mudanças na coloração da epiderme (arroxamento), no “estado de vez”. Essa foi finalizada quando os últimos figos sem aplicação de etefon (controle) alcançaram a maturação. Os figos colhidos foram conduzidos ao laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina (São Miguel do Oeste) e analisados quanto a: a) massa (g sicônios); b) tamanho (diâmetro e comprimento, mm); c) cor; d) acidez titulável; e) sólidos solúveis e d) textura.

a) Massa fresca

A massa fresca foi aferida com auxílio de uma balança analítica de precisão de (0,00), e expressa em gramas (g).

b) Tamanho de figos

O tamanho dos sicônios foi determinado mensurando o comprimento (diâmetro longitudinal) e o diâmetro (equatorial) dos figos com auxílio de paquímetro digital e os resultados expressos em milímetros (mm).

c) Coloração da epiderme

A coloração da epiderme foi determinada com auxílio de um colorímetro Delta Color Vista. Os valores L (lightness) indicam o brilho da epiderme ou da polpa dos figos. Valores próximos a 0 e 100 indicam valores com baixa e elevada intensidade de brilho nos frutos, respectivamente. O C (crome) indica a cromaticidade, onde valores próximos a 0 e 90 indicam tonalidades de cor mais escura e clara, respectivamente. O h° define a coloração básica, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 270° = azul, respectivamente.

d) Textura

Para determinar a textura dos figos foi aferida a força de ruptura da epiderme e força para penetração da polpa com auxílio de um texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems Ltda., Inglaterra). Foi utilizada uma ponteira de 1,89 mm de diâmetro; velocidade de pré-teste 6 mm/s; teste speed 3 mm; pós teste 10 mm, profundidade de penetração de 5 mm e força 5g. Os dados obtidos em gramas por milímetros quadrados (g/mm²), foram transformados para

unidade de medida em newtons (N), multiplicando o valor disponibilizado pela constante 0.00980665.

e) Sólidos Solúveis

Os teores de sólidos solúveis totais foram quantificados com auxílio de um refratômetro digital. Os pseudofrutos foram triturados e homogeneizados em um mixer, extraindo o suco pela compressão em gaze. Uma gota de suco foi depositada no refratômetro com ajuste de temperatura para 20°C. O teor de SS foi expresso em °Brix (AOAC, 2000).

f) Acidez titulável (AT)

Para determinação da AT adicionou-se 0,5 grama da polpa em 25 mL de água destilada. Em seguida, nessa solução foi acrescida 3 gotas de fenolftaleína e titulada com hidróxido de sódio 0,094 M até o ponto de viragem (coloração rosa). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

g) Classificação visual e interpretativa da resposta ao etefon

Os sicônios foram classificados quanto a resposta à aplicação de etefon em quatro tipo: I) não respondem ao etefon: sem alterações dos atributos físicos dos sicônios quando comparado aos figos que não receberam aplicação de etefon mantendo seu desenvolvimento normal (maturando até os 115 dias); II) inibição do desenvolvimento: dos atributos físicos dos sicônios não atingindo mudança de cor até a colheita dos últimos sicônios controle em “estado de vez” (até os 115 dias); III) murchamento: mudança de cor e murchamento dos sicônios após terem recebido aplicação de etefon, com qualidade imprópria para o consumo *in natura* (sem suculência <10,9° brix e massa < 37 g sicônio⁻¹); IV) resposta desejada: amadurecimento dos figos 3 a 4 dias após receber aplicação do etefon com qualidade similar ao controle (>10,9° Brix e massa >37 g.sicônio⁻¹).

Análise estatística

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, 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 etefon. 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento I – desenvolvimento dos sicônios

O desenvolvimento dos sicônios registraram incrementos no diâmetro, comprimento e massa, ocorrendo com mais intensidade no período de 10 a 30 dias de idade e posteriormente dos 80 dias após o aparecimento da inflorescência até a maturação, havendo um período de estabilidade dos 30 aos 80 dias (Figura 2a, 2b e 2c). Aos 10 dias após o aparecimento da inflorescência, a massa média era de 0,19 g sicônio⁻¹, atingindo aos 30 dias 9,13 g sicônios⁻¹. Após essa fase inicial de expansão, a velocidade de aumento de massa tendeu à estabilidade até os 70 dias, seguido de incremento após esse período, alcançando aos 94 dias a média de 44,56 g sicônios⁻¹ (Figura 2 c).

Aos 10 dias após o aparecimento de inflorescência foram aferidos o comprimento médio dos sicônios de 5,6 mm e diâmetro médio de 6,6 mm, alcançando aos 40 dias 28,1 mm e 31,3 mm, respectivamente (FIGURA 2a e 2d). Até os 60 dias ocorreu pequena variação no diâmetro (34,2) e comprimento (37,6 mm), registrando-se nova expansão até a maturação (45,5 mm e 48,4 mm). Com os resultados obtidos foi possível inferir que os sicônios apresentaram duas fases de crescimento e uma de estabilidade, apresentando curva de crescimento composta por três fases, conforme descrito por Marei e Crane (1971).

Os sólidos solúveis oscilaram durante o desenvolvimento, ocorrendo incremento entre 30 e 40 dias (de 5,4° brix até 8,4° brix), seguido de declínio até os 70 dias. Após, foi constatado um aumento no teor de sólidos solúveis até a maturação, atingindo média de 12,8° Brix (Figura 2d). A redução no teor de sólidos solúveis no estágio II indica que o pseudofruto parece receber nutrição menor que o consumo nessa fase, que reflete na menor taxa de desenvolvimento dos sicônios, enquanto a respiração mobiliza reservas existentes. Essa energia também pode ter origem nos ácidos orgânicos, que são uma das substâncias que reduziram na fase II. Enquanto, para acidez titulável ocorreu pequena elevação de 0,8% para 1,4% entre 30 e 40 dias (Figura 2f). Após, registrou-se um declínio até 60 dias, seguido de elevação, quando retoma o patamar registrado aos 40 dias no período próximo da maturação.

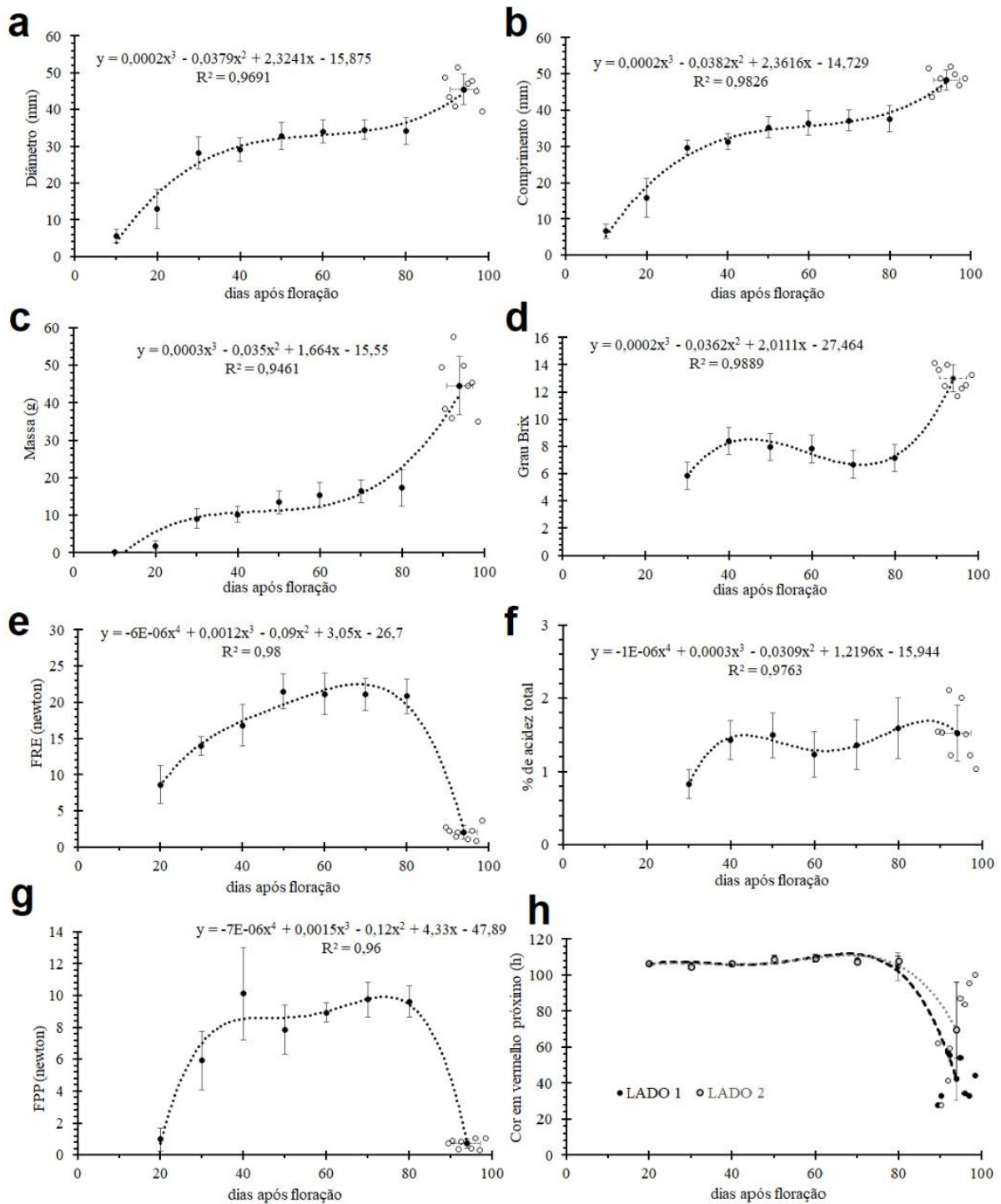


FIGURA 2 – Análise dos atributos físico-químicos de sicônios de *Ficus carica* colhidos em diferentes estágios de desenvolvimento em um pomar comercial de São Miguel do Oeste, SC. a) diâmetro (mm); b) comprimento (mm); c) massa (g); d) sólidos solúveis totais (grau brix); e) Força de ruptura de epiderme (Newton); f) acidez total (%); g) força de penetração da polpa (Newton); h) cor em vermelho próximo (*h*) (lado 1 mais exposto ao sol). Nota: barra de desvio padrão calculada com base nas 8 repetições de cada data.

A textura foi determinada analisando-se a Força de ruptura de epiderme (FRE) e a Força de penetração de polpa (FPP). A textura é um atributo que indica as mudanças físicas na parede celular dos sicônios ao longo do desenvolvimento. Os sicônios exibiram aumento na FRE dos 20 aos 70 dias, seguido de um declínio até a maturação (Figura 2e). Já para FPP registra-se um incremento dos 20 aos 40 dias, seguido de uma estabilidade até os 80 dias, quando registra-se um declínio até a maturação dos pseudofrutos (Figura 2g). O comportamento dessas variáveis não segue as três fases de crescimento observadas nas variáveis massa, diâmetro e comprimento, uma vez que a firmeza do figo reduz com a maturação.

As enzimas responsáveis pela redução na firmeza e em frutos são a poligalacturanase (PG) e pectinametilesterase (PME) (PAIVA *et al.*, 2009). Durante os estágios iniciais do desenvolvimento de frutos essas enzimas não estão ativas. Entretanto, quando os figos atingem a maturação fisiológica, essas enzimas passam a estar atuantes e começam a clivar os ácidos poligalaturônicos. Esses compostos compõem os pectatos presentes na lamela média da parede celular e lhe conferem resistência. Essa degradação da lamela média pela PME e PG durante o amadurecimento dos frutos ocasiona uma redução na textura desses órgãos. Os resultados obtidos a partir dos 80 dias, quando os sicônios estavam fisiologicamente maduros, permitem apontar que houve uma redução na textura dos figos, provavelmente, em razão da ação das enzimas PME e PG sobre a parede celular.

Durante o período dos 20 aos 80 dias de desenvolvimento, os figos exibiram no lado mais e menos exposto à luz ângulo h° superior a 100, indicando que a epiderme apresenta coloração amarelada (Figura 2h). Após esse período, houve redução nos valores de h° em ambos os lados dos sicônios, mostrando evolução na maturação dos figos. Entretanto, a região mais exposta a luz teve menor h° após 80 dias, indicando que estava mais maduro em relação ao lado menos exposto a radiação solar (Figura 2h).

A maturação dos dois primeiros sicônios de cada ramo da figueira ficou distribuída ao longo de uma faixa de tempo de 81 a 115 dias, nos dois experimentos. No Experimento I registrou-se média de maturação aos 93,9 dias (desvio padrão de 4,8 dias), muito próximo aos 93,6 dias (desvio padrão de 6,4 dias) registrado no Experimento II (Figura 3). Após uma análise do desvio padrão, optou-se por agrupar em faixas de frequência a cada 5 dias, definida com base nos dados da maturação média observada no Experimento I. Assim, a curva foi construída separando as faixas para visualizar a distribuição normal, segundo a data de colheita sem uso de fitorreguladores. O maior desvio padrão do Experimento II parece estar mais associado às diferenças entre plantas do que a possíveis efeitos de translocação dos tratamentos entre os

ramos das plantas. Isso porque, caso ocorresse translocação, o etileno tenderia a antecipar os resultados e reduzir o tempo médio até a maturação, sendo que a média ficou muito próxima entre eles.

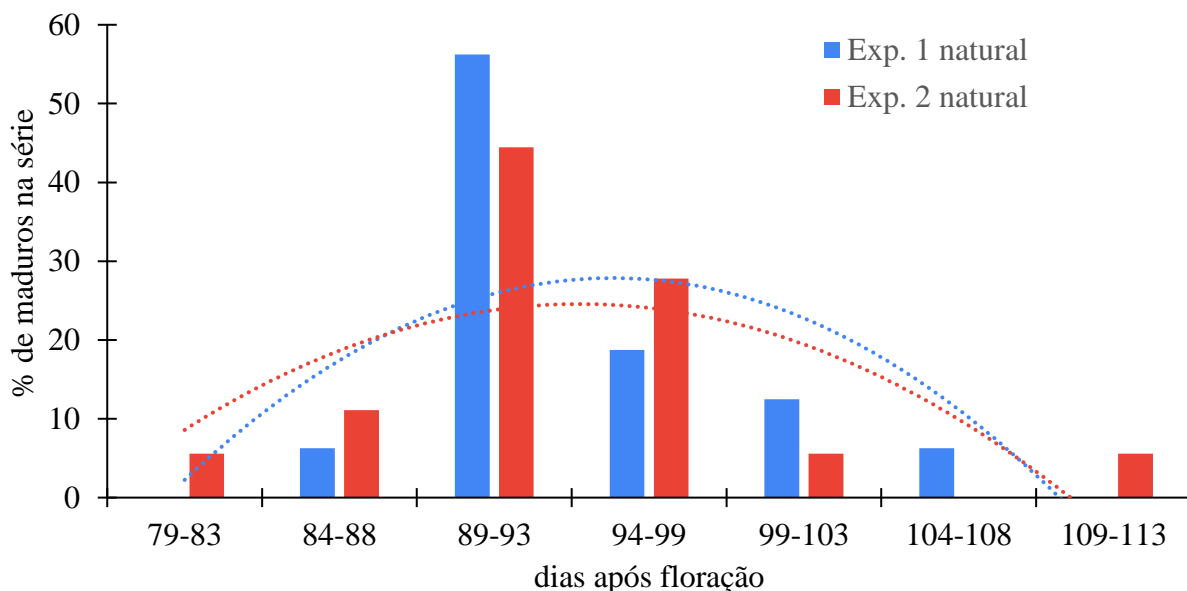


FIGURA 3 – Curva de distribuição de frequência da maturação natural dos sicônios de *Ficus carica* nos Experimentos I e II (frutos controle), em um pomar comercial em São Miguel do Oeste, SC, Safra 2020/2021.

Essa distribuição da maturação dos sicônios pode ser atribuída à fisiologia da figueira, uma vez que são observadas diferenças visuais a campo. Como exemplo, embora tenha-se padronizado a escolha dos sicônios, escolhendo-os os dois primeiros de baixo para cima, nem sempre a maturação segue essa sequência lógica. Em alguns casos o terceiro ou quarto pseudofruto a partir da base do ramo entram em processo de maturação antes dos dois primeiros sicônios (Figura 4).

Outro fator que explicou a faixa de maturação é a diferença de idade em que os sicônios aparecem entre os ramos e no pomar. Para controlar essa variação adotou-se o raleio de ramos com seleção de ramos de vigor similar em cada planta na desbrota. Em seguida, a data de frutificação efetiva foi definida quando mais de 50% do pomar apresentava as primeiras emissões florais. Contudo, observou-se a persistência na diferença de idade entre os sicônios e seus efeitos sobre a maturação.



FIGURA 4 – Estágio de desenvolvimento de sicônios de figueira (*F. carica*), ramo apresentando adiantamento da maturação por pseudofruto do ápice em relação aos da base (segundo e terceiro), em São Miguel do Oeste, Safra 2020/21.

Fonte: O autor.

5.2 Experimento II - Indução artificial de maturação com etefon

Quando os sicônios receberam indução artificial da maturação, por meio da aplicação de etefon, a maturação ocorreu 4 dias após a aplicação. Assim, houve maior concentração de pseudofrutos disponíveis para colheita, diminuindo o tempo de exposição a pássaros. O etefon é clivado quando transportado para o interior da célula e libera o etileno em pH citoplasmático. Contudo, a resposta dessas aplicações sobre os sicônios apresentou 4 condições diferentes de resposta, em função das diferentes idades de desenvolvimento (*Figura 5*).

A) Maturação natural sem aplicação de Etefon (Testemunha)



B) Inibição do Desenvolvimento



C) Murchamento



D) Resposta desejada



FIGURA 5 – Visualização da classificação das diferentes respostas dos sicônios ao etefon. Nota: 1) Em “B) Inibição do desenvolvimento”, os figos com aplicação de etefon são os dois verdes, abaixo do que amadureceu naturalmente; 2) A classificação: “não respondeu ao etefon” não foi registrada fotograficamente pelo autor.

Fonte: O autor.

As características das respostas e sua expressão no tempo foram classificadas a seguir, bem como as explicações para seu grau de expressão:

a) não respondeu ao etefon: sicônios que não apresentaram sinais de alteração no desenvolvimento logo após a aplicação, mantendo o ciclo de desenvolvimento até a maturação, similar aos que não receberam aplicação (natural); Observou-se este efeito ocorrendo com maior percentual aos 20 dias, no entanto esteve presente em aplicações até os 60 dias. A ausência de alterações no desenvolvimento normal desapareceu a partir dos 70 dias, o que indica que figos na fase inicial podem não apresentar resposta ao etefon (Figura 6).

b) inibição do desenvolvimento: sicônios que interromperam o desenvolvimento após aplicação de etefon. Assim, esses não apresentam sinais de desenvolvimento e maturação logo após a aplicação, esses figos não amadureceram até o fim do período de avaliação do estudo, (encerrado com a colheita das testemunhas aos 115 dias após frutificação efetiva); Esse tipo de resposta ocorreu com mais intensidade aos 20 dias, reduzindo-se depois, mas mantendo presença nas aplicações até os 70 dias. Tal condição indica que a aplicação prematura do etefon pode ter um efeito oposto à indução de maturação.

c) murchamento: sicônios que receberam aplicação de etefon, mudaram de cor similar ao que ocorre na maturação (estado de vez), mas sem registrar as alterações qualitativas esperadas com esse processo. O figo murcho tem baixa qualidade, pouca massa e reduzido teor de sólidos solúveis; Esse tipo de comportamento ocorreu desde os 20 dias após a floração, aumentando sua frequência até os 50 dias, quando começa cair. Tal condição indica que a resposta ao etefon eleva-se com o tempo, mesmo o sicônio não estando preparado para alcançar o resultado desejado.

d) resposta desejada: sicônios que iniciaram o processo de maturação após aplicação de etefon e a completaram a maturação antes dos sicônios testemunhas, e com qualidade semelhante a esses. Para diferenciar essa categoria do murchamento adotou-se como recorte de qualidade desejada o grau brix superior a 10,9 e o peso superior a 37 g sicônios⁻¹, referencial obtido com base nos sicônios testemunha que resultam nos menores valores para essas variáveis. As respostas desejadas começam a ocorrer aos 60 dias após a plena floração, com forte elevação a cada dez dias que se segue.

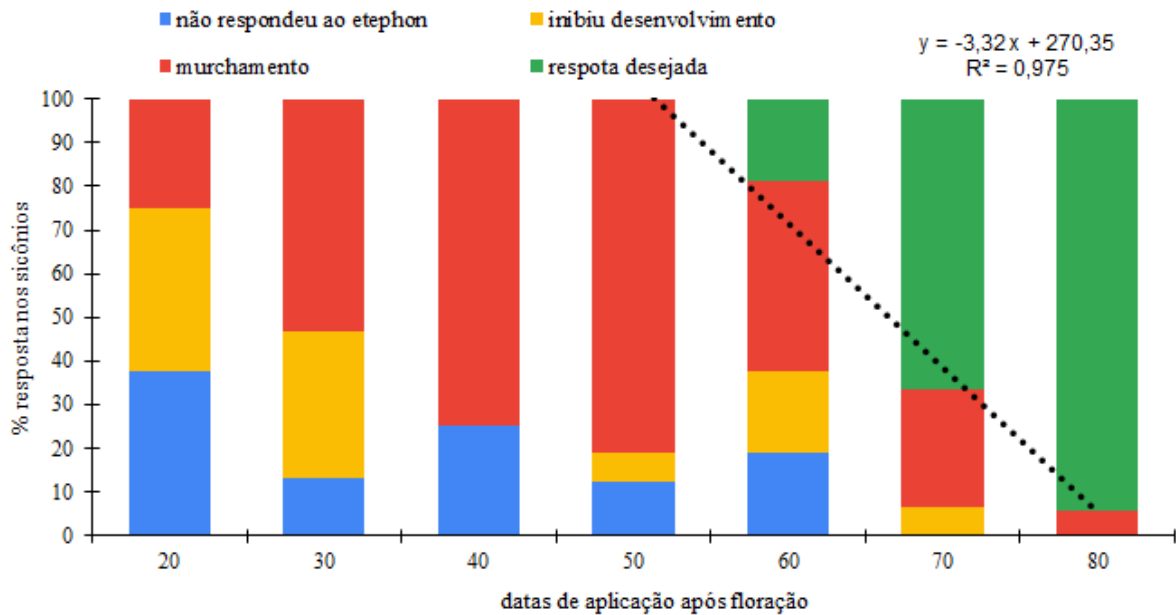


FIGURA 6 – Frequência de respostas dos figos à aplicação de Etephon 500 mg L-1 em diferentes tempos após a floração em um pomar comercial em São Miguel do Oeste, SC, Safra 2020/2021.

Entre as datas testadas, os resultados indicam que os sicônios com maior frequência de respostas desejadas e baixo riscos de perdas foram tratados com etefon aos 80 dias de idade. Nesse período 94,44% dos pseudofrutos foram colhidos no 3º e 4º dias após aplicação (83 e 84 dias após floração), apresentando apenas 5,66% de murchos (indesejados). Ao aplicarmos uma linha de tendência sobre as respostas desejadas para o período de 50 a 80 dias, determinada pela equação $y = -3,32x + 270,35$, estima-se que essa chegue a 100% aos 81,6 dias após plena floração (Apêndice I Figura 9). Contudo, deve-se atentar que a cultura pode sofrer efeitos de temperatura, estresse hídrico ou demais variáveis (ex. adubação) que podem afetar seu ciclo, não devendo-se adotar a data de aplicação sem testes complementares.

Como a aferição do tempo entre floração e aplicação de etefon é de difícil controle pelo agricultor, bem como pode ser afetado por variações ambientais, buscou-se identificar um critério físico. Foram realizadas medidas de diâmetro e comprimento dos sicônios antes da aplicação de etefon nas datas de 60,70 e 80 dias, essas foram separados segundo as respostas obtidas dos sicônios após a aplicação de etefon em resposta desejada e o grupo das indesejadas. A análise estatística com teste de scott-knott permite apontar que o comprimento pré-aplicação não diferiu entre os figos com diferentes respostas, mas o diâmetro pré-aplicação de etefon influencia na resposta aos 60 e 70 dias (Figura 7).

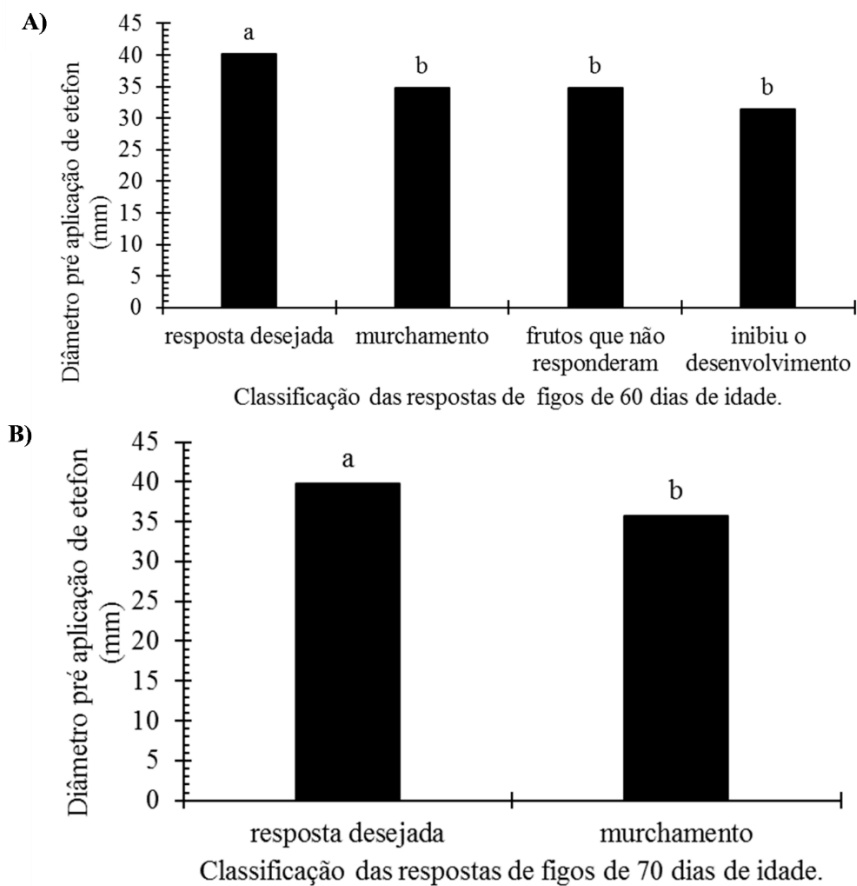


FIGURA 7 – Diâmetro pré-aplicação de etefon caracterizando o tamanho em que os sicônios respondem a aplicação do hormônio nas datas de 60 e 70 dias após frutificação efetiva.

Aos 80 dias não havia número de figos com resposta indesejada suficiente para rodar a análise. Os sicônios que apresentam resposta desejada em cada data tinham diâmetro médio de: 60 dias, 38,8mm; 70 dias, 39,8 mm; 80 dias, 37,3 mm, o que indica que com o passar do tempo mesmo sicônios menores podem responder ao etileno. Os que possuem diâmetro menor respondem de maneira indesejável aos 60 e 70 dias, devendo-se aguardar mais tempo. Como o agricultor não tem controle preciso do momento de floração, a adoção do diâmetro como critério de indicação de aplicação pode ser mais precisa.

Embora as aplicações de 80 dias após floração geram grau de segurança de 95% para respostas desejadas, foram realizadas análise para verificar se a indução artificial de maturação afetou a qualidade dos sicônios (Figura 8). Nos tratamentos foram utilizados os dados dos sicônios que apresentaram resposta positiva (desejada) ao etefon, os quais estavam nas aplicações de 60, 70, 80 dias de idade. Para as variáveis de massa, comprimento e sólidos solúveis não se registrou diferenças estatísticas significativas.

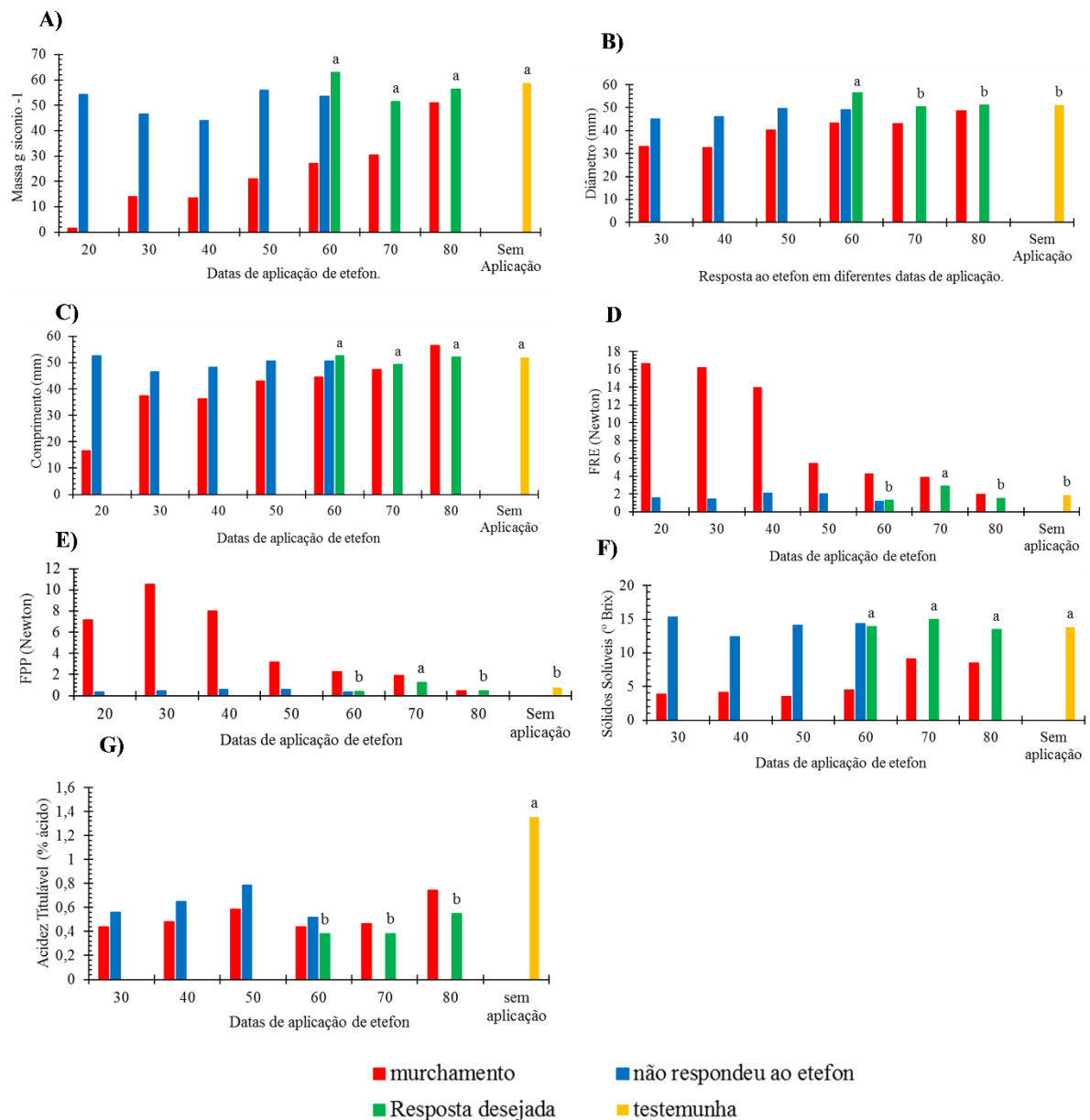


FIGURA 8 – Qualidade dos sicônios colhidos em “estado de vez” após aplicação de etefon representados pelas diferentes classificações de resposta e data de aplicação de etefon, analisando: a) massa (g); b) diâmetro (mm); c) comprimento (mm); d) Força de ruptura de epiderme (Newton); e) Força de ruptura de epiderme (Newton); f) força de penetração da polpa (Newton); f) Sólidos Solúveis Totais (°Brix); e g) Acidez titulável (% ácido cítrico). A análise estatística foi realizada apenas para os sicônios do grupo que obtiveram resposta positiva a aplicação de etefon e comparadas com a testemunha (maturação sem aplicação), resultados com letras iguais não possuem diferença estatística a 5% de probabilidade de erro (Scott-knott).

A acidez titulável foi significativamente maior nos pseudofrutos testemunhas em relação aos sicônios que não receberam aplicação de etefon (Figura 8g), o que pode conferir

alguma alteração de sabor. Tal condição, provavelmente decorra do consumo de ácidos orgânicos dos sicônios pelo processo de maturação mais acelerada induzido pelo etefon. Para a FRE e FPP, os sicônios com respostas desejadas tratados com 70 dias de idade apresentam maior firmeza em relação a testemunha e aos demais tratamentos. Como essa maior firmeza não se confirmou nas demais datas de aplicação, não pode atribuir esse resultado ao etefon. Por meio da análise estatística verificou-se que o diâmetro obtido após a aplicação de etefon foi maior no tratamento de 60 dias de idade, e os tratamentos em 70 e 80 dias de idade se igualaram à testemunha (Figura 8b). Para entender esse resultado, se comparou o diâmetro pré-aplicação de etefon, verificando-se que esses já eram maiores que nas demais datas e que esse não foi resultado da aplicação do etefon. Tal condição indica que os figos com bom desenvolvimento podem chegar a respostas favoráveis antes da data do desenvolvimento normal, podendo-se adotar o diâmetro como critério de campo.

6 CONCLUSÕES

A maturação natural de figos roxo de Valinhos, na região Extremo Oeste de Santa Catarina, levou em média de 94 dias, com distribuição de maturação entre 75 e 110 dias. O desenvolvimento permite diferenciar três fases: 1) rápido desenvolvimento inicial; 2) período de aparente estabilidade, seguido de 3) rápido desenvolvimento final e maturação.

As aplicações de etefon 500 ppm nas datas de 20 dias aos 50 dias após florescimento resultaram em respostas indesejadas para indução artificial de maturação.

Os resultados satisfatórios de indução de maturação por etefon começaram a aparecer junto a indesejados nas datas de 60 e 70 dias, observando-se respostas desejadas em sicônios que possuíam diâmetro médio superior a 39 mm.

Aos 80 dias de idade após florescimento registrou-se 95% de respostas desejáveis para maturação por indução artificial.

A indução artificial com etefon 500 ppm induziu a maturação dos sicônios em 3 a 4 dias após aplicação. A qualidade desses figos foi similar aos de maturação natural, excetuando-se a menor acidez titulável quando da indução artificial.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo corroborou o conhecimento sobre a divisão da evolução dos figos em três estágios de desenvolvimento. Contudo, verifica-se uma desuniformidade entre os sicônios e o tempo para maturação natural foi maior que o encontrado na literatura. Esse último pode estar relacionado às condições ambientais registradas no cultivo, mas também com variações na metodologia para a definição da data de plena floração, que seguiu uma média entre as plantas e os dois primeiros figos de cada ramo.

Na Safra 2020/21 enfrentou déficit hídrico severo, sendo que o sistema de irrigação por gotejamento foi insuficiente para atender as necessidades da cultura. Tal condição pode ter afetado o desenvolvimento e os resultados de correlação entre o tempo, tamanho, massa e momento das respostas às aplicações de etileno nos sicônios. Para aumentar a segurança, sugere-se a necessidade de novos estudos em safras com precipitações normais ou irrigação suficiente para atender a necessidade da cultura.

Ao projetarmos a linha de tendência de respostas desejadas sobre o gráfico permite estimar que os 100% de respostas desejáveis seriam atingidos aos 82 dias após a floração no experimento analisado. Contudo, cabe a ressalva destacada acima quanto a alteração no ciclo decorrente do estresse hídrico.

Entre os parâmetros de qualidade que sofreram alterações decorrentes da aplicação de etefon, em relação à maturação natural, se destaca a acidez titulável. Nesse sentido, caberia analisar se a menor acidez afeta a qualidade sensorial. Além disso, a aceleração fisiológica induzida pelo etileno pode manter-se elevada no pós-colheita, cabendo avaliar possíveis impactos na redução do tempo de prateleira.

Há identificação de figos com respostas satisfatórias em datas anteriores aos 80 dias, desde que o diâmetro >39 mm. Contudo, cabe destacar a indução artificial pelo etileno também ocorre em diâmetro <40 mm, desde que em sicônios mais velhos. Como a identificação do tempo após floração é de difícil controle pelo produtor, pode-se criar recomendações técnicas baseadas no diâmetro como critério do momento para a aplicação.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, D.; YANG, S.F. 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**, v. 76, n. 1, p. 170-174, 1979.
- BERNARDI, M. Análise de oportunidades para produtos da horticultura na região Extremo Oeste Catarinense. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2021.
- GONÇALVES, C.A.A.; LIMA, L.C.O.; LOPES, P.S.N.; PRADO, M.E.T. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 220-229, 2006.
- KERBAUY, G.B **Fisiologia Vegetal** [meio eletrônico]. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.a; 2004. 452 p. [Acesso em: 02 jun 2020]. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/biologia/livros/FISIOLOGIA%20VEGETAL%20-%20GILBERTO%20BARBANTE%20KERBAUY.pdf>.
- LEONEL, S.; SAMPAIO, A.C. **A figueira**. São Paulo: UNESP, 2011. 396 p.
- MANUAL E 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 de Solo; 2016. 376 p.
- LIMA, Marilene de; MIRANDA, Guilherme. **Setembro com volumes baixos de chuva no oeste de SC**. 2020. EPAGRI Ciram. Disponível em: <https://circam.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, C.H.B. et al. Determinação da Fixação Biológica de Nitrogênio o Amendoim Forrageiro (*Arachis spp*) por Intermédio da Abundância Natural de ¹⁵N. **Ver. Brasileira de Zootecnia**. V.32, n. 6, p. 1859-1865, 2003.
- MAPSON, L.; ROBINSON, J.E. Relation between oxygen tension, biosynthesis of ethylene, respiration and ripening changes in banana fruit. **Food Science Technology**, v. 1, n. 3, p. 215-225, 1966.
- MAREI, N.; CRANE, J.C. Growth and respiratory response of fig (*Ficus carica* L. cv. Mission) fruits to ethylene. **Plant Physiology**, v. 48, n. 3, p. 249-254, 1971.

OETIKER J.H.; YANG S.F. The Role Of Ethylene in Fruit Ripening. **Acta horticulturae**, (397) p.197-198, 1995.

PAIVA, E.P.; LIMA, M.S.; PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

PEREIRA, F.M.; MAIORANO, J.A. 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, 2., 2010, Campinas, SP. **Anais...** Campinas - SP: FEAGRI - UNICAMP 2010. 204p.

PETRI, J.L.; HAVERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; SEZERINO, A.A.; COUTO, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016. 141p.

PIO R. **CULTIVO DE FRUTIFERAS de Clima Temoerado em Regiões Subtropicais e Tropicais**. 2. ed. Laras Mg: Ufla; 2018. 681 p.

POTTER, Reinaldo Oscar *et al.* **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: solos do estado de santa catarina. 21. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. 721 p.

PUECHE, A.A.; REBEIZ, C.A.; CRANE, J.C. Pigment changes associated with application of ethephon (2-chloroethyl phosphonic acid) to fig (*Ficus carica* L.) fruits. **Plant Physiology**, v. 57, p. 504-509, 1975.

RODRIGUES, A.C.; FACHINELLO, J.C.; SILVA, J.B. Antecipação e uniformização da maturação de figos cv. Roxo de Valinhos com uso de fitoreguladores e óleo de oliva. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 3, n. 2, p. 69-73, 1997.

SANTOS H.G. dos...[et.al]. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3º ed. rev. ampl.- Brasília DF: Embrapa, 2013. 353 p.

TAIZ L.... [et.al] Fisiologia e desenvolvimento vegetal [meio eletrônico]. 6º ed.- Porto Alegre RS. 2017. [Acesso em 31 ago 2020]. Disponível em: https://grupos.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/474835/mod_resource/content/0/Fisiologia%20e%20desenvolvimento%20vegetal%20-%20Zair%206%C2%AAed.pdf

APÊNDICE I – Gráficos adicionais

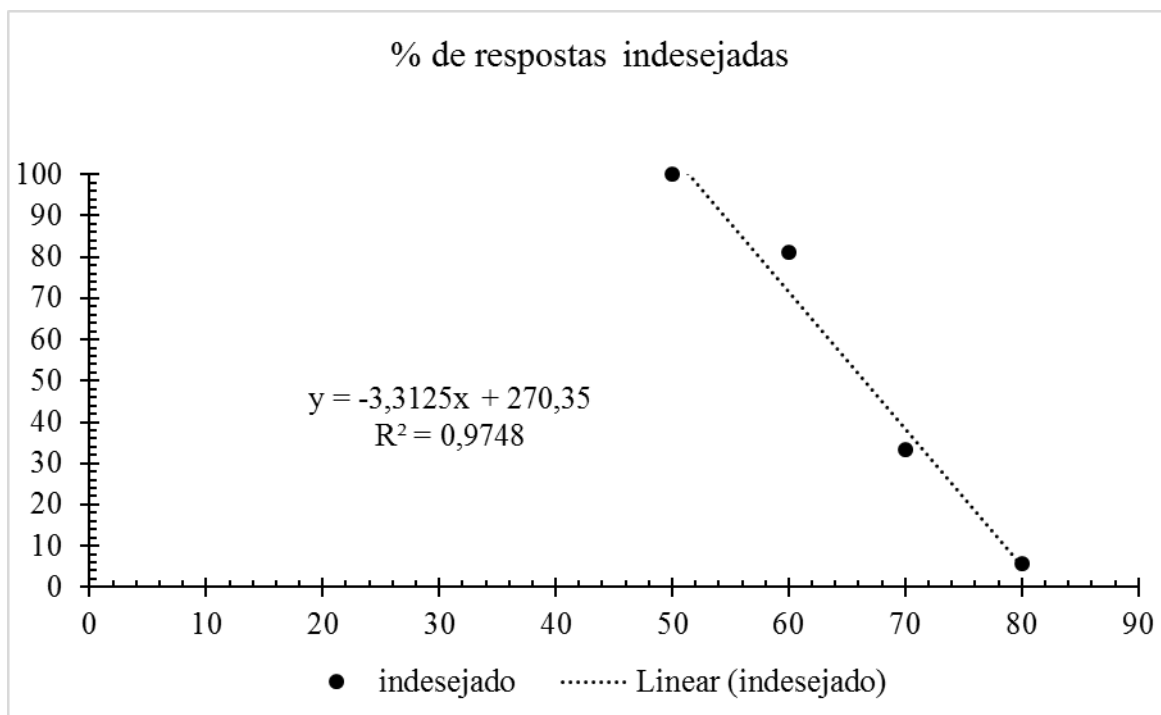


Figura 9 – Percentual de respostas indesejadas à aplicação de etefon 500 ppm em figos entre os 50 e 80 dias após plena floração, São Miguel do Oeste, Safra 2020/21.

APÊNDICE II - Relatos fotográficos registrada durante o trabalho.

Análise de Sólidos Solúveis



Fonte: Prof. Dr. Adinor José Capelesso (orientador do trabalho)

Análise Acidez Titulável



Brotação/Emissão de sicônios



Murchamento



Maturação natural



Início de maturação



Início da brotação de ramos que irão frutificar



Início da frutificação da figueira



Fonte: O autor