UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
Faculdade de Ciências Agronômicas
UNESP | BOTUCATU

LAÍS NAIARA HONORATO MONTEIRO

FISIOLOGIA E FENOLOGIA DA BROTAÇÃO DE ESTACAS DE CULTIVARES DE FIGUEIRA INDUZIDAS PELO FRIO ARTIFICIAL

Botucatu

2020

LAÍS NAIARA HONORATO MONTEIRO

FISIOLOGIA E FENOLOGIA DA BROTAÇÃO DE ESTACAS DE CULTIVARES DE FIGUEIRA INDUZIDAS PELO FRIO ARTIFICIAL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Horticultura).

Orientadora: Sarita Leonel

Coorientador: Jackson Mirellys Azevêdo Souza

Botucatu

2020

M775f

Monteiro, Laís Naiara Honorato
Fisiologia e fenologia da brotação de estacas de cultivares de figueira induzidas pelo frio artificial / Laís Naiara Honorato Monteiro. -- Botucatu, 2020
87 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientadora: Sarita Leonel
Coorientador: Jackson Mirellys Azevêdo Souza

1. Ficus carica L.. 2. Frutífera de clima temperado. 3. Ficicultura. 4. Zoneamento Agroclimático. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FISIOLOGIA E FENOLOGIA DA BROTAÇÃO DE ESTACAS DE CULTIVARES DE FIGUEIRA INDUZIDAS PELO FRIO ARTIFICIAL

AUTORA: LAÍS NAIARA HONORATO MONTEIRO
ORIENTADORA: SARITA LEONEL
COORIENTADOR: JACKSON MIRELLYS AZEVÊDO SOUZA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª SARITA LEONEL
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. MARLON JOCIMAR RODRIGUES DA SILVA
Pós-Doutorando - Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Dr. EMERSON LOLI GARCIA
Botucatu/SP / .

Prof.ª Dr.ª MARIA GABRIELA FONTANETTI RODRIGUES
Curso de Engenharia Agronômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. ANTONIO FLÁVIO ARRUDA FERREIRA
Agronomia / Universidade do Estado de Mato Grosso

Botucatu, 24 de agosto de 2020

Dedico aos anjos **Endrigo** e **Mariana** (*In Memoriam*), irmãos que não conheci, porém, estão presentes em minha vida, e nunca me deixaram só. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me conceder paciência e tranquilidade nos momentos de anseios, e sabedoria mesmo quando presumi não precisar.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, sobretudo aos funcionários do Departamento de Horticultura, pela disponibilidade de trabalho para execução desse estudo. Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais da UNESP/Botucatu (CERAT), especialmente ao Emerson, pelas horas dispensadas às minhas análises.

À minha orientadora, Profa. Dra. Sarita Leonel, que sempre me recebeu carinhosamente e dispôs seu tempo para me ajudar e transmitir rico conhecimento. Meu muito obrigada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Isac e Lucia, por me amarem, respeitarem e apoiarem todas minhas escolhas e renúncias. Por não medirem esforços para oferecer-me uma boa educação, a qual, sem ela, não alcançaria minhas conquistas. Irei honrá-los para sempre. Todo amor do mundo a vocês.

Aos meus avós, Amara e Isaías, pela preocupação, carinho e ensinamentos bíblicos. Não possuiria metade dos meus princípios se não fosse o amor de vocês por mim. Agradeço todos os dias por terem me proporcionado infância e lembranças profundamente felizes.

Ao meu noivo, Rodrigo, pelo apoio, dedicação e amor a tudo que verdadeiramente me alegra e agrada. Por toda compreensão em dias de ansiedade e não tão boa companhia. Por ser meu melhor amigo, há 10 anos. Eu te amo.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa em fruticultura, Jackson, Luiza, Marcelo, Rafael, Rafaelly e Anita. Por todos os momentos de descontração no Laboratório, Pomar e São Manuel. Pela disponibilidade em horários noturnos de muito frio para instalação e condução do meu experimento.

Aos momentos proporcionados por Silvia, Luiza, Nathalia, Rudieli, Raira e Isabô em visitas técnicas, passeios turísticos, almoços de domingo, noites de jogos e churrascos. Por serem minha família em Botucatu.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Horticultura) pela transferência de conhecimento, o qual serviu de alicerce para entendimento e desenvolvimento do projeto.

Ao Engenheiro Agrônomo Dr. Antonio Ribeiro da Cunha, por ter concedido os dados climáticos.

À Dra. Carla Regina Corrêa, pela disponibilidade em me ajudar nas pesquisas e análises laboratoriais.

À Profa. Dra. Aparecida Conceição Boliani, por ter me orientado durante o mestrado, ser minha amiga e querer o melhor para mim. Obrigada por tudo nessa trajetória.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para realização e conclusão dessa etapa.

“Sei que meu trabalho é uma gota no oceano, mas sem ele, o oceano seria menor”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A figueira é uma frutífera de clima temperado já difundida em diversas regiões do Brasil, entretanto, dentre as cultivares disponíveis, predominantemente Roxo de Valinhos tem sido cultivada comercialmente. Essa frutífera requer frio para garantir o sucesso da brotação, entretanto, existem poucas informações na literatura sobre o assunto, o que pode ocasionar em determinações inadequadas de cultivo, para regiões com tipos climáticos distintos. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a fisiologia e fenologia da brotação de estacas de cultivares de figueira, submetidas ao frio artificial. As estacas das cultivares Roxo de Valinhos, Brown Turkey, Pingo de Mel, Troyano e White Genova foram coletadas no final do inverno e padronizadas com 20 cm de comprimento. Posteriormente, foram acondicionadas em câmara fria (8±0,5ºC) e submetidas a 0, 40, 80, 120 e 160 horas de frio artificial. Para fenologia da brotação, realizou-se o teste biológico de "estacas de nós isolados", sendo as estacas de 7 cm colocadas em condições controladas (23±1ºC, UR 85% e fotoperíodo de 16 horas). Quanto à fisiologia da brotação, determinou-se as atividades da SOD e da POD, e os teores de carboidratos e de nitrogênio total. Para fenologia da brotação avaliou-se a velocidade, tempo médio e taxa final de brotação, taxa de brotações vigorosas e tempo médio para surgimento de folhas abertas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. As cultivares de figueira comportaram-se diferentemente quando foram expostas aos níveis de acúmulo de horas de frio, promovendo alterações fisiológicas e fenológicas tanto no repouso vegetativo quanto na brotação das gemas, confirmando que responderam de forma diferente às condições climáticas de cada ciclo agrícola. 'Roxo de Valinhos' e 'Pingo de Mel' exigiram menos HF para quebrar a dormência, enquanto 'Troyano' exigiu mais. O teste biológico de "estacas de nós isolados" permitiu avaliar a saída do repouso vegetativo e a fenologia entre as cultivares de figueira. Variações no tempo médio de brotação e na taxa final de brotação de cultivares de figueira podem estar relacionadas às exigências de baixas e altas temperaturas. Em uma escala de menor para maior exigência em horas de frio artificial para brotação das gemas, as cultivares foram classificadas em: Pingo de Mel < Roxo de Valinhos < Brown Turkey < White Genova < Troyano. As cultivares avaliadas possuem potencial para diversificação da ficicultura nacional, além do figo 'Roxo de Valinhos', tradicionalmente cultivado. Este primeiro relato sobre a necessidade de baixas temperaturas das estacas de figueira no Brasil, facilitará a criação de programas de melhoramento genético para cultivares com baixo requerimento de frio.

Palavras-chave: *Ficus carica* L. Frutífera de clima temperado. Ficicultura. Zoneamento Agroclimático.

ABSTRACT

The fig trees grow in temperate climate, however it has also been widely cultivated in many regions of Brazil. Roxo de Valinhos is the most important fig cultivar in Brazilian commercial fig production. Figs requires chill hours to guarantee a successful sprouting, nevertheless there are few researches on this topic, which can causes inappropriate recommendations for crops, mainly because of the differences in the climate classification of some regions. Thus, the aim of the present study was to evaluate the sprouting physiology and phenology of fig cultivars submitted to artificial chilling hours. The cuttings of Roxo de Valinhos, Brown Turkey, Pingo de Mel, Troyano and White Genova cultivars were collected in late winter and standardized at 20 cm length. They were stored in a laboratory cold chamber at 8±0.5ºC and then subjected to 0, 40, 80, 120 and 160 hours of artificial chilling. For bud phenology, the single node cuttings biological test was performed on 7 cm cuttings placed under controlled conditions at 23±1ºC, RH of 85%, and a 16-hour photoperiod. Regarding the physiology of sprouting, carbohydrates and nitrogen contents, and the activity of antioxidant enzymes superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) were determined. Sprouting vigor was evaluated by velocity, average time, final sprouting rate, vigorous sprouting rate and average time for open leaf appearance. Results detected that cultivars behaved differently by promoting physiological changes and phenological when exposed to different amounts of chill hours, confirming that they responded differently to the climatic conditions of each agricultural cycle. The cultivars Roxo de Valinhos and Pingo de Mel required fewer chill hours than ‘Troyano’ to end the rest vegetative period. The single node cutting biological test allowed the evaluation of rest vegetative and phenology overcome of among fig cultivars. Variations in the average time sprouting and final sprouting rate of fig cultivars may be related to the requirements of low and high temperatures. On a scale from lower to higher demand in artificial chilling hours for bud sprouting, the cultivars were classified as: Pingo de Mel < Roxo de Valinhos < Brown Turkey < White Genova < Troyano. The evaluated cultivars have potential to diversify the national fig orchards, besides fig 'Roxo de Valinhos', traditionally cultivated. This first report on the fig stem cuttings chilling requirement in Brazil will facilitate the breeding programs for low chilling requirement cultivars.

Keywords: *Ficus carica* L. Fruit of temperate climate. Fig orchards. Agroclimatic Zoning.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1 - Folha[1] e fruto[2] de figueira *(Ficus carica* L.) cultivar: Roxo de Valinhos (A), Brown Turkey (B), Pingo de Mel (C), Troyano (D) e White Genova (E).....30

Figura 2 - Teores de superóxido dismutase (SOD) (U mg^{-1}prot) em estacas de figueira submetidas às horas de frio, nos ciclos agrícolas de 2017 (A) e 2018 (B). Botucatu/SP.....37

Figura 3 - Teores de peroxidase (POD) (µmol $min^{-1}mg^{-1}$prot) em estacas de figueira submetidas a horas de frio, nos anos agrícolas de 2017 (A) e 2018 (B). Botucatu/SP.....39

Figura 4 - Teores de amido (%) em estacas de figueiras submetidos a diferentes horas de frio nos ciclos agrícolas de 2017 (A) e 2018 (B). Botucatu/SP 42

Figura 5 - Teores (%) de açúcares totais (A e B), redutores (C e D) e não redutores (E e F) em estacas de figueiras submetidos a diferentes horas de frio nos ciclos agrícolas de 2017 (lado esquerdo) e 2018 (lado direito). Botucatu/SP.....44

Figura 6 - Teor de nitrogênio total (g kg^{-1}) em estacas de figueira submetidas às horas de frio. Botucatu/SP - 2018.....49

Capítulo 2

Figura 1 - Estacas de figueira (*Ficus carica* L.) acondicionados em bandejas com espuma fenólica (A) e protegidas com fita Parafilm® na extremidade superior (B). Botucatu/SP.....66

Figura 2 - Estacas de figueira (Ficus carica L.) cultivar: Roxo de Valinhos (A); Brown Turkey (B); Pingo de Mel (C); Troyano (D) e White Genova (E) submetidas a horas de frio suplementar. Botucatu/SP. [1]Gema dormente, [2]Ponta verde, [3]Gema alongada, [4]Gema aberta. Barra = 1 cm.....67

Figura 3 - Teores de velocidade de brotação (VB) em 2017 (A), taxa de brotação vigorosa (TBV) em 2018 (B), tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA) em 2017 (C) e 2018 (D). Botucatu/SP 72

Figura 4 - Tempo médio de brotação (TMB) em 2017 (A) e 2018 (B), taxa final de brotação (TFB) em 2017 (C) e taxa de brotação vigorosa (TBV) em 2017 (D). Botucatu/SP.....74

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Características químicas do solo e teores de macronutrientes da área experimental. Botucatu/SP – 2017.... 31

Tabela 2 - Teores de micronutrientes do solo da área experimental, Botucatu/SP – 2017 31

Tabela 3 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a dezembro de 2017..... 32

Tabela 4 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a agosto de 2018.....32

Tabela 5 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficientes de variação (CV) e médias de superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD), nos anos agrícolas de 2017 e 2018. Botucatu/SP.....37

Tabela 6 - Valores do teste F, graus de liberdade, coeficientes de variação (CV) e médias de amido (AM) e açúcares totais (AT), redutores (AR) e não redutores (ANR) em 2017 e 2018. Botucatu/SP 41

Tabela 7 - Teores (%) de amido em estacas de figueira. Botucatu/SP - 2017.....43

Tabela 8 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficientes de variação (CV) e médias de nitrogênio total, nos anos agrícolas de 2017 e 2018. Botucatu/SP 48

Tabela 9 - Teores de nitrogênio total (g kg^{-1}) em estacas de figueira. Botucatu/SP – 2017.. 48

Capítulo 2

Tabela 1 - Características químicas do solo e teores de macronutrientes da área experimental. Botucatu/SP – 2017 63

Tabela 2 - Teores de micronutrientes do solo da área experimental, Botucatu/SP – 2017 63

Tabela 3 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a dezembro de 2017.....64

Tabela 4 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a agosto de 2018 64

Tabela 5 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficientes de variação (CV) e médias de velocidade de brotação (VB), tempo médio para brotação (TMB), taxa final de brotação (TFB), taxa de brotações vigorosas (TBV) e, tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA), nos anos agrícolas de 2017 e 2018. Botucatu/SP 69

Tabela 6 - Teores médios de velocidade de brotação (VB), tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA), taxa de brotações vigorosas (TBV) e taxa final de brotação (TFB) de cultivares de figueira. Botucatu/SP 70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HF	Horas de frio
SOD	Superóxido dismutase
POD	Peroxidase
AM	Amido
AT	Açúcares totais
AR	Açúcares redutores
ANR	Açúcares não redutores
VB	Velocidade de brotação
TMB	Tempo médio para brotação
TFB	Taxa final de brotação
TBV	Taxa de brotações vigorosas
TMFA	Tempo médio para surgimento de folhas abertas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....23

CAPÍTULO 1 - ACÚMULO DE FRIO NA FISIOLOGIA E LIBERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE CULTIVARES DE FIGUEIRA.....26

1.1 INTRODUÇÃO 27

1.2 MATERIAL E MÉTODOS 29

1.2.1 Localização e caracterização da área experimental e do material vegetal.29

1.2.2 Quantificação das horas de frio 31

1.2.3 Coleta, preparo e condicionamento do material vegetal.....32

1.2.4 Variáveis analisadas.....33

1.2.4.1 Atividade das enzimas antioxidantes.....33

1.2.4.2 Teores de carboidratos e nitrogênio 34

1.2.5 Delineamento experimental e análises estatísticas 35

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....36

1.3.1 Atividade das enzimas antioxidantes.....36

1.3.2 Teores de carboidratos e de nitrogênio 40

1.4 CONCLUSÕES 51

REFERÊNCIAS 52

CAPÍTULO 2 - FENOLOGIA DA BROTAÇÃO DE GEMAS DE FIGUEIRAS EM RESPOSTA A EXPOSIÇÃO DAS ESTACAS AO FRIO ARTIFICIAL 59

2.1 INTRODUÇÃO 60

2.2 MATERIAL E MÉTODOS 62

2.2.1 Localização e caracterização da área experimental.....62

2.2.2 Quantificação das horas de frio 63

2.2.3 Coleta, preparo e condicionamento do material vegetal.....65

2.2.4 Teste biológico de “estacas de nós isolados” 65
2.2.5 Caracterização fenológica 66
2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística 68
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 69
2.4 CONCLUSÕES 78
REFERÊNCIAS 79
CONSIDERAÇÕES FINAIS 83
REFERÊNCIAS 85

INTRODUÇÃO GERAL

A figueira (*Ficus carica* L.), pertencente à família Moraceae, é uma frutífera originária da Ásia Menor e da Síria, e seus frutos têm tido o consumo (*in natura* e desidratado) incrementado devido às várias atividades biológicas como antibacteriana, antiviral e antioxidante, podendo ser incluída na classe de alimentos nutracêuticos (SOLOMON et al., 2006; DUEÑAS et al., 2008; LAZREG-AREF et al., 2012).

Com 25.883 toneladas em uma área de 2.410 ha, o Brasil está em décimo primeiro lugar no ranking mundial da produção, sendo a Turquia, o país líder na produção de figos (FAOSTAT, 2020). Quando se trata do Hemisfério Sul, o Brasil destaca-se como maior produtor, sendo que a produção nacional coincide com a entressafra do mercado mundial no Hemisfério Norte (BISI et al., 2016).

Considerada uma cultura promissora para o desenvolvimento e comercialização nacional, a produção da figueira se destaca nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo (DIAS et al., 2013). Tal falto evidencia que, apesar de ser uma espécie de clima temperado, sua rusticidade assegura a implantação em diversas condições edafoclimáticas nacionais (LEONEL; TECCHIO, 2010; CHALFUN, 2012).

No Brasil, a cultivar Roxo de Valinhos predomina na produção comercial (NORBERTO et al., 2018), sendo que os frutos costumam ser destinados ao consumo fresco (*in natura*) ou à indústria (verdes) e possuem comprimento de 35,3 mm, peso em torno de 90 g, coloração externa roxo-escuro e polpa rosa-violáceo (MAIORANO et al., 1997; PEREIRA; NACHTIGAL, 1999; PIO; CHAGAS, 2011; RODRIGUES et al., 2019). Apesar disso, o país possui excelentes possibilidades de produção e apresenta mais de 25 cultivares distintas (PENTEADO, 1999; FAOSTAT, 2020). A implantação de cultivares adaptadas e de qualidade às condições impostas, tornou-se fundamental na realidade e diversificação da ficicultura no Brasil (KOTZ et al., 2011).

No contexto, embora algumas cultivares de figueira não sejam atualmente cultivadas em grande escala no Brasil, há genótipos que poderiam permitir a condução da diversidade vegetal e de pomares produtivos (FERRAZ et al., 2020). A cultivar Brown Turkey apresenta figos com 80 a 90 g e polpa branca ou rosa claro (PRATAVIERA; ALIVERTI, 1991; CRISOSTO et al., 2011). ‘Pingo de Mel’, possui

alto potencial produtivo, com frutos pequenos de aproximadamente 35 g, com coloração externa verde-amarela e polpa âmbar (PEREIRA; NACHTIGAL, 1999; SIMÃO, 1999; PIO; CHAGAS, 2011; RODRIGUES et al., 2019). Cultivar italiana grandemente cultivada nos EUA, ‘Troyano’ apresenta plantas vigorosas que suportam condições de déficit hídrico e, produção de figos pequenos com 35 g e com pedúnculo grande (RODRIGUES et al., 2019; FERRAZ et al., 2020). Finalmente, ‘White Genova’, a qual tem origem italiana, produz figos de tamanho mediano que pesam em torno de 80 g, com coloração externa verde-amarelada e polpa verde-esbranquiçada com pontos vermelhos (CONDIT, 1955; MORTON, 1987).

Aliado ao conhecimento acerca das cultivares de figueira, estudos em relação às exigências climáticas e fatores fisiológicos da brotação são essenciais. Alguns autores afirmam que a figueira apresenta baixa exigência de frio para indução da brotação, adaptando-se às regiões que apresentem de 0 a 150 horas de frio, possuindo dormência menos profunda que outras espécies de clima temperado (ANTUNES, 1985; CHALFUN et al., 1998) como cultivares de macieira e cerejeira por exemplo, as quais exigem até 1700 e 1300 horas de frio, respectivamente (OUKABLI; MEKAOUI, 2012).

A falta de conhecimento sobre a necessidade e os efeitos do acúmulo de frio hibernal das cultivares de figueira pode prejudicar seu estabelecimento em algumas regiões do país, tornando-se um obstáculo para atingir alta produtividade, uma vez que é direta a influência da dormência das gemas na condição fisiológica da planta, como na atividade de enzimas antioxidantes, por exemplo a SOD e a POD, no fluxo de carboidratos e suprimentos de nutrientes como o nitrogênio, o que reflete na produtividade e qualidade dos frutos (EREZ, 2000; CARVALHO; ZANETTE, 2004; HAWERROTH et al., 2013).

Além da fisiologia, por meio da caracterização fenológica é possível compreender os modelos de crescimento e de previsão de safra da cultura, uma vez que quando há o entendimento do zoneamento agroclimático de cultivares, tecnologias disponíveis àquela região e material genético são adequadamente utilizadas, possibilitando assim, ampliar ou antecipar o período de colheita (HEEMST, 1988; SILVA et al., 2006; ANTUNES et al., 2008).

Porém, é difícil obter a determinação exata sobre o requerimento de frio e sua implicação na indução da brotação de espécies lenhosas em circunstâncias de

campo, uma vez que muitas variáveis como a incidência solar, variações da temperatura diurna, entre outros fatores, não podem ser controlados. Para tanto, o teste biológico de “estacas de nós isolados” demonstra ser uma ferramenta apta para avaliar a profundidade e desenvolvimento da dormência de gemas destas espécies (CHAMPAGNAT, 1983; BALANDIER, 1992; DENNIS JUNIOR, 2003; GARIGLIO et al., 2006).

Diante do exposto, evidencia-se que pesquisas acerca da exposição da cultura ao frio se fazem fundamentais para viabilizar o plantio e produção em regiões aptas. Sendo assim, objetivou-se avaliar a fisiologia e fenologia da brotação de estacas de cultivares de figueira, quando induzidas ao frio artificial.

CAPÍTULO 1 - ACÚMULO DE FRIO NA FISIOLOGIA E LIBERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE CULTIVARES DE FIGUEIRA

RESUMO

Flutuações na disponibilidade de horas de frio influenciam a quebra da dormência e a brotação das frutíferas de clima temperado e consequentemente, sua brotação em diferentes regiões. No entanto, existem poucos relatos sobre o assunto para a figueira. Aliado a isso, informações acerca da ação de enzimas antioxidantes, dinâmica de carboidratos e do nitrogênio, são fundamentais por estarem diretamente relacionadas às estratégias do adequado zoneamento agroclimático das cultivares de figueira. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência do acúmulo das horas de frio na fisiologia e na liberação do repouso vegetativo das cultivares de figueira. Para tal, estacas de 'Roxo de Valinhos'; 'Brown Turkey'; 'Pingo de Mel'; 'Troyano' e 'White Genova', foram coletados no final do inverno, padronizados e posteriormente envolvidos em papel umedecido e acondicionados em câmara fria (8±0,5ºC) por 0, 40, 80, 120 e 160 horas de frio artificial (HF). As atividades da superóxido dismutase (SOD) e da peroxidase (POD), e os teores de carboidratos e de nitrogênio total das estacas foram avaliados. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. A fisiologia do repouso vegetativo da figueira é influenciada pelo acúmulo de horas de frio, influenciando a atividade das enzimas antioxidantes, teores de carboidratos e nitrogênio. As cultivares responderam de diferentemente às condições climáticas de cada ciclo agrícola. 'Roxo de Valinhos' e 'Pingo de Mel' exigiram menos horas de frio para superar o período de repouso vegetativo, enquanto 'Troyano' exigiu mais. Este primeiro relato sobre a necessidade de baixas temperaturas das estacas de figueira no Brasil, facilitará a criação de programas de melhoramento genético para cultivares com baixo requerimento de frio.

Palavras-chave: *Ficus carica* L.. Repouso vegetativo. Carboidratos. Enzimas antioxidantes. Diversidade varietal. Zoneamento agroclimático.

ABSTRACT

Fluctuations in chill hours availability influence dormancy break and sprouting of temperate fruit trees; consequently, their production in different regions. However, there are few reports on the subject for fig tree. In addition, there is little information on antioxidant enzymes activities, carbohydrates and nitrogen dynamics, as they are fundamental to agroclimatic zoning of fig cultivars. The aim of the present study was to investigate the influence of the accumulation of chilling hours on the physiology and the end of vegetative rest of fig cultivars. Then, cuttings of 'Roxo de Valinhos', 'Brown Turkey', 'Pingo de Mel', 'Troyano' and 'White Genova' were collected at the

end of winter, were standardized, wrapped in moistened paper towel and stored in a laboratory cold chamber at 8±0.5 ºC for 0, 40, 80, 120 and 160 hours of artificial-chilling. Samples were used to evaluate activities of Superoxide dismutase (SOD) and (Peroxidase) POD, carbohydrates and total nitrogen contents. Data were evaluated in a split-plot scheme, organized in randomized complete block design. Results detected that physiology of the vegetative rest of the fig tree is influenced by the accumulation of chilling hours, influencing the activity of antioxidant enzymes, carbohydrate and nitrogen contents. The cultivars responded differently to the climatic conditions of each agricultural cycle. ‘Roxo de Valinhos' and 'Pingo de Mel' required fewer chilling hours to overcome the vegetative rest period, while 'Troyano' required more. This first report on the fig stem cuttings chilling requirement in Brazil will facilitate the breeding programs for low chilling requirement cultivars.

Keywords: *Ficus carica* L. Vegetative rest. Carbohydrate. Antioxidant enzymes. Varietal diversity. Agroclimatic zoning.

1.1 INTRODUÇÃO

A figueira (*Ficus carica* L.) possui grande importância mundial, sendo que no Brasil seu sucesso perdura há vários anos, estando o país na 11ª posição do ranking de produtores mundiais. Dentre as frutas de clima temperado, a exportação brasileira de figos está atrás apenas da uva e da maçã, o que garante ao Brasil o primeiro lugar de maior exportador e produtor do Hemisfério Sul, vantagem adquirida pelo fato da produção nacional ocorrer na entressafra do mercado exterior (OLIVEIRA JUNIOR, 2018; FAOSTAT, 2020).

Apesar de ser considerada uma cultura que apresenta boa rusticidade, a ficicultura nacional necessita de informações a respeito de cultivares comerciais que são adaptadas aos diversos climas existentes no Brasil, sobretudo pelo fato da produção ser baseada predominantemente em uma única cultivar, a Roxo de Valinhos. Dessa forma, é fundamental que se invista na diversificação varietal, de modo a obter maiores produtividades, bem como aspectos sobre ampliação dos períodos de colheita e de oferta ao mercado consumidor (ANTUNES et al., 2008; RODRIGUES et al., 2019).

As figueiras podem ser cultivadas em regiões de clima frio até regiões semiáridas devido sua origem em clima mediterrâneo, um tipo de clima temperado menos rigoroso, sendo que, segundo Vossen e Silver (2000) e Flaishman et al. (2008) exigem menos de 150 horas de frio para regular desenvolvimento de brotos.

Para atingir uma produção satisfatória, essa frutífera tem baixa ou nenhuma hora de frio (menor ou igual a 7,2°C) durante a liberação de dormência (OUKABLI; MEKAOUI, 2012). Entretanto, em um estudo sobre a necessidade térmica da cultivar Roxo de Valinhos em Botucatu/SP, Souza et al. (2009) relataram as temperaturas mínimas (8ºC) e máximas (36ºC) basais depois de observação por cinco anos.

Por estar difundida mundialmente, a figueira apresenta grande diversidade de cultivares, as quais possuem aspectos morfológicos e exigências fisiológicas distintos entre elas (DOMINGUEZ, 1990). Neste contexto, Condit (1955) enfatiza que, como a maioria das espécies de clima temperado, a figueira é influenciada pelas condições ambientais a qual é submetida, pois além das características morfológicas que diferenciam as cultivares como folhas e hábito de crescimento, existe uma correlação entre a época de brotação das gemas e a exigência em horas de frio para superação da dormência.

Anteriormente ao período dormente, frutíferas de clima temperado armazenam carboidratos em suas raízes na forma de amido, o que é fundamental para as plantas, pois estes carboidratos são essenciais para a sustentação do desenvolvimento vegetal em períodos de repouso vegetativo e de estresse, como a embolia dos vasos, causada devido às temperaturas de congelamento, e no surgimento e produção de ramos e frutos (AMEGLIO et al., 2001; BORBA et al., 2005).

A translocação de carboidratos das plantas está intimamente ligada à temperatura, posto que há interferência no fluxo de água na qual os carboidratos solúveis estão dissolvidos (HERTER et al., 2001). Quando a planta é submetida às baixas temperaturas, há aumento da atividade das amilases e fosforilases, as quais irão degradar o amido e formar os açúcares solúveis colaborando para que a tolerância da espécie seja maior durante o frio (AMEGLIO et al., 2001; BONHOMME et al., 2005). Além disso, a determinação do teor de carboidratos presentes nos ramos é fundamental para o planejamento da época de poda, pois além de estar associada com a fase que o ramo se encontra, também se relaciona com os processos fisiológicos da planta e como estes atuam (PITA JÚNIOR, 2010; GONÇALVES et al., 2015).

A dormência é desencadeada por muitos sistemas administrados bioquímica e enzimaticamente, além de ser diretamente dependente de substâncias endógenas que a planta possui, como reservas e nutrientes (PETRI et al., 2002; PIRES;

POMMER, 2003). Neste período, ocorrem modificações contrastantes nos aspectos nutricionais dos tecidos vegetais, sendo que os ramos armazenam nitrogênio durante o período de senescência e a partir da brotação, há migração do elemento para os meristemas (GUY, 1990; LACOINTE et al., 1993). Os ramos, especialmente as células parenquimáticas, são responsáveis pela estabilidade entre o oferecimento e requerimento de nutrientes para as gemas, que exerce função de dreno e fonte, sendo que nesse último, é feito por meio de reservas de nitrogênio (YOSHIOKA et al., 1988; GUY, 1990).

Situações de estresse induzidos por fatores abióticos como baixas temperaturas, aumentam os níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), composto derivado do oxigênio que em altas concentrações deve ser eliminado para que não ocorra peroxidação de membranas celulares, a qual é prejudicial ao funcionamento e integridade celular (DEUNER et al., 2011).

Em contrapartida, as plantas apresentam um sistema de defesa composto por enzimas antioxidantes, como por exemplo, a Superóxido Dismutase (SOD) e a Peroxidase (POD) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989; BARBOSA et al., 2010). A resposta das plantas aos estresses bióticos e abióticos promovem oscilação da ação das enzimas, e por tal razão, compreender esses processos fisiológicos na cultura da figueira, torna-se uma estratégia para melhorar sua produtividade (MARTINAZZO et al., 2013).

Sendo assim, objetivou-se com o estudo avaliar a influência do acúmulo das horas de frio na fisiologia e na liberação do repouso vegetativo das cultivares de figueira.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

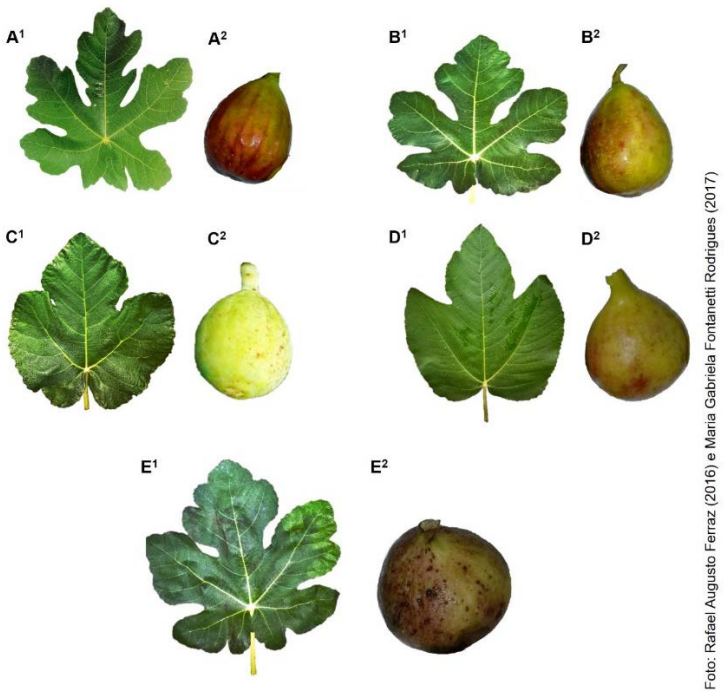
1.2.1 Localização e caracterização da área experimental e do material vegetal

O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Câmpus de Botucatu/SP, sendo as estacas coletados de figueiras do pomar da Fazenda Experimental Lageado, situada a 22°51’55” latitude S, 48°26’22” longitude W e altitude de 810 m.

De acordo com a classificação de Kóppen, o clima da região é do tipo mesotérmico (Cfa), isto é, temperado quente com chuvas nos meses de outubro a março, onde a precipitação média anual é de 1428,4 mm, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (CUNHA; MARTINS, 2009).

O material vegetal utilizado foram estacas lenhosas provenientes de plantas de figueira com 4 anos de idade, as quais na área experimental estavam em espaçamento com 3,0 metros entre linhas e 2,0 metros entre plantas. Avaliou-se, em dois ciclos agrícolas (2017 e 2018) as cultivares: Roxo de Valinhos (Figura 1A); Brown Turkey (Figura 1B); Pingo de Mel (Figura 1C); Troyano (Figura 1D) e, White Genova (Figura 1E).

Figura 1 - Folha[1] e fruto[2] de figueira *(Ficus carica* L.) cultivar: Roxo de Valinhos (A), Brown Turkey (B), Pingo de Mel (C), Troyano (D) e White Genova (E)



As análises químicas de solo foram provenientes de amostras coletadas em duas profundidades (0-10 e 10-20 cm), as quais foram encaminhadas para o Laboratório de solos do Departamento de Ciências Florestais, Solos e Ambiente da UNESP-FCA, em Botucatu/SP (Tabelas 1 e 2).

Na área experimental, as adubações do solo foram realizadas 30 dias após a poda, com base nos resultados das análises e recomendações de Raij et al. (2001).

Tabela 1 - Características químicas do solo e teores de macronutrientes da área experimental. Botucatu/SP – 2017

Amostra (cm)	pH ($CaCl_2$)	M.O. ($g.dm^{-3}$)	P resina $mg.dm^{-3}$	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				---------- $mmolc.dm^{-3}$ ----------						
0 – 10	4,8	23	49	45	2,8	36	10	48	94	52
10 – 20	4,6	19	26	66	1,2	28	8	37	103	36

Tabela 2 - Teores de micronutrientes do solo da área experimental, Botucatu/SP – 2017

Amostra (cm)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	---------- $mg.dm^{-3}$ ----------				
0 – 10	0,36	6,4	43	10,6	2,7
10 – 20	0,30	8,2	37	6,5	2,1

Em relação ao manejo fitossanitário das plantas, para o controle da ferrugem (*Cerotelium fici* (Cast.)), foram realizadas quatro aplicações, em intervalos de 15 dias, do fungicida Tebuconazole (Folicur®), iniciadas após o surgimento dos primeiros sintomas. O manejo de plantas invasoras foi realizado sempre que necessário, com auxílio de roçadeira mecânica nas entrelinhas e capina manual ao redor das plantas.

1.2.2 Quantificação das horas de frio

A temperatura do ar foi obtida por um conjunto Vaisala (termohigrômetro HMP45C + abrigo multi-placa RM Young model 41002) instalado a 2 m de altura, e conectado a um Micrologger CR23X com saída dos dados médios a cada 10 minutos. Para contabilização do acúmulo de frio, quando a temperatura do ar permaneceu abaixo de 8°C, calculou-se a somatória das horas (NHF) (SOUZA et al., 2009). Os dados climáticos e de horas de frio acumuladas nos dois ciclos agrícolas estão inseridos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a dezembro de 2017

Elementos/ meses	Jan/ 17	Fev/ 17	Mar/ 17	Abr/ 17	Mai/ 17	Jun/ 17	Jul/ 17	Ago /17	Set/ 17	Out/ 17	Nov/ 17	Dez/ 17
Tmin (°C)	19,1	19,9	18,6	16,9	15,5	13,5	12,8	14,1	17,1	16,8	16,3	18,6
Tmax (°C)	28,2	30,0	28,0	26,1	22,6	22,4	22,3	23,2	28,8	27,5	26,9	28,2
Tmed (°C)	22,4	24,0	22,3	20,7	18,7	17,4	17,0	18,1	22,5	21,4	20,8	22,6
NHF < 7°C	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,7	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NHF < 8°C	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	3,3	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NHF < 13°C	0,0	0,0	0,2	4,2	1,2	58,2	104,5	77,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rs (MJ m^{-2})	17,6	22,2	19,1	15,6	10,5	12,4	14,9	14,5	20,6	18,3	21,6	19,7
UR (%)	81,9	71,3	75,1	76,0	83,1	73,7	62,0	66,5	50,0	69,5	72,4	74,2
Pp (mm)	402,0	153,2	155,0	175,3	172,7	115,3	0,0	90,4	32,8	173,7	239,5	170,7

Tmin; Tmax e Tmed = Temperatura mínima, Temperatura máxima e Temperatura média. NHF = Número de horas de frio. Rs = Radiação solar. UR = Umidade relativa. Pp = Precipitação.

Tabela 4 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a agosto de 2018

Elementos/ meses	Jan/18	Fev/18	Mar/18	Abr/18	Mai/18	Jun/18	Jul/18	Ago/18
Tmin (°C)	18,5	18,5	19,6	17,6	15,2	15,1	14,8	12,9
Tmax (°C)	27,3	27,4	29,4	26,4	24,7	24,0	25,3	22,2
Tmed (°C)	21,8	22,3	23,5	21,3	19,2	19,0	18,8	17,1
NHF < 7°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,3
NHF < 8°C	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,0
NHF < 13°C	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	47,5	76,0	128,8
Rs (MJ m^{-2})	18,3	16,8	18,5	17,6	15,3	12,1	14,2	14,2
UR (%)	79,6	72,9	76,3	70,2	66,8	66,5	51,5	69,8
Pp (mm)	288,3	104,4	153,7	64,0	25,7	11,2	6,6	131,1

Tmin; Tmax e Tmed = Temperatura mínima, Temperatura máxima e Temperatura média. NHF = Número de horas de frio. Rs = Radiação solar. UR = Umidade relativa. Pp = Precipitação.

1.2.3 Coleta, preparo e condicionamento do material vegetal

As estacas de ‘Roxo de Valinhos’; ‘Brown Turkey’; ‘Pingo de Mel’; ‘Troyano’ e ‘White Genova’, foram coletadas no momento da realização da poda tradicional no final do período hibernal (final do inverno) dos ciclos agrícolas (31 de julho de 2017 e 31 de julho de 2018, respectivamente), com auxílio de tesoura de poda, obtendo-se

250 estacas para cada cultivar. A coleta das estacas ocorreu no final do período de repouso vegetativo das plantas, quando já haviam sido acumuladas 19,5 horas de frio (HF) e 2,7 horas de frio (HF) nos anos de 2017 e 2018, respectivamente (Tabela 3 e 4).

As estacas foram padronizadas com 20 cm de comprimento (contendo aproximadamente cinco gemas) e diâmetro médio de 7 mm, sendo os cortes em bisel eitos nas extremidades (um centímetro acima da primeira gema e um centímetro abaixo da última, respectivamente). Posteriormente, as estacas de cada cultivar foram separados em cinco lotes (50 estacas em cada lote), as quais foram envolvidas em papel umedecido e acondicionadas na posição horizontal em câmara fria (8 ± 0,5ºC) por 0, 40, 80, 120 e 160 horas de frio artificial (HF).

1.2.4 Variáveis analisadas

1.2.4.1 Atividade das enzimas antioxidantes

A avaliação das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) e peroxidase (PODs, EC 1.11.1.7), foi realizada de acordo com Giannopolitis e Reis (1977) e Teisseire e Guy (2000), respectivamente, no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Botânica - Instituto de Biociências da UNESP/Botucatu.

As estacas selecionadas para quantificação da atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD), possuíam gemas vegetativas na região apical. Estas foram seccionadas e maceradas em moinho criogênico SPEX™ SamplePrep™ 6770 Freezer/Mill™. Após a maceração, as amostras foram armazenadas em microtubos e estes estocados em freezer sob temperatura de -15°C por 30 dias, para posterior análise.

Em relação a SOD, a atividade foi determinada considerando a inibição na redução fotoquímica do azul de cloreto de nitrotetrazólio (NBT) espectrofotometricamente a 560 nm. Definiu-se a unidade enzimática como a quantidade necessária de SOD para produzir uma inibição de 50% da redução de NBT. A atividade foi determinada pela adição de 50 µL de extrato de estacas de figueira ao sistema de reação, o qual continha 13 mM de metionina; 75 µL de NBT; 100 nM de EDTA e 2 µM de riboflavina em 3,0 mL de tampão fosfato de potássio 50

mM, pH 7,8. As reações foram realizadas em temperatura ambiente (25°C), iniciando pela iluminação dos tubos, em câmara composta por lâmpadas fluorescentes (15 W). Para o cálculo da atividade específica da enzima, considerou-se a porcentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína solúvel desta (U mg^{-1}prot).

Para a POD, o sistema de reação foi composto de 30 µL de extrato enzimático diluído (1:10 em tampão de extração); tampão fosfato de potássio 50 $mmolL^{-1}$ pH 6,5; pirogalol (1,2,3-benzenotriol) 20 $mmolL^{-1}$ e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 5 $mmolL^{-1}$, totalizando um volume de 1 ml. Conduziu-se a reação em temperatura ambiente (25°C) por 5 minutos. Mediu-se a formação de purpurogalina em espectrofotômetro UV-visível a 430 nm e seu coeficiente de extinção molar (2,5 $mmolL^{-1}cm^{-1}$) foi usado para calcular a atividade específica da enzima, expressa em µmol de purpurogalina$min^{-1}mg^{-1}$ de proteína (µmol $min^{-1}mg^{-1}$prot).

1.2.4.2 Teores de carboidratos e nitrogênio

Para quantificação dos teores de carboidratos e nitrogênio, as estacas foram seccionadas em frações de 1 cm e acondicionadas em sacos de papel kraft para secagem em estufa com circulação forçada a 60ºC, onde permaneceram até atingirem massa constante. Em seguida, as amostras foram trituradas e homogeneizadas em moinho de facas tipo Willye®.

A determinação dos teores de carboidratos foi realizada no Laboratório de Fruticultura I do Departamento de Horticultura da FCA-UNESP, enquanto que as análises de nitrogênio foram feitas no Centro de Raízes e Amidos Tropicais da UNESP/Botucatu (CERAT).

O teor de carboidratos foi avaliado conforme metodologia descrita por Somogy e adaptada por Nelson (1944), avaliando-se especificamente, os teores de amido (AM), açúcares totais (AT), redutores (AR, glicose + frutose) e não-redutores (ANR, sacarose). Determinou-se o AM, os AT e AR por meio de leituras em um espectrofotômetro UV-Vis Bel SPECTRO SP-2000 (Photonics®) utilizando o método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) e o método DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico) (MILLER, 1959) em configurações de comprimento de onda de 490 nm para AT e 535 nm para AM e AR.

Em relação ao AM, 1,5 g de extratos homogeneizados de estacas das cultivares de figueira foram diluídos em 50 ml de água destilada e 6 ml de HCl 0,1 N, e depois transferidos para autoclave (1 atm, 15 min). Após esfriamento, as amostras foram neutralizadas com carbonato de sódio e filtradas, onde utilizou-se 1,5 ml do volume filtrado para análises.

Para AT e AR, 1 g de extrato homogeneizado de estacas foram diluídos em 100 ml de água destilada e filtrados, sendo que 7 e 10 ml do volume filtrado, respectivamente, foram utilizados para as análises. No entanto, para AT, as amostras diluídas foram aquecidas em banho-maria (100°C, 10 min) com 3,0 ml de ácido sulfúrico (100%) e neutralizadas com carbonato de sódio (30% p/v) e posteriormente filtradas. Para açúcares não redutores, ANR = (AT - AR) * 0,95 foi considerado. Os resultados dos teores de carboidratos foram expressos em porcentagem (%).

O conteúdo de nitrogênio total foi determinado conforme o método Kjeldahl (KJELDAHL, 1883). A primeira etapa do método compreendeu a digestão das amostras de 150 mg de extrato de estacas, a 350°C com 7 ml de ácido sulfúrico concentrado. Para a quantificação, pipetou-se 10 ml da solução de ácido bórico com indicador em Erlenmeyer de 125 ml. O tubo contendo o extrato obtido anteriormente, foi colocado no destilador de nitrogênio e adicionou-se 15 ml de hidróxido de sódio 50% ao extrato. O Erlenmeyer foi colocado na saída do destilador, obtendo-se cerca de 75 ml de destilado, e em seguida, a amostra foi titulada com ácido sulfúrico 0,1 N. Para o cálculo do teor de nitrogênio total, considerou-se o volume gasto na titulação, e os resultados foram expressos em g kg^{-1}.

1.2.5 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelas cultivares (Roxo de Valinhos, Brown Turkey, Pingo de Mel, Troyano e White Genova) e as subparcelas pelas horas de frio artificial (0, 40, 80, 120 e 160 horas). Utilizou-se quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por dez estacas. Os ciclos agrícolas correspondentes aos anos de 2017 e 2018 foram avaliados separadamente.

Os dados foram submetidos à hipótese da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e utilizou-se o teste F na análise de variância para detectar as diferenças entre os fatores. Quando encontrada diferença significativa para cada variável, foi realizada a análise de variância na regressão, sendo o modelo verificado a partir do *p*-valor do desvio da regressão (não significativo) e os modelos de regressão polinomial selecionados com base nos coeficientes de determinação (R^2) superiores, dentre as regressões significativas pelo teste F.

Os testes estatísticos, Scott-Knott (parcelas) e regressão polinomial (subparcelas), foram realizados ao 1% de significância utilizando-se o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Atividade das enzimas antioxidantes

Nos dois anos de avaliação, para as enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD), foi observada interação significativa entre os fatores cultivares e horas de frio (HF) (Tabela 5).

A atividade da SOD das cultivares Pingo de Mel, Troyano e White Genova foi significativamente afetada pela exposição ao frio artificial em 2017 (Figura 2A). Na ausência das HF artificial (0 HF), ‘Pingo de Mel’ e ‘Troyano’ apresentaram alta atividade de SOD, enquanto que, conforme houve aumento das HF artificial, essas cultivares apresentaram redução linear em suas médias, sendo que em 160 HF foram estatisticamente iguais às demais. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira (2017) para caqui (*Diospyros kaki* L.), onde a atividade da SOD diminuiu de acordo com o incremento das horas de frio acumuladas.

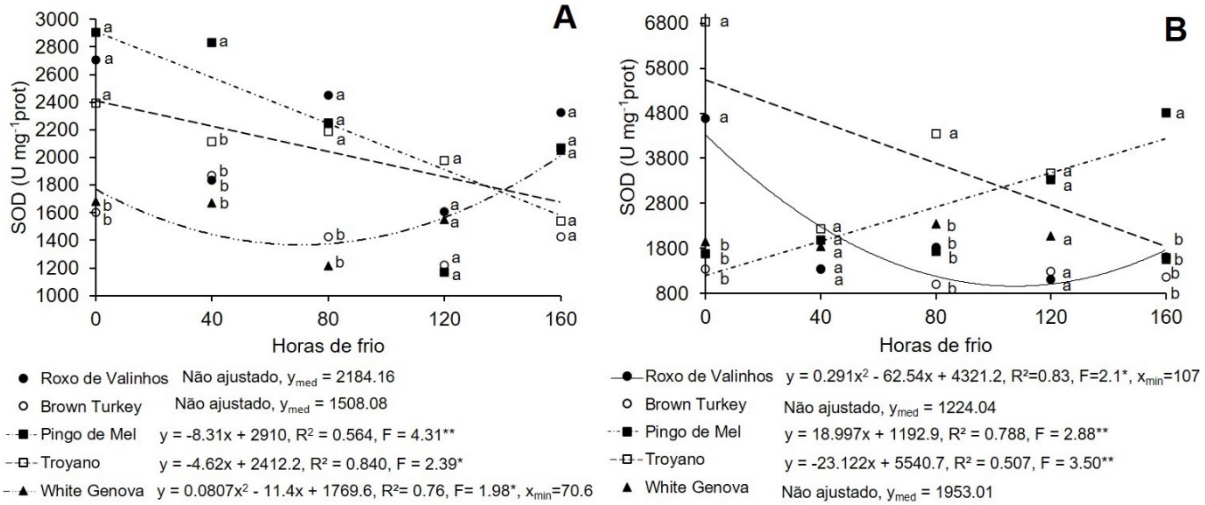
Tabela 5 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficientes de variação (CV) e médias de superóxido dismutase (SOD) e peroxidase (POD), nos anos agrícolas de 2017 e 2018. Botucatu/SP

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	SOD (U mg^{-1}prot)	
		2017	**2018**
		p - Valor	
Cultivar (C)	4	10,36**	3,76*
Erro 1	15		
Horas (H)	4	6,33**	2,81*
C*H	16	2,28**	2,83**
Erro 2	60		
C.V. 1 (%)		24,02	91,09
C.V. 2 (%)		25,72	65,61
Média		1922,70	2338,64
		POD (µmol min^{-1}mg^{-1}prot)	
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	**2017**	**2018**
		p - Valor	
Cultivar (C)	4	19,45**	92,33**
Erro 1	15		
Horas (H)	4	3,67**	9,59**
C*H	16	2,43**	7,87**
Erro 2	60		
C.V. 1 (%)		22,44	9,49
C.V. 2 (%)		20,08	14,00
Média		34,95	40,27

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo pelo teste F.

A cultivar White Genova exibiu decréscimo da atividade da SOD até a submissão das estacas a 70,6 HF artificial, apresentando acréscimo a partir deste ponto (Figura 2A).

Figura 2 - Teores de superóxido dismutase (SOD) (U mg^{-1}prot) em estacas de figueira submetidas às horas de frio, nos ciclos agrícolas de 2017 (A) e 2018 (B). Botucatu/SP



Letras iguais entre as cultivares de figueira não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

A SOD é catalisadora no processo de dismutação, ou seja, acelera a reação que gera o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o qual é usado pela planta como molécula sinalizadora na flexibilização da parede celular, propiciando a brotação das gemas (BARBOSA et al., 2010; SUDAWAN et al., 2016; IONESCU et al., 2017). Além disso, no processo ocorre a ativação de fatores de transcrição que promovem o alongamento e a formação de células, e em seguida, a liberação da dormência das gemas (PEREZ et al., 2008; OPHIR et al., 2009).

A exposição ao frio artificial promoveu ajuste às equações de regressão da atividade da SOD para as cultivares Roxo de Valinhos, Pingo de Mel e Troyano em 2018 (Figura 2B). Enquanto ‘Troyano’ se comportou semelhantemente ao ciclo anterior, as médias de ‘Pingo de Mel’ apresentaram aumento linear, sendo que em 160 HF, essa cultivar foi significativamente superior às demais. Para ‘Roxo de Valinhos’, a suplementação com HF artificial proporcionou redução significativa nas médias até 107 HF, com posterior aumento da atividade enzimática.

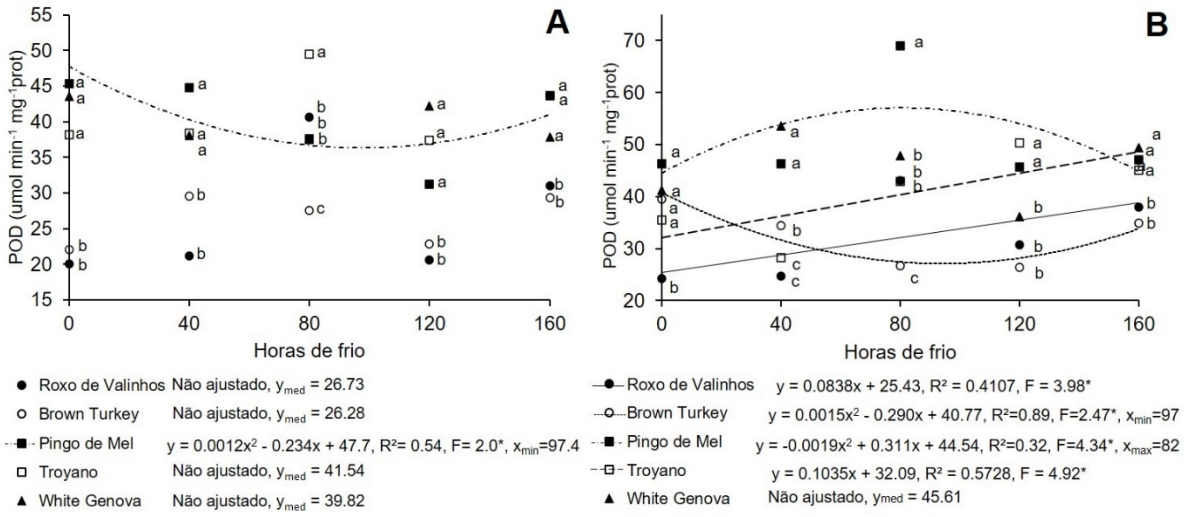
O incremento na atividade da SOD é devido à exposição da planta às baixas temperaturas, pois forma-se o $O_2^{\bullet -}$ por meio da transferência de um elétron ao O_2 molecular, primeira espécie reativa de oxigênio (ERO) (ASADA, 1997; MITTLER, 2002). A SOD constitui dentro de uma célula a primeira linha de defesa contra a ERO, além de estar envolvida nos processos de lignificação e eliminação da auxina natural, condição fundamental para diminuir a atividade celular e, consequentemente, o crescimento da planta (WANG et al., 1991; ALSCHER et al., 2002; MARAFON et al., 2009).

No ano de 2017, somente a cultivar Pingo de Mel apresentou ajuste à equação de regressão, com redução quadrática da atividade da POD até 97,4 HF (Figura 3A). Isso indica que, provavelmente, o aumento gradual da atividade enzimática de POD para ‘Pingo de Mel’, foi provocado pelo acúmulo de horas de frio que ocorreram de janeiro a julho de 2017 em campo (19,5 HF - Tabela 3), pois propiciou situações de estresse à essa cultivar devido às baixas temperaturas, as quais podem causar danos oxidativos (SIEGEL, 1993).

No ciclo de 2018 (Figura 3B), no qual houve menor acúmulo de horas de frio no campo (2,7 HF) (Tabela 4), verificou-se maior efeito das horas de frio artificial. A atividade da POD em ‘Pingo de Mel’ aumentou de forma quadrática quando esta foi condicionada até 82 HF, podendo indicar que esta cultivar já se encontrava em fase final do repouso vegetativo, pois, conforme observações realizadas por Pérez e

Burgos (2004) e Pereira (2017) quando estudaram gemas de videira (*Vitis vinifera* L. cv. Thompson) e caquizeiro (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu), respectivamente, antes da liberação da dormência há incremento no conteúdo de H_2O_2 e na ação da POD, neste caso precedida por uma diminuição.

Figura 3 - Teores de peroxidase (POD) (µmol $min^{-1}mg^{-1}prot$) em estacas de figueira submetidas a horas de frio, nos anos agrícolas de 2017 (A) e 2018 (B). Botucatu/SP



Letras iguais entre as cultivares de figueira não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

Segundo Perez e Lira (2005) e Mazzitelli et al. (2007), o pico de H_2O_2 atua como sinalizador secundário que desencadeia a expressão de genes relacionados à liberação da dormência, sendo que, após ter induzido a superação desse período, os níveis de H_2O_2 diminuem e ocorre aumento da atividade da POD. Além disso, a maior concentração dessa enzima pode também ser explicada pelo incremento de lignificação dos tecidos durante o período de repouso, uma vez que está relacionada à biossíntese da lignina (RODRIGUES et al., 2002).

Para ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Troyano’ o incremento da atividade da POD foi linear, enquanto em relação a cultivar Brown Turkey, verificou-se redução quadrática da atividade enzimática até 97 HF (Figura 3B). Por fim, as HF não afetaram significativamente as médias de ‘White Genova’.

O resultado observado para ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Troyano’ evidencia que ambas cultivares ainda não haviam atingido um pico de atividade da POD, enquanto a cultivar Pingo de Mel necessita de menor acúmulo de HF para alcançar maior

atividade desta enzima (Figura 3B). Em cultivares de pessegueiro (*Prunus persica* L. Bastch), ocorreu aumento na atividade de enzimas antioxidantes durante o inverno e após a saída da dormência, uma redução da atuação das mesmas (CITADIN, 1999).

Isto explica o menor efeito da aplicação artificial de HF no primeiro ciclo, pois provavelmente o acúmulo de frio até a coleta das estacas neste ciclo foi suficiente para desencadear a atividade desta enzima (Figura 3A). Já no segundo ciclo, o menor acúmulo de frio no campo permitiu maior efeito das HF aplicadas sobre a atividade da POD, onde 'Roxo de Valinhos' e 'Troyano' apresentaram maior exigência em HF quando comparadas a 'Pingo de Mel' (Figura 3B). A maior exigência em frio pode resultar em superação da dormência mais tardiamente, o que corrobora Ferraz et al. (2020), que reportaram a cultivar Troyano como mais tardia que 'White Genova', 'Roxo de Valinhos' e Seleção Planta Irradiada 'PI-189', nas condições de Botucatu/SP.

A menor atividade da SOD é frequentemente precedida pela maior ação da POD, o que pôde ser demonstrado por 'Troyano' (Figura 2B e 3B). O aumento nos níveis de H_2O_2, como resultado da atividade de SOD em gemas expostas a HF, pode interferir nas vias de transmissão de sinal, tais como hormônios (ou seja, giberelinas e citocininas), consequentemente, propiciando a brotação das gemas (OR et al., 2002; PINTO et al., 2007). Portanto, a superação do repouso vegetativo nas gemas de figueira ocorre pelo acúmulo de H_2O_2 em seus tecidos.

Além da atividade das enzimas antioxidantes, o sistema interno relacionado à entrada e saída da dormência pode estar relacionado ao fluxo de carboidratos e a translocação de reservas à curta distância (MARQUAT et al., 1999).

1.3.2 Teores de carboidratos e de nitrogênio

Dentre as variáveis avaliadas em 2017, somente o teor de amido não apresentou efeito significativo na interação entre fatores cultivares e horas de frio, diferentemente do ano de 2018, onde todas as variáveis exibiram interação significativa (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores do teste F, graus de liberdade, coeficientes de variação (CV) e médias de amido (AM) e açúcares totais (AT), redutores (AR) e não redutores (ANR) em 2017 e 2018. Botucatu/SP

2017					
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	**AM (%)**	**AT (%)**	**AR (%)**	**ANR (%)**
		p - Valor			
Cultivar (C)	4	19,58**	5,21**	3,53*	2,20^{NS}
Erro 1	15				
Horas (H)	4	5,22**	11,78**	14,84**	16,99**
C*H	16	1,38^{NS}	5,63**	2,61*	4,49**
Erro 2	60				
C.V. 1 (%)		41,71	17,36	22,68	33,18
C.V. 2 (%)		44,50	14,40	23,66	36,99
Média		8,53	9,12	5,53	3,67
2018					
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	**AM (%)**	**AT (%)**	**AR (%)**	**ANR (%)**
		p - Valor			
Cultivar (C)	4	52,86**	18,23**	1,23^{NS}	25,55**
Erro 1	15				
Horas (H)	4	0,98^{NS}	13,39**	26,52**	19,80**
C*H	16	4,63**	9,63**	3,38**	7,05**
Erro 2	60				
C.V. 1 (%)		13,52	13,82	19,79	29,43
C.V. 2 (%)		13,30	13,28	17,27	33,00
Média		23,35	4,86	3,11	1,75

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo pelo teste F.

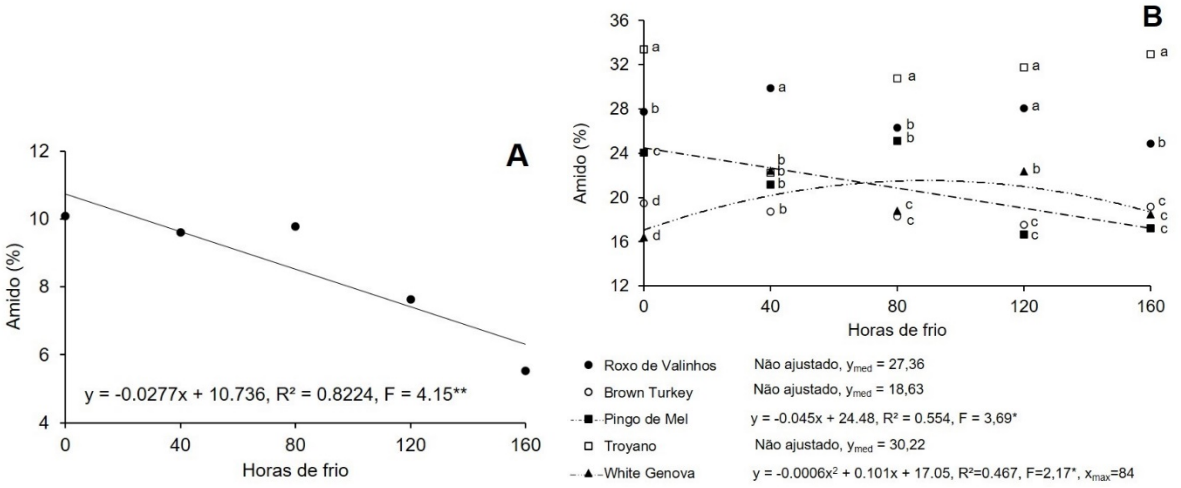
Quando comparado aos demais carboidratos, o amido apresentou as maiores médias. Os teores de amido diminuíram linearmente à medida em que se aumentaram as horas de frio em 2017, sendo o maior teor obtido nas estacas submetidas a 0 horas de frio artificial (Figura 4A). Efeito semelhante foi observado por Marafon et al. (2011), pois quando pesquisaram sobre a privação de frio durante a dormência de pereiras japonesas (*Pyrus pyrifolia* cv. Housui), concluíram que a concentração de amido foi superior nos ramos mantidos sob privação de frio, pois segundo os autores, essa condição perturba a mobilização de carboidratos, reduzindo a capacidade de síntese e importação de sacarose devido à falta de indução de enzimas amiláceas.

O acúmulo de horas de frio sinaliza para a planta, por meio de diversos processos metabólicos, a saída do estado de repouso vegetativo, justificando a redução dos teores de amido, ou seja, a conversão em açúcares observado. Os principais carboidratos acumulados são o amido e os açúcares solúveis, redutores e não redutores, sendo que as transformações de amido para açúcar ocorrem em

situações onde o crescimento vegetativo é intenso (PRIESTLEY, 1963; LEONEL; SAMPAIO, 2011).

No ciclo de 2018, a aplicação de frio artificial ajustou regressão somente nas cultivares Pingo de Mel, para a qual os valores de amido diminuíram linearmente, e 'White Genova', com aumento quadrático até 84 HF e posterior redução (Figura 4B). A redução dos teores observada em 'Pingo de Mel' pode sinalizar que esta cultivar já se encontrava em saída do período de repouso vegetativo, demonstrando um caráter mais precoce quando comparado as demais cultivares avaliadas.

Figura 4 - Teores de amido (%) em estacas de figueiras submetidas a diferentes horas de frio nos ciclos agrícolas de 2017 (A) e 2018 (B). Botucatu/SP



Letras iguais entre as cultivares de figueira não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

A cultivar Troyano apresentou maior teor de amido em suas estacas no ciclo de 2017 (Tabela 7), podendo ser justificado pelo seu maior vigor vegetativo e ramos com maior diâmetro (FERRAZ et al, 2020). Conforme Oliveira et al. (2012), quando uma cultivar está bem adaptada à região, possivelmente apresentará maior conteúdo de amido, uma vez que exibirá plantas mais vigorosas e mais resistentes às doenças, favorecendo o acúmulo de reservas amiláceas que serão utilizadas no período de dormência e posteriormente, no novo ciclo.

Tabela 7 - Teores (%) de amido em estacas de figueira. Botucatu/SP - 2017

CULTIVARES	AMIDO (%)
Roxo de Valinhos	5,19 b*
Brown Turkey	7,75 b
Pingo de Mel	7,90 b
Troyano	14,52 a
White Genova	7,29 b

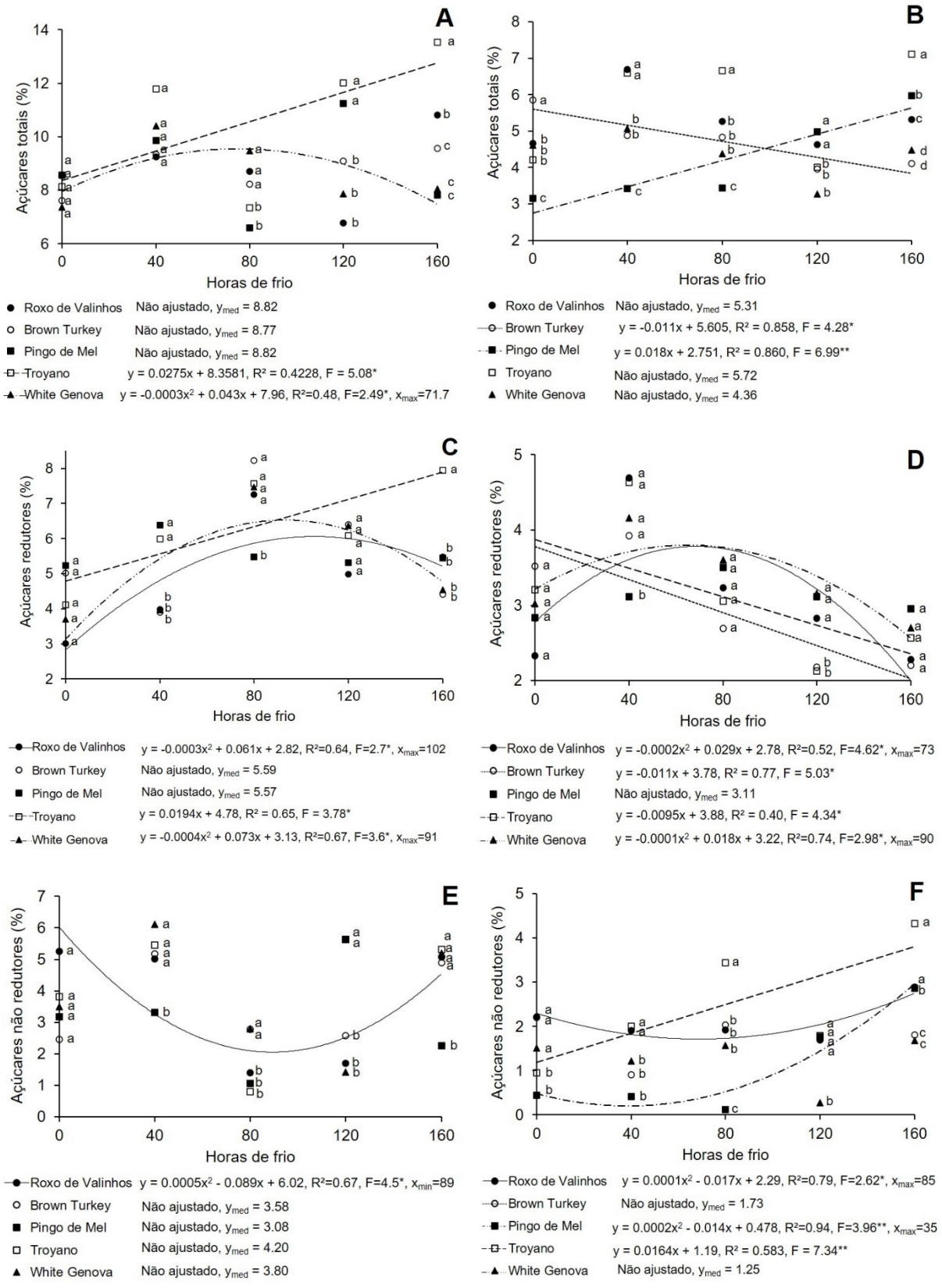
* Letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Como mencionado, os teores de amido da cultivar Troyano foram maiores, inclusive superiores a ‘Roxo de Valinhos’ (Tabela 7 e Figura 4B), tradicionalmente cultivada no Brasil. Dessa forma, infere-se que ‘Troyano’ possui grande potencial para ser cultivada comercialmente, o que corrobora observações de Figueiredo (2017), o qual indica essa cultivar como alternativa para diversificação da ficicultura brasileira. Em estudos realizados por Ferraz et al. (2020), concluiu-se que ‘Troyano’ possui acúmulo mais tardio de carboidratos para o desenvolvimento dos frutos do que ‘Roxo de Valinhos’, o que permite uma colheita mais prolongada e alcance de sua produção no mercado do estado de São Paulo posteriormente ao fim da produção tradicional.

No ciclo agrícola de 2017, as cultivares de figueira, exceto ‘Troyano’, apresentaram de modo geral maiores teores de açúcares totais em relação aos teores de amido (Figura 5A e Tabela 7). Quando se observa maiores valores de açúcares totais comparativamente aos de amido, provavelmente as plantas estão em fase de pleno repouso vegetativo, uma vez que nessa etapa ocorre degradação do amido em carboidratos solúveis totais (WALDIE et al., 2010).

No presente estudo, as HF aplicadas às estacas de figueira quando associadas ao acúmulo de frio obtido em 2017 (19,5 HF), possibilitou o alcance à essa fase, pois a soma do frio natural com o frio artificial fez com que as plantas avançassem nesse processo. Provavelmente, como ‘Troyano’ exibiu maior conteúdo de amido que de açúcares totais, trata-se de uma cultivar mais exigente em horas de frio para finalizar o período de repouso vegetativo. A cultivar White Genova alcançou pico no teor de açúcares totais em 71,7 HF com posterior redução, o que pode ser resultado da utilização destes açúcares para ativação do metabolismo e sinalização para saída do repouso vegetativo (Figura 5A).

Figura 5 - Teores (%) de açúcares totais (A e B), redutores (C e D) e não redutores (E e F) em estacas de figueiras submetidos a diferentes horas de frio nos ciclos agrícolas de 2017 (lado esquerdo) e 2018 (lado direito). Botucatu/SP



Letras iguais entre as cultivares de figueira não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

Já no ciclo de 2018, o comportamento das cultivares foi diferente, uma vez que os teores de açúcares totais foram inferiores aos de amido (Figura 4B e Figura 5B). Nesse caso, os maiores valores de amido em relação aos de açúcares totais demonstram que as estacas se encontravam no início do estado de repouso vegetativo, onde os carboidratos são armazenados nas raízes e nos ramos das plantas, ocorre a conversão dos açúcares em amido e as atividades metabólicas essenciais são realizadas com intensidade reduzida (SCHRADER; SAUTER, 2002).

Isso indica que as horas de frio ocorridas no ano de 2018 (2,7 HF) iniciaram o período de repouso vegetativo nas plantas de figueira, porém, não foram suficientes para que houvesse avanço nesse estado, como verificou-se em 2017. As fases de entrada e plena da dormência, também foram confirmadas a partir da relação dos açúcares totais e amido em pesquisas de Rosa et al. (2014) com cultivares de videira (*Vitis vinifera* L.). É importante considerar que o armazenamento de reservas, ou seja, a conversão de açúcares totais em amido, é essencial para que a planta se proteja contra baixas temperaturas, e posteriormente, realize a brotação das gemas, a floração e a frutificação (GUPTA; KAUR, 2005; GONÇALVES et al., 2016).

Para ‘Brown Turkey’ em 2018, os valores de açúcares totais decresceram e para as demais cultivares as HF artificial não promoveram variações significativas (Figura 5B). Entretanto, o incremento das HF neste ciclo promoveu aumento linear dos açúcares para a cultivar ‘Pingo de Mel’, reafirmando sua menor exigência em frio. Isso também foi observado por Marafon et al. (2011) quando estudaram sobre a mobilização dos carboidratos em pereiras japonesas (*Pyrus pyrifolia* cv. Housui), onde os autores notaram que o acúmulo de açúcares solúveis nos ramos submetidos ao frio ocorreu possivelmente devido ao efeito das baixas temperaturas durante o período de dormência, levando a um grande acúmulo de açúcares nas gemas expostas ao frio durante a fase de liberação de dormência.

A dinâmica de mobilização de carboidratos variou entre as cultivares de figueira ao longo da submissão de horas de frio artificiais imposta às cultivares, onde o pico no teor de amido foi seguido pela degradação (Figura 4A e 4B), e quando houve aumento no teor de açúcares redutores, posteriormente esses valores decresceram (Figura 5C e 5D). A conversão amido-açúcares também foi observada em estudos com outras espécies de clima temperado, como mirtileiro (*Vaccinium ashei* Reade) (OLIVEIRA et al., 2012), pessegueiro (*Prunus persica* L. Batch) (BONHOMME et al., 2005) e pereira (*Pyrus pyrifolia*) (MARAFON et al., 2011).

Possivelmente, para as estacas de figueira, a ausência de proporcionalidade entre a conversão do amido e o aumento no teor de açúcares redutores seja porque permaneceram em condições de baixas temperaturas, uma vez que a hidrólise do amido e a síntese de sacarose são realizadas por meio da atividade das enzimas α-amilase e sacarose fosfato sintase, respectivamente, para proteger os órgãos das plantas contra o frio (WEGRZYN et al., 2000; SCHRADER; SAUTER, 2002).

Em situações onde os teores de amido são inferiores quando comparados aos teores de açúcares redutores, julga-se que o período de dormência está finalizando, pois esse incremento no teor de açúcares redutores indica que houve hidrólise do amido, convertendo-o em açúcares solúveis (WEGRZYN et al., 2000; SCHRADER; SAUTER, 2002; OLIVEIRA et al., 2012). Essa situação de redução no conteúdo de amido e aumento do teor de açúcares redutores, é uma forma da planta resistir às baixas temperaturas, uma vez que os carboidratos solúveis podem agir na diminuição da temperatura de congelamento e no potencial hídrico das células, impedindo a desidratação (PEREIRA, 2017).

Isto explica a maior diferença entre os teores de amido e açúcares redutores observada em 2017, pois o acúmulo de HF neste ciclo foi superior ao de 2018. Possivelmente, quando as estacas foram coletadas no primeiro ano, em função do maior acúmulo de horas de frio obtido (19,5 HF), o processo de hidrólise do amido já havia se intensificado. Os fatores ambientais, principalmente a temperatura, estão diretamente ligados à mobilização dos carboidratos, o que demonstra a importância do estudo acerca dessa associação com a adaptação de frutíferas de clima temperado a regiões de cultivo com menor acúmulo de frio, auxiliando na designação da época e intensidade de técnicas de manejo como podas, adubação e colheita (LEONEL; SAMPAIO, 2011; GONÇALVES et al., 2015; TAIZ et al., 2017).

Em relação aos açúcares redutores (Glicose + Frutose), verifica-se que em ambos os ciclos, as cultivares Roxo de Valinhos e White Genova apresentaram incremento quadrático das médias em função do aumento das HF (Figuras 5C e 5D). Por outro lado, para Troyano, as HF promoveram efeito linear crescente em 2017 e decrescente em 2018, evidenciando que esta cultivar foi mais sensível aos diferentes acúmulos de HF no campo. O aumento linear das médias no primeiro ciclo permitiu ‘Troyano’ se destacar com a maior média de açúcares redutores com 160 HF. A variação dos açúcares redutores da cultivar Brown Turkey se ajustou ao modelo linear decrescente somente no ciclo 2018, enquanto os dados para ‘Pingo

de Mel’ não se ajustaram aos modelos testados em nenhum dos ciclos pra esta variável (Figuras 5C e 5D).

Observando os açúcares não-redutores (Sacarose) verificou-se uma tendência a comportamento inverso ao de açúcares redutores, sobretudo no ciclo agrícola de 2018. Quando as estacas foram expostas a 80 HF artificial em 2017, exibiram teores de açúcares não redutores menores do que os teores de açúcares redutores (Figura 5C e 5E), sendo o comportamento das cultivares diferentes entre si. O mesmo comportamento foi observado em 2018 para as cultivares de figueira quando foram expostas a 0, 40 e 80 HF (Figura 5D e 5F). Os baixos valores de açúcares não redutores em relação aos açúcares redutores, deve-se ao fato de que os primeiros são facilmente transportados para os órgãos de crescimento, como as gemas e raízes, onde serão novamente convertidos em amido e armazenados (COLL, 2001; GONÇALVES et al., 2015).

Os açúcares não redutores, ou seja, açúcares solúveis translocados no floema, são menos reativos do que os açúcares redutores, sendo que a sacarose é o açúcar mais frequentemente translocado (LEONEL; SAMPAIO, 2011; TAIZ et al., 2017). Além disso, a própria sacarose pode sinalizar e controlar inicialmente o crescimento da gema, a qual torna-se forte dreno metabólico devido à necessidade de proporcionar energia para brotação até as primeiras folhas produzirem fotoassimilados (OLIVEIRA et al., 2012; TAIZ et al., 2017).

Quando avaliados os teores de nitrogênio total, observou-se que no ano de 2017 houve somente efeito no fator isolado cultivar (Tabela 8). Contudo, em 2018 verificou-se interação significativa entre cultivares e horas de frio. A inconstância de resultados entre os anos agrícolas possivelmente se deve à permanência das plantas no mesmo local por longos períodos sob condições climáticas que variam ao longo dos anos, o que propicia aspectos fisiológicos distintos a cada ciclo (LEONEL; SAMPAIO, 2011).

Tabela 8 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficientes de variação (CV) e médias de nitrogênio total, nos anos agrícolas de 2017 e 2018. Botucatu/SP

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Nitrogênio total (g kg^{-1})	
		2017	**2018**
		p - Valor	
Cultivar (C)	4	4,99**	6,79**
Erro 1	15		
Horas (H)	4	1,66^{NS}	7,48**
C*H	16	1,65^{NS}	3,35**
Erro 2	60		
C.V. 1 (%)		9,23	15,29
C.V. 2 (%)		10,12	11,69
Média		8,30	8,72

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo pelo teste F.

As estacas de ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Pingo de Mel’ apresentaram menores teores de nitrogênio total, diferindo-se das demais cultivares (Tabela 9). Segundo Fernandes e Buzetti (1999), o nitrogênio é o nutriente mais importante para a cultura da figueira, e para tanto, pode apresentar maiores valores na fitomassa seca.

Tabela 9 - Teores de nitrogênio total (g kg^{-1}) em estacas de figueira. Botucatu/SP – 2017

CULTIVARES	NITROGÊNIO TOTAL (g kg^{-1})
Roxo de Valinhos	7,85 b*
Brown Turkey	8,60 a
Pingo de Mel	7,95 b
Troyano	8,67 a
White Genova	8,46 a

* Letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

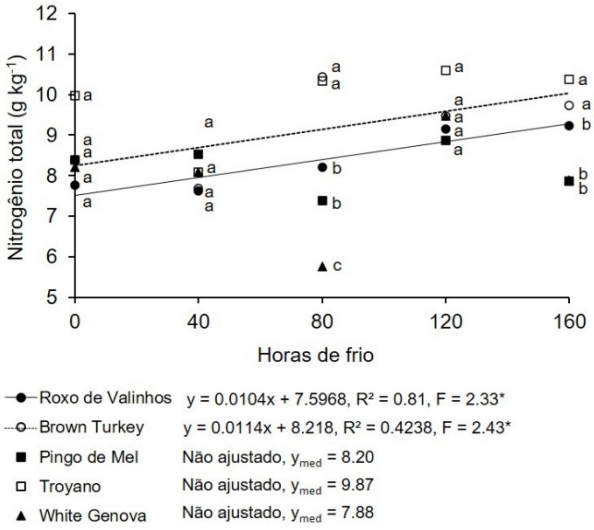
Em plantas lenhosas como a figueira, o nitrogênio é armazenado em órgãos perenes no outono, sendo as brotações a principal área de armazenamento, e na primavera pode ser mobilizado para tecidos em crescimento do próximo ciclo (GOMEZ; FAUROBERT, 2002; BRUNETTO et al., 2008). Além disso, o nitrogênio armazenado responde a estímulos específicos como o acúmulo de frio, apresentando papel fisiológico de resistência à baixas temperaturas, por isso o nível de nitrogênio pode influenciar o período de dormência de plantas de clima temperado (COLEMAN et al., 1991; ROWLAND; ARORA, 1997).

Em relação ao teor de nitrogênio total presentes nas estacas de figueira no ciclo agrícola de 2018, verifica-se que para ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Brown Turkey’, a

exposição a HF artificial promoveu aumento linear das médias, não demonstrando definição de um pico nos valores para essas cultivares (Figura 6).

Quando há aumento no teor de nitrogênio anteriormente à brotação, concomitantemente ocorre a hidrólise de proteínas, a qual coincide com o término da dormência. Isso pode indicar que a soma de 2,7 HF ocorridas em 2018 com as horas de frio artificial submetidas às estacas de figueira, não foi suficiente para finalizar o estado de repouso vegetativo de ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Brown Turkey’. Corroborando o exposto, Rosa et al. (2014) quando estudaram a dinâmica do nitrogênio em ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinífera* L.), observaram que a cultivar exibiu menor teor de nitrogênio total no início do repouso vegetativo do que em sua fase plena.

Figura 6 - Teor de nitrogênio total (g kg^{-1}) em estacas de figueira submetidas às horas de frio. Botucatu/SP - 2018



Letras iguais entre as cultivares de figueira não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

Quando as cultivares foram condicionadas à 0, 40 e 120 horas de frio, não houve diferença significativa entre estas (Figura 6). As variações no conteúdo de nitrogênio, conforme Gomez e Faurobert (2002), devem-se às amplitudes sazonais que as plantas apresentam, uma vez que exibem em diferentes ocasiões, níveis anuais mínimos e máximos desse nutriente.

Provavelmente as cultivares de figueira que exibiram maior conteúdo de nitrogênio total exportaram maiores quantidades de macronutrientes do que àquelas

que apresentaram menores teores, uma vez que, de acordo com Hernandez et al. (1994), ramos da cultura da figueira são grandes exportadores de nutrientes. Em estudos com ‘Roxo de Valinhos’ em Botucatu-SP, Brizola et al. (2005) a fim de avaliar a exportação de macronutrientes na figueira, observaram que a exportação de ramos podados da cultura se dá na ordem de absorção N, K, Ca, Mg, P e S.

Como as gemas reprodutivas de figueiras são responsáveis pela formação do primórdio floral e possuem fatores endógenos como carboidratos e compostos nitrogenados (LEONEL; SAMPAIO, 2011), é importante considerar que a fertilidade das gemas é fundamental para produção de frutos. Nesse contexto, nota-se a importância de uma adequada adubação a ser realizada na cultura da figueira, pois o incremento nos teores de nitrogênio total em órgãos de reserva como folhas e ramos, está diretamente relacionado à dose e à frequência de aplicação do nutriente, e dessa forma, a síntese proteica para formação de novos tecidos será estimulada e a maior parte de carboidratos será usada para formação de proteínas e aminoácidos (JACOB; UEXKÜLL, 1973; BRUNETTO et al., 2012). Dentre as frutíferas, segundo Caetano et al. (2012), a figueira é uma das espécies que mais responde à adubação nitrogenada.

Observou-se que as estacas de ‘Troyano’ enquanto exibiram o maior teor de amido em 120 horas de frio suplementar (Figura 4B), também apresentaram o maior conteúdo de nitrogênio total na mesma condição de frio (Figura 6). Este resultado parece ser explicado devido à inibição da atividade da enzima α-amilase causada por maiores concentrações de nitrogênio (BURHAN et al., 2003; WU et al., 2007), evidenciado pelo baixo teor de açúcares totais nessa cultivar (Figura 5D), decorrente da limitação no processo de hidrólise do amido. Possivelmente a fertilidade das gemas está associada com as reservas de carboidratos que são acumuladas nesses órgãos, especialmente o amido, além do teor de proteínas como o nitrogênio, que promoverão a brotação no próximo ciclo (KELLER; KOBLET, 1995; BRUNETTO et al. 2008; CHAO; ANDERSON, 2010).

1.4 CONCLUSÕES

A fisiologia do repouso vegetativo da figueira é influenciada pelo acúmulo de horas de frio, variando entre as cultivares, que responderam diferentemente às condições climáticas de cada ciclo agrícola.

As horas de frio artificial suplementadas às cultivares, causaram efeitos na atividade das enzimas antioxidantes, bem como nos teores de carboidratos e de nitrogênio total.

Por meio das variáveis fisiológicas avaliadas, concluiu-se que ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Pingo de Mel’ exigem menor acúmulo de horas de frio para superar o período de repouso vegetativo, enquanto ‘Troyano’ requer mais, o que explica sua brotação e produção tardia em áreas subtropicais.

Este primeiro relato sobre a necessidade de baixas temperaturas das estacas de figueira no Brasil, poderá facilitar a criação de programas de melhoramento genético para cultivares com baixo requerimento de frio.

REFERÊNCIAS

ALSCHER, R.G.; ERTURK, N.; HEATH, L.S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 372, p. 1331–1341, 2002.

AMEGLIO, T.; EWERS, F. W.; COCHARD, H.; MARTIGNAC, M.; VANDAME, M.; BODET, C.; CRUIZIAT, P. Winter stem pressures in walnut trees: effects of carbohydrates, cooling and freezing. **Tree Physiology**, v. 21, p. 384-394, 2001.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; RISTOW, N. C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1011-1015, 2008.

ASADA, K. The role of ascorbate peroxidase and monodehydroascorbate redutase in H_2O_2 scavernging in plants. In: SCANDALIOS, J. G. **Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defences**. New York: Cold Spring Harbor, 1997. p. 715-735.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; DE PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; LACOINTE, A.; GENDRAUD, M. Influences of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral primordia and nearby structures of peach buds (*Prunus persica* L. Batch). **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 223–240, 2005.

BORBA, M. R. C.; SCARPARE FILHO, J. A.; KLUGE, R. A. Teores de carboidratos em pessegueiros submetidos a diferentes intensidades de poda verde em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n.1, p. 68-72, 2005.

BRIZOLA, R. M. O.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A.; MISCHAN, M. M. Exportação de macronutrientes pelos ramos e frutos da figueira cultivada em função da adubação potássica. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 33-37, 2005.

BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; MELO, G. W.; SANTOS, H. P.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; VIEIRA, R. C. B. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1119-1123, 2008.

BRUNETTO, G.; SCHMITT, D. E.; OLIVEIRA, B. S.; AMBROSINI, V. G.; CASALI, Â. V.; FRONZA, D.; SANTOS, D. R.; GIROTTO, E.; Melo, G. W. Teor de nitrogênio e reservas nitrogenadas em folhas e ramos do ano de macieiras submetidas à adubação nitrogenada foliar. **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 59-64, 2012.

BURHAN, A.; NISA, U.; GÖKHAN, C.; ÖMER, C.; ASHABIL, A.; OSMAN, G. Enzymatic properties of a novel thermostable, thermophilic, alkaline and chelator resistant amylase from an alkaliphilic *Bacillus* sp. isolate ANT-6**. Process Biochemistry**, v. 38, n. 10, p. 1397-1403, 2003.

CAETANO, L. C. S.; MARTINS, A. G.; LIMA, I. M.; VENTURA, J. A. **Recomendações técnicas para a cultura da figueira**. Vitória, ES: – INCAPER: Ed. DCM/Incaper, 2012. 38 p.

CHAO, W.; ANDERSON, J. V. Plant dormancy, a mechanism involving assorted molecular, physiological, and cellular processes. **Plant Molecular Biology**, v. 73, p. 1-2, 2010.

CITADIN, I. **Necessidade de calor para antese e brotação em pessegueiro *Prunus persica* L. Batsch**. 1999. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.

COLEMAN, G. D.; CHEN, T. H. H.; ERNST, S. G.; FUCHIGAMI, L. Photoperiod control of poplar bark storage protein accumulation. **Plant Physiology**, v. 96, n. 3, p. 686-692, 1991.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCÍA, B. S.; TAMÉS, R. S. **Transporte por el floema**. Fisiología vegetal. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001, p. 103-120.

CONDIT, I. J. Fig varieties: a monograph. **Journal of Agricultural Science**, v. 23, n. 11, p. 1- 247, 1955.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n.1, p. 1-11, 2009.

DEUNER, S.; ALVES, J. D.; ZANANDREA, I.; LIMA, A. A.; GOULART, P. F. P.; SILVEIRA, N. M.; HENRIQUE, P. C.; MESQUITA, A. C. Stomatal behavior and components of the antioxidative system in coffee plants under water stress. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 77-85, 2011.

DOMINGUEZ, A. F. **La higuera**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 190 p.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p.350-356, 1956.

FAOSTAT. Food Agricultural Organization. Statistical - database, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Acesso em: 03 fev. 2020.

FERNANDES, F. M.; BUZETTI, S. Fertilidade do solo e nutrição da figueira. *In*: CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. **Cultura da figueira:** do plantio a comercialização. Ilha Solteira: Funep, 1999. p. 69-85.

FERRAZ, R. A.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; FERREIRA, R. B.; MODESTO, J. H.; ARRUDA, L. L. Phenology, vegetative growth, and yield performance of fig in Southeastern Brazil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 55, e01192, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIGUEIREDO, A. L. **Desempenho agronômico de cultivares de figueira visando à produção de figos verdes em regiões de clima subtropical**. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

FLAISHMAN, M. A.; RODOV, V.; STOVER, E. The fig: botany, horticulture, and breeding. **Horticultural Reviews**, v. 34, p. 113–196, 2008.

GIANNOPOLITIS, C. N; REIS, S. K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higherplants. **Plant Physiology**, v. 59, p. 309-314, 1997.

GOMEZ, L.; FAUROBERT, M. Contribution of vegetative storage proteins to seasonal nitrogen variations in the young shoots of peach trees (*Prunus persica* L. Batsch). **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 379, p. 2431-2439, 2002.

GONÇALVES, B. H. L.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; TECCHIO, M. A.; ARRUDA, L. L.; SILVA, M. S. Carbohydrate levels in 'douradão' peach tree grown under subtropical conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 12, p. 1635-1639, 2016.

GONÇALVES, B. H. L.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A.; FERRAZ, R. A.; SOUZA, J. M. A.; ARRUDA, L. L. Carbohydrate concentration in 'BRS Rubimel' peach trees during the annual cycle. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 9, n. 5, p. 419-426, 2015.

GUPTA, A. K.; KAUR, N. Sugar signaling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses in plants. **Journal of Biosciences**, v. 30, n. 5, p. 761-776, 2005.

GUY, C. Cold acclimation and freezing stress tolerance: Role of protein metabolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 41, n. 1, p. 187-223, 1990.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in Biology and Medicine**. Oxford: Clarendon Press, 1989, 543 p.

HERNANDEZ, F. B. T.; SUZUKIII, M. A.; BUZETTI, S.; CORREA, L. S. Resposta da figueira (*Ficus carica* L.) ao uso da irrigação e nitrogênio na região de Ilha Solteira. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 99-104, 1994.

HERTER, F. G.; MACHADO, L. B.; OLIVEIRA, M. F.; SILVA, J. B. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Canick, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 261-264. 2001.

IONESCU, I. A.; LÓPEZ-ORTEGA, G.; MEIKE, B.; BAYO-CANHA, A.; JUNGE, A.; GERICKE, O.; MOLLER, B. L.; PÉREZ-SÁNCHEZ, R. Transcriptome and metabolite changes during hydrogen cyanamide induced floral bud break in sweet cherry. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1233, 2017.

JACOB, A.; UEXKÜLL, H. V. **Fertilización nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales**. 4 ed. México: Edições Euro-americanas, 1973. 626 p.

KELLER, M. W.; KOBLET. Dry matter and leaf area partitioning, bud fertility and second season growth of *Vitis vinifera* L.: Responses to nitrogen supply and limiting irradiance. **Vitis**, v. 34, p. 77-83, 1995.

KJELDAHL, J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Z. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 366-382, 1883.

LACOINTE, A.; KAJJI, A.; DAUDET, F. A.; ARCHER, P.; FROSSARD, J. S. Mobilization of carbon reserves in young walnut trees. **Acta Botanica Gallica**, v. 140, n. 4, p. 435-441, 1993.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. **A figueira**. São Paulo: Editora Unesp, 2011. 398 p.

MARAFON, A. C.; CITADIN, I.; AMARANTE, L.; HERTER, F. G.; HAWERROTH, F. J. Chilling privation during endodormancy period disturbs carbohydrate mobilization in Japanese pear. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 462-468, 2011.

MARAFON, A. C.; HERTER, F. G.; BACARIN, M. A.; HAWERROTH, F. J. Atividade da peroxidase durante o período hibernal de plantas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch.) cv. Jubileu com e sem sintomas da morte precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 938-942, 2009.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V.J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 35-41, 2013.

MARQUAT, C.; VANDAMME, M.; GENDRAUD, M.; PÉTEL, G. Dormancy in vegetative buds of peach: relation between carbohydrate absorption potentials and carbohydrate concentration in the bud during dormancy and its release. **Scientia Horticulturae**, v. 79, n. 3-4, p. 151-162, 1999.

MAZZITELLI, L.; HANCOCK, R. D.; HAUPT, S.; WALKER, P. G.; PONT, S. D. A.; MCNICOL, J.; CARDLE, L.; MORRIS, J.; VIOLA, R.; BRENNAN, R.; HEDLEY, P. E.; TAYLOR, M. A. Co-ordinated gene expression during phases of dormancy release in raspberry (*Rubus idaeu*s L.) buds. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 5, p. 1035-1045, 2007.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

NELSON, N. A. Photometric adaptation of Somogyi method for determination of glicose. **Journal Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

OLIVEIRA JUNIOR, M. A.; SOUZA, J. M. A.; SILVA, M. S.; FERREIRA, R. B.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Aplicação de cloreto de cálcio em pós-colheita, nos frutos de figueira 'Roxo de Valinhos'. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 241-250, 2018.

OLIVEIRA, R. J. P.; BIANCHI, V. J.; AIRES, R. F.; CAMPOS, Â. D. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1199-1207, 2012.

OR, E.; VILOZNY, I.; FENNELL, A.; EYAL, Y.; OGRODOVITCH, A. Dormancy in grape buds: isolation and characterization of catalase cDNA and analysis of its expression following chemical induction of bud dormancy release. **Plant Science**, v. 162, n. 1, p. 121-130, 2002.

OPHIR, R.; PANG, X.; HALALY, T.; VENKATESWARI, J.; LAVEE, S.; GALBRAITH, D.; OR, E. Gene-expression profiling of grape bud response to two alternative dormancy release stimuli expose possible links between impaired mitochondrial activity, hypoxia, ethylene-ABA interplay and cell enlargement. **Plant Molecular Biology**, v. 71, n. 4-5, p. 403-423, 2009.

OUKABLI, A.; MEKAOUI, A. Dormancy of fig cultivated under Moroccan conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 4, p. 473-479, 2012.

PEREIRA, G. P. **Fisiologia e bioquímica da dormência de gemas de caquizeiro 'Fuyu'.** 2017. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

PÉREZ, F. J.; BURGOS, B. Alterations in the pattern of peroxidase isoenzymes and transient increases in its activity and in H_2O_2 levels take place during the dormancy cycle of grapevine buds: the effect of hydrogen cyanamide. **Plant Growth Regulation**, v. 43, n. 3, p. 213–220, 2004.

PEREZ, F. J.; LIRA, W. Possible role of catalase in post-dormancy bud break in grapevines. **Journal of Plant Physiology**, v. 162, n. 3, p. 301-308, 2005.

PEREZ, F. J.; VERGARA, R.; RUBIO, S. H_2O_2 is involved in the dormancy breaking effect of hydrogen cyanamide in grapevine buds. **Plant Growth Regulation**, v. 55, n. 2, p. 149-155, 2008.

PETRI, J. L.; HERTER, F. G. Dormência e indução a brotação. In: MONTEIRO, L. B; DE MIO, L. L. M.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de Caroço**: Uma visão ecológica. Curitiba: UFPR, 2002. p. 119-127.

PIRES, E. J. P.; POMMER, C. V. *In*: POMMER, C. V. **Uva Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003, p. 250-294.

PINTO, M.; LIRA, W.; UGALDE, H.; PÉREZ, F. **Fisiologia de la latência de lãs yemas de vid: hipótesis actuales**. Grupo de Investigación Enológica (GIE). Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, 2007. 16 p.

PITA JÚNIOR, J. L. **Propagação do rambutanzeiro (*Nephelium lapacceum* L.)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

PRIESTLEY, C. A. Carbohydrate resources within the perennial plant**. Commonwealth Agricultural Bureaux**, v. 62, n. 1, p. 117-118, 1963.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285 p.

RODRIGUES, A. C.; DINIZ, Â. C.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. B.; FARIA, J. L. C. Peroxidases activity and total phenols in the tissue rootstock of Prunus sp. in the vegetative development and rest periods. **Ciência Rural**, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.

RODRIGUES, M. G. F.; MONTEIRO, L. N. H.; FERREIRA, A. F. A.; SANTOS, T. P.; PAVAN, B. E.; NEVES, V. A. B.; BOLIANI, A. C. Biometric characteristics among fig tree genotypes in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. 1-10, 2019.

ROSA, A. M.; PESCADOR, R.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, A. F.; BRUNETTO, G. Fertilidade e reservas de carbono e nitrogênio em gemas de ramos das viníferas ‘Carbernet Sauvignon’ e ‘Nebbiolo’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 576- 585, 2014.

ROWLAND, L. J.; ARORA, R. Proteins related to endodormancy (rest) in woody perennials. **Plant Science**, v. 126, p. 119-144, 1997.

SCHRADER, S.; SAUTER, J. J. Seasonal changes of sucrose-phosphate synthase and sucrose synthase activities in poplar wood (*Populus* x *Canadensis* Moench “robusta”) and their possible role in carbohydrate metabolism. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, p. 833-843, 2002.

SIEGEL, B. Z. Plant peroxidases: An organismic perspective - review. **Plant Growth Regulation**, v. 12, n. 3, p. 303-312, 1993.

SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J. F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2009.

SUDAWAN, B.; CHANG, C. S.; CHAO, H. F.; MAURICE, S. B. K.; YUNG-FU, Y. Hydrogen cyanamide breaks grapevine bud dormancy in the summer through transient activation of gene expression and accumulation of reactive oxygen and nitrogen species. **BMC Plant Biology**, v. 16, n. 202, p. 1-18, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activitiesin fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, v. 153, p. 65-72, 2000.

VOSSEN, P.M.; SILVER, D. **Growing temperature tree fruit and nut crops in the home garden**. California: Uiversity of California Research and Information Center/The California Backyard Orchard, 2000. 91 p.

WALDIE, T.; HAYWARD, A.; BEVEIDGE, C. A. Axillary bud outgrowth in herbaceous shoots: how do strigolactones fit into the picture? **Plant Molecular Biology**, v. 73, n. 1-2, p. 27-36, 2010.

WANG, S. Y.; JIAO, H., FAUST, M. Changes in ascorbate, glutathione, and related enzyme activities during thidiazuron induced bud break of apple. **Physiologia Plantarum**, v. 82, n. 2, p. 231–236, 1991.

WEGRZYN, T.; REILLY, K.; CIPRIANI, G.; MURPHY, P.; NEWCOMB, R.; GARDNER, R.; MACRAE, E. A novel α-amylase gene is transiently upregulated during low temperature exposure in apple fruit. **European Journal of Biochemistry**, v. 267, p. 1313-1322, 2000.

WU, S.; ZHU, Y.; CAI, Q.; ZENG, K.; GRIMES, C. A. A wireless magnetoelastic alfa-amilase sensor. **Sensors and Actuators B Chemical**, v. 121, p. 476-481, 2007.

YOSHIOKA, H.; NAGAI, K.; AOBA, K.; FUKUMOTO, M. Seasonal changes of carbohydrates metabolism in apple trees. **Scientia Horticulturae**, v. 36, n. 3-4, p. 219-227, 1988.

CAPÍTULO 2 - FENOLOGIA DA BROTAÇÃO DE GEMAS DE FIGUEIRAS EM RESPOSTA A EXPOSIÇÃO DAS ESTACAS AO FRIO ARTIFICIAL

RESUMO

O cultivo da figueira é uma atividade viável técnica e economicamente, devido ao valor de seus frutos. No entanto, para a expansão da ficicultura é necessário conhecer a caracterização fenológica dos genótipos disponíveis para cultivo. Dessa maneira, objetivou-se por meio do teste biológico de “estacas de nós isolados”, caracterizar a fenologia da brotação de gemas de figueiras em resposta a exposição das estacas ao frio artificial. As estacas das cultivares Roxo de Valinhos; Brown Turkey; Pingo de Mel; Troyano e White Genova, foram coletadas em dois ciclos agrícolas (2017 e 2018) e posteriormente, acondicionadas na posição horizontal em câmara fria (8±0,5ºC) por 0, 40, 80, 120 e 160 horas de frio artificial. Para o teste biológico, estacas de 7 cm foram mantidas em condições controladas (23±1ºC, UR 85% e fotoperíodo de 16 horas). Foram avaliadas a velocidade, tempo médio e taxa final de brotação, taxa de brotações vigorosas e o tempo médio para surgimento de folhas abertas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas. O teste biológico de “estacas de nós isolados” permitiu avaliar a saída do repouso vegetativo e a fenologia entre as cultivares de figueira, sendo que esta é influenciada pelo acúmulo de frio ocorrente em cada ciclo agrícola. Variações no tempo médio de brotação e na taxa final de brotação de cultivares de figueira podem estar relacionadas às exigências de baixas e altas temperaturas para brotação. Em uma escala da menor para maior exigência em horas de frio artificial para brotação das gemas, as cultivares foram classificadas em: Pingo de Mel < Roxo de Valinhos < Brown Turkey < White Genova < Troyano. As cultivares avaliadas possuem potencial para diversificação da ficicultura nacional, além do figo ‘Roxo de Valinhos’, tradicionalmente cultivado.

Palavras-chave: *Ficus carica* L.. Teste biológico de “estacas nós isolados”. Zoneamento agroclimático. Requerimento de frio.

ABSTRACT

Growing figs is a profitable and viable activity, due to the fruit commercial value. For figs fruits to expand to other national areas, it is necessary to know the phenological characterization of other genotypes available for cultivation. In this way, the present study aimed to characterize the bud sprouting phenology of fig in response to exposure to artificial chilling hours by using single node cutting biological test. The cuttings of ‘Roxo de Valinhos’, ‘Brown Turkey’, ‘Pingo de Mel’; ‘Troyano’ and ‘White Genova’ were collected and subsequently stored horizontally in a laboratory cold chamber (8±0.5ºC) for 0, 40, 80, 120 and 160 hours of artificial chilling. For the test, 7

cm cuttings were kept under controlled conditions at 23±1ºC, RH 85% and photoperiod of 16 hours. Samples were used to evaluate sprouting with regards to speed, average time and final rate, as well as sprouting vigorous rate and average time for open leaf appearance. A split plot in a completely random experimental design was set up. Results detected the single node cutting biological test allowed the evaluation of rest vegetative overcome and phenology among fig cultivars. Variations in the average time sprouting and final sprouting rate of fig cultivars may be related to the requirements of low and high temperatures. On a scale from lower to higher demand in artificial chilling hours for bud sprouting, the cultivars were classified as: Pingo de Mel < Roxo de Valinhos < Brown Turkey < White Genova < Troyano. The evaluated cultivars have potential to the national fig orchards diversification, besides the fig 'Roxo de Valinhos', traditionally cultivated.

Keywords: *Ficus carica* L. Single node cutting biological test. Agroclimatic zoning. Chilling requirement.

2.1 INTRODUÇÃO

A superação da dormência em frutíferas de clima temperado é um ponto determinante no cultivo, uma vez que influencia diretamente na produção dessas espécies, em especial quando são cultivadas em locais que não apresentam frio suficiente para atender às necessidades fisiológicas da planta (HAWERROTH, 2009). Nesse sentido, para preservação e produção dessas frutíferas, estudos têm sido direcionados à dormência das gemas, posto que aliadas a elas, as baixas temperaturas estão relacionadas com os processos de indução à entrada e saída do período dormente, para que ocorra a brotação e frutificação (PUTTI et al., 2006; HAWERROTH et al., 2010).

Espécies de clima temperado como a pereira, macieira e o pessegueiro têm sido estudadas no que concerne aos fatores relacionados à dormência das gemas (OLIVEIRA FILHO; CARVALHO, 2003; CARVALHO; ZANETTE, 2004; OLIVEIRA et al., 2008), pois podem necessitar de determinado número de horas com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2ºC para superarem o período dormente e assim brotarem e produzirem (MONTEIRO et al., 2004; PENTEADO, 2004). Entretanto, segundo Souza et al. (2009), em pesquisas com temperaturas basais e necessidades térmicas da figueira Roxo de Valinhos realizadas em Botucatu/SP, a temperatura mínima basal de 8ºC é a ideal para a espécie.

Não há esclarecimento total acerca da dormência de gemas da figueira, uma vez que na literatura há relatos da espécie exigir entre 0 a 150 horas de frio para superar esse estado (VOSSEN; SILVER, 2000; CAETANO et al., 2012). A indefinição desse intervalo pode ser prejudicial ao cultivo da frutífera, pois cada cultivar pode apresentar variação na necessidade de horas de frio para superação da dormência (HERTER et al., 2001; PUTTI et al., 2006).

Em virtude das ocorrentes e contínuas modificações climáticas, as regiões típicas de clima temperado têm sido descaracterizadas, principalmente no que se refere à disponibilidade de baixas temperaturas (ANDRADE et al., 2012). Para tanto, a seleção de genótipos que atendam às necessidades específicas de cada local é fundamental para garantir a perpetuação das espécies.

A ausência de adaptação de uma cultivar em condições satisfatórias de inverno pode reduzir a brotação da espécie, prejudicando posteriormente a produção de frutos (GEORGE; EREZ, 2000). Dessa forma, o conhecimento térmico e sua interferência no crescimento e desenvolvimento das plantas é fundamental para alcançar o máximo da produção no zoneamento agroclimático (TAZZO et al., 2015).

Estudos da fenologia da brotação relacionados ao requerimento em frio são essenciais para o desenvolvimento vegetativo, uma vez que o comportamento fenológico e consequentemente produtivo da espécie, ocorrem em razão da interação do genótipo com as condições climáticas, onde haverá qualidade dos frutos determinada conforme o uso de cultivares adaptadas com potencial de diversificação (LEÃO; SILVA, 2003; VALENTINI et al., 2004; LEONEL; SAMPAIO, 2011; MBA et al., 2012).

Em relação à figueira, cultivares produtivas poderão ser recomendadas para regiões não tradicionais de cultivo, possibilitando a comercialização de frutos na entressafra. Contudo, não há trabalhos que descrevam a associação do cultivo da figueira em regiões tropicais e subtropicais com a fenologia da planta, o que dificulta o entendimento dos diferentes estádios fenológicos e sua relação com o clima, e a influência na brotação das gemas e na produtividade da cultura.

O uso de métodos biológicos permite que a fenologia da espécie seja realizada de maneira direta, sendo que as observações da brotação são realizadas em materiais vegetais expostos a condições controladas durante a dormência (HAWERROTH et al., 2010). Para quantificação e determinação de estádios fenológicos da brotação das gemas, por meio do nível de dormência que a espécie

apresenta, existe o teste biológico de “estacas de nós isolados”, o qual quantifica a profundidade de dormência de gemas com praticidade além de possibilitar a correlação com processos fisiológicos da planta (CRABBÉ; BARNOLA, 1996).

O teste biológico de “estacas de nós isolados” foi desenvolvido na Universidade de Clermont-Ferrand na França, baseando-se na avaliação do período requerido para a brotação das gemas isoladas em ramos (CRABBÉ; BARNOLA, 1996; CARVALHO et al., 2010b). No Brasil, esse teste é bastante utilizado para analisar a dormência de várias frutíferas de clima temperado, como o pessegueiro, a pereira e a macieira (BONHOMME et al., 1999; BIANCHI et al., 2000; CARVALHO; ZANETTE, 2004), entretanto, não há estudos com a figueira.

Sendo assim, para analisar a necessidade térmica de cultivares de figueira, com vistas à proposição de um zoneamento agroclimático para a cultura, objetivou-se por meio do teste biológico de “estacas de nós isolados”, caracterizar a fenologia da brotação de gemas de figueiras em resposta a exposição das estacas ao frio artificial.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, UNESP - Câmpus de Botucatu/SP, sendo o material vegetal proveniente de figueiras pertencentes ao pomar da Fazenda Experimental Lageado, situada a 22°51’55” latitude S, 48°26’22” longitude W e altitude de 810 m.

Segundo a classificação de Kóppen, o clima da região é do tipo mesotérmico (Cfa), ou seja, temperado quente com chuvas concentradas de novembro a abril, sendo a precipitação média anual de 1376,7 mm, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (CUNHA; MARTINS, 2009).

O pomar de figueiras foi implantado em 2013, no espaçamento de 3,0 metros entre linhas x 2,0 metros entre plantas. Foram avaliados dois ciclos agrícolas, correspondentes aos anos de 2016/2017 e 2017/2018, quando as plantas de figueira

estavam com 4 anos de idade. As cultivares avaliadas foram: ‘Roxo de Valinhos’; ‘Brown Turkey’; ‘Pingo de Mel’; ‘Troyano’ e ‘White Genova’.

As análises químicas de solo foram realizadas por meio de amostras coletadas em duas profundidades do solo (0-10 e 10-20 cm), as quais foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP-FCA, em Botucatu/SP (Tabelas 1 e 2).

Na área experimental, as adubações do solo foram realizadas 30 dias após a poda, com base nos resultados das análises e recomendações de Raij et al. (2001).

Tabela 1 - Características químicas do solo e teores de macronutrientes da área experimental. Botucatu/SP – 2017

Amostra (cm)	pH ($CaCl_2$)	M.O. (g dm^{-3})	P resina mg dm^{-3}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				---------- mmolc dm^{-3} ----------						
0 – 10	4,8	23	49	45	2,8	36	10	48	94	52
10 – 20	4,6	19	26	66	1,2	28	8	37	103	36

Tabela 2 - Teores de micronutrientes do solo da área experimental, Botucatu/SP – 2017

Amostra (cm)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	---------- mg dm^{-3} ----------				
0 – 10	0,36	6,4	43	10,6	2,7
10 – 20	0,30	8,2	37	6,5	2,1

Em relação ao manejo fitossanitário das plantas, para o controle da ferrugem (*Cerotelium fici* (Cast.)), foram realizadas quatro aplicações, em intervalos de 15 dias, do fungicida Tebuconazole (Folicur®), iniciadas após o surgimento dos primeiros sintomas. O manejo de plantas invasoras foi realizado sempre que necessário, com auxílio de roçadeira mecânica nas entrelinhas e capina manual ao redor das plantas.

2.2.2 Quantificação das horas de frio

A temperatura do ar foi obtida por um conjunto Vaisala (termohigrômetro HMP45C + abrigo multi-placa RM Young model 41002) instalado a 2 m de altura, e conectado a um Micrologger CR23X com saída dos dados médios a cada 10 minutos. Para contabilização do acúmulo de frio, quando a temperatura do ar

permaneceu abaixo de 8°C, calculou-se a somatória das horas (NHF) (SOUZA et al., 2009). Os dados climáticos e de horas de frio acumuladas nos dois ciclos agrícolas estão inseridos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a dezembro de 2017

Elementos/ meses	Jan/ 17	Fev/ 17	Mar/ 17	Abr/ 17	Mai/ 17	Jun/ 17	Jul/ 17	Ago /17	Set/ 17	Out/ 17	Nov/ 17	Dez/ 17
Tmin (°C)	19,1	19,9	18,6	16,9	15,5	13,5	12,8	14,1	17,1	16,8	16,3	18,6
Tmax (°C)	28,2	30,0	28,0	26,1	22,6	22,4	22,3	23,2	28,8	27,5	26,9	28,2
Tmed (°C)	22,4	24,0	22,3	20,7	18,7	17,4	17,0	18,1	22,5	21,4	20,8	22,6
NHF < 7°C	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,7	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NHF < 8°C	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	3,3	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NHF < 13°C	0,0	0,0	0,2	4,2	1,2	58,2	104,5	77,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rs (MJ.m^{-2})	17,6	22,2	19,1	15,6	10,5	12,4	14,9	14,5	20,6	18,3	21,6	19,7
UR (%)	81,9	71,3	75,1	76,0	83,1	73,7	62,0	66,5	50,0	69,5	72,4	74,2
Pp (mm)	402,0	153,2	155,0	175,3	172,7	115,3	0,0	90,4	32,8	173,7	239,5	170,7

Tmin; Tmax e Tmed = Temperatura mínima, Temperatura máxima e Temperatura média. NHF = Número de horas de frio. Rs = Radiação solar. UR = Umidade relativa. Pp = Precipitação

Tabela 4 - Dados meteorológicos registrados em Botucatu/SP entre janeiro a agosto de 2018

Elementos/ meses	Jan/18	Fev/18	Mar/18	Abr/18	Mai/18	Jun/18	Jul/18	Ago/18
Tmin (°C)	18,5	18,5	19,6	17,6	15,2	15,1	14,8	12,9
Tmax (°C)	27,3	27,4	29,4	26,4	24,7	24,0	25,3	22,2
Tmed (°C)	21,8	22,3	23,5	21,3	19,2	19,0	18,8	17,1
NHF < 7°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,3
NHF < 8°C	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,0
NHF < 13°C	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	47,5	76,0	128,8
Rs (MJ.m^{-2})	18,3	16,8	18,5	17,6	15,3	12,1	14,2	14,2
UR (%)	79,6	72,9	76,3	70,2	66,8	66,5	51,5	69,8
Pp (mm)	288,3	104,4	153,7	64,0	25,7	11,2	6,6	131,1

Tmin; Tmax e Tmed = Temperatura mínima, Temperatura máxima e Temperatura média. NHF = Número de horas de frio. Rs = Radiação solar. UR = Umidade relativa. Pp = Precipitação

2.2.3 Coleta, preparo e condicionamento do material vegetal

As estacas das cultivares Roxo de Valinhos; Brown Turkey; Pingo de Mel; Troyano e White Genova foram coletadas no momento da realização da poda tradicional, no final do período hibernal (final do inverno) dos ciclos agrícolas (31 de julho de 2017 e 31 de julho de 2018, respectivamente), obtendo-se 250 estacas para cada cultivar. A coleta das estacas ocorreu no final do período de repouso vegetativo, quando já haviam sido acumuladas 19,5 Horas de Frio (HF) e 2,7 Horas de Frio (HF), nos anos de 2017 e 2018, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

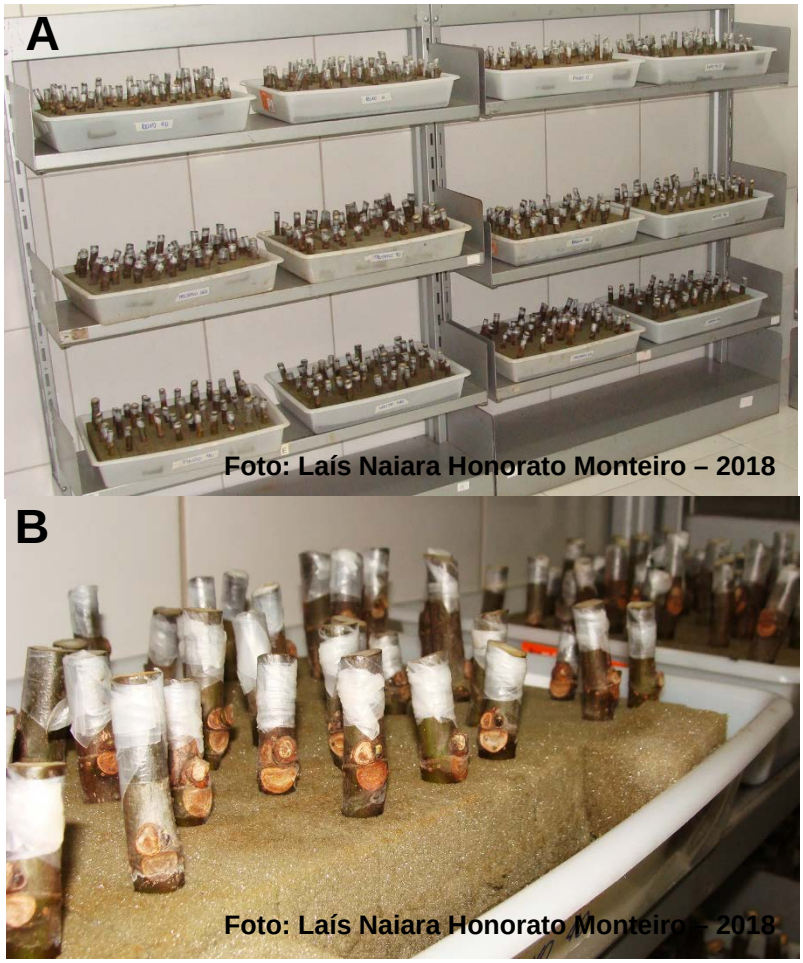
Padronizou-se as estacas com 20 cm de comprimento (contendo aproximadamente cinco gemas) e diâmetro médio de 7 mm, sendo que os cortes em bisel foram feitos nas extremidades, um centímetro acima da primeira gema e um centímetro abaixo da última, respectivamente. Posteriormente, as estacas de cada cultivar foram separadas em cinco lotes (50 estacas em cada lote), os quais foram envolvidos em papel umedecido e acondicionados na posição horizontal em câmara fria (8±0,5ºC) por 0, 40, 80, 120 e 160 horas de frio artificial.

2.2.4 Teste biológico de “estacas de nós isolados”

Após a exposição das estacas ao frio artificial, as mesmas foram padronizadas e seccionadas com comprimento médio de 7 cm contendo uma gema dormente, para realização do teste biológico conhecido como “estacas de nós isolados” (OLIVEIRA FILHO; CARVALHO, 2003).

Após o seccionamento, as estacas foram colocadas em bandejas de polietileno brancas com espuma fenólica umedecida e mantidas em condições controladas a temperatura de 23±1ºC, umidade relativa média de 85% e fotoperíodo de 16 horas (Figura 1A). De modo a evitar a desidratação das estacas, utilizou-se fita Parafilm® na extremidade superior das mesmas (Figura 1B). Os testes foram realizados com quatro repetições, sendo cada repetição composta por 10 estacas, totalizando 40 estacas por cultivar (CARVALHO et al., 2010a).

Figura 1 - Estacas de figueira (*Ficus carica* L.) acondicionados em bandejas com espuma fenólica (A) e protegidas com fita Parafilm® na extremidade superior (B). Botucatu/SP



2.2.5 Caracterização fenológica

As avaliações foram realizadas diariamente, durante 40 dias, para identificação dos estádios “ponta verde” (PV), “gema alongada” (GA) e “gema aberta” (GAb). Considerou-se PV quando houve surgimento de alterações na tonalidade da gema – extremidade superior amarela esverdeada (Figura 2[2]), GA quando constatou-se o alongamento das folhas sem estarem abertas (Figura 2[3]) e GAb quando surgiram folhas abertas (Figura 2[4]) (OLIVEIRA FILHO; CARVALHO, 2003; CARVALHO et al., 2010a; CARVALHO et al., 2010b).

As imagens foram registradas 24 dias após acomodação das estacas em condições controladas, sendo que as mesmas foram oriundas do tratamento em que não houve submissão ao frio artificial (controle - 0 horas de frio) (Figura 2).

Figura 2 - Estacas de figueira (*Ficus carica* L.) cultivar: Roxo de Valinhos (A); Brown Turkey (B); Pingo de Mel (C); Troyano (D) e White Genova (E) submetidas à horas de frio suplementar. Botucatu/SP. [1]Gema dormente, [2]Ponta verde, [3]Gema alongada, [4]Gema aberta. Barra = 1 cm

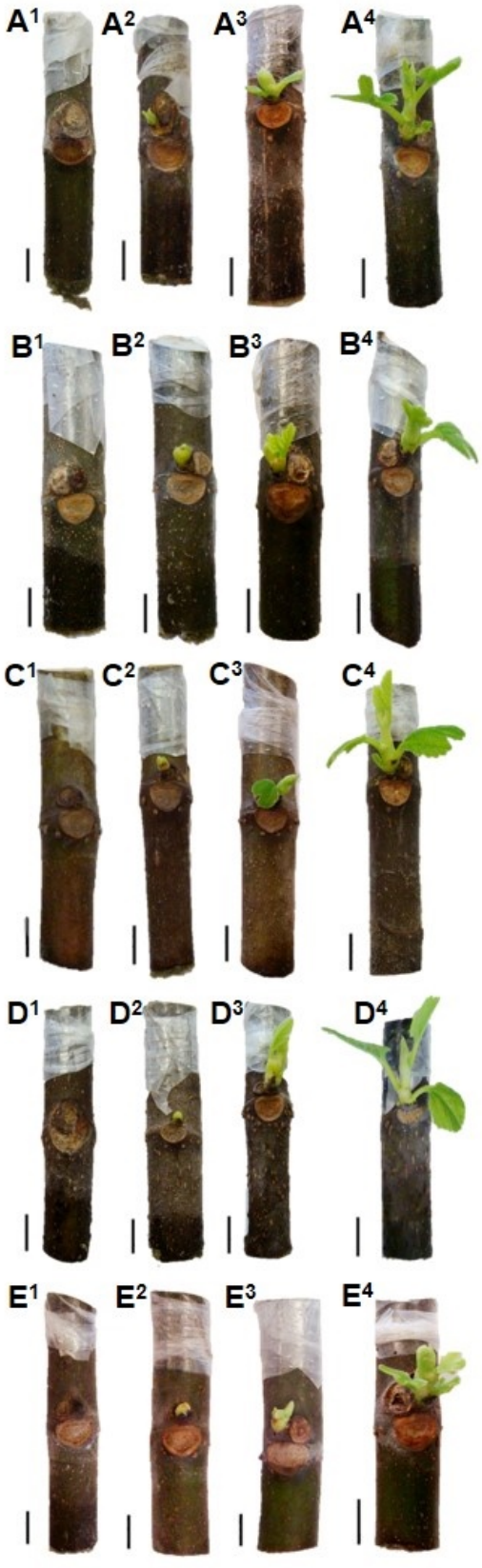


Foto: Laís Naiara Honorato Monteiro – 2018

Conforme os estádios foram calculados:

- Velocidade de brotação (VB em gemas dia^{-1}): brotação das gemas no tempo [$VB = \Sigma (ni\ ti^{-1})$, em que ni = número de gemas que atingiram o estádio PV no tempo "i", e ti = tempo após instalação do teste ($i = 1 \rightarrow 40$)] (CARVALHO et al., 2010a);

- Tempo médio para brotação (TMB em $dias^{-1}$): número médio de dias entre o início do experimento e o estádio PV (CARVALHO et al., 2010a);

- Taxa final de brotação (TFB em %): porcentagem de estacas com gemas em PV (CARVALHO et al., 2010a);

- Taxa de brotações vigorosas (TBV em %): porcentagem de estacas com gemas no PV que progrediram a GAb [TBV = (% de estacas com GAb) x 100/TFB] (CARVALHO et al., 2010a);

- Tempo médio para surgimento de folhas abertas (TMFA em $dias^{-1}$): número de dias entre o estágio PV e GAb (OLIVEIRA FILHO; CARVALHO, 2003).

2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelas cultivares (Roxo de Valinhos, Brown Turkey, Pingo de Mel, Troyano e White Genova), e as subparcelas pelas horas de frio artificial (0, 40, 80, 120 e 160 horas). Utilizaram-se quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por dez estacas. Os resultados correspondentes aos dois ciclos agrícolas foram avaliados separadamente.

Os dados foram submetidos à hipótese da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, utilizou-se o teste F na análise de variância para detectar as diferenças entre os fatores. Quando encontrada diferença significativa para as fontes de variação foi utilizado o teste Scott-Knott (parcelas), ao nível de 1% de significância, e regressão polinomial (subparcelas), utilizando-se o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Os resultados expressos em dias e em porcentagem foram transformados segundo raiz (x+0,5), onde x significa o valor obtido para cada variável.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 encontra-se descrito a análise de variância de velocidade de brotação (VB), tempo médio para brotação (TMB), taxa final de brotação (TFB), taxa de brotações vigorosas (TBV) e, tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA) de ambos anos agrícolas. No ciclo agrícola de 2017, somente a VB e o TMFA não apresentaram interação significativa entre os fatores cultivares de figueira e horas de frio (HF). Contrariamente em 2018, apenas o TMB exibiu diferença significativa para a interação.

Tabela 5 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficientes de variação (CV) e médias de velocidade de brotação (VB), tempo médio para brotação (TMB), taxa final de brotação (TFB), taxa de brotações vigorosas (TBV) e, tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA), nos anos agrícolas de 2017 e 2018. Botucatu/SP

2017						
Fonte de Variação	GL	**VB (gemas dia^{-1})**	**TMB^{1} (dias^{-1})**	**TFB^{1} (%)**	**TBV^{1} (%)**	**TMFA^{1} (dias^{-1})**
Cultivar (C)	4	5,65**	1,37^{NS}	6,64**	0,79^{NS}	1,11^{NS}
Erro 1	25					
Horas (H)	4	30,79**	5,93**	10,94**	8,72**	3,36*
C*H	16	1,20^{NS}	1,77*	1,93*	2,31**	1,66^{NS}
Erro 2	100					
C.V. 1 (%)		42,29	13,76	23,25	36,00	32,20
C.V. 2 (%)		39,83	15,62	20,28	37,95	31,52
Média		0,31	4,02	6,97	6,68	2,63
2018						
Fonte de Variação	GL	**VB (gemas dia^{-1})**	**TMB^{1} (dias^{-1})**	**TFB^{1} (%)**	**TBV^{1} (%)**	**TMFA^{1} (dias^{-1})**
Cultivar (C)	4	8,23**	2,19^{NS}	5,25**	3,53*	8,07**
Erro 1	25					
Horas (H)	4	8,89**	40,22**	4,99**	3,93**	3,65**
C*H	16	1,62^{NS}	1,93*	0,82^{NS}	0,69^{NS}	1,28^{NS}
Erro 2	100					
C.V. 1 (%)		36,25	8,68	17,77	27,63	15,66
C.V. 2 (%)		35,98	6,99	17,84	30,37	23,48
Média		0,26	4,07	8,01	7,97	2,78

[1]Dados transformados em raiz (x+0,5). *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo pelo teste F.

A VB foi menor para ‘Pingo de Mel’ (0,22 gemas dia^{-1}) e ‘Roxo de Valinhos’ (0,16 gemas dia^{-1}) em 2017 e 2018, respectivamente (Tabela 6). Isso provavelmente

indica que essas cultivares, quando comparadas com as demais, apresentaram repouso vegetativo mais profundo em seus respectivos anos agrícolas, uma vez que, segundo Carvalho e Biasi (2012), a intensidade da dormência de gemas é inversamente proporcional à VB. Devido a essa maior expressividade do repouso vegetativo para ‘Pingo de Mel’ e ‘Roxo de Valinhos’, a brotação ocorreu de forma mais lenta.

Tabela 6 - Teores médios de velocidade de brotação (VB), tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA), taxa de brotações vigorosas (TBV) e taxa final de brotação (TFB) de cultivares de figueira. Botucatu/SP

CULTIVARES	VB[1]	VB[2]	TMFA[2]	TBV[2]	TFB[2]
	(gemas dia^{-1})	(gemas dia^{-1})	(dias^{-1})	(%)	(%)
Roxo de Valinhos	0,30 a**	0,16 c**	7,75 b**	64,92 b*	48,33 b*
Brown Turkey	0,31 a	0,29 a	9,23 a	79,50 a	75,83 a
Pingo de Mel	0,22 b	0,29 a	6,75 b	54,75 b	67,50 a
Troyano	0,37 a	0,23 b	6,20 b	65,67 b	68,33 a
White Genova	0,33 a	0,31 a	8,60 a	82,93 a	71,65 a
Erro padrão	0,0235	0,0208	0,5141	6,3511	5,0640

Médias originais. [1]Dados correspondentes ao ano agrícola de 2017. [2]Dados correspondentes ao ano agrícola de 2018. Letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a **1% e *5% de probabilidade.

Ao observar 2017 e 2018, ‘Roxo de Valinhos’, ‘Brown Turkey’, ‘Troyano’ e ‘White Genova’ reduziram a VB entre os anos agrícolas, enquanto para a cultivar Pingo de Mel houve aumento da VB (Tabela 6). A diminuição na VB observada de 2017 para 2018, evidencia que provavelmente a baixa exposição de frio que ocorreu no campo no segundo ano agrícola (2,7 HF) afetou mais ‘Roxo de Valinhos’, ‘Brown Turkey’, ‘Troyano’ e ‘White Genova’, o que demonstra que a brotação destas cultivares é mais influenciada pelo acúmulo de horas de frio, do que em ‘Pingo de Mel’.

Isso indica que ‘Roxo de Valinhos’, ‘Brown Turkey’, ‘Troyano’ e ‘White Genova’, por serem genótipos mais exigentes em frio não devem ser recomendados para cultivo em zonas subtropicais sem utilização de técnicas de indução de brotação. Entretanto, àqueles genótipos com menor necessidade em baixas temperaturas para brotação, como observado para ‘Pingo de Mel’, podem suprir seu requerimento mesmo quando cultivados em a regiões de baixo acúmulo de frio (HAWERROTH et al., 2010). Isso corrobora Boliani e Corrêa (1999), uma vez que os autores indicaram o cultivo de figueira em regiões com temperaturas mais altas

quando comparadas às tradicionais, sendo que segundo Souza et al. (2009), para condições climáticas de Botucatu, 36°C é a temperatura basal máxima para essa frutífera.

Em relação ao TMFA e a TBV em 2018, ‘Brown Turkey’ e ‘White Genova’, foram superiores estatisticamente às demais cultivares avaliadas (Tabela 6). Para a TFB, as mesmas cultivares exibiram as maiores médias da variável. Isso sugere que, principalmente para ‘Brown Turkey’ e ‘White Genova’, o teste biológico de “nós de estacas isolados” foi eficiente, uma vez que as gemas que brotaram evoluíram do estádio de ponta verde. Além disso, os resultados da TFB demonstram que estes não foram obtidos somente por consequência do corte realizado nas estacas, indicando que já possuíam reservas para o processo de brotação.

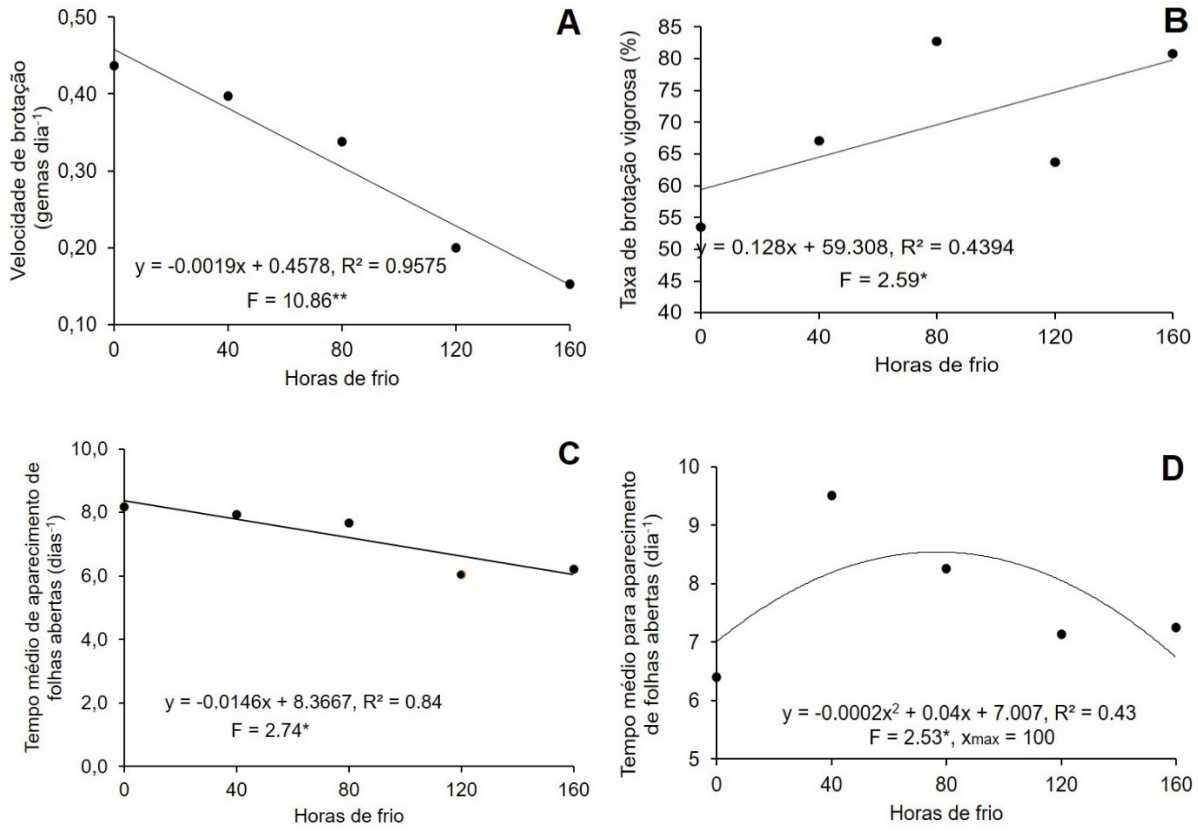
Ainda em relação a TFB em 2018, somente ‘Roxo de Valinhos’ foi inferior em relação às demais cultivares, associando-se à baixa VB dessa cultivar no mesmo ano agrícola (Tabela 6), demonstrando a baixa aptidão da gema a brotação.

Oscilações nos valores de VB podem ser derivadas da influência direta de baixas temperaturas na capacidade das gemas brotarem, uma vez que na ausência da quantidade de frio necessária, estas brotam lentamente e consequentemente há uma redução na TFB (ALVES et al., 2016). Estes dados reforçam o potencial das demais cultivares para diversificação da ficicultura nacional, pois apresentaram maior TFB que ‘Roxo de Valinhos’, predominantemente cultivada no Brasil.

Quando avaliada em função das HF (horas de frio) aplicadas artificialmente, verificou-se que em 2017 a VB reduziu linearmente, demonstrando que em função do incremento de frio artificial submetido às estacas de figueira, mais lentamente ocorreu a brotação das gemas (Figura 3A). A VB em 120 e 160 horas de frio foi inferior em relação aos outros períodos de frio avaliados. Possivelmente, o decréscimo de VB verificado pelas gemas de figueira, pode estar relacionado à menor exigência de exposição ao frio da espécie.

Os dados da TBV ajustaram-se à regressão linear no ciclo agrícola de 2018 (Figura 3B). Segundo Herter et al. (2001), a planta controla geneticamente as consequências quando é exposta à baixas temperaturas, sendo que o frio exibe efeito cumulativo na superação da dormência de frutíferas de clima temperado. Esse efeito cumulativo pode ser observado pelo desempenho linear da TBV, uma vez que com o aumento das horas de frio artificial imposto às estacas de figueira, estas apresentaram acréscimo na porcentagem de brotação vigorosas das gemas.

Figura 3 - Teores de velocidade de brotação (VB) em 2017 (A), taxa de brotação vigorosa (TBV) em 2018 (B), tempo médio para aparecimento de folhas abertas (TMFA) em 2017 (C) e 2018 (D). Botucatu/SP



O TMFA em 2017 reduziu linearmente conforme houve aumento nas HF aplicadas artificialmente (Figura 3C). Já em relação ao ciclo de 2018, houve incremento quadrático dos valores de TMFA até 100 HF (Figura 3D). Quando Dalastra et al. (2009) estudaram a época de poda de ‘Roxo de Valinhos’ em Quatro Pontes-PR, região sob a mesma classificação climática do presente estudo (Cfa), concluíram que figueiras podadas em julho e agosto, com um acúmulo de 60,5 e 126,0 HF, respectivamente, apresentaram as maiores produções.

A redução observada para o TMFA, segundo Oliveira Filho e Carvalho (2003), está associada à liberação da dormência, o que pode indicar que nas condições do presente trabalho, quando as estacas de figueira foram expostas a 120 e 160 HF, já haviam superado o período de repouso vegetativo. Dessa forma, evidencia-se que o TMFA é uma boa maneira de avaliar a capacidade de desenvolvimento de gemas (CARVALHO; ZANETTE, 2004).

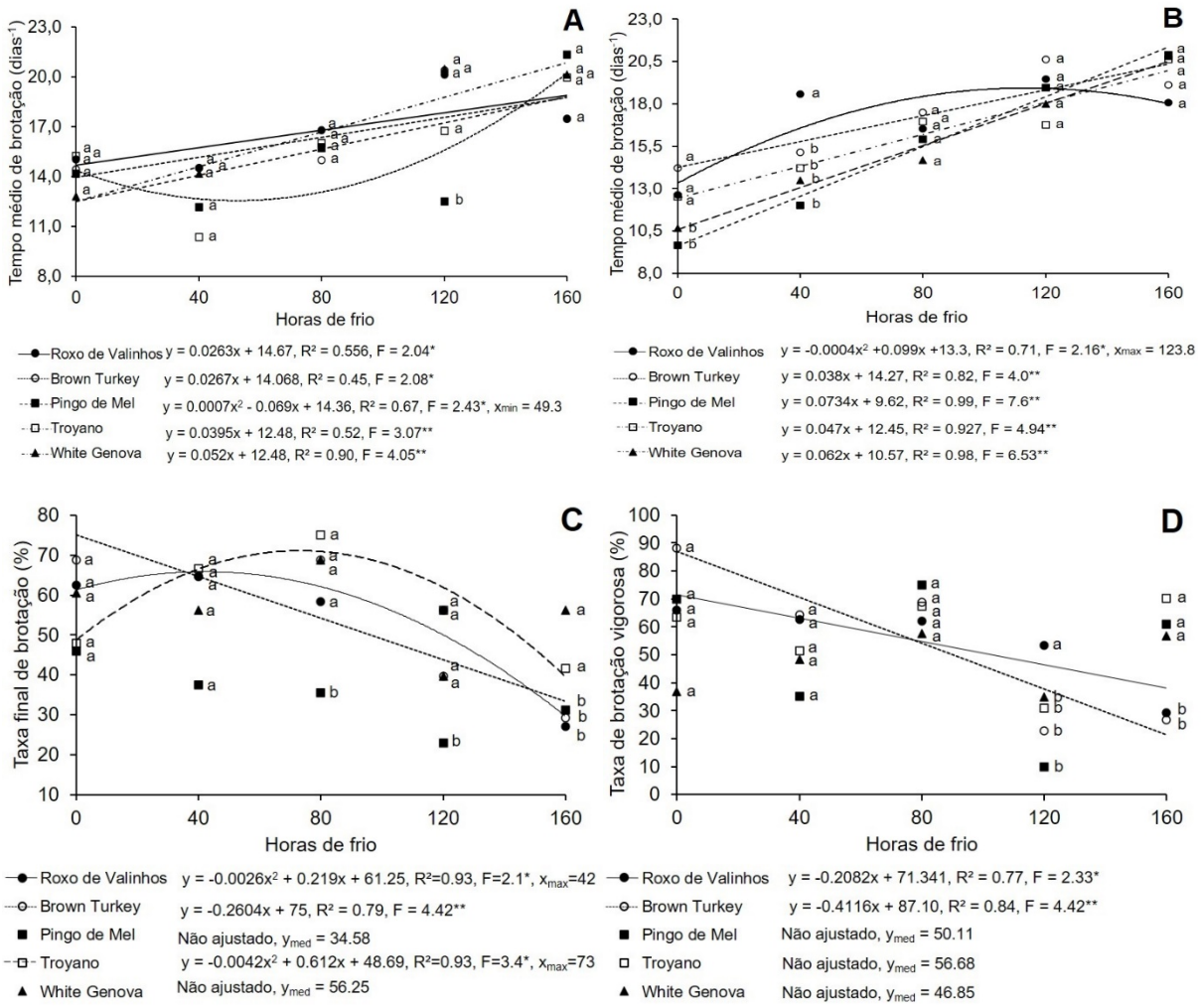
Em relação ao TMB de 2017, observou-se que todas as cultivares apresentaram ajuste nas equações de regressão, sendo que somente em 120 horas de frio as cultivares se diferenciaram entre si, onde ‘Pingo de Mel’ foi inferior às demais cultivares (Figura 4A). Essa variação do TMB entre as cultivares, pode ser devido às características genéticas de cada uma, aliado a aspectos climáticos como a temperatura, os quais influenciam a brotação das gemas (ANTUNES et al., 2008).

Além disso, essa oscilação associa-se também às exigências por temperaturas superiores às efetivas para acumulação em frio, pois estas intensificam atividades metabólicas nas gemas, estimulando a brotação destas (HAWERROTH et al., 2010). Reforçando o exposto, Nienow et al. (2006) observaram que figueiras exibiram maior emissão de frutos quando foram podadas em dias mais longos com temperaturas mais altas, resultando em favorecimento da atividade fotossintética e maior crescimento vegetativo, ou seja, maior incremento no período inicial de brotação.

Observando as cultivares Roxo de Valinhos, Brown Turkey, Troyano e White Genova, notou-se que estas apresentaram incremento linear do TMB, diferentemente dos dados de ‘Pingo de Mel’, onde estes comportaram-se de maneira quadrática em função do aumento das HF artificialmente aplicadas, com pequena redução até 49,3 HF (Figura 4A). Assim, sugere-se que de modo geral, para as cultivares de figueira, quanto maior a quantidade de horas de frio imposta, mais tardiamente a brotação ocorrerá. Nesse sentido, Nienow et al. (2006) estudando produção de figos em Passo Fundo-RS, observaram que as causas das menores taxas de frutificação obtidas foram a ocorrência de dias mais curtos com temperaturas mais baixas no início do período de brotação.

É importante considerar também que se não ocorrer acúmulo suficiente de horas de frio para cada cultivar, a entrada e a saída do período de repouso vegetativo, além do atraso no processo de brotação serão prejudicados, o que pode inviabilizar o cultivo da espécie de clima temperado em regiões subtropicais (CHAMPAGNAT, 1989; PÉREZ, 2001; LABUSCHAGNÉ et al., 2002).

Figura 4 - Tempo médio de brotação (TMB) em 2017 (A) e 2018 (B), taxa final de brotação (TFB) em 2017 (C) e taxa de brotação vigorosa (TBV) em 2017 (D). Botucatu/SP



Letras iguais entre as cultivares de figueira não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% de probabilidade.

No ciclo agrícola de 2018, o TMB também apresentou ajuste de regressão para todas as cultivares, sendo que apenas ‘Roxo de Valinhos’ exibiu equação quadrática, com aumento até 123,8 HF (Figura 4B). Isso sugere que a partir desse ponto, ‘Roxo de Valinhos’ superou o período de repouso vegetativo, pois segundo Carvalho e Biasi (2012), o final da dormência é determinado pela inflexão da curva do tempo para brotação.

Para as demais cultivares, houve aumento linear do TMB em função das horas de frio artificial (Figura 4B). Tais resultados corroboram os dados de VB observados nesse mesmo ano agrícola, uma vez que possivelmente devido ao baixo acúmulo de frio ocorrido em 2018 (2,7 HF), a brotação ocorreu mais lentamente quando comparado à 2017 (Tabela 6). De acordo com Carvalho e Silva (2010), o

TMB e a VB são as variáveis que mais influenciam na interpretação da intensidade da dormência.

Observou-se diferentes valores de TMB para a mesma cultivar nos ciclos agrícolas de 2017 e 2018 (Figuras 4A e 4B). Essa variação entre os anos para uma mesma cultivar de figueira no início da brotação pode ter sido influenciada, segundo Scariotto (2011), pela oscilação na quantidade, qualidade e duração de horas de frio, as quais foram distintas em cada ano (Tabelas 3 e 4). Pesquisas realizadas por Leonel e Tecchio (2010) revelaram em anos agrícolas distintos, períodos de colheita diferentes para ‘Roxo de Valinhos’ (91 dias no ciclo 2004/2005 e 132 dias no ciclo 2005/2006), confirmando o exposto de que fatores climáticos influenciam uma mesma cultivar em ciclos distintos.

A variação na brotação pode também ser devido ao fato de o início desse processo ocorrer durante a noite, onde há temperaturas baixas, seguidas pelo aumento da temperatura ao longo do dia (SCARIOTTO, 2011), o que pode ter ocorrido em Botucatu/SP onde foi desenvolvido o presente estudo, por ser uma região com clima mesotérmico (temperado quente). Por isso, pesquisas entre a interação cultivar x ambiente são fundamentais para garantir o sucesso de espécies de clima temperado, pois conhecer como cultivares se comportam em relação à adaptabilidade e estabilidade em determinada região ou diferentes anos, pode aumentar a produtividade (GIL, 1997; CITADIN et al., 2014).

De acordo com o comportamento das cultivares de figueira ao longo da exposição das estacas às horas de frio artificial para a TFB (Figura 4C), evidencia o fato de que as 19,5 HF ocorridas em 2017 somadas às horas de frio artificial foram de maneira geral, prejudiciais à brotação das gemas. O mesmo ocorreu para cultivares de videira (*Vitis vinifera*) em estudos realizados por Anzanello et al. (2018), pois após a dormência ser induzida pelo acúmulo de baixas temperaturas e o nível mínimo de brotação para estas cultivares ser atingido, a TFB aumentou quando os requisitos de frio foram supridos, caracterizando a superação da dormência.

Para ‘Brown Turkey’, provavelmente o frio ocorrido no ano de 2017 (19,5 HF) somado às HF impostas às estacas, acentuou o repouso vegetativo das gemas nessa cultivar, pois enquanto o TMB aumentou linearmente (Figura 4A), o contrário foi observado para a TFB (Figura 4C). Isso corrobora Carvalho e Biasi (2012), uma vez que segundo os autores, a intensidade da dormência de gemas é diretamente proporcional ao TMB e inversamente proporcional à TFB.

As cultivares Roxo de Valinhos e Troyano exibiram incremento quadrático da TFB até 42 e 73 HF, respectivamente, seguido pela queda na porcentagem da taxa (Figura 4C). Pode-se entender que pela permanência das estacas ao frio, a vitalidade das gemas pode ter sido afetada. Além disso, essa diminuição da TFB a partir de níveis diferentes para ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Troyano’, pode estar associada à maior dificuldade dessas gemas em evoluírem do estádio de ponta verde quando são expostas a um período prolongado de baixas temperaturas.

Sendo assim, possivelmente a redução da TFB observada depois de determinado acúmulo de frio, está relacionada à insuficiência de calor necessárias para a brotação. A figueira responde às temperaturas mais altas no final do inverno, pois estas aumentam a atividade respiratória das plantas devido à diminuição dos inibidores e incremento dos promotores de crescimento (GARDEA et al., 1994; GOMES, 2007; LEONEL; SAMPAIO, 2011).

O aumento linear do TMB e o incremento quadrático da TFB de ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Troyano’ em 2017 até 42 e 73 HF, respectivamente, sugerem que ‘Roxo de Valinhos’, quando comparado a ‘Troyano’, necessita de menor acúmulo de frio para intensificar o período de repouso vegetativo, consequentemente, exige quantidade inferior de frio para superação desse estado, encerrando-o mais rapidamente (Figura 4A e 4C). Assim, presume-se que a duração do ciclo das plantas é diretamente influenciada por fatores climáticos e genótipo das cultivares.

Corroborando o exposto, Ferraz et al. (2020) quando estudaram os padrões fenológicos de cultivares de figueira (*Ficus carica* L.), observaram que ‘Roxo de Valinhos’ atingiu mais rapidamente a fase de brotação das gemas, enquanto ‘Troyano’ necessitou de maior período para atingir esse estágio, o que possibilitou caracterizar tal cultivar como tardia, devido seu ciclo mais longo. A classificação quanto ao ciclo favorece a expansão na época de oferta de figo ao mercado, assegura melhor distribuição de renda ao ficicultor durante o ano, além da perspectiva de alcance por melhores preços com o fruto sendo comercializado na entressafra (LEONEL; TECCHIO, 2010).

Demonstrando que resultados dessa taxa foram influenciados pelos tratamentos de frio artificial, as cultivares apresentaram médias de TBV distintas somente quando as estacas foram expostas a 120 e 160 HF artificial (Figura 4D), sendo que ‘Brown Turkey’ exibiu menores TBV em ambas HF. Isso reitera o fato de

que para essa cultivar, o acúmulo de frio natural ocorrido em 2017 juntamente ao frio suplementar imposto às estacas, intensificou o repouso vegetativo nessas gemas.

Quando avaliada a TBV, somente ‘Roxo de Valinhos’ e ‘Brown Turkey’ ajustaram-se à equação de regressão, reduzindo os valores linearmente conforme aumento das HF aplicadas (Figura 4D), sendo que em 2018 as cultivares de figueira exibiram comportamento diferente, pois incrementaram linearmente conforme às HF aplicadas às estacas (Figura 3B). Dokoozlian (1999) quando estudou a interação do frio com a quebra de dormência de videira ‘Perlette’, observou que a brotação das gemas avançou em tratamentos com frio adicional, sendo que também houve variação dos efeitos da temperatura na brotação.

Considerando que o aumento da dormência é diretamente proporcional ao TMB e inversamente proporcional à TBV (CARVALHO; BIASI, 2012), verifica-se que a brotação das gemas de ‘Roxo de Valinhos’ foi negativamente afetada pelas horas de frio artificial, uma vez que exibiu aumento do tempo e redução da taxa de brotação conforme o avanço das HF (Figura 4A e 4D). Possivelmente, o frio ocorrido no ciclo de 2017 (19,5 HF) quando adicionado às HF artificial, não permitiu que essa cultivar avançasse o estádio de ponta verde das gemas. De acordo com Hauagge e Cummins (2000), um dos principais aspectos para adaptação de uma determinada cultivar em regiões com baixo acúmulo de frio, é a capacidade de brotação e crescimento das gemas.

O presente estudo mostrou que as cultivares de figueira respondem diferentemente quanto à suplementação de horas de frio, o que comprova afirmações de Gariglio et al. (2006), que afirmaram que com a realização do teste biológico de “estacas de nós isolados” é possível conhecer as exigências por baixas temperaturas de cada cultivar, o que normalmente contrasta com informações tradicionais de exigências climáticas da espécie que existem na literatura.

Aliado a isso, as informações a respeito do requerimento de frio de cada cultivar permitem que a época de brotação das gemas seja utilizada para realização do cultivo em determinadas regiões, uma vez que a inadequada seleção e o desconhecimento climático das cultivares podem influenciar negativamente na produtividade das plantas (RUIZ et al., 2007).

2.4 CONCLUSÕES

O teste biológico de “estacas de nós isolados” permitiu avaliar a saída do período de repouso vegetativo e a fenologia entre as cultivares de figueira.

A fenologia das cultivares de figueira avaliadas é influenciada pelo acúmulo de frio ocorrente em cada ciclo agrícola.

Variações no tempo médio de brotação e na taxa final de brotação de cultivares de figueira podem estar relacionadas às exigências de baixas e altas temperaturas para brotação.

Em uma escala de menor para maior exigência em horas de frio artificial para brotação das gemas, as cultivares foram classificadas em: Pingo de Mel < Roxo de Valinhos < Brown Turkey < White Genova < Troyano.

As cultivares Brown Turkey, Pingo de Mel, Troyano e White Genova possuem potencial para diversificação da ficicultura nacional, além de ‘Roxo de Valinhos’, tradicionalmente cultivado.

REFERÊNCIAS

ALVES, G.; BIASI, L. A.; MIO, L. L. M. Bud dormancy intensity in peach tree cultivars by biological and tetrazolium test. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2:e-956, p. 1-7, 2016.

ANDRADE, G. A.; RICE, W. C.; CARAMORI, P. H.; ZARO, G. C.; MEDINA, C. C. Zoneamento agroclimático de café robusta no Estado do Paraná e impactos das mudanças climáticas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1381-1390, 2012.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; RISTOW, N. C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1011-1015, 2008.

ANZANELLO, R.; FIALHO, F. B.; SANTOS, H. P. Chilling requirements and dormancy evolution in grapevine buds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 364-371, 2018.

BIANCHI, V. J.; ARRUDA, J. J. P.; CASAGRANDE, J. G.; HERTER, F. G. Estudo da paradormência em pereira por meio do método biológico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 294-296, 2000.

BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. S. Clima e solo para a cultura da figueira. *In:* CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. **Cultura da figueira**: do plantio à comercialização. Ilha Solteira: Funep, 1999. p. 37-40.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; RICHARD, J. P.; EREZ, A.; GENDRAUD, M. Influence of three contrasted climatic conditions on endodormant vegetative and floral peach buds: analyses of their intrinsic growth capacity and their potential sink strength compared with adjacent tissues. **Scientia Horticulturae**, v. 80, p. 157-171, 1999.

CAETANO, L. C. S.; MARTINS, A. G.; LIMA, I. M.; VENTURA, J. A. **Recomendações técnicas para a cultura da figueira**. Vitória, ES: – INCAPER: Ed. DCM/Incaper, 2012. 38 p.

CARVALHO, R. I. N.; BIASI, L. A. Índice para a avaliação da intensidade de dormência de gemas de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 936-940, 2012.

CARVALHO, R. I. N.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; RENDOKE, J. C.; SANTOS, J. M.; PEREIRA, G. P. Dinâmica da dormência de gemas de caquizeiro 'Fuyu' em região de baixa ocorrência de frio. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 57-63, 2010a.

CARVALHO, R. I. N.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; SANTOS, J. M.; PEREIRA, G. P. Estádios de brotação de gemas de fruteiras de clima temperado para o teste biológico de avaliação de dormência. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 93-100, 2010b.

CARVALHO, R. I. N.; SILVA, E. Q. Dormancy index of apple tree buds measured by the single node cutting biological test. **Acta Horticulturae**, v. 872, p. 101-105, 2010.

CARVALHO, R. I. N.; ZANETTE, F. Dinâmica da dormência de gemas de macieira 'Imperial Gala' durante o outono e inverno em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 65-68, 2004.

CHAMPAGNAT, P. Rest and activity in vegetative buds os trees. **Annals of Forest Science**, v. 46 Supl., p. 9-26, 1989.

CITADIN, I.; SCARIOTTO, S.; SACHET, M. R.; ROSA, F. J.; RASEIRA, M. C. B.; WAGNER JUNIOR, A. Adaptability and stability of fruit set and production of peach trees in a subtropical climate. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p.133-138, 2014.

CRABBÉ, J.; BARNOLA, P. **A New Conceptual Approach to Bud Dormancy in Woody Plants**. *In*: LANG, G.A. Plant Dormancy: physiology, biochemistry and molecular biology. [S. L]: CAB international, USA, 1996. p. 83-113.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n.1, p. 1-11, 2009.

DALASTRA, I. M.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, M. A.; DALASTRA, G. M.; CHAGAS, E. A.; GUIMARÃES, V. F. Épocas de poda na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos' em sistema orgânico na região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 447-453, 2009.

DOKOOZLIAN, N. K. Chilling temperature and duration interact on the budbreak of 'perlette' grapevine cuttings. **HortScience**, v. 34, n. 6, p. 1054-1056, 1999.

FERRAZ, R. A.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; FERREIRA, R. B.; MODESTO, J. H.; ARRUDA, L. L. Phenology, vegetative growth, and yield performance of fig in Southeastern Brazil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 55, e01192, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GARDEA, A. A.; MORENO, Y.M.; AZARENKO, A.N.; LOMBARD, P.B.; DALEY, L.S.; CRIDDLE, R.S. Changes in metabolic properties of grape bud during development. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 4, p. 756-760, 1994.

GARIGLIO, N.; ROSSIA, D.E.G.; MENDOW, M.; REIG, C.; AUGUSTI, M. Effect of artificial chilling on the depth of endodormancy and vegetative and flower budbreak of peach and nectarine cultivars using excised shoots. **Scientia Horticulturae**, v.108, p. 371-377, 2006.

GEORGE, A. P.; EREZ, A. **Stone fruit species under warm subtropical and tropical climates**. *In*: EREZ, A. Temperate fruit crops in warm climates. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 231-266.

GIL, G. **Fruticulture: The Productive Potential = Fruticultura: El Potencial Productivo**. Ediciones Universidad Católica de Chile: Santiago, Chile, 1997. 333 p.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 2007. 446 p.

HAUAGGE, R.; CUMMINS, J.N. **Pome fruit genetic pool for production in warm climates**. *In*: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers: The Netherlands, 2000. p. 267-303.

HAWERROTH, F. J.; HERTER, F. G.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; PEREIRA, J. F. M. **Dormência em frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; HERTER, F. G.; LEITE, G. B.; LEONETTI, J. F.; MARAFON, A. C.; SIMÕES, F. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 961-971, 2009.

HERTER, F. G.; MACHADO, L. B.; OLIVEIRA, M. F.; SILVA, J. B. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Canick, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 261-264. 2001.

LABUSCHAGNÉ, I.; LOUW, B.; SCHMIDT, K.; SADIE, A. Genotypic variation in prolonged dormancy symptoms in apple progenies. **HortScience**, v. 37, n. 1, p. 157-163, 2002.

LEÃO, P. C. S.; SILVA, E. E. G. Caracterização fenológica e requerimento térmico de variedades de uvas sem sementes no Vale de São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 379-382, 2003.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. **A figueira**. São Paulo: Editora Unesp, 2011. 398 p.

LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Épocas de poda e uso da irrigação em figueira 'Roxo de Valinhos' na região de Botucatu, SP. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 571-580, 2010.

MBA, C.; GUIMARAES, E. P; GHOSH, K. Re-orienting crop improvement for the changing climatic conditions of the 21st century. **Agriculture & Food Security**, v. 1, n. 7, 2012.

MONTEIRO, L. B.; MAY DE MIO, L. L.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de caroço**: uma visão ecológica. Curitiba: UFPR, 2004. 309 p.

NIENOW, A. A.; CHAVES, A.; LAJÚS, C. R.; CALVETE, E. O. Produção da figueira em ambiente protegido submetida a diferentes épocas de poda e número de ramos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 421-424, 2006.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; CARVALHO, R. I. N. Dinâmica da dormência em gemas de pessegueiro das variedades Eldorado e Ágata. **Revista Acadêmica**, v. 1, n. 3, p. 41-46, 2003.

OLIVEIRA, O. R.; PERESSUTI, R. A.; SKALITZ, R. A.; COSTACURTA, M.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F. Quebra de dormência de pereira 'Hosui' com uso de óleo mineral em dois tipos de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 409-413, 2008.

PENTEADO, S. R. **Fruticultura orgânica**: formação e condução. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 308 p.

PÉREZ, S. Variables associated with evolution and adaptation of peach seedlings to subtropical environments. **Acta Horticulturae**, v. 592, n.1, p.143-148, 2001.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. H.; LEITE, G. B. Necessidades térmicas para a indução da brotação em diferentes cultivares de macieira. **Agropecuária Catarinense**, v. 19, n. 2, p. 71-74, 2006.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285 p.

RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEA, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 3, p. 254-263, 2007.

SCARIOTTO, S. **Fenologia e componentes de rendimento de pessegueiro em condições subtropicais**. 2011. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J. F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2009.

TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550-558, 2015.

VALENTINI, N.; ME, G; SPANNA, F.; LOVISETTO, M. Chilling and heat requirement in apricot and peach varieties. **Acta Horticulturae**, v. 636, n. 24, p. 199-203, 2004.

VOSSEN, P. M.; SILVER, D. **Growing temperature tree fruit and nut crops in the home garden**. California: university of California Research and Information Center/ The California Backyard Orchard, 2000. 91 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição das estacas das cultivares de figueira aos diferentes níveis de acúmulo de frio artificial promoveu alterações fisiológicas no tocante aos teores de enzimas antioxidantes, carboidratos e nitrogênio. Além disso, a exposição às baixas temperaturas também influenciou características fenológicas da brotação das gemas de figueira.

O acúmulo de 19,5 HF, em 2017, causou maior efeito nas cultivares de figueira do que as horas de frio artificial que foram suplementadas, sendo que o contrário foi exibido para o ciclo agrícola seguinte, pois em 2018 houve menor acúmulo de frio natural (2,7 HF) e maior efeito das horas de frio artificial. Devido a isso, evidencia-se que a cultura é influenciada pela quantidade de frio que ocorre durante o ciclo agrícola, com diferentes respostas conforme a cultivar, em relação a entrada e saída do período de repouso vegetativo.

De maneira geral, quando o frio natural obtido nos ciclos agrícolas foi somado a 120 e 160 horas de frio artificial, houve prejuízo para a saída do período de repouso vegetativo e consequentemente, para o início das brotações das cultivares de figueira.

Todas as cultivares avaliadas demonstraram potencial para diversificação da ficicultura no Brasil, além do figo ‘Roxo de Valinhos’, tradicionalmente cultivado. Entretanto, devem ser consideradas as exigências em frio de cada cultivar, seguindo a classificação do menor para o maior requerimento: Pingo de Mel < Roxo de Valinhos < Brown Turkey < White Genova < Troyano.

Os resultados obtidos não dispensam pesquisas futuras que complementem o tema em estudo, uma vez que, como demonstrado nesta pesquisa, entre os ciclos agrícolas ocorrem diferenças em relação aos aspectos climáticos o que, consequentemente, pode afetar o zoneamento agroclimático das cultivares de figueira.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, F. Z. Alguns aspectos relevantes da influência do clima no crescimento e desenvolvimento das fruteiras de clima temperado. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 124, p. 3-24, 1985.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; RISTOW, N. C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1011-1015, 2008.

BALANDIER, P.; GENDRAUD, M.; RAGEAU, R.; BONHOMME, M.; RICHARD, J.P.; PARISOT, E. Bud break delay on single node cuttings and bud capacity for nucleotide accumulation as parameters for endoand paradormancy in peach trees in a tropical climate. **Scientia Horticulturae**, v. 55, p. 249-261, 1993.

BISI, R. B.; LOCATELLI, G.; BARBOSA, C. M. A.; PIO, R.; BALBI, R. V. Rooting of stem segments from fig tree cultivars. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 3, p. 379-385, 2016.

CARVALHO, R. I. N.; ZANETTE, F. Dinâmica da dormência de gemas de macieira 'Imperial Gala' durante o outono e inverno em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 65-68, 2004.

CHALFUN, N. N. J. **A Cultura da Figueira**. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 342 p.

CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; PASQUAL, M. **Frutíferas de clima temperado**. Lavras: UFLA; Faepe, v. 7, 1998. 304 p.

CHAMPAGNAT, P. Bud dormancy, correlation between organs, and morphogenesis in woody plants. **Soviet Plant Physiology**, v. 30, p. 458-471, 1983.

CONDIT, I. J. Fig varieties: a monograph. **Journal of Agricultural Science**, v. 23, n. 11, p. 1- 247, 1955.

CRISOSTO, C. H.; FERGUSON, L.; BREMER, V. Fig (*Ficus carica* L.). *In*: YAHIA, E. M. **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011. 614 p.

DENNIS JUNIOR, F. G. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. **HortScience**, v. 38, n. 3, p. 347-350, 2003.

DIAS, J. P. T.; TAKATA, W. H. S.; TAKAHASHI, K.; ONO, E. O. Propagação de figueira com estacas de diferentes diâmetros. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n. 1, p. 52-57, 2013.

DUEÑAS, M.; PÉREZ-ALONSO, J. J.; SANTOS-BUELGA, C.; ESCRIBANO-BAILÓN, T. Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 2, p. 107-115, 2008.

EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. *In*: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. The Netherlands: Kluwer Academic Publushers, 2000. p. 17-48.

FAOSTAT. Food Agricultural Organization. **Statistical - database, 2020**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Acesso em: 03 fev. 2020.

FERRAZ, R. A.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; FERREIRA, R. B.; MODESTO, J. H.; ARRUDA, L. L. Phenology, vegetative growth, and yield performance of fig in Southeastern Brazil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 55, e01192, 2020.

GARIGLIO, N.; ROSSIA, D.E.G.; MENDOW, M.; REIG, C.; AUGUSTI, M. Effect of artificial chilling on the depth of endodormancy and vegetative and flower budbreak of peach and nectarine cultivars using excised shoots. **Scientia Horticulturae**, v.108, p. 371-377, 2006.

HAWERROTH, F. J.; HERTER, F. G.; PETRI, J. L.; MARAFON, A. C. **Brotação de gemas de macieira 'Castel Gala' em função da temperatura durante o período hibernal.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 19 p.

HEEMST, H. D. J. Crop phenology and dry matter distribution. *In*: VAN KEULEN, H. **Simulation of primary production**. Wageningen: Centre for Agrobiological Research (CABO), 1988. p. 27-33.

KOTZ, T. E.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, M. A.; CHAGAS, E. A.; DALASTRA, I. M. Enxertia em figueira 'Roxo de Valinhos' por borbulhia e garfagem. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 344-348, 2011.

LAZREG-AREF, H.; MARS, M.; FEKIH, A.; AOUNI, M.; SAID, K. Chemical composition and antibacterial activity of a hexane extract of Tunisian capri fig latex from the unripe fruit of *Ficus carica*. **Pharmaceutical Biology**, v. 50, n. 4, p. 407-412, 2012.

LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Épocas de poda e uso da irrigação em figueira 'Roxo de Valinhos' na região de Botucatu, SP. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 571-580, 2010.

MAIORANO, J. A.; ANTUNES, L. E. C.; REGINA. M. A.; ABRAHÃO, E.; PEREIRA, A. F. Botânica e caracterização de cultivares de figueira. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 188, p. 22-24, 1997.

MORTON, J. **Fruits of warm climates**. Miami: Creative Resource Systems, 1987. p. 47-50.

NORBERTO, P. M.; ALVARENGA, Â. A.; ANDRADE, J. C.; RODRIGUES, F. A.; PEREIRA, L. V.; GONÇALVES, E. D. Cultivation of “Roxo de Valinhos” fig tree in different plant densities for production of green figs for industry in the region of Campo Das Vertentes-MG. **Agricultural Sciences**, v. 9, p. 1097-1106, 2018.

OLIVEIRA, R. J. P.; BIANCHI, V. J.; AIRES, R. F.; CAMPOS, Â. D. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1199-1207, 2012.

OUKABLI, A.; MEKAOUI, A. Dormancy of fig cultivated under Moroccan conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 4, p. 473-479, 2012.

PENTEADO, S. R. O cultivo da figueira no Brasil e no mundo. *In*: CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. (Eds). SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA FIGUEIRA, Ilha solteira: **Anais...** Ilha Solteira: FUNEP, 1999. p. 1-16.

PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. Botânica, biologia e cultivares de figueira. In: CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. **Cultura da figueira do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: FAPESP, 1999. p. 25-36.

PIO, R.; CHAGAS, E. A. Variedades de figueira. *In*: LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. **A figueira**. São Paulo: Editora Unesp, 2011. 395 p.

PRATAVIERA, A.; ALIVERTI, P. G. **El Cultivo de la Higuera**. Ed. INTA. Centro regional Catamarca - La Rioja: Argentina. 1991.

RODRIGUES, M. G. F.; SANTOS, T. P.; FERREIRA, A. F. A.; MONTEIRO, L. N. H.; NAKANISHI, E. S.; BOLIANI, A. C. Morphological characterization of active germoplasm bank fig tree accessions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-13, 2019.

SILVA, R. P.; DANTAS, G. G.; NAVES, R. V.; CUNHA, M. G. Comportamento fenológico de videira, cultivar Patrícia em diferentes épocas de poda de frutificação em Goiás. **Bragantia**, v. 65, n. 3, p. 399-406, 2006.

SIMÃO, S. Figueira. *In*: SIMÃO, S. **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 473-503.

SOLOMON, A.; GOLUBOWICZ, S.; YABLOWICZ, Z.; GROSSMAN, S.; BERGMAN, M.; GOTTLIEB, H. E.; ALTMAN, A.; KEREM, Z.; FLAISHMAN, M. A. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 20, p. 7717-7723, 2006.

SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J. F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2009.