



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LUIZ VITOR BARBOSA DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E RESPOSTAS  
FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO A  
PERÍODOS DE VERNALIZAÇÃO**

---

Londrina

2024

LUIZ VITOR BARBOSA DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E RESPOSTAS  
FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO A  
PERÍODOS DE VERNALIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Co-orientador: Prof. Dr. Mauricio Ursi Ventura

Londrina

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

O48d de Oliveira, Luiz Vitor Barbosa .  
DESEMPENHO AGRONÔMICO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO A PERÍODOS DE VERNALIZAÇÃO / Luiz Vitor Barbosa de Oliveira. - Londrina, 2024.  
65 f. : il.

Orientador: Juliano Tadeu Vilela de Resende.  
Coorientador: Mauricio Ursi Ventura.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.  
Inclui bibliografia.

1. Caracteres agronômicos e biométricos de cultivares de morangueiro sob diferentes tempos de vernalização em câmara fria. - Tese. 2. Componentes fisiológicos, relacionados principalmente com as atividades fotossintéticas. - Tese. 3. Atributos de qualidade físico-química em pós-colheita de frutos de morangueiro cultivados sob diferentes períodos de vernalização. - Tese. I. Vilela de Resende, Juliano Tadeu. II. Ursi Ventura, Mauricio . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

LUIZ VITOR BARBOSA DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E RESPOSTAS  
FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO A  
PERÍODOS DE VERNALIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

***BANCA EXAMINADORA***

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Orientador  
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Halley Caixeta de Oliveira  
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Leonel Vinicius Constantino  
UEL – Londrina – PR

Londrina

2024

## RESUMO

OLIVEIRA, Luiz Vitor Barbosa de. **Desempenho agrônômico e respostas fisiológicas de cultivares de morangueiro a períodos de vernalização**. 2024. 65 p. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina 2024.

A cultura do morangueiro apresenta grande importância socioeconômica no Brasil, sendo cultivada por mais de 20 mil agricultores familiares. No entanto, o cultivo do morangueiro tem se tornado um desafio para esses agricultores, tendo em vista que os custos têm se elevado, aumentando gradativamente a cada ano. Muito desse custo está na obtenção das mudas, que são normalmente importadas do Chile, Argentina e Espanha. Para diminuir esses custos, uma alternativa seria a produção de mudas no próprio país. Para que isso aconteça, é preciso que se empreguem tecnologias para superar a demanda de horas de frio para indução floral. As cultivares mais plantadas no Brasil são provenientes de programas de melhoramento genético de países de clima temperado, o que torna essa necessidade de frio muito alta. Assim, uma estratégia é a utilização da vernalização artificial por meio de câmara fria. A proposta em tela avaliou a qualidade, a produção de frutos e caracteres fisiológicos das cultivares de morangueiro de dia neutro Albion, Monterey e San Andreas, tendo como principal objetivo definir o melhor período de vernalização para as mudas dessas cultivares. Os tratamentos consistiram na vernalização artificial das mudas expostas a diferentes horas de frio (zero dias, 10 dias, 20 dias e 30 dias), a temperaturas de 2 a 7,2 °C. Para a montagem do experimento, foi adotado o delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram avaliados os parâmetros de produção (número de frutos comerciais e não comerciais); e a qualidade dos frutos (acidez titulável, vitamina C, açúcares redutores, teor de antocianinas, compostos fenólicos totais, sólidos solúveis totais e a relação acidez titulável/sólidos solúveis totais). Para as análises fisiológicas, foram avaliados os parâmetros de condutância estomática, fotossíntese líquida, taxa transpiratória, carbono intercelular e clorofilas. Mediante aos resultados gerados, observou-se que os períodos de vernalização que melhor contribuíram para aumento na massa de frutos comerciais, nas cultivares Albion, Monterey e San Andreas, foram os de 10, 20 e 30 dias de vernalização, respectivamente, demonstrando haver interação entre os fatores analisados. Nas análises fisiológicas, o período de 20 dias se destacou para todas as cultivares testadas. O

período de 20 dias de vernalização proporcionou maior número de trifólios para as cultivares Albion e Monterey. O período de 10 dias de vernalização artificial proporcionou maiores valores de acidez para a cultivar Albion, de açúcares redutores para a cultivar Monterey e de vitamina C e compostos fenólicos para as cultivares Monterey e San Andreas. A aplicação da técnica de vernalização nas mudas de morangueiro demonstrou eficiência no suprimento de horas de frio, de forma a auxiliar o rendimento produtivo.

**Palavras Chaves:** *Fragaria x ananassa*; adaptabilidade; indução floral; períodos de frio; mudas nacionais.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Luiz Vitor Barbosa de. **Agronomic performance and physiological responses of strawberry cultivars to vernalization periods.** 2024. 54. Dissertation Project (Postgraduate on Agronomy) – Center for Agrarian Sciences, Agronomy, State University of Londrina, Londrina, 2024.

Strawberry cultivation has great socioeconomic importance in Brazil, being cultivated by more than 20 thousand farmers. However, strawberry cultivation has become a challenge for these farmers, considering that costs have been rising, gradually increasing each year. Much of this cost is obtained from the seedlings, which are normally imported from Chile, Argentina and Spain. To reduce these costs, an alternative would be to produce seedlings in the country itself. For this to happen, technologies must be used to overcome the demand for cold hours for floral induction. The most planted cultivars in Brazil come from genetic improvement programs in countries with a temperate climate, which makes this need for cold very high. Thus, a strategy of using artificial vernalization through a cold chamber. The proposal in question evaluated the quality, fruit production and physiological characteristics of strawberry cultivars Albion, Monterey and San Andreas, with the main objective of defining the best vernalization period for seedlings of these cultivars. The treatments consisted of artificial vernalization of seedlings exposed to different hours of cold (zero days, 10 days, 20 days and 30 days), at temperatures from 2 to 7.2 °C. To set up the experiment, a randomized block design was adopted, with 4 replications. Production parameters were evaluated (number of commercial and non-commercial fruits); and fruit quality (titratable acidity, vitamin C, reducing sugars, anthocyanin content, total phenolic compounds, total soluble solids and the titratable acidity/total soluble solids ratio). For physiological analyzes the parameters of stomatal conductance, net photosynthesis, transpiration rate, internal carbon, and total chlorophyll were evaluated. Based on the results generated, it was observed that the vernalization periods that best contributed to the increase in the mass of commercial fruits, in the Albion, Monterey and San Andreas cultivars, were 10, 20 and 30 days of vernalization, respectively, demonstrating that there is an interaction among the factors analyzed. In physiological analyses, the 20-day period stood out for all tested cultivars. The 20-day vernalization period provided a greater number of trefoils for the Albion and Monterey cultivars. The 10-day period of artificial vernalization provided

higher values of acidity for the Albion cultivar, reducing sugars for the Monterey cultivar and vitamin C and phenolic compounds for the Monterey and San Andreas cultivars. The application of the vernalization technique to strawberry seedlings demonstrated efficiency in supplying chilling hours, in order to guarantee productive yield.

**Keywords:** *Fragaria x ananassa*; adaptability; floral induction; cold periods; national seedlings.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mudanças de morangueiro das cultivares Albion, Monterey e San Andreas acondicionadas em fitotron. UEL, Londrina, PR – 2022. ....	29
<b>Figura 2</b> - Detalhe do ensaio de avaliação de cultivares de morangueiro submetidas à diferentes períodos de vernalização, logo após a cobertura com túnel plástico. Cambé, PR - 2022. ....	30
<b>Figura 3</b> - Avaliação fisiológica com o IRGA, 30 dias após o transplante das mudas de morangueiro. Cambé, PR - 2022. ....	32
<b>Figura 4</b> - Parâmetros produtivos relacionados a diferentes períodos de vernalização: a) massa de frutos comerciais; b) massa de frutos não comerciais; c) número de frutos comerciais; d) número de frutos não comerciais; e) número de frutos totais; f) massa de frutos totais; g) massa média de frutos comerciais. ....	36
<b>Figura 5</b> - Relação entre a coloração dos morangos e diferentes períodos de vernalização: a) luminosidade do lado externo; b) luminosidade do lado interno; c) cromaticidade do lado externo; d) cromaticidade do lado interno; e) ângulo hue do lado externo; ângulo hue do lado interno. ....	41
<b>Figura 6</b> - Perfil físico-químico e antioxidante dos morangos em função de diferentes períodos de vernalização: a) açúcares redutores; b) sólidos solúveis; c) acidez titulável; d) rítmio; e) vitamina C; f) compostos fenólicos; g) antocianinas; h) firmeza. ....	44
<b>Figura 7</b> - Número de estolhos e trifólios em função de diferentes períodos de vernalização: a) número de estolhos; b) número de trifólios. ....	47
<b>Figura 8</b> - Dados fisiológicos, obtidos antes do transplante das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: a) concentração de CO <sub>2</sub> intercelular; b) taxa transpiratória; c) condutância estomática; d) taxa fotossintética. ....	49
<b>Figura 9</b> - Dados fisiológicos, obtidos 30 dias após o transplante das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: e) concentração de CO <sub>2</sub> intercelular; f) taxa transpiratória; g) condutância estomática; h) taxa fotossintética. ....	50
<b>Figura 10</b> - Dados fisiológicos, obtidos 60 dias após o transplante das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: i) concentração de CO <sub>2</sub> intercelular; j) taxa transpiratória; k) taxa fotossintética. ....	52

**Figura 11** – Dados fisiológicos, obtidos 90 dias após o transplante das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: l) concentração de CO<sub>2</sub> intercelular; m) taxa transpiratória; n) taxa fotossintética..... 53

**Figura 12** – Teores de clorofilas em função de diferentes períodos de vernalização: o) clorofila *a*; p) clorofila *b*; r) clorofilas totais..... 54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVOS GERAIS</b> .....	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
3.1 ORIGEM DO MORANGUEIRO.....	15
3.2 ASPECTOS ECONÔMICOS E DE PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO.....	15
3.3 ECOFISIOLOGIA DO MORANGUEIRO .....	17
3.3.1 Cultivares de dia curto, neutro e longo .....	17
3.3.2 Indução floral .....	18
3.3.3 Fotoperíodo e temperatura.....	19
3.3.4 Vernalização de mudas de morangueiro .....	20
3.4 PRODUÇÃO DE MUDAS DE MORANGUEIRO .....	22
3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES UTILIZADAS	
3.5.1 Albion .....	23
3.5.2 Monterey.....	24
3.5.3 San Andreas .....	24
<b>4 ARTIGO: RESPOSTAS AGRONÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO A PERÍODOS DE VERNALIZAÇÃO</b> .....	25
RESUMO .....	25
ABSTRACT .....	25
4.1 INTRODUÇÃO .....	26
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.2.1 Local do experimento .....	27
4.2.2 Material vegetal e condições de cultivo .....	28
4.2.3 Caracteres avaliados.....	31
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.3.1 Parâmetros produtivos .....	35
4.3.2 Características de coloração dos frutos.....	39
4.3.3 Características físico-químicas e antioxidantes.....	42
4.3.4 Número de estolhos e de trifólios.....	46
4.3.5 Trocas gasosas, taxa fotossintética e teores de clorofila .....	47
4.4 CONCLUSÕES.....	55
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma planta conhecida por produzir frutas com sabor e aroma agradáveis, além de ser uma boa fonte de vitaminas C e E, potássio e compostos fenólicos, que conferem propriedades antioxidantes (YANG et al., 2016). Entre as pequenas frutas, o morango é a mais plantada e consumida no mundo, que de acordo com dados da FAO, a produção mundial atingiu 9.175.384 toneladas em 2021, com área total cultivada de 395 mil hectares. A produção de morangos no Brasil é de cerca de 250 mil toneladas, em área próxima a 6 mil hectares (FAOSTAT, 2020). No Paraná, a área de cultivo está em torno de 1000 hectares, com produção de 32 mil toneladas, em que, cerca de 3 mil agricultores familiares, dependem da cultura para sobrevivência (DERAL 2023).

Em países do hemisfério sul, a cultura do morangueiro, apesar da expansão, vem sofrendo com a necessidade de importação de mudas, que tem elevado o custo de produção e permitido a introdução de patógenos até então ausentes nas áreas cultivadas. Uma forma de reduzir esse problema consiste na autossuficiência na produção de mudas, até que sejam disponibilizadas cultivares nacionais adaptadas e produtivas aos agricultores, pois devido ao fato de que as mudas produzidas em território nacional, não atingem condições fisiológicas ideais, como o número suficiente de horas de frio para a indução floral, costumam ter rendimentos inferiores às de mudas importadas (WREGGE et al., 2007; DIELE et al., 2017).

A capacidade das plantas se adaptarem a diferentes locais e climas, se dá no controle do período de florescimento (HYTÖNEN et al., 2020). Plantas de clima temperado, como o morangueiro, possuem um bloqueio à floração. Isso é fundamental para que ocorra o florescimento no período adequado do ano. Para superar esse bloqueio à floração, algumas plantas precisam passar por um período de frio invernal, denominado vernalização (XU & CHONG 2018).

A importação de mudas tem como consequência aumento no custo de produção, juntamente com aumento nos riscos fitossanitários, pois junto com as mudas podem vir novas estirpes de patógenos (ANTUNES et al., 2016). Um método para solucionar esses problemas está na obtenção de mudas nacionais, chegando a diminuir pela metade o custo de produção se comparado com as mudas importadas (DIELE et al., 2017).

A técnica de vernalização artificial usando câmara fria para indução floral pode ser aplicada, tendo em vista que o morangueiro é uma espécie de clima temperado, altamente responsivo às condições climáticas, com alta interação genótipo x ambiente. Em

lugares com condições ambientais desfavoráveis, uma estratégia para quebrar a dormência, estimular a diferenciação floral e conseqüentemente a produtividade de algumas culturas, é a vernalização artificial de mudas (COSTA et al., 2014).

As cultivares dos programas de melhoramento do hemisfério norte, normalmente necessitam de maior acúmulo de horas de frio para indução floral, havendo necessidade de as mudas serem produzidas em viveiros geograficamente localizados em regiões estratégicas, que permitam essa condição, a exemplo da Patagônia. Essa necessidade faz com que as mudas se tornem responsáveis pelo alto custo de produção, cerca de mais de 50% (ZEIST & RESENDE, 2019).

Produzir mudas destas cultivares em regiões tropicais e subtropicais se torna uma tarefa desafiadora, pois a indução floral fica limitada, diminuindo o rendimento produtivo. Nesse contexto, a vernalização artificial das mudas podem suprir a demanda de frio necessária destas cultivares, permitindo o cultivo em regiões tropicais e subtropicais. No entanto, a vernalização traz custos à cadeia produtiva, assim, estabelecer os períodos necessários de exposição ao frio, também se torna crucial para a viabilidade de aplicação, considerando que existe diferenças entre as cultivares quanto a necessidade de horas de frio para ativação dos processos fisiológicos.

## 2 OBJETIVOS GERAIS

Estimar o período de vernalização adequado para cultivares de morangueiro com base no desempenho agrônômico, bioquímico e fisiológico.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Comparar a intensidade dos caracteres agrônômicos e biométricos de cultivares de morangueiro sob diferentes tempos de vernalização em câmara fria.
- ii. Investigar alterações nos componentes fisiológicos, relacionados principalmente com as atividades fotossintéticas.
- iii. Caracterizar os atributos de qualidade físico-química em pós-colheita de frutos e morangueiro cultivados sob diferentes períodos de vernalização.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ORIGEM DO MORANGUEIRO

Na Europa, o cultivo de morangueiro era feito em jardins e tinha fins ornamentais e medicinais. No século XVIII, a cultura passou a ter características comerciais após uma hibridação natural entre espécies chilenas e americanas (DUSCHESNE, 1766).

Segundo Vignolo et al. (2016), por volta de dez mil anos atrás, povos do centro e do norte da Europa consumiam morangos silvestres, provavelmente, de *Fragaria vesca* L., isso é constatado devido a registros de aquênios em sítios arqueológicos, ainda no período Neolítico e na Idade dos Metais. Com o passar do tempo, notando-se os excelentes aroma e sabor, passou-se a utilizá-los para consumo, sendo um fruto apreciado inclusive pela realeza francesa (DUSCHESNE, 1766; DARROW, 1966).

O morangueiro comercial é conhecido como *F. x ananassa* Duch, e foi resultado do cruzamento entre os genótipos silvestres *F. virginiana* (América do Norte) e *F. chiloensis* (Chile), levadas a França em 1714, pelo Capitão francês François Frézier, enviado para reconhecimento das terras conquistadas no Chile pelos espanhóis (DUSCHESNE 1766; (DARROW, 1966). Esta hibridação permitiu com que houvesse a junção do maior tamanho e firmeza de *F. chiloensis*, juntamente com a coloração vermelho escuro e frutos mais aromáticos de *F. virginiana* (STEGMEIR et al., 2010).

#### 3.2 ASPECTOS ECONÔMICOS E DE PRODUÇÃO

A cultura do morangueiro tem grande importância para o mercado mundial de hortaliças-frutos, pois apresenta-se consolidada em vários continentes (MADAIL et al., 2016), apresentando valor comercial elevado tanto para a comercialização *in natura* quanto para o processamento, resultando em crescimento constante de produção (SIEBENEICHLER, 2019). É um alimento rico em vitamina C, cálcio, fósforo, potássio, ferro e magnésio (MACHADO, 2016), possuindo também propriedades antioxidantes, assim como antocianinas e flavonoides, se tornando um fruto muito atrativo ao consumo (COCCO, 2014).

Os dez maiores países produtores de morango no mundo são: China, Estados Unidos, México, Egito, Turquia, Espanha, República da Coreia, Polônia, Federação Russa e Japão (FAOSTAT, 2021), sendo que a produção mundial de morangos em 2017 aumentou mais de 60% em relação ao ano de 2007, com produção de 9 milhões de toneladas, em uma área de

395 mil ha (FAOSTAT, 2020). A Ásia é responsável por quase metade da produção mundial, no qual destaca-se a China que produziu mais de 3 milhões de toneladas em 2017. Seguido pelos Estados Unidos com 1.449.280 t, o México com 658.436 t, o Egito com 407.240 t e a Turquia 400.167 t. Embora a produção da China seja expressiva, a sua produtividade é de 27 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2021).

Recentemente, nos últimos dois anos, o Brasil colheu aproximadamente 250 mil toneladas de morangos em uma área de 6000 ha, com uma produtividade de 41,6 t ha<sup>-1</sup> (Rede Morangos do Brasil<sup>1</sup>). Em áreas com maior tecnologia aplicada essa produtividade pode atingir mais de 60 t ha<sup>-1</sup> (GUIMARÃES et al., 2015; REISSER JR et al., 2015).

Os principais estados produtores são Minas Gerais (MG), Rio Grande do Sul (RS), Paraná (PR), São Paulo (SP) e Santa Catarina (SC) com as produtividades médias de 41, 42, 30, 32, 20 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo cultivado em mais de 150 municípios, sendo a cultura responsável pela principal fonte de renda de cerca de 25 mil famílias de agricultores distribuídos nos estados produtores, gerando em torno de 50 mil empregos diretos e mais de 100 mil indiretos (Rede Morangos do Brasil<sup>1</sup>). Infere-se que Brasil e Japão, apresentam produções semelhantes à do Japão e é o décimo maior produtor mundial, sendo o maior da América do Sul (EMBRAPA-Anuário HF, 2020).

Minas Gerais é o estado com maior produção, mais especificamente no Sul do estado com destaque para os municípios de maior altitude como Senador Amaral, Bom Repouso, Pouso Alegre, Estiva e Cambuí. Rio Grande do Sul e Paraná completam os três principais estados produtores responsáveis por 77% da produção nacional (ANTUNES et al., 2020).

No estado do Paraná, entre os anos de 1999 e 2019, a produção foi de 8,3 mil para 32,8 mil t, se destacando a Região metropolitana de Curitiba, Pirai do Sul e a cidade de Jaboti (SEAB DERAL, 2021). Em 2010 a área plantada era de 535 ha e em 2019, passou para 905 ha, aumentando para 59% a área de produção, um aumento considerável também de produtividade, isso proporcionado pelo aumento das tecnologias usadas no cultivo da hortaliça (SEAB DERAL, 2021). Em 2017, a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná demonstrou a relevância da cultura do morangueiro, mostrando que a cultura representou 0,2% do total de VBP de toda a produção no setor agropecuário.

Apesar de elevado custo de produção (50 a 180 mil reais por hectare), a cultura se mostra ótima alternativa para o cultivo em pequenas áreas (CARVALHO et al., 2018, REISSER JÚNIOR et al., 2015). Estima-se que mais de 20 mil famílias dependem da cultura

do morangueiro para sobreviver. No estado do Paraná estima-se que mais de 2.500 famílias cultivam morango na pequena propriedade. Assim sendo, novas tecnologias para o cultivo de morangueiro, vem sendo desenvolvidas, como o cultivo suspenso ou sistema “fora do nível do solo”, porém, no Brasil, a produção de morangueiro é predominantemente realizada em solo, com cobertura plástica no sistema convencional (CARVALHO et al., 2018).

Mais de 60% da área plantada de morangueiro no Brasil, é ocupada por cultivares desenvolvidas pelos programas de melhoramento dos Estados Unidos pelas Universidades da Califórnia e Flórida (ZEIST & RESENDE, 2019). O mercado nacional, atualmente, foca em cultivares de dia neutro, com destaque para San Andreas, Monterey e Albion. Entre as cultivares de dia curto, as mais plantadas são as do grupo Flórida (Festival, Sestation, Beauty). Algumas cultivares italianas estão sendo cultivadas, mais especificamente nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Alpina 10, Jônica e Pircinque) (ZEIST & RESENDE, 2019).

O Brasil planta mais de 250 milhões mudas de morangueiro, sendo que cerca de 90 milhões são importadas do Chile, Argentina e Espanha. Devido a exposição às baixas temperaturas nos seus países de origem, estas mudas importadas, adquirem a capacidade de florescer, o que permite rendimento produtivo em solo brasileiro. Entretanto, a entrada dessas mudas no país tem causado problemas fitossanitários nas lavouras, além de aumentar o custo de produção.

Para maximizar os rendimentos produtivos no Brasil, é preciso adotar técnicas que tornem as mudas brasileiras mais produtivas e competitivas economicamente.

### 3.3 ECOFISIOLOGIA DO MORANGUEIRO

#### 3.3.1 Cultivares de dia curto, neutro e longo

A resposta ao fotoperíodo, influenciando na entrada da fase reprodutiva, é um fator para classificar as cultivares de morangueiro em três grupos: dia curto (DC), dia neutro (DN) e dia longo (DL) (HONJO et al., 2016). As cultivares de dia curto tem mais eficácia na indução floral sob fotoperíodos menores que 12 horas. Porém, as reações influenciadas pelo fotoperíodo, para essas cultivares, são dependentes da temperatura. Em condições de dia curto, a faixa ideal de temperatura para cultivares DC, situa-se dentro de 14 °C e 20 °C, sendo que,

temperaturas abaixo de 14 °C e acima de 24 °C, podem induzir ou inibir o florescimento, respectivamente, independentemente do fotoperíodo (KOSKELA, 2016).

As cultivares de DL têm pouca importância comercial, pois induzem flores quando o fotoperíodo é superior a 12 horas, frutificando desde a primavera até o outono, em países de clima temperado (GONÇALVES et al., 2016). As cultivares de DN, por sua vez, tem sua indução floral regulada basicamente pela temperatura, florescendo continuamente, independente do fotoperíodo (VILLAGRÁN et al., 2013). Assim, nestas cultivares, a indução floral acontece sempre quando a temperatura se situa entre 10 °C e 25 °C (FRANQUEZ, 2008).

### 3.3.2 Indução floral

O processo de florescimento está relacionado a estímulos do ambiente, sendo o fotoperíodo e temperatura os dois fatores ambientais mais importantes (DARROW, 1966). A transformação das estruturas vegetativas em reprodutivas, alterando morfologicamente o meristema apical das plantas, é um processo gradual, que ocorre em diversos estádios (NERI et al., 2010). Nesse processo, a formação de meristemas florais, ao invés de dar origem a órgãos vegetativos como folhas, caules e estolhos, dão origem a componentes da flor (DUARTE FILHO et al., 1999).

No morangueiro, o florescimento e a frutificação são desencadeados por uma sequência de processos fisiológicos, sendo eles: indução, iniciação, expressão floral e a antese da flor (DUARTE FILHO et al., 1999; VERDIAL, 2004). No processo de indução, as folhas expostas em condições propícias captam sinais e mandam para o meristema apical, que por sua vez, proporcionará mudanças físicas e químicas caracterizadas pela iniciação floral (MCDANIEL, 1994).

Posteriormente, na etapa de expressão floral, sendo altamente dependente de fatores ambientais, hormonais e genéticos, ocorrerá o desenvolvimento real dos órgãos florais das flores e da inflorescência, dentro do botão (DUARTE FILHO et al., 1999; VERDIAL, 2004). Depois de desenvolvidos, na antese, os órgãos florais são expostos, possibilitando a polinização e, conseqüentemente, a fertilização (GUTTRIDGE, 1985).

Em plantas de *Arabidopsis thaliana*, os mecanismos florais são controlados por vários genes responsivos às condições ambientais. A expressão do gene miR172 nas folhas, ativa o FT (FLOWERING LOCUS T), um dos responsáveis da iniciação floral. Enquanto isso, um aumento do gene SPLs no meristema apical do caule, leva à transcrição dos genes FMI

(genes de identidade do meristema floral), que por sua vez, desencadeiam a expressão de genes que especificam as identidades distintas de órgãos florais. Ao reprimir genes como o FT, o gene MADS-box FLC (Flowering Locus C), evita o florescimento. Entretanto, o FLC é regulado negativamente pelo complexo proteico VRN2-PRC2 (Vernalization 2-Polycomb Repression Complex 2) contendo VIN3 ativado por baixa temperatura (VERNALIZATION INSENSITIVE3), ou seja, a vernalização regula a atividade do FLC, permitindo que as plantas floresçam. (Yamaguchi., et al 2009; Searle et al., 2006; Madeira et al., 2006).

### 3.3.3 Fotoperíodo e temperatura

O fotoperíodo e a temperatura são as condições ambientais mais importantes para o morangueiro. Em dias longos e com temperatura elevada se favorece a formação de estolhos, e a indução floral acontece em temperaturas baixas e com dias curtos (ASSIS; CANEZIN, 2015). Cada cultivar tem uma diferença de faixa de temperatura e fotoperíodo (HEIDE; STAVANG; SØNSTEBY, 2013).

Com as cultivares de dia neutro, a indução floral ocorre de forma independente do fotoperíodo, sendo a temperatura o fator mais determinante, ocorrendo expressão floral entre 10 e 25 °C (FRANQUEZ, 2008).

Algumas cultivares mais resistentes ao calor podem continuar induzindo flores enquanto a temperatura ambiente não ultrapassar 28 °C (FRANQUEZ, 2008). Essas cultivares permitem que o consumidor encontre morangos no comércio em qualquer época do ano, pois têm período produtivo prolongado (ANTUNES; VIGNOLO; GONÇALVES, 2016).

As plantas de morangueiro possuem grande número de estômatos, que podem variar de 300 a 400 mm<sup>-2</sup> podendo transpirar até 50 mL de água por dia, cada folha (RONQUE, 1998), que por sua vez, torna a planta suscetível ao déficit hídrico, sob baixa umidade e temperaturas elevadas (BORTOLOZZO et al., 2007).

A condição climática também influencia na estolonização, principalmente no verão, devido ao aumento da temperatura, em que as plantas interrompem a produção de flores e iniciam a fase de propagação vegetativa (RESENDE; MASCARENAS; PAIVA, 1999).

O morango é considerado fruto não climatérico, possuindo uma capacidade de armazenamento pós-colheita curta (entre dois e cinco dias) (SANTOS et al., 2016), podendo ocorrer desidratação acelerada, distúrbios fisiológicos, reduzindo assim, a qualidade (MENEL et al., 2012).

Em função da grande variabilidade entre as espécies que compõem a base genética do morangueiro *F. x ananassa* existe grande amplitude de adaptação, que juntamente com a utilização de modernos sistemas de manejo e cultivo, tornou possível sua produção, tanto nas regiões temperadas, como nas tropicais e subtropicais (DIAS et al., 2014).

### 3.3.4 Vernalização de mudas de morangueiro

O momento adequado da transição do crescimento vegetativo para o reprodutivo é um componente fundamental para a otimização do sucesso reprodutivo em angiospermas. Algumas plantas identificam sinais sazonais, juntamente com a temperatura e fotoperíodo, para alinhar o momento de floração com uma estação do ano, que seja, favorável para a sua reprodução e fixação de sementes (AMASINO, 2010; ANDRES & COUPLAND, 2012; LUO & HE, 2020).

Muitas espécies de plantas de clima temperado têm a floração inibida por repressores florais, e para superar esse bloqueio à floração, permitindo que ocorra o florescimento num período adequado como na primavera ou início do verão, essas plantas precisam passar por um processo denominado vernalização (AMASINO, 2010; ANDRES & COUPLAND 2012; XU & CHONG 2018), processo que foi mencionado pela primeira vez na literatura científica, por um fisiologista alemão chamado Gustav Gassner em 1918 (GASSNER, 1918).

A palavra vernalização vem do latim *vernus* e significa “tornar-se primavera”. O processo de vernalização consiste na “aquisição ou aceleração da capacidade de florescer por um tratamento de resfriamento” (CHOUARD et al., 1960). Este processo não necessariamente induz a atividade de floração das plantas, mas sim, fornece competência para o seu florescimento (KIM et al., 2009). A duração e a temperatura durante o período de vernalização são os principais responsáveis pelas respostas fenotípicas após a aplicação da técnica (PORTER e GAWITH, 1999; STRECK et al., 2003 a,b).

Diferentemente da resposta das plantas à aclimação ao frio, o processo de vernalização não é desencadeado imediatamente por um tratamento de horas frias. Outra diferença entre aclimação e vernalização, é que aclimação ocorre em grande variedade de tecidos vegetais, como nas folhas maduras, e a vernalização vai atuar em células que se dividem rapidamente como as do meristema apical e também as de folhas jovens (KIM & SUNG, 2014). A resposta das plantas a vernalização, como o florescimento, aparece quando o estímulo frio é

removido e as plantas são submetidas a temperaturas mais altas. Esta natureza epigenética da vernalização indica que para provocar uma transição floral, as baixas temperaturas do período de frio (inverno) estabelecem mudanças estáveis que duram até um período mais quente, como a próxima primavera (KIM & SUNG 2014; AMASINO et al. 2017; AMASINO, 2018).

Na agricultura, a regulação do tempo de floração é importante para a estabilidade na produção de alimentos. Com base nisso, várias plantas se beneficiam com a vernalização, como plantas bienais e de inverno (XU & CHONG, 2018). Na cultura do morangueiro não é diferente, a planta precisa suprir as horas de frio necessárias para a indução floral, o que não ocorre naturalmente em condições de clima subtropical e tropical (OVIEDO et al., 2020).

O momento adequado da transição do crescimento vegetativo para o reprodutivo é um componente fundamental para a otimização do sucesso reprodutivo em plantas. Certas espécies de plantas, para superar um bloqueio à floração, precisam passar por um período de frio invernal, conhecido como vernalização (KIM et al., 2009). A vernalização artificial fornece o número necessário de horas de frio para regular a atividade de genes repressores de genes que induzem a floração, quando isso não ocorre de forma natural (COSTA et al., 2014).

Na cultura do morangueiro não é diferente, a planta precisa suprir as horas de frio necessárias para a indução floral (MARTINS et al., 2009), o que não ocorre naturalmente em condições de clima subtropical e tropical (OVIEDO et al., 2020). Por conta disso, no Brasil grande parte das mudas utilizadas, vem de viveiros argentinos, chilenos e espanhóis (ANTUNES & PERES, 2013).

Segundo Ronque (1998), o número de horas frias que as mudas recebem no viveiro vai refletir diretamente na produção do morangueiro, sendo ideal que sejam acumuladas de 100 a 700 horas a uma temperatura de 2 °C a 7,2 °C e recomenda-se que esses viveiros fiquem em latitudes e/ou altitudes elevadas. Por não possuir essas características ideais, no Brasil grande parte das mudas utilizadas vem de viveiros argentinos e chilenos (ANTUNES & PERES 2013). Como consequência, essas mudas apresentam custo elevado, pois por exemplo, precisam passar por processo de vistoria sanitária para evitar a entrada de novas doenças no território nacional (OLIVEIRA et al., 2006; ANTUNES et al., 2016 LAVÍN; MAUREIRA, 2019).

Em contraste com a promoção da floração, no morangueiro, a vernalização tem efeito oposto sobre o crescimento. Após alguns dias o pecíolo diminui, posteriormente, na

transição floral, pausa a iniciação de estolões e são formados os ramos das coroas a partir das gemas axilares (GUTTRIDGE et al., 2001). A ramificação da coroa fornece meristemas que darão início a inflorescências, tendo assim, forte efeito sobre o potencial de cultivo (HYTÖNEN et al., 2004).

#### 3.4 PRODUÇÃO DE MUDAS DE MORANGUEIRO

A propagação comercial da cultura se dá por meio de estolhos, que são caules que se desenvolvem a partir das gemas basais das folhas e resultam em novas plantas, os quais enraízam em condições de temperatura favoráveis por volta dos 25 °C e fotoperíodo longo, originando novas plantas (MOLINA, 2016). Para fins de melhoramento, utilizam-se os aquênios (RONQUE, 1998, SILVA DIAS; MARO, 2007). (BORTOLOZZO et al., 2007).

Uma das etapas fundamentais no sistema de produção das frutíferas é a utilização de mudas com boas características genéticas, fisiológicas e fitossanitárias (DUTRA et al., 2011). Estando diretamente ligadas a características de interesse agrônomo, como quantidade e qualidade dos frutos. Para Oliveira & Scivittaro (2009) a muda é um dos insumos mais importantes no sistema de produção de morangueiro, essa importância também é muito evidente em relação à dados econômicos, visto que as lavouras precisam ser renovadas anualmente, em virtude do acúmulo de pragas e doenças de um ano para o outro, o que gera uma queda da produtividade (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005).

No Brasil, anualmente, a demanda de mudas de morangueiro chega a mais de 250 milhões (ANTUNES et al., 2023). Porém, a produção nacional de mudas não consegue atender essa demanda, ocasionando uma dependência de mudas importadas de países como Chile, Argentina e Espanha. Entre os estados produtores de morango, o Rio Grande do Sul é o estado brasileiro que mais depende das mudas importadas, pois em relação a área total cultivada com morangueiro, somente 10% não é estabelecida a partir de mudas de outro país (GONÇALVES & ANTUNES 2016).

A escassez na oferta de mudas nacionais, e conseqüentemente, a dependência de mudas internacionais, traz consigo grande problema no planejamento dos produtores de morango, pois, praticamente todos os anos existe um atraso para essas mudas chegarem ao país. Esse atraso, impede que o transplântio das mudas seja feito no seu período ideal, impossibilitando o produtor de obter altas produções precoces (DIEL et al., 2017).

No sistema tradicional de produção de mudas de morangueiro, as plantas-matrizes são plantadas no solo e por meio da propagação vegetativa via estolões, podem dar origem à novas plantas (BARBOSA et al., 2013). As estruturas vegetativas emitidas a partir da planta-matriz, denominadas estolões, possuem gemas intercaladas as quais podem se originar novas raízes e folhas, e conseqüentemente, novos indivíduos (ANTUNES et al., 2011). Esses novos indivíduos, podem ser enraizados no solo ou em substratos, se apresentando na forma de muda de raiz nua ou com torrão (BEYENE et al., 2012).

Muitos produtores na tentativa de reduzir custos, acabam produzindo suas próprias mudas. Porém, a forma mais utilizada para adquirir mudas de morangueiro, é mediante sistema convencional, por viveiristas comerciais (GUIMARÃES et al., 2015). Nesse sistema, as mudas são produzidas em campo, de maneira intensiva no verão devido às boas condições de fotoperíodo e temperatura (COCCO et al., 2016).

Dependendo da finalidade desejada, a propagação do morangueiro pode ser por via assexuada ou sexuada. Nessas plantas de morango, a produção de mudas via sexuada (sementes) tem grande importância no melhoramento genético, visando a obtenção de novas cultivares (RONQUE 1998; COCCO et al. 2016). Para a produção comercial de mudas esse método não é muito utilizado, visto que as plantas originadas a partir da semente apresentam elevada heterogeneidade, crescimento lento e maior tempo para o início da produção se comparadas as mudas provenientes do sistema convencional (assexuado) (BUCCI et al., 2010; COCCO et al 2016).

Para a produção de mudas saudáveis e de qualidade, é necessário adquirir plantas-matrizes a partir da cultura de tecidos (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005). A cultura de tecidos meristemáticos é empregada para produzir plantas isentas de vírus, e também de forma rápida e controlada, atendendo as exigências e padrões necessários para a produção de plantas-matrizes de morangueiro (DIAS et al, 2014).

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES UTILIZADAS

#### 3.5.1 Albion

Cultivar proveniente da Universidade da Califórnia e disponível no mercado no ano de 2006. Por apresentar arquitetura compacta e aberta, facilita o manejo fitossanitário e a colheita. Os frutos são de sabor agradável, servidos para o consumo *in natura*, e de tamanho

grande, chegando a 30 g por fruto e de 30 a 50 frutos por planta (SHAW, 2004; GONÇALVES et al., 2015). Sua produção é prolongada e sem quedas ou picos produtivos. Por ser uma cultivar de dia neutro, na região sul do Brasil, é possível sua produção mesmo no verão (MARTINS et al., 2011).

### 3.5.2 Monterey

Cultivar de dia neutro, desenvolvida na Universidade da Califórnia, e lançada no mercado em 2009. Apresenta plantas vigorosas, frutos grandes (de 15 a 25 g por fruta), firmes e doces, de excelente qualidade (SHAW; LARSON, 2009 a). Quando comparada a 'Albion', seu florescimento é mais intenso e necessita de um espaçamento de plantio um pouco maior (GONÇALVES et al., 2015).

### 3.5.3 San Andreas

Originária nos EUA, pela Universidade da Califórnia, e disponibilizada comercialmente em 2009. Cultivar de dia neutro, com elevada produtividade, frutos graúdos, simétricos (cônico longo), de alta qualidade e sabor, sendo próprios para a comercialização *in natura*. Sua produção é de 700 a 900g por planta, com frutos de 20 a 30 g e de 30 a 50 frutos por planta (SHAW; LARSON, 2009 b; GONÇALVES et al., 2015).

#### 4 ARTIGO: RESPOSTAS AGRONÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO A PERÍODOS DE VERNALIZAÇÃO

##### RESUMO

O cultivo do morangueiro apresenta grande importância socioeconômica no Brasil e no Mundo, principalmente para agricultores com pouca disponibilidade de área. No entanto, devido às condições climáticas do Brasil, os morangueiros não acumulam horas de frio suficientes nos viveiros, necessárias para expressar seu potencial produtivo. Dessa forma, a pesquisa avaliou aspectos de produção, de pós-colheita e fisiológicos cultivares de morangueiro submetidas a diferentes períodos de vernalização. Os tratamentos consistiram em três cultivares de morangueiro de dia neutro (Albion, Monterey e San Andreas) não vernalizadas ou submetidas a um certo período de vernalização (10 dias, 20 dias ou 30 dias). A pesquisa foi realizada em sistema de túnel baixo em que foram avaliados parâmetros agronômicos (número de frutos comerciais e não comerciais, massa de frutos totais, massa de frutos comerciais), qualidade de frutos (acidez titulável, vitamina C, açúcares redutores, teor de antocianinas, compostos fenólicos totais, sólidos solúveis totais e a relação acidez titulável/sólidos solúveis totais), e parâmetros fisiológicos (condutância estomática, fotossíntese líquida, taxa transpiratória, carbono interno celular) e clorofilas totais. Mediante resultados obtidos, observou-se que houve interação genótipo vs ambiente em que as cultivares responderam de forma variada em decorrência para as variáveis analisadas. De forma geral, o fornecimento de horas de frio artificial, durante a formação das mudas promoveu ganhos para rendimento e qualidade de frutos além de melhoria nas variáveis fisiológicas, principalmente fotossíntese. Assim, com base no disposto acima, pode-se afirmar que a técnica de fornecimento de frio em câmara fria traz benefícios que podem contribuir para reduzir a importação de mudas, onerando menos o agricultor e proporcionando maior lucratividade.

**Palavras-chave:** *Fragaria x ananassa*; adaptabilidade; indução floral; períodos de frio; mudas nacionais.

##### ABSTRACT

Strawberry cultivation is of great socioeconomic importance in Brazil and around the world, especially for farmers with limited land availability. However, due to the climatic conditions in Brazil, strawberry plants do not accumulate enough cold hours in the nurseries, allowing them to express their productive potential. In this way, the research evaluated aspects of production,

post-harvest and physiological strawberry cultivars applied in different vernalization periods. The treatments consisted of three day-neutral cultivars (Albion, Monterey and San Andreas) and three vernalization periods (10 days, 20 days and 30 days) and a control treatment without vernalization. Research was carried out in a low tunnel system in which agronomic parameters (number of commercial and non-commercial fruits, total fruit mass, commercial fruit mass), fruit quality (titratable acidity, vitamin C, reducing sugars, sugar content) were evaluated. fruit anthocyanins, total phenolic compounds, total soluble solids and the titratable acidity/total soluble solids ratio), and physiological parameters (stomatal conductance, net photosynthesis, transpiration rate, cellular internal carbon) and total chlorophylls. Based on the results obtained, it was clear that there was a genotype vs environment interaction in which the cultivars responded differently due to the variations found. In general, the provision of hours of artificial cold during the formation of the changes promoted gains in yield and fruit quality in addition to improvements in physiological variables, mainly photosynthesis. Thus, based on the above, it can be stated that a technique for supplying cold in a cold room brings benefits that can contribute to reducing the import of seedlings, putting less burden on the farmer and providing greater profitability.

**Keywords:** *Fragaria x ananassa*; vernalization; adaptability; floral induction; cold periods; national seedlings.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch, além de ser economicamente relevante, desempenha papel crucial na agricultura e na sociedade em geral, possuindo importância para o mercado mundial de hortaliças-frutos (MADAIL et al., 2016). Cultivadas normalmente por pequenos agricultores, o morangueiro por ser a pequena fruta mais plantada e consumida no mundo, traz alta lucratividade e ajuda a manter o agricultor no campo. Ricas em substâncias antioxidantes como antocianinas, compostos fenólicos e vitamina C, o fruto se torna protagonista dentro de uma alimentação mais saudável (ZEIST & RESENDE, 2019).

O morangueiro é uma planta de clima temperado que necessita de acúmulo de horas de frio para indução floral. Normalmente, esse acúmulo, também chamado de vernalização, ocorre de forma natural durante o processo de formação das mudas em viveiro (WREGGE et al., 2007; DIEHL et al., 2017; RESENDE et al., 2020). Em regiões tropicais, a produção de mudas de qualidade fisiológica fica limitada, pois são poucas localidades que dispõem de condições climáticas que satisfazem essa necessidade. Assim, os produtores de morango, pensando em altos rendimentos são obrigados a utilizar mudas importadas, que, além de onerar a produção, trazem riscos de introdução de problemas fitossanitários (MOREIRA et al., 2022).

Para enfrentar esses desafios inerentes a cultura, há a possibilidade do uso de técnicas adequadas visando alcançar maiores produtividades, pois, principalmente, em locais com condições ambientais desfavoráveis, quebrar a dormência e estimular a diferenciação floral torna-se imprescindível (COSTA et al., 2014). Nesse sentido, a vernalização de mudas de morangueiro de forma artificial, apresenta-se como possível estratégia. Esta técnica consiste na “aquisição ou aceleração da capacidade de florescer por um tratamento de resfriamento” (CHOUARD et al., 1960) e foi mencionado pela primeira vez na literatura científica, pelo fisiologista alemão Gustav Gassner em 1918 (GASSNER, 1918).

A vernalização de mudas de morangueiro, possibilita que as horas de frio necessárias para a indução floral sejam supridas (MARTINS et al., 2009), já que não ocorre naturalmente nas condições de clima tropical/subtropical (OVIDO et al., 2020). As cultivares de morangueiro respondem de forma diferente a essa necessidade, podendo variar de 100 a 700 horas a uma temperatura de 2°C a 7,2°C (RONQUE, 1998; ANTUNES & PERES 2013). Essa variação morfofisiológica ocorre em decorrência de fatores genéticos peculiares a cada cultivar.

Testar essas cultivares sob diferentes períodos de vernalização é crucial para que se possa trazer maiores economias e maior rendimento financeiro ao agricultor, estabelecendo, portanto, o melhor período de vernalização aliado a melhor cultivar para determinada região.

Nesse sentido, objetivou-se com o trabalho, definir o melhor tempo de vernalização artificial para a produção de mudas das cultivares Albion, Monterey e San Andreas em regiões tropicais/subtropicais.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Local do experimento

Os ensaios foram realizados na Universidade Estadual de Londrina sob as coordenadas geográficas (23°19'42'' S, 51°12'11'' W e altitude 594 m) e em um produtor rural da cidade de Cambé – PR (23°10'48" S, 51°13'23"W e altitude de 543 m). Segundo a classificação de Koppen, a região se enquadra no clima tipo Cfa, (verão quente e chuvoso, com precipitação média anual de 1600 mm), sendo o solo da região classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (BHERING, 2020).

#### 4.2.2 Material vegetal e condições de cultivo

As mudas de morangueiro usadas no experimento (cultivares San Andreas, Monterey e Albion) foram multiplicadas em casa de vegetação (Van der Houven, Poly Venlo, Brasil) com temperatura média de  $27\pm 3$ , UR  $75\pm 5\%$  e fotófase de 14:10, a partir de estolhos, com enraizamento em bandejas de poliestireno de 64 células, preenchidas com substrato comercial Carolina Soil®. As mudas foram produzidas entre agosto e outubro de 2022.

Após enraizamento, as mudas passaram por controle fitossanitário com aplicação preventiva de Mancozeb para controle fúngico (Unizeb Gold, aplicado na dose de  $2\text{kg ha}^{-1}$ ) e Abamectina (Abamex, aplicado na dose de  $30\text{mL ha}^{-1}$ ) para controle de ácaros e pulgões. Após dois dias as mudas de torrão foram acondicionadas em fitotron com sistema de controle ambiental com umidade relativa do ar de  $75\pm 3\%$ , temperatura controlada entre 2 e  $7,2\text{ C}^\circ$  e fotofase de 16 horas de luz e 8 horas de escuro. As mudas foram irrigadas por gotejo, sendo as bandejas dispostas em bancadas em superfície coberta com areia lavada, de forma a manter a umidade das do ambiente e das plantas com baixa variação. As mudas referentes ao tratamento de 30 dias de vernalização foram acondicionadas no fitotron no dia primeiro de novembro, as de 20 dias de vernalização, no dia 10 de novembro e a 10 dias de vernalização, no dia 20 de novembro. O tratamento controle permaneceu em casa de vegetação até a data de transplântio.

Figura 1 - Mudanças de morangueiro das cultivares Albion, Monterey e San Andreas acondicionadas em fitotron. UEL, Londrina, PR – 2022.



Fonte: o autor, 2022.

Após início do processo de vernalização, foi realizado controle fitossanitário para doenças fúngicas a cada 10 dias, sendo a primeira aplicação por ocasião da submissão ao período de tratamento de frio. Foram utilizados os produtos à base de mancozeb, como o Unizeb Gold®, aplicados na dose de  $3\text{kg ha}^{-1}$ . Para controle de pragas, em especial o ácaro rajado, foram aplicados semanalmente produtos à base de abamectina, como Abamex®, aplicados na dose de  $50\text{mL ha}^{-1}$ . As pulverizações foram realizadas com um pulverizador costal elétrico (marca Lynus, com capacidade de 18L), com uma ponta do tipo leque e vazão de  $757\text{ mL/mim}$ . Por ocasião da retirada das mudas, foi aplicada uma solução nutritiva. As mudas foram mantidas por três dias em casa de vegetação antes do transplante (temperatura de  $24^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de 80%), para aclimatização.

O solo foi preparado com aração seguido de gradagem. O solo foi corrigido conforme análise química do solo, com uso de calcário dolomítico, após, os canteiros ( $1,20\text{m x}$

0,25m altura) foram levantados com rotoencanteirador, incorporando simultaneamente o calcário. A adubação de base foi realizada conforme análise química do solo, aplicando de NPK, formulado 4-14-08, boro e zinco, na dose de 2kg por 10 metros de canteiro. Após transplântio em espaçamento 0,30 x 0,30m, as mudas foram irrigadas intensivamente para promoção do pegamento. Aos 30 dias após transplântio, os canteiros foram cobertos com mulching dupla face, com espessura de 25 micras. Finalmente, os canteiros foram cobertos com túnel plástico de 120 micras. A irrigação ocorreu por meio de tubos gotejadores com orifícios espaçados de 0,10 cm, com vazão aproximada de 1,5 L por hora, conforme especificado pelo fabricante.

Figura 2 – Detalhe do ensaio de avaliação de cultivares de morangueiro submetidas à diferentes períodos de vernalização, logo após a cobertura com túnel plástico. Cambé, PR - 2022.



Fonte: o autor, 2022.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, nove plantas por parcela, quatro repetições e 12 tratamentos. Os tratamentos consistiram em três cultivares de morangueiro de dia neutro (Albion, Monterey e San Andreas) não vernalizadas ou submetidas a um certo período de vernalização (10 dias, 20 dias ou 30 dias), sem eles: Albion não vernalizada; Albion com 10 dias de vernalização; Albion com 20 dias de vernalização; Albion com 30 dias de vernalização; Monterey não vernalizada; Monterey com 10 dias de vernalização; Monterey com 20 dias de vernalização; Monterey com 30 dias de vernalização; San Andreas não vernalizada; San Andreas com 10 dias de vernalização; San Andreas com 20 dias de vernalização; San Andreas com 30 dias de vernalização.

A nutrição mineral das plantas foi realizada via fertirrigação, sendo que a frequência variou conforme a condutividade elétrica do drenado. Na fase vegetativa, a condutividade elétrica do tanque foi mantida entre 0,8 a 1,2 mS.cm<sup>-1</sup> e na fase de produção entre 1,4 a 1,6 mS.cm<sup>-1</sup>. A composição da solução nutritiva variou conforme o estágio de desenvolvimento da cultura. As pragas e doenças foram controladas com produtos biológicos e naturais como óleo de nem (1,5 L/ha) e enxofre (2 kg/ha), e quando necessário, foi realizada a aplicação de inseticidas ou fungicidas químicos, como Pirate® e Amstar Top®, aplicados na dose de 50mL ha<sup>-1</sup> e 300mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### 4.2.3 CARACTERES AVALIADOS

##### 4.2.3.1 Análises fisiológicas e teores de clorofilas

As análises dos parâmetros fisiológicos foram realizadas com uso do equipamento IRGA (modelo LCpro-SD, ADC bioscientific, Reino Unido). Foram avaliados os parâmetros de condutância estomática, fotossíntese líquida, transpiração foliar e concentração de carbono intercelular.

As análises fisiológicas foram realizadas quatro vezes durante o experimento, sendo elas: antes do transplântio das mudas, 30 dias após transplântio (fase vegetativa), 60 dias após transplântio (início da fase reprodutiva) e 90 dias após o transplântio (durante a fase reprodutiva plena). As análises foram realizadas entre 8:00 e 10:00 horas, em dias de sol pleno, sem nebulosidade. Foram avaliadas três plantas de cada parcela, escolhida de forma aleatória, focando no folíolo apical do trifólio totalmente expandido da folha mais jovem.

O teor de clorofilas *a*, *b* e clorofilas totais foram determinados a partir da média de aferições feitas a cada 15 dias durante quatro meses, utilizando um clorofilômetro (clorofiLOG, CFL1030, Brasil).

Figura 3 - Avaliação fisiológica com o IRGA, 30 dias após o transplântio das mudas de morangueiro. Cambé, PR - 2022.



Fonte: o autor, 2022.

#### 4.2.3.2 Características de produção e biométrica

As colheitas foram feitas duas vezes por semana, durante seis meses e, para a avaliação, os frutos foram pesados em balança analítica de precisão (AUW220D, Shimadzu, Filipinas), sendo classificados com auxílio de um paquímetro digital em não comerciais ( $\leq 35$  mm e 8g) e comerciais ( $> 35$ mm 8g) (PBMH; PIMO, 2009). A partir dessa classificação foram obtidos o número total de frutos (NFT) e número comercial de frutos (NFC) e calculadas a massa total de frutos (MTF g/planta), massa de frutos comerciais (MFC g/ planta), massa média de frutos (MMF g/fruto) e massa média de frutos comerciais (MMFC g /fruto).

Foram contabilizados o número de estolhos e o número de trifólios por planta de cada parcela, sendo contabilizadas desde o início do experimento, semanalmente, até o início da fase reprodutiva.

#### 4.2.3.3 Características de pós-colheita

Para as análises físico-bioquímicas, foram colhidos frutos totalmente maduros nos dois primeiros meses do período de plena produção, caracterizado pelos meses de maio e junho. Os frutos avaliados foram padronizados para tamanho e cor externa (comercial), a cada colheita, sendo posteriormente, submetidos às avaliações físicas e em seguida armazenados em freezer para as análises químicas.

A coloração interna e externa dos frutos foi obtida por meio de colorímetro (Minolta CR-410, Estados Unidos) como padrão de iluminante C, realizando-se o seccionamento dos frutos no sentido transversal e tomando-se quatro pontos de medida por fruto, com 5 frutos por amostra, abrangendo parte interna e externa dos mesmos. Os valores foram expressos pelo sistema LCh, que por sua vez, o *L* refere-se à luminosidade, *C* à saturação e *h* ao ângulo de tonalidade ( $0^\circ$  a  $360^\circ$  -  $0^\circ$ : vermelha,  $90^\circ$ : amarelo,  $180^\circ$ : verde e  $270^\circ$ : azul).

A firmeza da polpa foi mensurada em cinco frutos frescos de cada colheita, a partir de dois pontos equidistantes do centro do fruto, com penetrômetro digital (Instrutherm DD-200, Brasil) com diâmetro de ponteira de 8 mm. Foi calculada a média das colheitas e os resultados expressos em Newtons (N).

Para a determinação de sólidos solúveis, foram utilizadas de 2 a 3 gotas de uma amostra homogênea de suco, obtido a partir de 5 morangos. As análises foram feitas em triplicata, com o auxílio de um refratômetro de bancada (modelo MA871, Milwaukee, Estados Unidos), com os resultados expressos em  $^\circ\text{Brix}$ .

A acidez titulável ( $\text{g}$  de ácido cítrico  $100 \text{ g}^{-1}$ ) foi estimada pelo método titulométrico, cuja análises foram feitas a partir da titulação de uma amostra de 10 ml de suco, utilizando NaOH 0,1N e a fenolftaleína com indicador ácido-base. Essa determinação foi realizada utilizando o método do Instituto Adolfo Lutz 2008. A relação entre sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), foi obtida pela razão SS/AT (RATIO).

Para a quantificação de compostos fenólicos, foi utilizado o método de Folin-Ciocalteu, que consiste em reações de oxirredução que ocorre entre o reagente Folin-Ciocalteu

com compostos fenólicos, gerando como produto, os óxidos azuis de molibdênio e tungstênio, cuja formação foi acompanhada através do espectrofotômetro.

A vitamina C foi determinada pelo método de *Tillmans*, baseado na redução do corante sal sódico de 2,6-diclorofenol indofenol por uma solução ácida de vitamina C (ácido ascórbico). Essa determinação foi realizada utilizando o método do Instituto Adolfo Lutz 2008.

O método utilizado para quantificar os açúcares redutores foi o do 3,5-dinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (1959), cujo procedimentos se resumem na reação, em meio alcalino, do referido ácido convertendo-se em ácido 3-amino-5-nitrossalicílico por ação de açúcares redutores. A mistura foi mantida em banho-maria a 100 °C por 10 min e lida em espectrofotômetro a 570 nm.

Para quantificar o teor de antocianinas totais, as análises foram baseadas no método espectrofotométrico proposto pela AOAC (1995), com modificações, realizando leituras em espectrofotometria a 535 nm, com os resultados expressos em mg pelargonidina-3-glucosídeo 100g<sup>-1</sup>.

#### 4.2.3.4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variâncias. Atendidos os pressupostos, os dados foram submetidos a análise de variância conjunta ( $P < 0,05$ ) e por meio do software Sisvar (Ferreira, 2016). Os dados relativos às doses foram submetidos a análises de regressão e a significância verificada pelo teste de  $t$  ( $P < 0,05$ ). Nas equações de ordem polinomial quadrática foram utilizadas para estimar o ponto de mínima e máxima para os períodos de vernalização.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados observados nas figuras (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12) observou-se resultados significativos para a maioria das variáveis analisadas. Ainda pelos resultados, fica evidente a ocorrência de interação entre as fontes de variação (cultivar vs período de vernalização), demonstrando efeito de genótipo vs ambiente. Para os parâmetros agronômicos, observou-se interação para MFC, MFNC, NFC, NFNC, NFT, MFT, MMFC. Interações foram obtidas também para os parâmetros qualitativos relativos a cor de fruto (luminosidade, cromaticidade e angulo hue) (Figura 5 a, b, c, d, e, f.). Com relação aos

caracteres físico-químicos e antioxidantes, houve interações significativas para AR, SS, AT, RATIO, VC, CF e FIR (Figuras 6 a, b, c, d, e, f, h). Para número de trifólios e estolhos também ocorreram interações significativas (cultivar *vs* período de vernalização). Interações significativas também foram obtidas para os parâmetros fisiológicos ( $C_i$ ,  $E$ ,  $g_s$ ,  $A$ ), independentemente da época de avaliação.

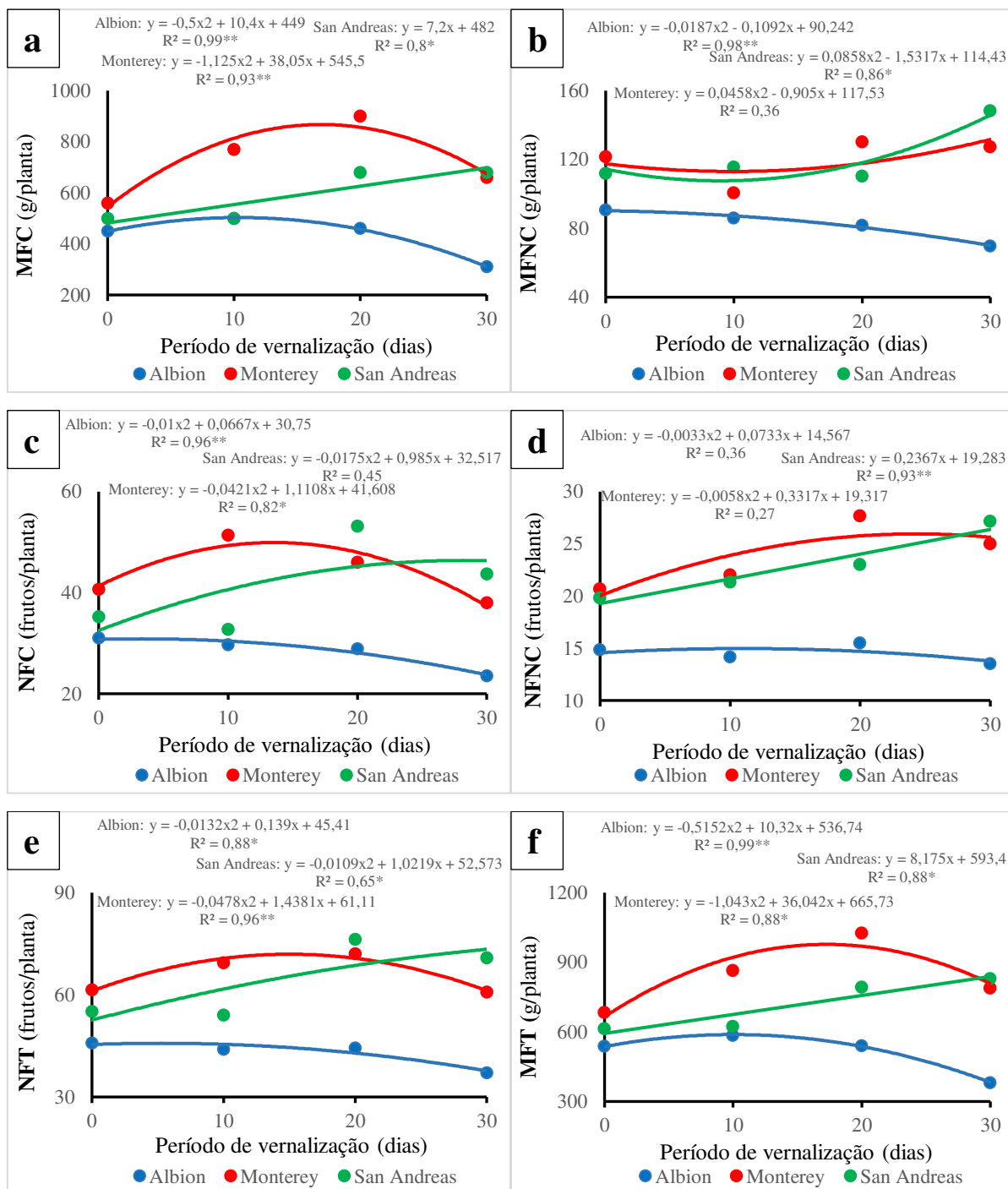
Interações significativas do tipo simples ocorreram para todos os níveis, demonstrando os efeitos exclusivos para as combinações de tratamento. Níveis de significância menos rigorosos utilizados nas interpretações dos efeitos de interação, captaram importantes informações de cada fonte de variação, auxiliando na interpretação dos resultados obtidos.

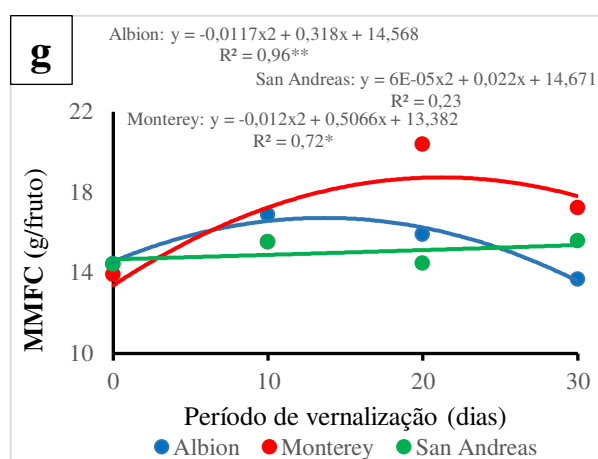
#### 4.3.1 PARÂMETROS PRODUTIVOS

Os parâmetros produtivos são muito importantes na cultura do morangueiro, pois interferem diretamente na viabilidade econômica da cultura. Assim, com base na Figura 4a, infere-se que o melhor desempenho em relação a massa de frutos comerciais, (MFC) nas cultivares Albion (500g/planta), Monterey (900g/planta) e San Andreas (680g/planta) foi obtido nos períodos de 10, 20 e 30 dias de vernalização, respectivamente, demonstrando efeito positivo da vernalização. Ainda na Figura 4a, entre as cultivares, observa-se o melhor rendimento de MFC para cultivar Monterey, independente do período de vernalização, excetuando aos 30 dias, no qual se igualou a cultivar San Andreas. No entanto, pode-se inferir que para cultivar San Andreas, o ajuste da equação ocorreu de forma linear, ou seja, o aumento das horas de frio proporcionou incrementos na produção de frutos comerciais, sendo assim há a necessidade de utilizar nos próximos ensaios períodos com maior tempo de vernalização para as cultivares.

Pode-se afirmar que para essa variável não houve um único período de vernalização que fosse ótimo para as três cultivares, ou seja, cada cultivar tem seu melhor período para que a MFC seja maior, resultado que corrobora com Ledesma et al., 2017, que observaram diferentes respostas de determinadas cultivares, em relação à exposição ao frio, em que, a resposta do aumento do peso e tamanho dos frutos em função da vernalização, foi observada em apenas uma das quatro cultivares avaliadas. Esse resultado deixa claro a interação genótipo ambiente, e que, trabalhos dessa natureza são importantes para auxiliar não somente na escolha da cultivar, mas principalmente, nas horas de frio necessárias para que ocorra a indução floral.

Figura 4 - Parâmetros produtivos relacionados a diferentes períodos de vernalização: a) massa de frutos comerciais; b) massa de frutos não comerciais; c) número de frutos comerciais; d) número de frutos não comerciais; e) número de frutos totais; f) massa de frutos totais; g) massa média de frutos comerciais.





\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

Os parâmetros MFC e NFC são considerados importantes na cultura, pois estão diretamente relacionados com a rentabilidade do produtor. O número de frutos comerciais (NFC) (Figura 4c) para a cultivar Albion, não vernalizada apresentou melhor rendimento, sob os demais tratamentos (períodos de vernalização) (31 frutos/planta). Já para a cultivar Monterey foi observado o melhor resultado (51 frutos/planta) no período de 10 dias e para San Andreas o melhor período foi o de 20 dias (53 frutos/planta). Neste caso observa-se que o maior NFC não correspondeu à maior MFC. Para entender esse resultado, deve-se levar em consideração a relação fonte/dreno (TAIZ et al, 2017), que explica que a maior quantidade de flores nem sempre levará à maior massa, pois a flor como dreno muito forte, acarretará a maior quantidade de frutos, mas não com maior massa, distribuindo os fotoassimilados entre as flores viáveis induzidas anteriormente pelo processo de vernalização. Neste caso, um menor NFC com maior MFC, pode ser explicado pela mesma teoria, em que a mesma quantidade de fotoassimilados são redistribuídos em menor número de flores, no entanto com maior massa.

A massa de frutos não comerciais (MFNC) (Figura 4b) nessas cultivares, teve maior valor expresso na cultivar Albion não vernalizada (91 g/planta) sobre a MFNC; na cultivar San Andreas no período de 30 dias de horas de frio (148 g/planta) e na cultivar Monterey não houve diferença, ao comparar os períodos de vernalização.

Apesar de não ocorrer ajuste significativo para a cultivar San Andreas em função dos períodos de vernalização para NFC, nos períodos de 20 e 30 dias, notou-se maior produção de frutos comerciais. Para a cultivar Monterey, o maior NFC ocorreu aos 20 e 30 dias de vernalização reduzindo quando submetida ao maior tempo de exposição ao frio. Para esse caractere, observou-se comportamento similar a MFC.

Em relação ao número de frutos não comerciais (NFNC), número de frutos totais (NFT), massa de frutos totais (MFT) e massa média de frutos comerciais (MMFC), os períodos de exposição ao frio que expressaram maior valor nas cultivares apresentadas, foram: na cultivar Albion, em relação ao NFNC, o período de 20 dias, com 16 frutos (Figura 4d), o período não vernalizado sobre o NFT com 46 frutos (Figura 4e), 10 dias de frio com 585 g/fruto em relação à MFT (Figura 4f) e 16,90 g/fruto sobre a MMFC (Figura 4g); na cultivar Monterey, sobre os parâmetros descritos neste parágrafo, assim como foi apresentado anteriormente em relação à MFC e MFNC, tiveram expressos os maiores valores no período de 20 dias de frio, obtendo como resultado 28 frutos/planta (NFNC) (Figura 4d), 72 frutos/planta (NFT) (Figura 4e), 1025 g/planta (MFT) (Figura 4f) e 20,41 g/fruto (MMFC) (Figura 4g); na cultivar San Andreas, com exceção do NFT que expressou maior valor no período de 20 dias de frio (76 frutos/planta) (Figura 4e), os parâmetros produtivos aqui apresentados expressaram maior valor no período de 30 dias vernalização, sendo eles NFNC (27 frutos/planta) (Figura 4d), MFT (831 g/planta) (Figura 4f) e MMFC (15,6 g/fruto) (Figura 4g).

Para as cultivares Albion e Monterey, não houveram diferenças para NFNC em decorrência dos períodos de vernalização (Figura 4d). Entretanto, ao observar a cultivar San Andreas, denota-se ajuste linear, em que, ao aumento da exposição ao frio, resultou em maior NFNC.

No período de 10 dias de vernalização, o maior NFT, ocorreu para a cultivar Monterey; aos 20 dias de vernalização, não houve diferença entre as cultivares San Andreas e Monterey para NFT (Figura 4e). Assim como para NFNC, na cultivar San Andreas, a equação se ajustou de forma linear.

A cultivar com melhor desempenho para MFT foi Monterey (Figura 4f). Com o aumento do período de vernalização observou-se para a cultivar Albion, redução no rendimento produtivo, se acentuando após os 20 dias de vernalização das mudas. A cultivar San Andreas apresentou comportamento linear, com maior rendimento quando as mudas foram submetidas ao período de 30 dias de vernalização, porém sem diferir da cultivar Monterey.

Apesar da cultivar San Andreas ter se igualado a Monterey no período de 30 dias de vernalização, para a MFC (Figura 4a), verificou-se que nos mesmos 30 dias de vernalização a cultivar apresentou maior MFNC (Figura 4b). Essa observação pode refutar se há mesmo a necessidade de estender o período de vernalização para essa cultivar, conforme relatado acima.

Fagherazzi et al. (2017a) e Zanin et al. (2019a) observaram que MTF e MFC apresentam correlação linear com o número total e comercial de frutos por planta, mas não necessariamente com MMF e MMFC.

O consumidor prefere frutos maiores para consumo. Esse fato, torna a massa do fruto de fundamental importância para agregar valor ao produto. Entre as cultivares avaliadas, a Monterey se destacou para esse caractere, principalmente, quando as mudas foram submetidas ao período de 20 dias de vernalização (Figura 4g). Para a cultivar Albion, frutos maiores foram obtidos em menor período de vernalização, ou seja, aos 10 dias. Para esse mesmo caractere, não se observou-se ajuste significativo para cultivar San Andreas, demonstrando que não houve contribuição do período de vernalização para o aumento da MMFC.

No contexto geral, relativo aos parâmetros agronômicos, infere-se que a cultivar Monterey foi superior para a maioria dos caracteres avaliados, comparada as demais, principalmente, quando submetida aos 20 dias de vernalização. A cultivar San Andreas respondeu de forma linear para alguns caracteres, evidenciando a necessidade de que se ampliasse o período de exposição ao frio, de forma a obter o ponto de máxima. Porém, pode-se refutar essa observação, tendo em vista que caracteres relativos a NFNC, MMFC também aumentaram quando testada no período de 30 dias de vernalização.

#### 4.3.2 CARACTERÍSTICAS DE COLORAÇÃO DE FRUTOS

A coloração da superfície externa e interna dos morangos foi avaliada por meio da obtenção de três variáveis, luminosidade, croma e ângulo hue (Figura 5 – a, b, c, d, e, f): luminosidade (L) – fornecida através de uma escala de 0 a 100, oscilando desde cores mais escuras (menores valores) até cores mais claras (maiores valores); croma (C) – fornecida por uma escala de 0 a 60, variando entre cores menos saturadas (menores valores) às cores mais saturadas ou intensas (maiores valores); ângulo hue ( $^{\circ}$  hue) – fornecida por uma escala de 0 a 360, na qual cada valor corresponde a uma tonalidade específica.

Sobre a luminosidade dos morangos (Figura 5–e, f): o período de vernalização que proporcionou valores mais elevados (cores mais claras) para o lado externo dos frutos nas cultivares Anbion e Monterey, foi o período de 20 dias, apresentando respectivamente para estas cultivares os valores de 40,6 e 39,8. Já para a cultivar San Andreas, o período de 10 dias apresentou maiores valores, sendo a média de 41,2. Para o lado interno dos morangos, na cultivar Albion o período não vernalizado proporcionou a característica de frutos mais claros,

com a médias dos valores de 21,2. Os períodos que proporcionaram os maiores valores nas cultivares Monterey e San Andreas, para esta característica, foi o de 10 e 30 dias de vernalização, com valores de 21,3 e 23,1, respectivamente.

Para a cromaticidade do lado externo dos morangos (Figura 5a), a cultivar Albion apresentou maior valor no período de 20 dias de vernalização (saturação de 36,8), já as cultivares Monterey e San Andreas apresentaram cores mais intensas no período de 30 dias de horas de frio (saturação de 36,4 e 40,3, respectivamente). Para a cromaticidade do lado interno (Figura 5b), as cultivares Monterey e San Andreas apresentaram cores mais intensas no mesmo período de vernalização em que apresentaram maiores saturações do lado externo, sendo ele 30 dias de frio (saturação de 32,7 e 37,8, respectivamente), já a cultivar Albion, em relação à cromaticidade do lado interno, apresentou maiores valores no período não vernalizado (saturação de 32,8).

Para a variável de ângulo hue (Figura 5 – c, d) relacionada a tonalidade da cor do lado externo e interno dos morangos, a cultivar Albion, para o lado externo, apresentou a média mais elevada no período não vernalizado ( $37,2^\circ$ ), e para o lado interno, no período de 20 dias de vernalização ( $28,3^\circ$ ); a cultivar Monterey, apresentou maiores valores para o lado externo ( $35,9^\circ$ ) no período de 20 dias de vernalização e para o lado interno ( $28,2^\circ$ ) no período de 30 dias; a cultivar San Andreas, obteve os maiores valores de ângulo hue no período de 30 dias de horas de frio ( $37,2^\circ$  e  $31^\circ$ ) para o lado externo e interno dos frutos, respectivamente.

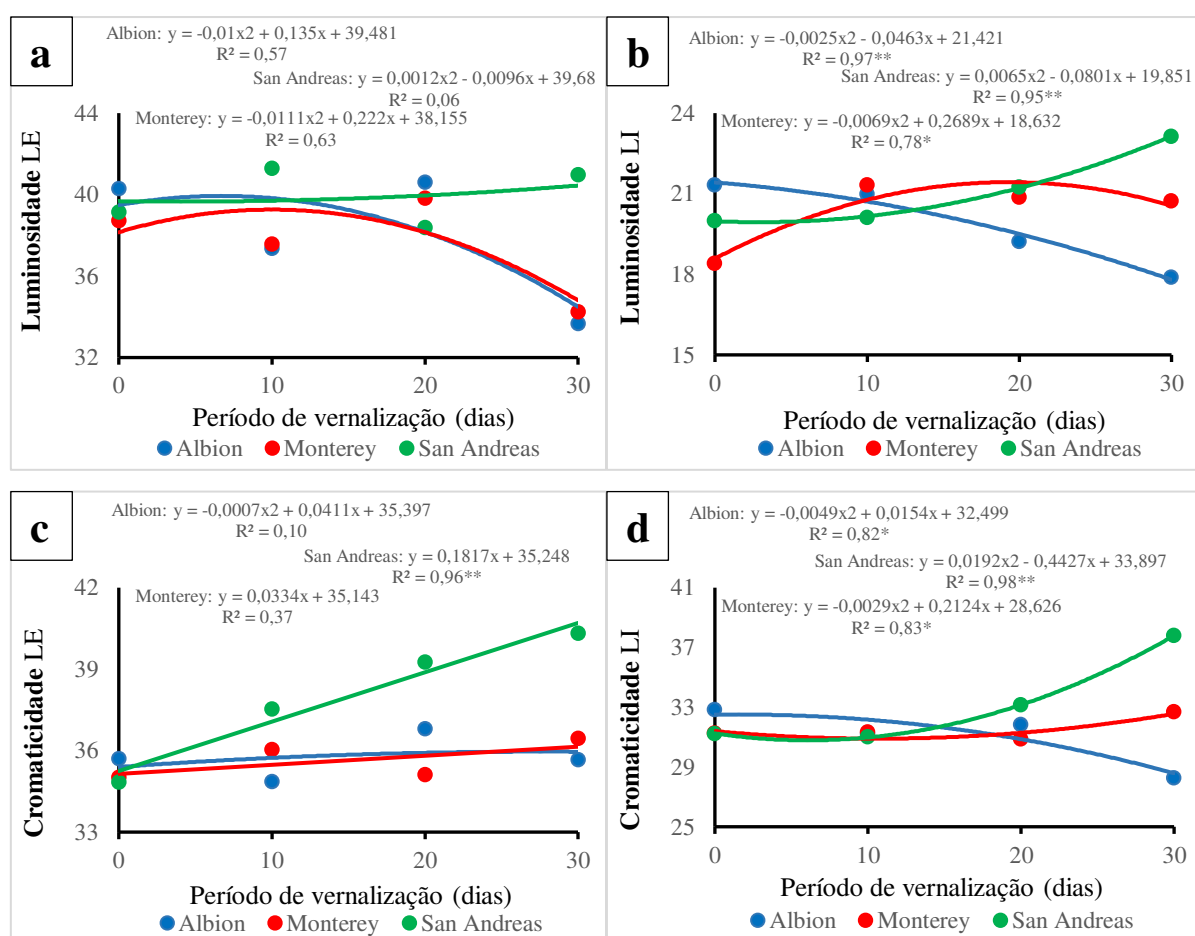
Sugere-se que a técnica de vernalização independentemente da variável (croma, ângulo hue e luminosidade) interfere positivamente nos parâmetros de cor da cultura do morango, estes são de grande importância, principalmente para a atração e aceitação do consumidor na hora da compra (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

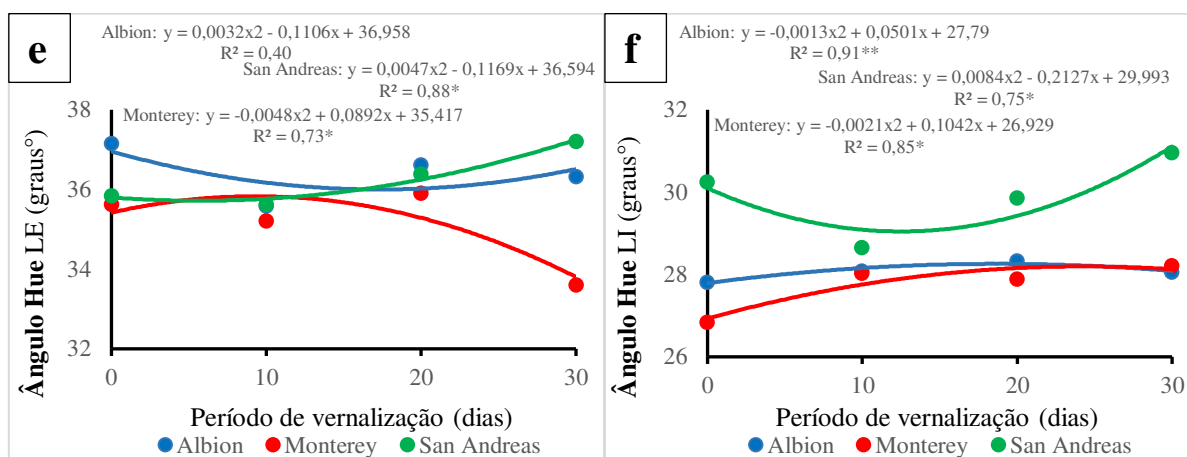
A vernalização pode ter afetado a expressão gênica de cada cultivar utilizada no presente trabalho. Genes envolvidos na via biossintética de antocianinas e outros compostos relacionados à cor podem ser regulados durante o processo de vernalização (AHARONI et al., 2001) acarretando a síntese de antocianinas, pigmentos responsáveis pela coloração vermelha, resultando em frutos mais vermelhos e atrativos, além de contribuir para uma distribuição mais uniforme dos pigmentos, evitando variações indesejadas na cor dos morangos (CASTILLEJO et al., 2020; MEDINA-PUCHE et al., 2014; COCCO, 2014; COCCO et al., 2020).

Vale ressaltar que o processo de vernalização não é um processo isolado e estático e pode afetar a resposta da planta a fatores ambientais posteriores a aplicação da técnica,

como luz e temperatura durante a fase de crescimento e maturação dos frutos. Esses fatores podem influenciar a formação e estabilidade dos pigmentos responsáveis pela cor (JAAKOLA, 2013).

Figura 5 – Relação entre a coloração dos morangos e diferentes períodos de vernalização: a) luminosidade do lado externo; b) luminosidade do lado interno; c) cromaticidade do lado externo; d) cromaticidade do lado interno; e) ângulo hue do lado externo; ângulo hue do lado interno.





\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

Legenda: LE = lado externo; LI = lado interno.

#### 4.3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ANTIOXIDANTES

As características químicas e nutricionais dos morangos são muito importantes para o mercado consumidor. Estas características podem variar devido às condições ambientais (luz, temperatura, irrigação e fertilização), processo de amadurecimento, sistema de cultivo e perfil genético das cultivares (COELHO-JUNIOR, 2016).

Atuando na doçura e juntamente com os ácidos orgânicos, no sabor e aroma dos frutos, os principais açúcares são a glicose e a frutose (BAIQUAN et al., 2015). Estes monossacarídeos por possuírem grupo carbonílico e cetônico livres, são capazes de se oxidarem na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas, sendo classificados com “açúcares redutores” (AR) (SILVA et al., 2003). A quantificação dos açúcares redutores (Figura 6a) dos frutos das cultivares Albion e San Andreas demonstrou maiores valores no período não vernalizado (1,65 g/100g) e (1,49 g/100g), respectivamente para estas cultivares, e de 10 dias de vernalização (1,65 g/100g) para a cultivar Monterey.

Os sólidos solúveis (SS), expressando seus valores em °Brix, fornecem um indicativo de açúcares presente nas frutas, como os morangos, por exemplo, mesmo considerando que, em menores proporções, os ácidos, aminoácidos, e algumas pectinas fazem parte da composição destes (KLUGE et al., 2002). Com o processo de vernalização, os períodos que desencadearam maiores teores de SS (Figura 6b), foram o de 10 dias para as cultivares

Albion (7,78 °Brix) e San Andreas (9,20 °Brix) e o de 20 dias de vernalização para a cultivar Monterey (8,76 °Brix).

A acidez titulável (AT) é conceituada como o conjunto de ácidos presentes nos frutos. Sua concentração é alta no início do período de formação dos frutos e vai diminuindo com o processo de respiração celular e amadurecimento dos mesmos (RAHMAN, et al., 2016). No morango *in natura*, o teor da AT pode variar de 0,52% (CECATTO et al., 2013) a 1,51% (ANTUNES et al., 2014). No presente trabalho, para quantificação da acidez (Figura 6c), foram contabilizados os teores de ácido cítrico por 100 gramas de polpa dos frutos. Os maiores valores para a cultivar Albion e Monterey foram expressos no período não vernalizado (1,2 g 100g<sup>-1</sup>) e (1,29 g 100g<sup>-1</sup>), respectivamente, e para a San Andreas no período de 20 dias de exposição ao frio (1,33 g 100g<sup>-1</sup>).

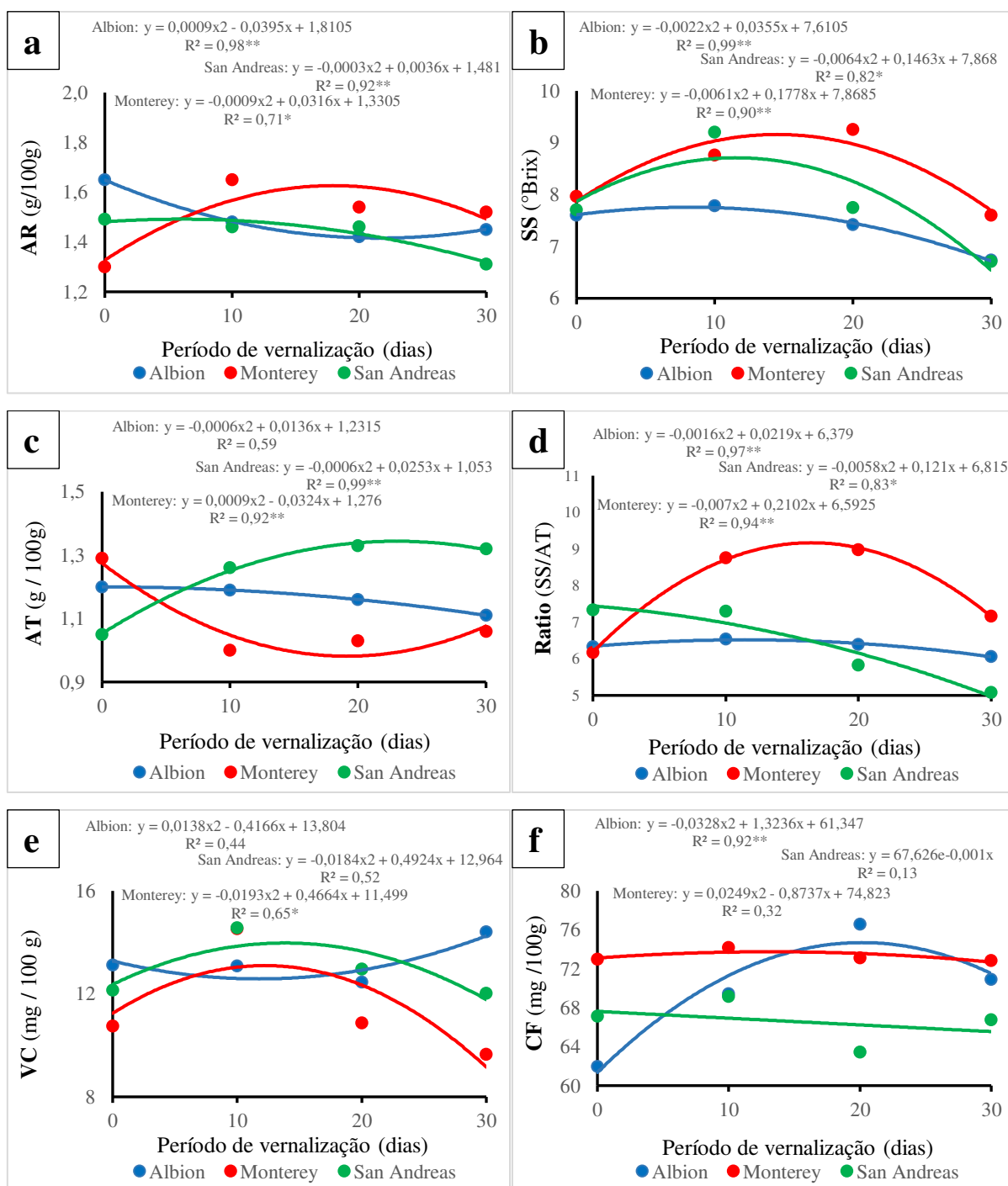
O parâmetro ratio é calculado por meio da relação entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável do produto. A diferença do tempo de exposição das mudas de morangueiro ao frio, proporcionou diferentes respostas das cultivares em relação ao ratio (Figura 6d), sendo os períodos de 10 dias de vernalização, 20 dias e não vernalizado, os que proporcionaram maiores valores para as cultivares Albion (6,54), Monterey (8,98) e San Andreas (7,33), respectivamente.

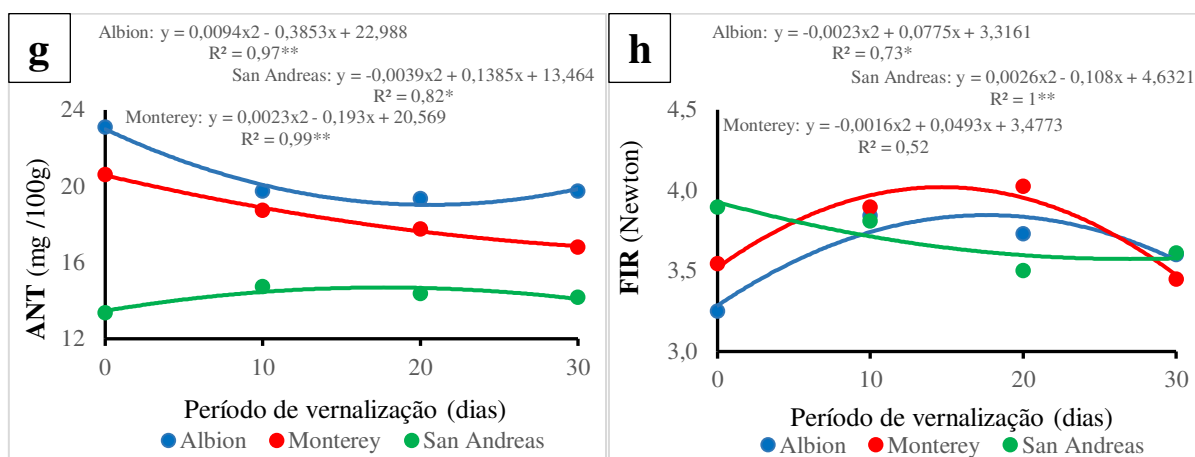
A vitamina C (ácido ascórbico) possui propriedades antioxidantes, sendo necessária a ingestão regular desta vitamina. O ácido ascórbico, quando em níveis normais, pode auxiliar no tratamento de inflamações (MOHAMMED et al., 2016) e diabetes mellitus (SHIVAVEDI et al., 2017), melhorar a função imunológica (BOZONET et al., 2015) e atuar como um fator retardante no desenvolvimento da Leucemia (AGATHOCLEOUS et al., 2017). Os períodos de vernalização que proporcionaram maiores teores de vitamina C (Figura 6e) para as cultivares trabalhadas foram o de 30 dias para a cultivar Albion (14,41 mg de ácido ascórbico / 100 g) e 10 dias de vernalização para as cultivares Monterey (14,52 mg de ácido ascórbico / 100 g) e San Andreas (14,55 mg de ácido ascórbico / 100 g).

Os compostos fenólicos (CF) são formados por um ou mais anéis aromáticos com um ou mais grupamentos hidroxilas e “polifenóis”. Estes compostos podem ser divididos em subgrupos de acordo com suas características estruturais, responsáveis pela atividade antioxidante. Assim, a quantidade de anéis aromáticos, o número e a posição de grupamentos hidroxilas, grau de hidroxilação e distância entre o grupamento carbonil e anel aromático, desempenham um papel importante na atividade antioxidante dos compostos (ZHANG & TSAO, 2016). Na quantificação dos teores de (CF) (Figura 6f), a cultivar Albion apresentou

maiores valores (76,56 mg GAE, 100g) quando submetidas a 20 dias de vernalização, já as cultivares Monterey e San Andreas, no período de 10 dias de exposição ao frio, (74,16 mg GAE, 100g) e (69,15 mg GAE, 100g), respectivamente.

Figura 6 – Perfil físico-químico e antioxidante dos morangos em função de diferentes períodos de vernalização: a) açúcares redutores; b) sólidos solúveis; c) acidez titulável; d) r atio; e) vitamina C; f) compostos fen olicos; g) antocianinas; h) firmeza.





\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

Pertencente à família dos flavonoides, os pigmentos de tonalidade vermelho brilhante, denominados “antocianinas”, são encontrados em diversas frutas, flores, caules e raízes de plantas. Estes pigmentos conferem atividades antioxidantes, anticarcinogênicas, antivirais e anti-inflamatórias (BRAGA et al., 2018). Nos morangos, a antocianina mais abundante é a pelargonidina 3-glicosídeo, representando 90% das antocianinas totais (Wojdylo et al., 2009). Os maiores teores de antocianinas presentes nos frutos de morango foram obtidos (Figura 6g), para as cultivares Albion e Monterey, no período não vernalizado, com valores de 23,09mg p-3-glicosídeo 100g<sup>-1</sup> e 20,61mg p-3-glicosídeo/100g, respectivamente, e para a cultivar San Andreas, no período de 10 dias de vernalização, com valor de 14,74mg p-3-glicosídeo/100g.

A firmeza de polpa (Figura 6h) é considerada uma das mais importantes características dos aspectos avaliados nos frutos de morangueiro, pois, além de possibilitar melhores condições de manuseio e transporte, conservam as qualidades organolépticas, por mais tempo, aumentando o período de comercialização (NASRIN et al., 2017). Nas cultivares avaliadas, o período de vernalização ou não vernalizado que proporcionou especificamente maior firmeza de polpa para cada cultivar, foi o de 10 dias de vernalização para a cultivar Albion (3,8 N), 20 dias para a cultivar Monterey (4 N) e não vernalizado para a cultivar San Andreas (3,9 N).

A firmeza dos frutos é uma característica importante que afeta a qualidade e a aceitação do produto pelos consumidores e é influenciada pela vernalização. Esta, ao induzir o florescimento e a formação de estruturas reprodutivas, pode afetar indiretamente a firmeza dos frutos. O redirecionamento dos recursos da planta para o desenvolvimento de flores e frutos

pode influenciar a textura dos frutos ao longo do ciclo de produção. Hormônios como as giberelinas, citados anteriormente que desempenham papel importante no desenvolvimento de frutos, podem ser modulados pela vernalização. Essa regulação hormonal pode afetar a formação e a firmeza dos frutos (SILVA et al., 2014).

Segundo Ronque (1998) elevadas temperaturas como nas condições do presente trabalho, durante a fase reprodutiva da cultura, tornam os frutos pouco firmes. Porém foi observado que a técnica utilizada proporcionou incrementos nos níveis de firmeza, 10 dias de vernalização para a cultivar Albion e 20 dias para a cultivar Monterey, sugerindo relação entre esses caracteres.

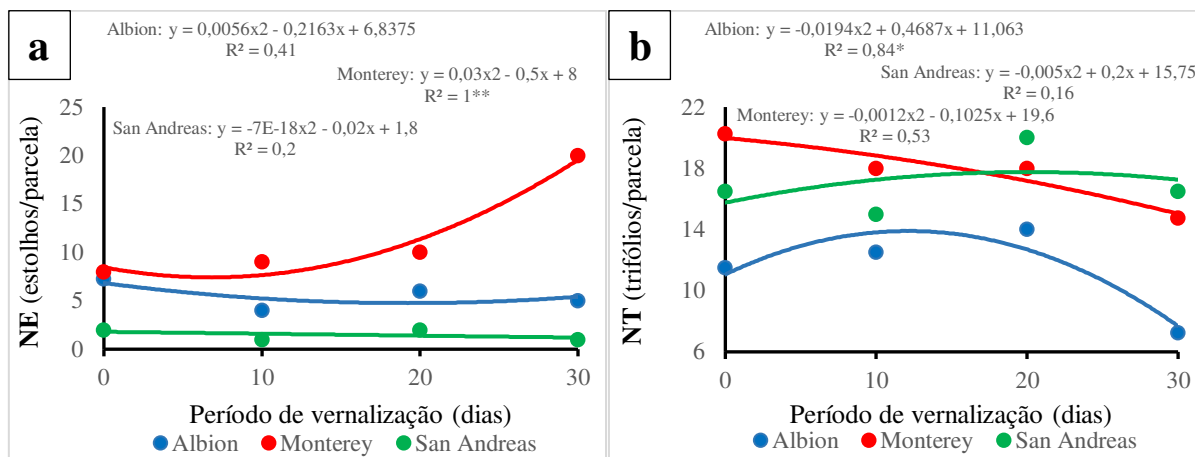
#### 4.3.4 NÚMERO DE ESTOLHOS E DE TRIFÓLIOS

Os estolhos são muito utilizados na propagação vegetativa do morangueiro, ademais, a produção de estolho causa diminuição na produção de morango. Em relação aos estolhos contabilizados neste trabalho (Figura 7a), as cultivares Albion e San Andreas não tiveram grandes picos de emissão, apresentando o valor máximo de 7 e 2 estolhos por parcela, respectivamente. Já a cultivar Monterey, no período de 30 dias de vernalização, apresentou um pico de produção de estolhões, contabilizados 20 por parcela.

Em relação aos trifólios (Figura 7b), a cultivar Albion e San Andreas apresentaram maior quantidade no período de 20 dias de vernalização, sendo contabilizados 14 e 20 trifólios, respectivamente. Já a cultivar Monterey, obteve o maior número de trifólios no período não vernalizado, sendo contabilizados 20 por parcela.

A floração e conseqüentemente frutificação é dificultada nos trópicos, por conta das altas temperaturas, com isso as plantas de morango continuam vegetando e produzindo estolhos indefinidamente. Além disso, elevações da temperatura durante a fase de produção de frutos, tornam estes pouco firmes, ácidos e pobres em sabor (RONQUE, 1998).

Figura 7 - Número de estolhos e trifólios em função de diferentes períodos de vernalização: a) número de estolhos; b) número de trifólios.



\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

#### 4.3.5 TROCAS GASOSA E TEORES DE CLOROFILA

Uma taxa fotossintética mais alta geralmente está associada a um crescimento mais rápido e a um desenvolvimento mais robusto das plantas, acarretando melhor desenvolvimento de partes vegetativas, como folhas, caules e raízes. Os tratamentos vernalizados para cada cultivar com taxas fotossintéticas mais altas tendem a serem mais eficientes na utilização de recursos, como água e nutrientes do solo, além de que, podem ser mais tolerantes à estresses ambientais, por sua capacidade de produzir mais energia para sustentar processos de reparo e adaptação (LARCHER, 2000), o que na situação tropical em que o trabalho foi desenvolvido, se torna de extrema importância.

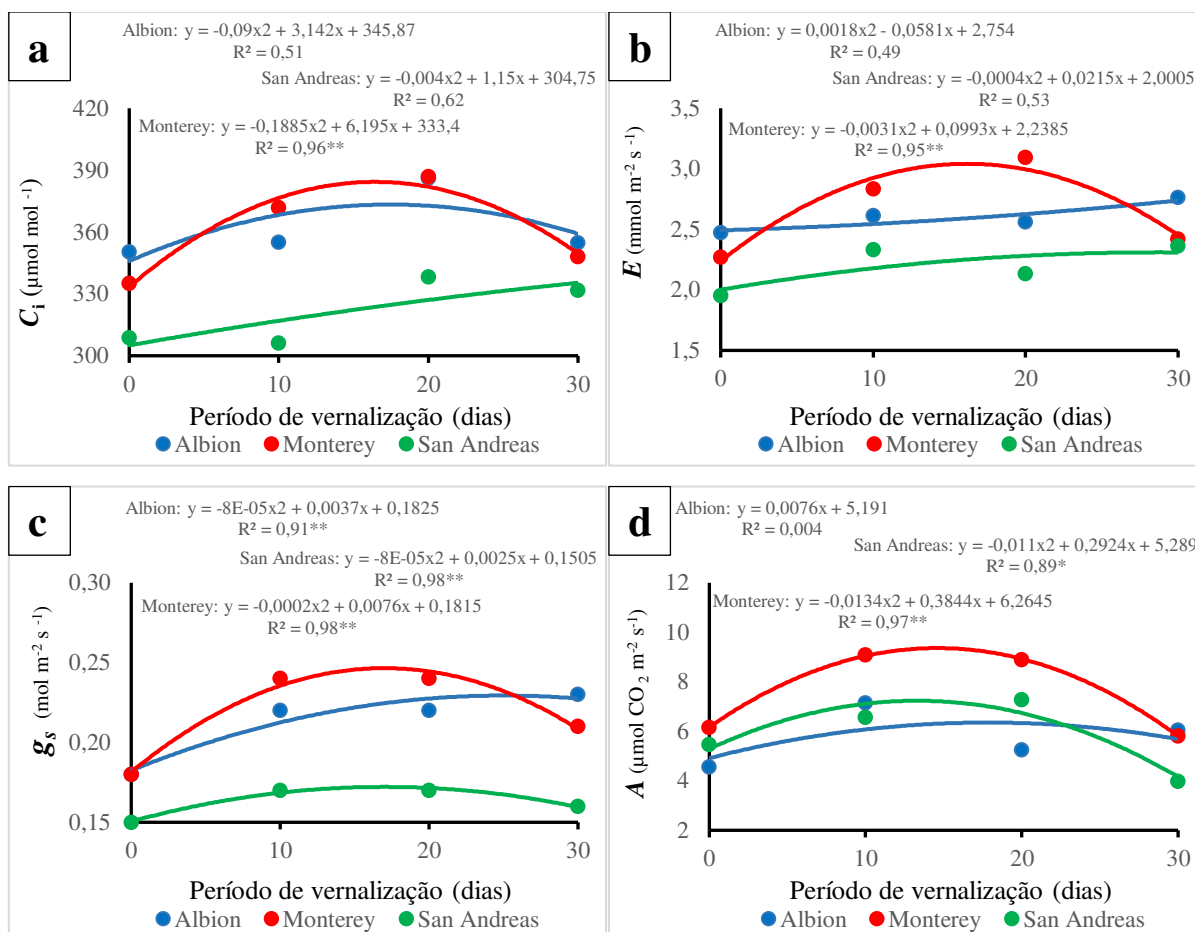
As avaliações de trocas gasosas e taxa fotossintética nas cultivares de morangueiro submetidas a diferentes números de horas de vernalização das mudas (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12), avaliadas pela medição das variáveis: concentração de  $CO_2$  intercelular ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa fotossintética ( $A$ ) e transpiração ( $E$ ), foram realizadas antes do transplante e 30, 60 e 90 dias após o transplante. As médias observadas foram de 391,9  $\mu\text{mol}$  de  $CO_2$   $\text{mol}^{-1}$  para  $C_i$ , 0,20  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para  $g_s$ , 6,27  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para  $A$  e 3,98  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para  $E$ .

A maior eficiência com relação as trocas gasosas de uma planta, afeta diretamente a quantidade de dióxido de carbono que ela é capaz de fixar e converter em Gliceraldeído por unidade de tempo. Em condições ideais, o aumento nas trocas gasosas e carbono interno celular, podem ocasionar diversos benefícios para as plantas (KLUGE et al., 2015).

Os primeiros estudos sobre a fisiologia do florescimento do morangueiro iniciaram-se com Darrow & Waldo (1934) e com estudos cada vez mais atuais sobre o assunto com Gonçalves et al., 2016 e Koskela et al., 2016. É imprescindível esse tipo de estudo para entender e possibilitar a cultura um melhor rendimento no campo.

A primeira avaliação, realizada antes do transplântio: em relação ao carbono intracelular ( $C_i$ ) (Figura 8a), o período de 20 dias de vernalização foi responsável por proporcionar maiores valores, sendo expressos por  $386,0 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ,  $386,7 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$  e  $338,0 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$  nas cultivares Albion, Monterey e San Andreas, respectivamente; em relação à transpiração ( $E$ ) (Figura 8b), o período de 30 dias de horas de frio proporcionou maior taxa transpiratória para as cultivares Albion ( $2,76 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e San Andreas ( $2,36 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), já na cultivar Monterey, foi o período de 20 dias ( $3,09 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); em relação à condutância estomática ( $g_s$ ) (Figura 8c), o período de 30 dias de vernalização expressou maiores valores na cultivar Albion ( $0,23 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), já para as cultivares Monterey e San Andreas, foram os períodos de 10 e 20 dias, sendo quantificados para a cultivar Monterey ( $0,24 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e para cultivar San Andreas ( $0,17 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); em relação à taxa fotossintética ( $A$ ) (Figura 8d), o período de 10 dias de vernalização proporcionou maiores taxas de fotossíntese para as cultivares Albion ( $7,15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e Monterey ( $9,08 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), já para a cultivar San Andreas, o período que proporcionou esta característica foi o de 20 dias ( $7,28 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Figura 8 – Dados fisiológicos, obtidos antes do transplante das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: a) concentração de CO<sub>2</sub> intercelular; b) taxa transpiratória; c) condutância estomática; d) taxa fotossintética.



\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

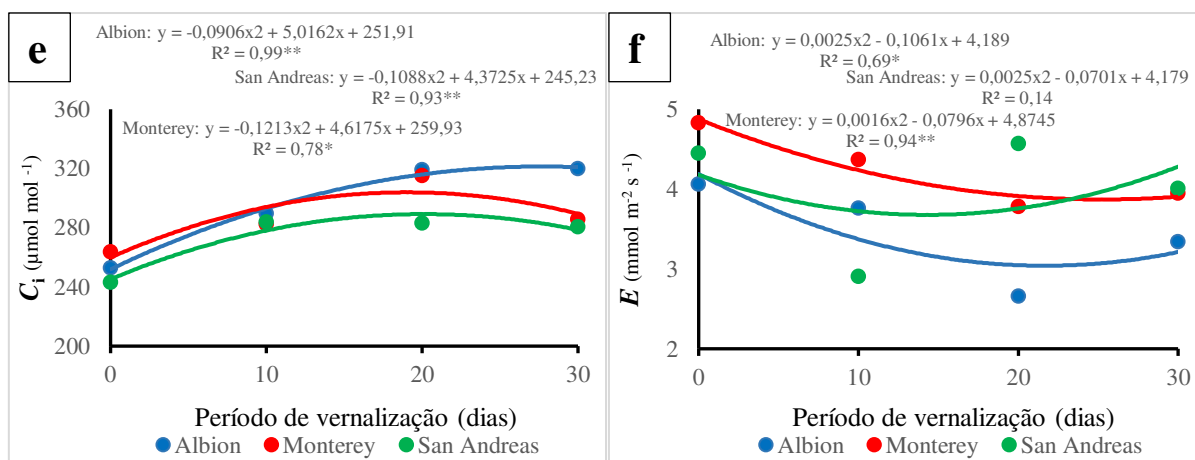
As características fisiológicas nestes casos estão relacionadas, neste momento, diretamente com o florescimento e à estímulos do ambiente (DARROW, 1966), pois anterior ao implante das mudas no campo irá ocorrer a transformação das estruturas vegetativas em reprodutivas, ocorrendo paulatinamente mudanças morfológicas para que as gemas possam originalizar a órgãos vegetativos como folhas, caules e estolhos, dão origem a componentes da flor (NERI et al., 2010).

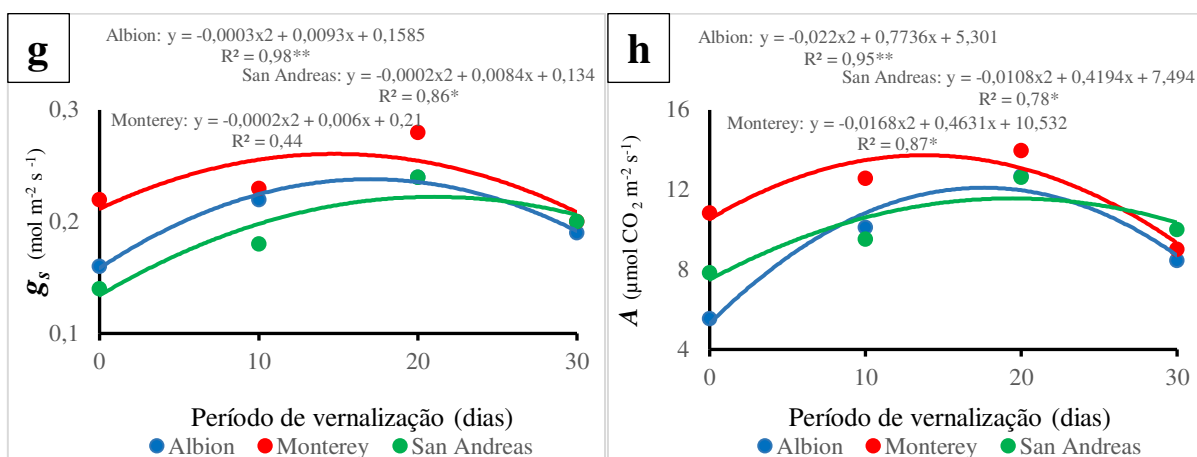
Porém para isso, o processo fisiológico que ocorrerá é a indução floral onde as folhas que passaram pelo processor de vernalização, irão captar sinais e ocasionar estímulos ao meristema apical, desencadeando respostas genéticas para expressão de genes ligados a

características químicas como síntese de hormônios e proteínas e características físicas, como o desenvolvimento das estruturas reprodutivas (MCDANIEL, 1994; VERDIAL, 2004).

A segunda avaliação, 30 dias após o transplântio (período vegetativo): em relação ao ( $C_i$ ) (Figura 9e), os períodos de vernalização que proporcionaram maior concentração de carbono intercelular nas cultivares Albion, Monterey e San Andreas, respectivamente, foram de 30 dias ( $319,8 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ), 20 dias ( $315,3 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) e 10 dias ( $384,0 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ); em relação a ( $E$ ) (Figura 9f), o período não vernalizado, em relação aos períodos de vernalização, desencadeou maior taxa transpiratória nas cultivares Albion e Monterey, sendo expressos valores de ( $4,06 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e ( $4,83 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para estas cultivares, respectivamente. Já para a cultivar San Andreas, no período de 20 dias de vernalização, as plantas obtiveram maior taxa transpiratória, apresentando uma média de ( $4,57 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); em relação à ( $g_s$ ) (Figura 9g), o período de 20 dias de vernalização desencadeou maior condutância estomática em ambas as cultivares, apresentando valores de ( $0,24 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para as cultivares Albion e San Andreas e ( $0,28 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar Monterey; em relação a ( $A$ ) (Figura 9h), o período de 20 dias de vernalização proporcionou maiores valores para ambas as cultivares, expressando valores de ( $12,69 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar Albion, ( $13,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar Monterey e ( $12,63 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar San Andreas.

Figura 9 – Dados fisiológicos, obtidos 30 dias após o transplântio das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: e) concentração de  $\text{CO}_2$  intercelular; f) taxa transpiratória; g) condutância estomática; h) taxa fotossintética.



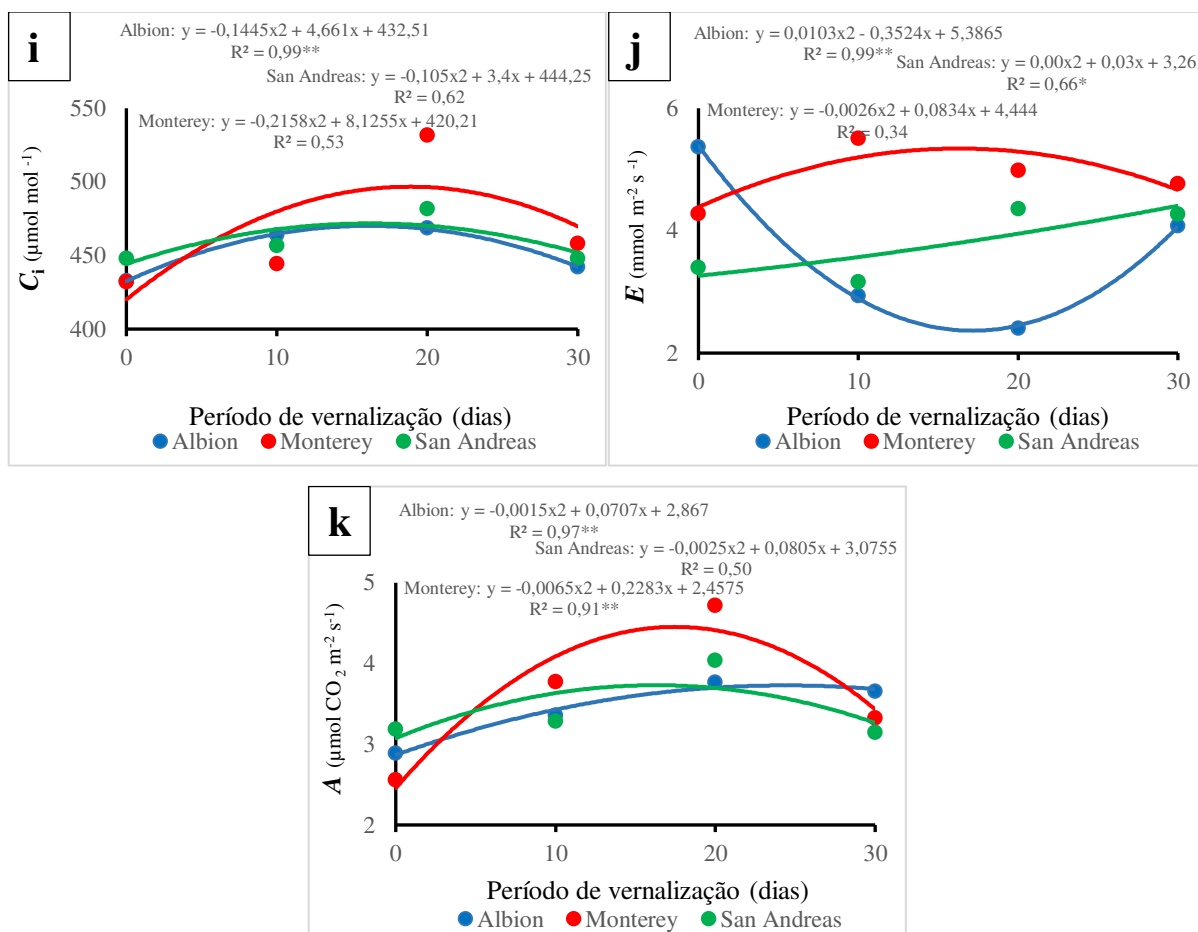


\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

A terceira avaliação, 60 dias após o transplântio (início da fase reprodutiva): em relação ao ( $C_i$ ) (Figura 10i), o período de 20 dias apresentou maiores concentrações de carbono intercelular em ambas as cultivares, expressando valores de ( $368,8 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) para a cultivar Albion, ( $531,8 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) para Monterey e ( $481,5 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) para a San Andreas; em relação à ( $E$ ) (Figura 10j), os períodos de vernalização ou não vernalizado que apresentaram maiores valores nas cultivares trabalhadas, foram, o não vernalizado na cultivar Albion ( $5,37 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), o de 10 dias de vernalização na cultivar Monterey ( $5,51 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e de 20 dias de horas de frio na cultivar San Andreas ( $4,36 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); em relação à ( $A$ ) (Figura 10k), o período de vernalização que proporcionou maiores taxas fotossintéticas para ambas as cultivares, foi o de 20 dias de vernalização, expressando valores de ( $3,77 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar Albion, ( $4,42 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para Monterey e ( $4,04 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a San Andreas.

Figura 10 - Dados fisiológicos, obtidos 60 dias após o transplante das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: i) concentração de  $\text{CO}_2$  intercelular; j) taxa transpiratória; k) taxa fotossintética.



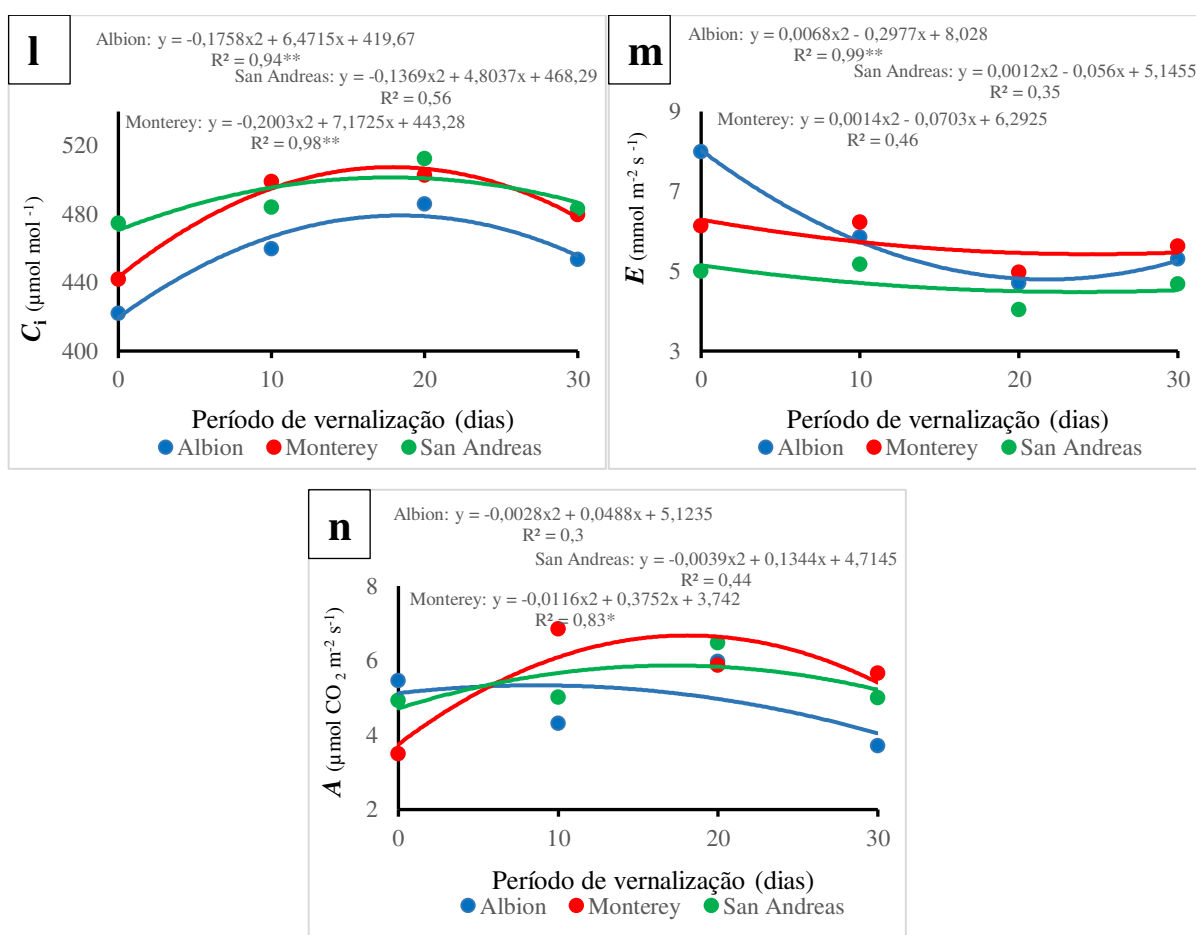
\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

Na quarta avaliação, 90 dias após o transplante (fase reprodutiva): em relação ao ( $C_i$ ) (Figura 11 L), o período de vernalização que proporcionou maior concentração de carbono intercelular, para ambas as cultivares, foi o de 20 dias, expressando valores de ( $485,8 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) para a cultivar Albion, ( $502,8 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) para Monterey e ( $512,25 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) para a San Andreas; sobre à ( $E$ ) (Figura 11m), o período não vernalizado, em relação aos períodos de vernalização, nesta avaliação, proporcionou para a cultivar Albion uma maior taxa transpiratória, expressando uma média de ( $7,99 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Enquanto, para as cultivares Monterey e San Andreas, o período de 10 dias de vernalização proporcionou esta característica, expressando valores de ( $6,22 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar Monterey e ( $5,17 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a cultivar San Andreas; em relação à ( $A$ ) (Figura 11n), o período

de 20 dias de vernalização proporcionou para as cultivares Albion e San Andreas, maiores valores de taxa fotossintética, expressando valores para estas cultivares, respectivamente, de ( $5,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e ( $6,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Enquanto, para a cultivar Monterey, o período de vernalização que proporcionou maiores valores de taxa fotossintética foi o de 10 dias, expressando uma média de ( $6,85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Figura 11 – Dados fisiológicos, obtidos 90 dias após o transplântio das mudas, em função de diferentes períodos de vernalização: l) concentração de  $\text{CO}_2$  intercelular; m) taxa transpiratória; n) taxa fotossintética.



\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

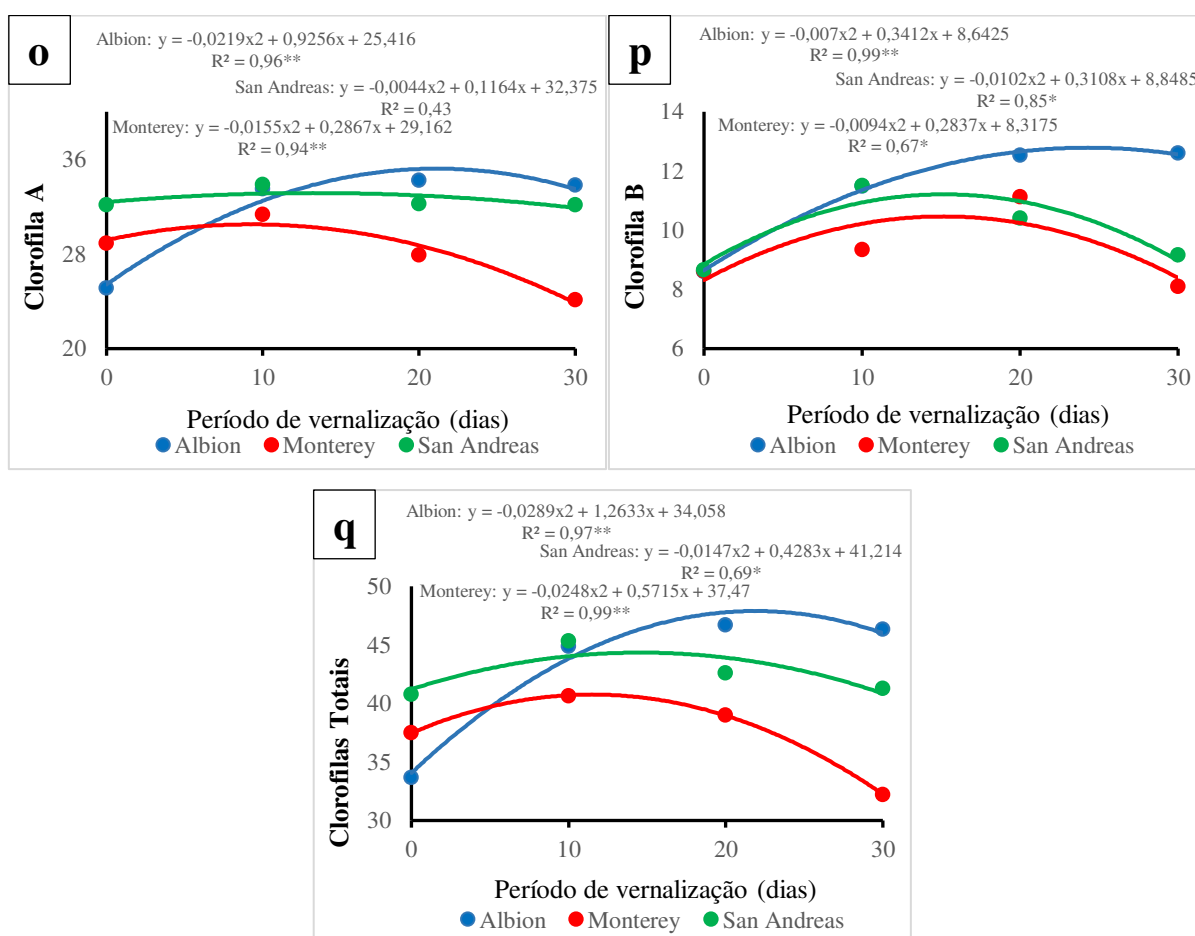
\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

Os pigmentos das folhas, principalmente a clorofila *a*, *b* e os carotenoides, desempenham muitas funções biológicas, entre elas, a fotossíntese e a dissipação de radiação luminosa. Variações da quantidade desses pigmentos podem ser indicativos de mudanças no desenvolvimento estrutural das plantas, do processo de senescência foliar e estresses (ZHANG

et al., 2012). Segundo Fillela et al. (1995), a quantidade de radiação solar absorvida pelas folhas depende da quantidade dos pigmentos fotossintéticos, portanto, baixas concentrações de clorofila podem limitar a atividade fotossintética das plantas.

Em relação aos teores de clorofila das cultivares de morangueiro submetidas as diferentes períodos de vernalização: a cultivar Albion apresentou maiores valores de clorofila *a* (34,19) (Figura 12o) e clorofilas totais (46,71) (Figura 12q) no período de 20 dias de vernalização, enquanto que clorofila *b* (Figura 12p), no período de 30 dias de horas de frio (12,82); a cultivar Monterey, expressou maiores teores de clorofila *a* (31,30) e clorofilas totais (40,64) no período de 10 dias de vernalização, enquanto que clorofila *b*, no período de 20 dias (11,12); a cultivar San Andreas obteve maiores teores de clorofila *a*, *b* e totais no período de 10 dias de vernalização, apresentando respectivamente valores de 33,83, 11,50 e 45,33, para estas classificações.

Figura 12 – Teores de clorofilas em função de diferentes períodos de vernalização: o) clorofila *a*; p) clorofila *b*; r) clorofilas totais.



\* Regressão significativa a 5% de probabilidade de erro.

\*\* Regressão significativa a 1% de probabilidade de erro.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A vernalização das mudas de morangueiro demonstrou incremento de produtividade de 60,7% para a cultivar Monterey e 36% para a cultivar San Andreas, no período de 20 dias. Além disso, melhora na qualidade de pós-colheita de frutos, principalmente em relação ao ratio e açúcares redutores para a cultivar Monterey, teor de compostos fenólicos para a cultivar Albion e firmeza de frutos para as cultivares Albion e Monterey.

Nos aspectos fisiológicos, em relação ao  $C_i$  e  $A$ , o período de vernalização que se destacou em ambas as cultivares foi o de 20 dias de vernalização. Esses resultados reforçam ainda mais a importância de trabalhos que estudem essas interações, identificando as respostas fisiológicas de cada cultivar ao período de exposição ao frio para indução floral. Fica comprovado que a vernalização artificial das mudas pode ser aplicada em prol dos agricultores, para atender as necessidades de acúmulo de frio, com ganhos de produtividade em determinadas cultivares.

## REFERÊNCIAS

- AGATHOCLEOUS, A. et al. Ascorbate regulates haematopoietic stem cell function and leukaemogenesis. *Nature*, v. 549, n. 7673, p. 476–481, 2017.
- AHARONI, Asaph et al. The strawberry FaMYB1 transcription factor suppresses anthocyanin and flavonol accumulation in transgenic tobacco. **The Plant Journal**, v. 28, n. 3, p. 319-332, 2001.
- AMASINO, Ricardo. Momento sazonal e de desenvolvimento da floração. **O Diário da Planta** , v. 61, n. 6, pág. 1001-1013, 2010.
- AMASINO, Ricardo. Um caminho para uma história de vida bienal. **Plantas da Natureza** , v. 4, n. 10, pág. 752-753, 2018.
- AMASINO, Richard M. et al. Concentre-se na floração e reprodução. **Fisiologia Vegetal** , v. 173, n. 1, pág. 1-4, 2017.
- ANDRÉS, Fernando; COUPLAND, George. A base genética das respostas da floração aos sinais sazonais. **Nature Reviews Genética** , v. 9, pág. 627-639, 2012.
- ANTUNES L.E.C; VIGNOLO G.K; GONÇALVES M.A. Morango cresce em números mundiais. In: Campo & Negócios, **Anuário HF** p.90-77. 2016.
- Antunes LEC, Peres NA (2013) Strawberry production in Brazil and South America. I. **Journal of Fruit Sc.** (13):1-2
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. Brasília: Coleção Plantar, 2 ed., 2011.
- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. Importância. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistemas de produção do morango**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (Sistema de produção, 5).
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (ed.). Morangueiro. Brasília, DF: Embrapa; Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2016. 589 p
- ANTUNES, L. E. C; BONOW, S. **Produção brasileira de mudas de morangueiro: oportunidade de mercado**. 2023.
- ANTUNES, M.C.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M.A.C.; MOGOR, Á.F.; RESENDE, J.T.V. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.2, p.168–173, 2014.

AOAC - Association of Official analytical Chemistry. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists** 16 ed. Washington, DC, 3, p.27-28, 1995

BAIQUAN, Ma. et al. Comparative assessment of sugar and malic acid composition in cultivated and wild apples. *Food chemistry*, v. 172, p. 86-91, 2015.

BARBOSA, L. M. P. et al. Biochemical and morpho-anatomical analyses of strawberry vitro plants hyperhydric tissues affected by BA and gelling agents. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.152-160, 2013.

BEYENE, G. T.; KEHOE, E.; MACSIURTAİN, M.; HUNTER, A. Effect of different transplanting dates and runner types on quality and yield of Elsanta strawberry. **Acta Horticulturae** v. 926, p. 483-489, 2012.

BHERING, SB (2020). Mapa de Solos do Estado do Paraná. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/339505>. (acesso em 25 de maio de 2023).

BORTOLOZZO, Adriane Regina et al. Produção de morangos no sistema semihidropônico. 2007.

BOZONET, S.M.; CARR, A.C.; PULLAR, J.M.; VISSERS, M. Enhanced Human Neutrophil Vitamin C Status, Chemotaxis and Oxidant Generation Following Dietary Supplementation with Vitamin C-Rich SunGold Kiwifruit. *Nutrients*, v. 7, n. 4, p. 2574–2588, 2015.

BRAGA, A. R. C., MURADOR, D. C., DE SOUZA MESQUITA, L. M., & DE ROSSO, V. V. (2018). Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. *Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 31-40.

BUCCI, A.; FAEDI, W.; BARUZZI, G. La Fragola: origine ed evoluzione. In: ANGELENI, R. (coord.); FAEDI, W. (coord.; org.). **La Fragola**. Bologna: Script, 2010, p. 1-11.

CARVALHO, A. D.F; MADEIRA, N. R.; SILVA, G. O. Adaptability and stability of commercial yield of arracacha in southern region of Minas Gerais State. *Horticultura Brasileira*, v. 36, n. 1, p. 100-105, 2018.

CASTILLEJO, Cristina et al. Allelic variation of MYB10 is the major force controlling natural variation in skin and flesh color in strawberry (*Fragaria* spp.) fruit. **The Plant Cell**, v. 32, n. 12, p. 3723-3749, 2020.

CECATTO, A.P.; CALVETE, E.O.; NIENOW, A.A.; COSTA, R.C. da; MENDONÇA, H.F.C.; PAZZINATO, A.C. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.35, n.4, p.471–478, 2013.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783 p.
- CHOUARD, P.(1960) Vernalization and its relations to dormancy. *Annu. Rev.Plant Physiol.*11, 191–238.
- COCCO, C. et al. Produção de mudas. In: ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. 2. Ed. Brasília: Embrapa, 2016. p. 79-110.
- COCCO, C. Produção e qualidade de mudas e frutas de morangueiro no Brasil e na Itália. Tese (Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2014
- COCCO, Carine et al. Desempenho produtivo de genótipos de morangueiro de dia neutro na Serra Gaúcha. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 6, n. 2, p. 155-163, 2020.
- COELHO-JÚNIOR, J. M. Strawberry cultivation in Brazil. *GEMA Journal*, v.6, n.1, p.122–130, 2016.
- COSTA, A. F. et al. Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed model. *Acta Scientiarum Agronomy*, 37: 435-440, 2014.
- COSTA, R. C, CALVETE E. O, MENDONCA, H.F.C, DE COSTA L.A (2014) Phenology and leaf accumulation in vernalized and non-vernalized strawberry seedlings in neutral-days. *Acta Sci Agron.* (36):57-62
- DARROW, G. M. **The strawberry**: history, breeding and physiology. New York: Holt, Rinehart and Wiston, 1966. 447 p
- DIAS, G. M. G. et al. Photosynthesis and leaf anatomy of Anthurium cv. Rubi plantlets cultured in vitro under different silicon (Si) concentrations. **Australian Journal of Crop Science**, v.8, p.1160-1167, 2014.
- DIEL M.I. et al. Phyllochron and phenology of strawberry cultivars from different origins cultivated in organic substracts. **Scientia Horticulturae** 220: 226-232. 2017.
- DIEL, Maria Inês et al. Artificial vernalization in strawberry plants: phyllochron, production and quality. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 10, p. 1315-1319, 2017.
- DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.
- DUCHESNE, Antoine-Nicolas. **Histoire naturelle des fraisiers: contenant les vues d'économieréunies à la botanique; & suivie de remarques particulières sur plusieurs points qui ont rapport à l'histoire naturelle générale.** chez Didot le jeune, 1766.

DUTRA, L. F. et al. **Protocolo de micropropagação em cana-de-açúcar**. Circular Técnica. Embrapa, Pelotas, 2011.

EMBRAPA. Anuário HF. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>. Acesso em 22 de out. 2022.

FAGHERAZZI, A.F. et al. New strawberry cultivars and breeding activities in Brazil. *Acta Horticulturae*, v. 1156, p. 167-170, 2017.

FILELLA, I.; SERRANO, L.; SERRA, J.; PEÑUELAS, J. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Science*. v. 35, p. 1400–1405, 1995.

FRANQUEZ, G. G. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2008.

Gassner G (1918) Beitrage zur physiologischen charakteristik sommer- und invernoannueller gewaechse in besondere der getreidepflanzen. *Zeitschrift für Botanik* **10** , 417–480.

GONÇALVES M.A & ANTUNES L. E. C. Mudanças Sadias: o início do sucesso no cultivo de morango. **Campo & Negócios - Hortifruti** 128: 48-51. 2016.

GONÇALVES, M. A. et al. Crescimento e desenvolvimento. In: ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.) **Morangueiro**. Brasília, Embrapa: 2016. p. 47-66.

GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; ANTUNES, L. E. C. **Informações técnicas de cultivares de morangueiro para a região de Pelotas - RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 1 folder.

GUIMARÃES, A. G. et al. Potencial produtivo de cultivares de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.112-120, 2015.

GUTTRIDGE CG: *Fragaria x ananassa*. In CRC Handbook of Flowering Volume III. Edited by: Halevy A. Boca Raton: CRC Press; 1985:16-33. 30. Konsin M, Voipio I, Palonen P: Influence of photoperiod and duration of short-day treatment on vegetative growth and flowering of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **J Hort Sci Biotech** 2001, 76:77-82.

HEIDE, O. M.; STAVANG, J. A.; SØNSTEBY, A. Physiology and genetics of flowering in cultivated and wild strawberries – a review. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, [S. l.], v. 88, n. 1, p. 1–18. 2013.

HONJO, M. et al. Simple sequence repeat markers linked to the everbearing flowering gene in long-day and day-neutral cultivars of the octoploid cultivated strawberry *Fragaria × ananassa*. **Euphytica**, [S. l.], v. 209, n. 2, p. 291–303, May 2016.

HYTÖNEN T, Palonen P, Mouhu K, Junttila O: Crown branching and cropping potential in strawberry (*Fragaria × ananassa*, Duch.) can be enhanced by daylength treatments. **J Hort Sci Biotech** 2004, 79:466-471.

HYTÖNEN, Timo; KUROKURA, Takeshi. Controle da floração e da estatura em morangueiro. **The Horticulture Journal** , v. 89, n. 2, pág. 96-107, 2020.

JAAKOLA, Laura. Novos insights sobre a regulação da biossíntese de antocianinas em frutas. **Tendências na ciência das plantas** , v. 18, n. 9, pág. 477-483, 2013.

KIM, D.H., Doyle, M.R., Sung, S., and Amasino, R.M. (2009). Vernalization: winter and the timing of flowering in plants. **Annu. Rev. Cell Dev. Biol.** 25, 277–299.

KIM, DH & SUNG, S. (2014). Mecanismos genéticos e epigenéticos subjacentes à vernalização. *O Livro Arabidopsis/Sociedade Americana de Biólogos Vegetais* , 12 .

KLUGE, R. A. et al. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, 2002. 214p.

KLUGE, Ricardo Alfredo; TEZOTTO-ULIANA, Jaqueline V.; DA SILVA, Paula PM. Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

KOSKELA, E. **Genetic and Environmental Control of Flowering in Wild and Cultivated Strawberries**. 2016. Dissertation (Doctor Scientiae in Plant Sciences) – University of Helsinki, Helsinki, Finland, 2016.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. 531p

LAVÍN, A.; MAUREIRA, M. La frutilla Chilena de fruto blanco: Proyecto de desarrollo de las comunas pobres de la zona de secano (PRODECOP-SECANO), 2. ed. **Cauquenes: INIA**, 2019, 34 p. (Boletín INIA, 39)

LEDESMA, Nadine A. et al. O resfriamento afeta diferentemente os morangos cultivados em condições de alta temperatura. **Cientista Agrícola Filipino** , v. 100, n. 2, pág. 211-221, 2017.

LUO, Xiao; HE, Yuehui. Experiencing winter for spring flowering: A molecular epigenetic perspective on vernalization. **Journal of integrative plant biology**, v. 62, n. 1, p. 104-117, 2020.

MACHADO, J. Strawberry cultivars: Knowing to expand and reduce the environmental impacts. **Revista GEAMA**. v.2, n.2, p. 82-92. 2016.

MADAIL, J. C. M. Panorama econômico. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, p. 17-32, 2016.

MARTINS, D. S. et al. O cultivo do morangueiro em Sistema de transição ecológica: componentes do rendimento e incidência de doenças. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, RS, v. 6, n. 1, p. 117-126, mar. 2011.

MARTINS, Felipe Terra; POLO, Marcelo. Desenvolvimento reprodutivo de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit.: relação entre fotoperíodo, densidade celular meristemática e padrão de expressão de um ortólogo putativo do gene *LEAFY* de arábida. **Brazilian Journal of Botany**, v. 32, p. 131-142, 2009.

MCDANIEL, C. N. Photoperiodic induction, evocation and floral initiation. In: GREYSON, R. I. (Ed.). **The development of flowers**. Oxford: Oxford University Press, 1994. p. 25-43.

MCGUIRE, Raymond G. Relatórios de medições objetivas de cores. **HortScience**, v. 12, pág. 1254-1255, 1992.

MEDINA-PUCHE, Laura et al. MYB10 plays a major role in the regulation of flavonoid/phenylpropanoid metabolism during ripening of *Fragaria x ananassa* fruits. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 2, p. 401-417, 2014.

MENEL, K.; FATEN, K.; MOKTAR, H. Combining biocontrol agente and high oxygen atmosphere, to reduce postharvest decay of strawberries. **African Journal of Microbiology Research**. v.6, n. 24, pp. 5179-5187, 2012.

MOHAMMED, B.M. et al. Vitamin C promotes wound healing through novel pleiotropic mechanisms. *International Wound Journal*, v. 13, n. 4, p. 572–584, 2016.

MOLINA, A. M. R. A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) no estado de Santa Catarina: sistemas de produção e riscos climáticos. 2016. 195 f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos)** - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

NASRIN, T. A. A.; RAHMAN, M. A.; HOSSAIN, M. A.; ISLAM, M. N.; ARFIN, M. S. Postharvest quality response of strawberries with aloe vera coating during refrigerated storage. **The journal of horticultural science and biotechnology**, v. 92, n. 6, p. 598-605. 2017.

NERI, D.; SANVINI, G.; MASSETANI, F. Arquitetura della pianta. In: FAEDI, W.; ANGELINI, R. **La fragola**. Bologna: Bayer CropScience, 2010. p. 142-151.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n.1, p. 91-95, 2009.

OLIVEIRA, Roberto Pedroso de; SCIVITTARO, Walkyria Bueno. Desempenho produtivo de mudanças nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura** , v. 28, p. 520-522, 2006.

OVIDO, Victoria Rossmary Santacruz; ENCISO-GARAY, Cipriano Ramon; FIGUEREDO, Ernesto Isaac Garcia. A vernalização de pré-transplantes melhorou as características agronômicas de genótipos de morango em condições tropicais. **Revista Caatinga** , v. 33, pág. 653-659, 2020.

PORTER, J.R.; GAWITH, M. Temperatures and the growth and development of wheat: A review. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 23-36, 1999.

RAHMAN, M.M.; MONIRUZZAMAN, M.; AHMAD, M.R.; SARKER, B.C.; ALAM, M.K. Maturity stages affect the postharvest quality and shelf-life of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v.15, n.1, p.28–37, 2016.

REISSER JR, C.; ANTUNES, L. E. C.; ALDRIGHI, M.; VIGNOLO, G. Panorama do cultivo de morangos no Brasil. 2015. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/panorama-do-cultivo-de-morangos-no-brasil/>.

RESENDE, Juliano Tadeu Vilela de et al. Genótipos de morango com resistência a *Tetranychus urticae* mediada por tricomas foliares. **Ciência e Agrotecnologia** , v. 44, 2020.

RESENDE, L.M.A.; MASCARENHAS, M.H.T.; PAIVA, B.M. Panorama da produção e comercialização do morango. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 519, 1999.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater, 1998. 206p.

SANTOS D.A.; OLIVEIRA. D.F.; TONIAL, I.B.; YAMAGUCHI, M.M.; COELHO, A.R. Controle biológico em morangos *in natura*. In: **Tópicos em ciência e tecnologia de alimentos: resultados de pesquisa acadêmicas**. São Paulo: Blucher. vol. 2. p.175-200. 2016.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ - SEAB. Morango: valor bruto da produção rural paranaense. Disponível em:[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Fruticultura\\_2016\\_17.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Fruticultura_2016_17.pdf). Acesso em: 05 out. 2022.

SHAW, D. V. Strawberry Production Systems, Breeding and Cultivars in California. In: RASEIRA, M. C. B. et al. (Ed.). **SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1.**, 2004, Pelotas, RS. **Livro de Resumos...** Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2004.

SHAW, D.; LARSON, K. D. **University of California. Strawberry plant named 'Monterey'**. U.S. US PP19,767 P2, 25 Jan. 2008, 24 Feb. 2009 (a). Disponível

em:<<https://patentimages.storage.googleapis.com/f1/b1/d0/32e9860be00648/USPP19767.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2022.

SHAW, D.; LARSON, K. **University of California. Strawberry plant named ‘San Andreas’**. US PP19,975 P2, 25 Jan. 2008, 12 May. 2009 (b). Disponível em:<<https://patentimages.storage.googleapis.com/05/25/0e/e1ae08f5cbf0cf/USPP19975.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2022.

SHIVAVEDI, N.; KUMAR, M.; TEJ, G.N.V.C.; NAYAK, P. K. Metformin and ascorbic acid combination therapy ameliorates type 2 diabetes mellitus and comorbid depression in rats. *Brain Research*, v. 1, n. 1674, p. 1–9, 2017.

SIEBENEICHLER, T. J. Indução de maturação pós-colheita de frutos de morango (*Fragaria* × *ananassa*). Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 2019.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

SILVA, João F. et al. Otimização da aplicação de um bio-estimulante para o aumento da produtividade e qualidade do morango. 2014.

SILVA, Roberto do Nascimento et al. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. *Food Science and Technology*, v. 23, n. 3, p. 337-341, 2003.

STEGMEIR, T. L. et al. Performance of an elite strawberry population derived from wild germplasm of *Fragaria chiloensis* and *F. virginiana*. **Hortscience**, Alexandria, v. 45, n. 8, p. 1140-1145, Aug. 2010.

STRECK, N.A.; WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. A generalized vernalization response function for winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 1, p. 155-159, 2003a.

STRECK, N.A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P.S. Improving predictions of developmental stages in winter wheat. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 115, n. 3-4, p. 139-150, 2003b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6ª Ed., Porto Alegre, Artmed, 2017.

VERDIAL, M. F. **Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (*Fragaria X ananassa Duch.*) produzidas em sistema de vasos suspensos**. 2004. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VILLAGRÁN, V. D.; LAGARRAGA, M. D.; ZSCHAU, B. V. Variedades de frutilla. In: UNDURRAGA, P.; VARGAS, S. (Ed.). **Manual de frutilla**. Chillán: Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2013. p. 21-30. (Boletín INIA, n. 262).

WOJDYŁO, A., FIGIEL, A., & OSZMIĄŃSKI, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1337-1343

WREGE, M. S, REISSER JÚNIOR C, ANTUNES, L.E.C, OLIVEIRA, R.P.D, HERTER F. G, STEINMETZ, S, GARRASTUZU, M. C, MATZENAUER, R, SANTOS, A. M. D (2007). **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul. Documentos, 187**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 27p.

XU S, Chong K (2018) Remembering winter through vernalisation. *Nat Plants* 4: 997– 1009

YANG D, LIANG J, XIE H, WEI X. 2016. Norsesquiterpenoids and triterpenoids from strawberry cv. Falandi. **Food Chem.** (203): 67- 72.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 7-16. 2019.

ZHANG, H.; TSAO, R. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science*, v. 8, p. 33–42, 2016.

Yamaguchi, A.; Wu, MF; Yang, L.; Wu, G.; Poetig, RS; Wagner, D. O fator de transcrição SBP-Box regulado por microRNA SPL3 é um ativador direto upstream de LEAFY, FRUITFULL e APETALA1. *Dev. Célula* 2009, 17, 268–278.

Searle, I.; Ei.; Turck, F.; Vicente, C.; Fornara, F.; Krober, S.; Amasino, RA; Coupland, G. O fator de transcrição FLC confere uma resposta de florescimento à vernalização, reprimindo a competência do meristema e a sinalização sistêmica em *Arabidopsis*. *Genes Dev.* 2006, 20, 898–912.

Madeira, CC; Robertson, M.; Curtidor, G.; Pavão, WJ; Dennis, ES; Helliwell, CA A resposta de vernalização de *Arabidopsis thaliana* requer um complexo proteico do tipo Polycomb que também inclui Insensível à Vernalização 3. *Proc. Nacional. Acad. Ciência. EUA* 2006, 103, 14631–14636.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16ed., vol. II, Washington, 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. 2008. 1020 p.

Folin, O.; Denis, W.; *J. Biol. Chem.* 1912, 12, 239; Folin, O.; Ciocalteu, V.; *J. Biol. Chem.* 1927, 73, 627.

Miller, Gail Lorenz. "Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar." *Analytical chemistry* 31.3 (1959): 426-428.