

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - POSAGRO

MATHEUS HENRIQUE MEDEIROS

**PRODUTIVIDADE E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA POR MEIO DE
IMAGENS MULTIESPECTRAIS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO NO
CERRADO**

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL

2022

MATHEUS HENRIQUE MEDEIROS

PRODUTIVIDADE E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA POR MEIO DE
IMAGENS MULTIESPECTRAIS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO NO
CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de
“Mestre”.

Orientadora

Prof^ª. Dr^ª. Renata Castoldi

Coorientadores

Prof. Dr. George Deroco Martins

Prof. Dr. Edson Simão

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M488p
2022 Medeiros, Matheus Henrique, 1997-
 Produtividade e caracterização fenotípica por meio de imagens
 multiespectrais de cultivares de morangueiro no Cerrado [recurso
 eletrônico] / Matheus Henrique Medeiros. - 2022.

Orientadora: Renata Castoldi.
Co-orientador: George Deroco Martins.
Co-orientador: Edson Simão.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.5011>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Castoldi, Renata, 1982-, (Orient.). II. Martins
George Deroco, 1987-, (Co-orient.). III. Simão, Edson, 1979-, (Co-
orient.). IV. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia. V. Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 001/2022, PPGAGRO				
Data:	Vinte e oito de janeiro de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:25h
Matrícula do Discente:	12012AGR017				
Nome do Discente:	Matheus Henrique Medeiros				
Título do Trabalho:	Produtividade e caracterização fenotípica por meio de imagens multiespectrais de cultivares de morangueiro no Cerrado				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: José Magno Queiroz Luz - UFU; Edson Simão - UFU; Hamilton César de Oliveira Charlo - IFTM; Renata Castoldi - UFU orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Renata Castoldi, apresentou a Comissão Examinadora eo candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Renata Castoldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 11:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Magno Queiroz Luz, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 11:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edson Simão, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 11:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hamilton César de Oliveira Charlo, Usuário Externo**, em 01/02/2022, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3290008** eo código CRC **AE14ACC8**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à toda minha família e amigos que me apoiaram durante esta importante etapa de minha vida!

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar, proteger e abençoar os caminhos que sigo trilhando ao longo da vida.

Aos meus pais, Sr. Severino Ramos de Medeiros Meira e Sra. Salma Pereira de Medeiros, pelo amor e carinho incondicionais. Pelo apoio em minhas decisões e por estarem sempre ao meu lado.

Às minhas irmãs, Kenia P. M. Felicidade e Kelly P. Medeiros pelos sorrisos das ligações por vídeo, pelo cuidado que tem por mim e pela união.

Ao meu cunhado Sergio Felicidade pelos conselhos, apoio e ensinamentos diários.

Aos meus sobrinhos Lucas Felicidade, Gabriel Felicidade e João Miguel Medeiros por alegrarem meu dia a dia. Tio Máh ama muito vocês!

Aos meus primos Amanda Pereira, Reginaldo Santos, Brenda Cardoso e Adelson Medeiros por compartilharem vários momentos felizes, conselhos e parceria.

À Sarah M. Perim Silva por entrar em minha vida e trazer amor, paz e luz. Sou muito grato por ter você ao meu lado. Obrigado por partilhar cada momento de sua vida comigo. E toda a sua família que me acolhem muito bem.

À família Pereira por fazer parte da minha vida e de toda a minha história.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Renata Castoldi pelo apoio e orientação. Estar sempre solícita durante todo o trabalho. Pelo conhecimento compartilhado que levarei por toda a vida. Pela paciência nos momentos desafiadores que passei ao realizar o trabalho em meio a Pandemia do Covid-19. Agradeço-a pelo excelente trabalho desenvolvido.

Aos coorientadores Prof. Dr. George Deroco Martins e Prof. Dr. Edson Simão pela disponibilidade e paciência ao me guiarem em assuntos que ainda não tinha explorado.

À equipe do Laboratório de Botânica - UFU, Adriana T. Nakamura, Alyne D. M. de Paula, Edson Simão, Vanessa T. dos Santos pelo apoio e compreensão.

Ao NUPOL (Núcleo de Pesquisa em Olericultura) pelo auxílio em todos os procedimentos de instalação, condução e avaliação do experimento. Especialmente as alunas Ana Carolina P. Jacinto, Diesiele Mota, Larissa S. Oliveira, Letícia Gonçalves e Glecia J. S. Carmo que foram fundamentais no trabalho.

À minha amiga da Graduação e Pós-Graduação Thatiane de Souza Paiva pela parceria em todas as disciplinas durante esses sete anos de amizade. Ao Gabriel M. Ramos e Fernando F. Batista por serem amigos confidentes de longas datas. E todos os amigos do curso Técnico em Agropecuária IFTM – Uberlândia e do curso de Graduação em Agronomia UFU – Uberlândia.

Aos professores, técnicos administrativos e funcionários terceirizados do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Uberlândia.

Aos meus colegas de trabalho da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo pelo apoio e ensinamentos. Ao programa de incentivo à qualificação do servidor público em educação.

“A verdadeira felicidade está na própria casa, entre as alegrias da família.”

Leon Tolstói

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	3
2 MATERIAL E MÉTODOS	5
3 RESULTADOS	12
4 DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÕES	32
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO

MEDEIROS, MATHEUS HENRIQUE. **Produtividade e caracterização fenotípica por meio de imagens multiespectrais de cultivares de morangueiro no Cerrado**. 2022. 39p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.5011>

O morango é muito apreciado em todo o mundo, sendo sensível, principalmente, ao fotoperíodo e temperatura. A maioria das cultivares plantadas no Brasil são oriundas de programas de melhoramento genético de outros países. Para otimizar os programas de melhoramento genético, estão sendo desenvolvidas tecnologias, com o auxílio do sensoriamento remoto, para quantificar atributos morfofisiológicos na planta de forma temporal e rápida. O objetivo do estudo foi avaliar o comportamento de cultivares de morangueiro quanto a produção e caracterização fenotípica por meio de imagens multiespectrais sob condições ambientais do Cerrado. O experimento foi conduzido à campo, na Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, MG. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com seis tratamentos (cultivares de morangueiro: San Andreas, Albion, PR, Festival, Oso Grande e Guarani) e quatro repetições. As mudas foram transplantadas para canteiros cobertos com filme plástico dupla face com sistema de irrigação por gotejamento. A colheita foi realizada semanalmente, iniciando-se aos 40 dias após o plantio (DAP) das mudas e finalizando-se 164 DAP. Avaliaram-se: número de frutos por planta; massa média dos frutos (g); produção total (g planta^{-1}); índice SPAD, número de folhas, comprimento e largura foliar; teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$); acidez titulável (% ácido cítrico); vitamina C ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de massa fresca); antocianinas ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de massa fresca); firmeza dos frutos (N); temperatura do solo sob e sobre o mulching, temperatura foliar e, temperatura e umidade relativa do ar. As imagens multiespectrais foram obtidas aos 78 dias após o plantio, às 12 horas, utilizando o veículo aéreo não tripulado, sob o qual foi acoplada uma câmara Mapir Survey3W. Com os valores médios de reflectâncias, calculou-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e realizou-se a correlação de Pearson entre as variáveis agronômicas e as bandas espectrais. Para as bandas com maior correlação, gerou-se modelos através da aplicação de inteligência artificial, com validação determinado pelo cálculo do erro médio quadrático. Verificou-se que a temperatura e a umidade relativa do ar influenciaram a produção de morangos. Nas cultivares que ocorreram maiores temperaturas do solo sob e sobre o mulching e temperatura foliar verificaram-se as menores produções. A cultivar mais adaptada às condições de cultivo foi a Festival. O uso de imagens multiespectrais não possibilitou a estimativa do índice SPAD e a massa média dos frutos. Já o número de folhas, comprimento foliar, largura foliar, produção e número de frutos obtiveram alta correlação com as bandas do vermelho, verde e NDVI. Foi possível estimar as variáveis agronômicas através de imagens multiespectrais aos 78 DAP, o que permite auxiliar na seleção de novos materiais genéticos.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, reflectância, temperatura, NDVI.

¹Comitê Orientador: Renata Castoldi – UFU (Orientadora); George Deroco Martins – UFU (Coorientador); Edson Simão – UFU (Coorientador).

ABSTRACT

MEDEIROS, MATHEUS HENRIQUE. **Productivity and phenotypic characterization through multispectral images of strawberry cultivars in the Cerrado.** 2022. 39 p. Dissertation (Master Program Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.5011>

Strawberry is appreciated all over the world, being sensitive, mainly the photoperiod and temperature. Most strawberry cultivars planted in Brazil from genetic improvement programs in other countries. To optimize the program of genetic improvement, technologies are being developed, with the aid of remote sensing, to quantify morphophysiological attributes in the plant in a timely and fast way. The objective of the study was to evaluate the behavior of strawberry cultivars in terms of production and phenotypic characterization using multispectral images under environmental conditions in the Cerrado. The experiment was conducted in the field, at the Federal University of Uberlândia - Campus Monte Carmelo, MG. The experimental design adopted was in randomized blocks with six treatments (strawberry cultivars: San Andreas, Albion, PR, Festival, Oso Grande and Guarani) and four replications. The seedlings were transplanted to beds covered with double-sided plastic film with a drip irrigation system. The harvest was carried out weekly, starting at 40 days after planting (DAP) of the seedlings and ending at 164 DAP. The following were evaluated: number of fruits per plant; average fruit mass (g); total production (g plant⁻¹); SPAD index, number of leaves, leaf length and width; soluble solids content (°Brix); titratable acidity (% citric acid); vitamin C (100g⁻¹ mg of fresh pasta); anthocyanins (mg 100g⁻¹ of fresh pasta); fruit firmness (N); soil temperature under and over mulching, leaf temperature, air temperature and relative humidity. Multispectral images were obtained at 78 days after planting, at 12 o'clock, using an unmanned aerial vehicle, under which a Mapir Survey3W camera. With the mean reflectance values, the normalized difference vegetation index (NDVI) was calculated and Pearson's correlation was performed between the agronomic variables and the spectral bands. For the bands with the highest correlation, models were generated through the application of artificial intelligence, with the validation of the model determined by calculating the mean squared error. The obtained results allow to conclude that the temperature and the relative humidity of the air influenced the strawberry production. In cultivars with higher soil temperatures under and over mulching, and leaf temperature, the lowest yields were observed. The cultivar most adapted to the growing conditions was Festival. The use of multispectral images did not allow the estimation of the SPAD index and the average mass of the fruits. The number of leaves, leaf length, leaf width, production and number of fruits were highly correlated with the red, green and NDVI bands. It was possible to estimate agronomic variables through multispectral images at 78 DAP, which helps in the selection of new genetic materials.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, reflectance, temperature, NDVI.

¹ Guidance Committee: Renata Castoldi – UFU (Major Professor); George Deroco Martins – UFU (Major Professor); Edson Simão - UFU (Major Professor).

1 INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria × ananassa*) é uma hortaliça fruto cultivada mundialmente, devido seu alto valor econômico e nutricional, sendo rica em inúmeros fitoquímicos, fibras, vitaminas e folatos (AFRIN *et al.*, 2016).

A produção de morangos é crescente em âmbito mundial, sendo China, Polônia, Rússia e Estados Unidos os maiores produtores em área plantada. Embora o Brasil ocupe a 13º posição no ranking produtivo mundial, destaca-se como o principal país produtor da América do Sul, com cerca de 165 mil toneladas de frutos produzidos, numa área de 4,5 mil hectares, sendo que, 76% da produção nacional é oriunda dos estados de Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul (ANTUNES; BONOW; REISSER JÚNIOR, 2020). A cultivar (cv.) San Andreas é a mais plantada no Brasil, respondendo por mais da metade do total da área cultivada, principalmente na região Sul do país (CHIOMENTO *et al.*, 2021).

No estado de Minas Gerais, as lavouras concentram-se principalmente na região sul, cujas temperaturas são amenas e as altitudes variam de 800 a 1600 m (FAGHERAZZI *et al.*, 2017). A produção brasileira não supre a demanda interna, havendo a necessidade de importações, principalmente de frutos congelados (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018). Em 2021 o Brasil importou 4,6 mil toneladas de frutos de morango, o que movimentou 6,16 milhões de dólares (AGROSTAT, 2022).

A importação caracteriza-se pelo desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do morangueiro serem afetados por condições ambientais, em especial pelo fotoperíodo e temperatura, os quais são específicos de cada material genético (SONSTEBY; SOLHAUG; HEIDE, 2016).

Aliado ao fator climático, as principais cultivares utilizadas no Brasil são antigas e resultantes de programas de melhoramento internacionais, o que dificulta a sua adaptação às condições tropicais brasileiras, com redução de produtividade e qualidade de frutos (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2011; CHIOMENTO *et al.*, 2021).

A resposta das cultivares de morango pode ser evidenciada nos trabalhos de Paparozzi *et al.* (2018) onde produziram diferentes cultivares de morango em casa de vegetação; Tang *et al.* (2020), ao verificarem a influência da temperatura e luz solar no desempenho do morangueiro em casa de vegetação e Yu *et al.* (2015), ao analisarem as

características fotossintéticas, o rendimento e a qualidade de morangos cultivado sob sistema artificial fechado.

A tendência da cadeia produtiva de morango no Brasil é o aumento da área plantada, com plantio de novas cultivares e desenvolvimento de técnicas de cultivo para diminuir a sazonalidade de produção (FAGHERAZZI *et al.*, 2017). Para tanto, há necessidade de avaliar as cultivares de morango nas distintas regiões, principalmente àquelas cujas temperaturas são elevadas, a fim de abastecer a cadeia produtiva e atender as exigências do mercado consumidor por frutos *in natura*.

Entretanto, uma das limitações para a eficiência e agilidade nesse processo está relacionada ao elevado tempo do pesquisador para selecionar plantas de alto vigor e produtividade. Nesse sentido, a utilização de técnicas de fenotipagem por imagens multiespectrais de alta e média resolução espacial para geração de modelos de estimativa e mapeamento da produtividade tem sido cada vez mais empregada (BERTOLIN *et al.*, 2017; HE *et al.*, 2018; LEDA *et al.*, 2019). Dentre estas, Varella, Medeiros e Gleriani (2011) destacam as técnicas que fazem uso das relações entre índices de vegetação, reflectância no comprimento de onda do infravermelho próximo e produtividade.

Trabalhos relacionados com a reflectância vegetal procuraram buscar relações com características específicas de plantas como concentração de potássio na cultura da alface (XIONG *et al.*, 2020), uso de índices de vegetação para detecção de lesões em alface ocasionados por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (CARMO *et al.*, 2021), uso de imagens digitais para estimar características biométricas, fisiológicas e nutricionais em mudas de hortaliças (MARTINS *et al.*, 2021), utilização de imagens RGB e multiespectrais para identificação de plantas daninhas (RAJA *et al.*, 2020; ELSTONE *et al.*, 2020) entre outros.

Apesar de diversos trabalhos apresentarem resultados satisfatórios utilizando o sensoriamento remoto, a análise combinada de dados provenientes do sensoriamento remoto com variáveis agronômicas, que visam estimar a produção de hortaliças, em especial do morangueiro, necessitam de estudos, a fim de elevar a acurácia das estimativas.

Neste estudo foi investigado o comportamento de seis cultivares de morangueiro submetidos às condições ambientais de Cerrado. Este estudo fornece uma visão sobre a produção, qualidade de frutos de morango e as correlações entre a fenotipagem convencional com a fenotipagem de alto rendimento através de imagens multiespectrais.

Nesse sentido, o objetivo do estudo foi avaliar o comportamento de cultivares de morangueiro quanto a produção e caracterização fenotípica por meio de imagens multiespectrais sob condições ambientais do Cerrado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido à campo, no período de 16 de março a 28 de agosto de 2020, na Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, MG, Brasil, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, cujas coordenadas geográficas são 18° 43' 36" latitude Sul, 47° 31' 31" longitude Norte e altitude de 900 metros (Figura 1). A época de cultivo do morango foi definida quando há na região diminuição da duração das horas de luz solar, ou seja, o plantio foi realizado no início do outono e as colheitas foram realizadas até o final do inverno.

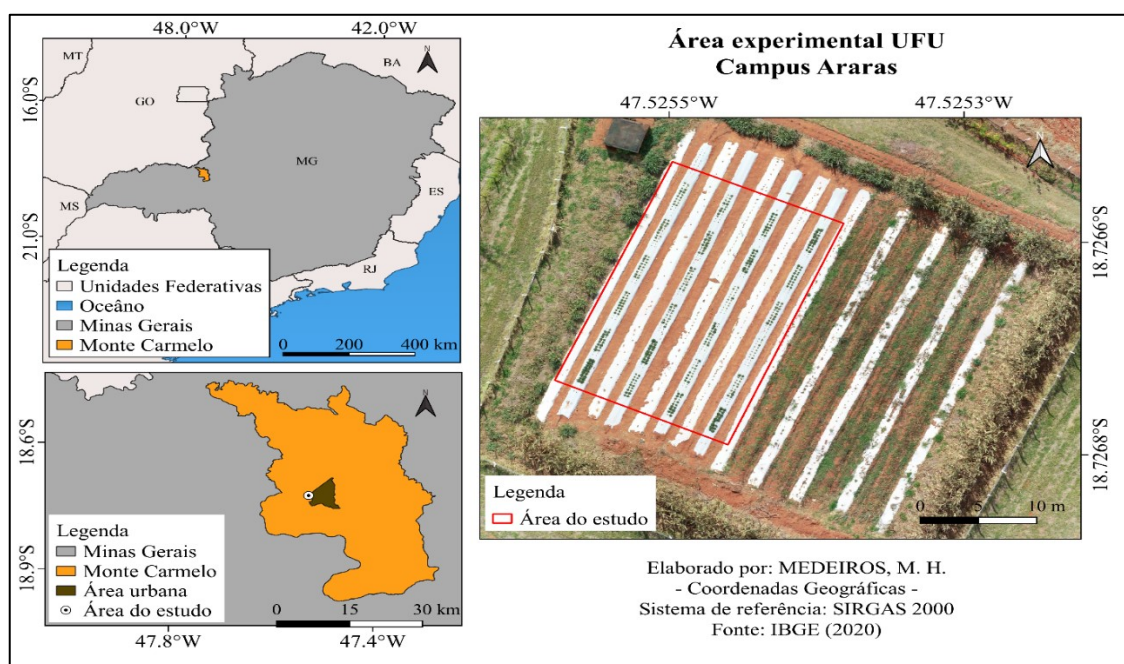


FIGURA 1. Mapa de localização do experimento em Monte Carmelo – MG.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013) e o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado úmido, caracterizado por verões quentes e invernos secos, sendo os dados de temperatura e precipitação pluviométrica obtidos pela estação meteorológica do Laboratório de

Engenharia de Água e Solo (ENGAS) (Figura 2), situado a 350 metros de distância do campo experimental.

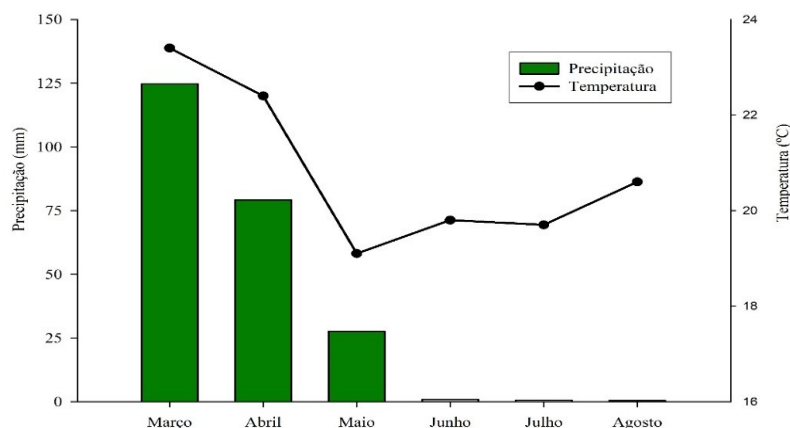


FIGURA 2. Variação da temperatura média do ar (°C) e da precipitação pluviométrica (mm), ao longo dos meses de implantação do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de seis cultivares comerciais de morango, sendo: San Andreas, Albion, PR, Festival, Oso Grande e Guarani. Cada parcela experimental foi constituída de 18 plantas, distribuídas em duas linhas, espaçadas de 0,3 metros entre linhas e 0,3 metros entre plantas, sendo consideradas para avaliação dez plantas centrais de cada parcela.

A cv. Oso Grande foi lançada comercialmente em 1987, pela Universidade da Califórnia, com frutos destinados ao consumo *in natura*, sendo de fotoperíodo curto. A cv. Festival foi lançada comercialmente em 2000, pela Universidade da Flórida, possuindo boa resistência a doenças foliares e radiculares, sendo de fotoperíodo curto. A cv. Albion é oriunda do cruzamento entre a cv. Diamante e um genótipo do programa de melhoramento da Califórnia, foi lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia, sendo de fotoperíodo neutro. A cv. San Andreas é oriunda do cruzamento de um genótipo com a cv. Albion (ANTUNES, REISSER JÚNIOR, SCHWENGBER, 2016), foi lançada comercialmente em 2008 pela Universidade da Califórnia, sendo de fotoperíodo neutro. A cultivar Guarani, também conhecida como IAC-5074, foi desenvolvida em 1974 pelo Instituto Agrônomo de Campinas, com comportamento do fotoperíodo curto e frutos destinados ao processamento industrial (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007). Já a cultivar PR, também conhecida como PRA Estiva, foi lançada em 2016, é oriunda de programa de melhoramento genético realizado no Sul de

Minas Gerais, com características de fotoperíodo neutro e com frutos destinados para o consumo *in natura* (CAMARGO, 2017).

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno de 50 células, contendo 100 mL de substrato comercial por célula, no município de Pouso Alegre – MG por um produtor de mudas comerciais de morango.

Antes da instalação do experimento, o solo foi amostrado na profundidade de 0 a 20 cm e levado para o laboratório de análise de solo para determinação das propriedades químicas e físicas, apresentando os seguintes resultados: textura muito argilosa com 25,5 % de areia, 7,5% de silte e 67,0 % de argila; pH em $\text{CaCl}_2 = 5,4$; $\text{P}_{\text{meh}} = 9,8 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,34 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 2,65 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,58 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{B} = 0,15 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Cu} = 1,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Fe} = 20,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Mn} = 1,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Zn} = 1,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 1,9 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Zn} = 1,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{SB} = 3,57 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{T} = 5,47 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{V}(\%) = 65 \%$.

Para elevar a saturação por bases (V%) a 80%, realizou-se a calagem 60 dias antes do transplante das mudas, utilizando-se $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, distribuídos em área total. O calcário utilizado tinha em sua composição mineral: 30% de CaO, 8% de MgO e PRNT de 80%.

Aos 50 dias após a calagem, com o auxílio de um roto-encanteirador de 1,20 metros de largura acoplada ao trator, foram feitos quatro canteiros de 21,4 metros de comprimento e 1,2 metros de largura, onde distribuíram-se os adubos de plantio.

A recomendação de adubação para todo o ciclo da cultura, seguindo as recomendações de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), foi de 220 kg ha^{-1} de N, 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 80 kg ha^{-1} de K_2O . A adubação de plantio representou 16% de nitrogênio, 100% de P_2O_5 e 70% de K_2O do total, utilizando como fontes: uréia, superfosfato simples e nitrato de potássio, respectivamente. Já a adubação de cobertura foi realizada semanalmente através de fertirrigação, adicionando uréia e nitrato de potássio no sistema de irrigação, para distribuir 84% e 30% do N e K_2O restantes, respectivamente, totalizando 23 aplicações de adubo via fertirrigação em 164 dias de condução do experimento.

No dia 16 de março de 2020 realizou-se o transplante das mudas para os canteiros cobertos com filme plástico dupla face (mulching), cuja coloração preta ficou para o lado interno (contato com o solo) e a branca para o lado externo. As mudas foram colocadas nas perfurações de 75 mm de diâmetro, realizadas ao longo de todo o plástico dupla face, de acordo com a distribuição espacial das plantas nas parcelas experimentais.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, através de dois tubos gotejadores por canteiro, com turno de rega diário, seguindo as recomendações de Kc da cultura do morango e evapotranspiração diária da estação meteorológica instalada a 200 m do local do experimento. Os gotejadores eram do tipo autocompensantes, com diâmetro de 25 mm e vazão de 1,6 L h⁻¹.

Para o controle de insetos pragas utilizaram-se o inseticida Abamectin Nortox® 400 WG, aplicado com bomba costal manual de 20 L na dosagem de 75 mL do produto para cada 100 L de calda. Para o controle de doenças aplicaram-se mensalmente os produtos Metiltiofan® na dose de 70 g do produto para cada 100 L de calda e Folicur® 200 EC com 75 g do produto para cada 100 L de calda, ambos aplicados com bomba costal de acionamento manual.

A colheita foi realizada semanalmente, iniciando-se 40 dias após o plantio (DAP) das mudas e finalizando-se 164 DAP, sendo o ponto de colheita dos frutos definido quando estes apresentavam 75% do tamanho total com coloração vermelha. Após a colheita, os frutos foram levados para o Laboratório de Botânica da Universidade Federal de Uberlândia para as avaliações produtivas. Foram determinados o número de frutos por planta; massa média dos frutos, calculado através da razão entre a massa total de frutos por planta e a quantidade de frutos por planta, sendo os valores expressos em gramas (g) e; produção total por planta, através da pesagem cumulativa dos frutos de cada planta da parcela útil em balança digital, sendo os valores expressos em g planta⁻¹.

Além disso, quinzenalmente, entre os 35 DAP aos 132 DAP, foi avaliado: índice SPAD, realizado pela manhã em 10 plantas da área útil de cada parcela, em quatro pontos no terço médio de cada folíolo, em três folíolos, do trifólio recém-desenvolvido de cada planta, utilizando-se para isto, o medidor de Clorofila SPAD-502 Plus®; número de folhas totalmente desenvolvidas; e comprimento e largura foliar do trifólio recém-expandido, utilizando-se para isto uma régua graduada, sendo os valores expressos em cm. O comprimento foliar correspondeu a medida entre o início do limbo foliar, na base do pecíolo, até o final do limbo foliar, acompanhando a nervura central. Já a largura foliar correspondeu ao tamanho do limbo foliar na porção central, perpendicular à nervura central.

Aos 80 e 115 DAP, amostras de frutos de cada parcela experimental foram coletadas e enviadas para o Laboratório de Bromatologia e Análise Sensorial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba, onde avaliou-se as características físico-químicas do morango, sendo: teor de sólidos

solúveis, acidez titulável, vitamina C, antocianinas e firmeza dos frutos. O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi quantificado através da extração do suco celular de 100 gramas de morangos, triturados com auxílio de um mixer Viva Walitta® - 400W, e realizado a leitura no refratômetro digital Reichert®. A acidez titulável (expressa em % de ácido cítrico) foi determinada conforme a metodologia descrita por Ryan e Dupont (1973). A vitamina C (expressa em mg 100g⁻¹ de massa fresca) foi determinada conforme o método de Tillmans (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). A antocianina (expressa em mg 100g⁻¹ de massa fresca), foi quantificada conforme o método do pH diferencial, descrito por Giusti e Wrostad (2001) e a firmeza dos frutos (expressa em Newton) foi mensurada em frutos inteiros, utilizando o texturômetro Stable Micro System, modelo TAXT Plus Texture Analyzer®.

Foi avaliado semanalmente, de 35 DAP à 132 DAP: temperatura do solo sob o mulching, temperatura sobre o mulching, temperatura foliar, temperatura do ar e umidade relativa do ar. Os dados foram coletados das 8h00min às 16h00min, em intervalos de duas horas.

A temperatura do solo sob o mulching foi aferida pelo termômetro digital de infravermelho portátil modelo Minipa MT-350A, sendo este colocado a três centímetros do colo de duas plantas, em solo exposto, no orifício feito no plástico. A temperatura sobre o mulching foi aferida a 15 cm da base da planta a uma distância de 10 cm de altura, cuja superfície estava totalmente exposta a irradiação solar.

A temperatura foliar foi aferida no trifólio mais desenvolvido da planta sempre de duas plantas de cada parcela experimental (sempre as mesmas plantas ao longo de todas as avaliações) a distância de 10 cm do objeto alvo, utilizando-se para isto o termômetro digital de infravermelho portátil modelo Minipa MT-350A. Já para aferir a temperatura do ar e umidade relativa do ar utilizou-se o aparelho termohigroanemoluxímetro Lutron LM-8000A, disposto a 30 cm do solo.

Os dados foram testados para determinar se atendiam aos pressupostos da ANAVA de normalidade residual, homogeneidade de variâncias e aditividade a 5% de probabilidade, pelos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey, respectivamente.

Após atendidas as pressuposições, realizou-se o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) para comparação das médias, utilizado o software estatístico R Core Team (2021). Os gráficos de temperatura do solo sob e sobre o mulching, temperatura sobre a folha e temperatura e umidade do ar foram confeccionados utilizando o programa SigmaPlot.

Aos 60 dias após o transplântio das mudas realizou-se um levantamento topográfico, utilizando o Receptor GNSS Promark 200, para georreferenciamento das 24 parcelas experimentais e posterior correção na etapa de fototriangulação.

O voo foi realizado aos 78 DAP. O planejamento do voo foi realizado utilizando o software DroneDeploy©, ficando estabelecido cinco faixas, com altitude de 30 metros, velocidade de 3m/s, sobreposição longitudinal e lateral de 80% e tempo de voo de aproximadamente 4 min.

As imagens foram obtidas as 12 horas, utilizando o veículo aéreo não tripulado (VANT) Phantom 4 Pro da DJI (Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co), sob o qual foi acoplada uma câmara Mapir Survey3W com resolução de 12 megapixels, com canais correspondentes ao verde (550 nm), vermelho (660 nm) e infravermelho próximo (850 nm) (RGN), e largura máxima a meia altura (do inglês Full Width at Half Maximum - FWHM) de 40, 60 e 80nm, respectivamente.

Após a captura das imagens pelo sensor RGN, o mosaico foi construído no software AgisoftPhotoScan Professional. Neste software, as imagens passaram pelo alinhamento, encontrando a posição da câmara e os pontos comuns de cada imagem para combiná-las, formando uma nuvem de pontos esparsos. Posteriormente foi construída a nuvem de pontos densos, e com base nesta, foi gerada a superfície, utilizando o modelo de malha poligonal 3D, gerando o mosaico do voo.

A correção atmosférica foi realizada a partir das imagens da Mapir Survey3W, utilizando-se o software Mapir Camera Control (MCC). Para isso, antes do voo foi capturada com o sensor, uma imagem do alvo, o qual possui quatro paletes (preta, cinza escuro, cinza claro e branca) de radiâncias conhecidas. Logo, no software, foi especificado o modelo, a lente e o filtro da câmara Mapir Survey3W utilizados. Posteriormente, selecionou-se a imagem do alvo e detectou-se o código QR do alvo. Dessa forma, foram calculados os valores de correção atmosférica necessários para a câmara, e a pasta de entrada contendo o mosaico foi carregada. Após o processo de correção atmosférica criou-se, automaticamente, a pasta do mosaico calibrado.

Para todas as imagens foram extraídos manualmente os valores de reflectâncias do conjunto de pixels claro e do conjunto de pixels escuro na banda do vermelho (Red: R), verde (Green: G) e infravermelho próximo (Near infrared: NIR). Posteriormente, para determinação dos coeficientes de uma transformação linear (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012) para cada banda espectral, empregou-se a equação:

$$Ti = mi \times xi + bi$$

Onde: Ti = Reflectância (RGN) da imagem normalizada; $mi = (B_{ri} - D_{ri})/(B_{si} - D_{si})$; xi = banda espectral a ser normalizada; $bi = (D_{ri} \times B_{si} - D_{si} \times B_{ri})/(B_{si} - D_{si})$.

No software ENVI 5.1 (Environment for Visualizing Images), por meio da ferramenta Band Math, a equação foi aplicada para cada banda das imagens, gerando camadas. Na ferramenta Layer Stacking, as três camadas geradas de cada imagem foram combinadas para formar uma única imagem. Os dados radiométricos foram extraídos de cada mosaico, utilizando a função Region of Interest (ROI) do software ENVI 5.1 (ENVI, 2021).

Com os valores médios de reflectâncias (RGN), calculou-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), através da fórmula matemática que utiliza os dados espectrais das bandas vermelho e infravermelho próximo, sendo: $NDVI = \frac{(B_{850} - B_{660})}{(B_{850} + B_{660})}$, em que B_{660} é a banda do vermelho e B_{850} é a banda do infravermelho próximo, ambos dos canais do sensor RGN.

Após a obtenção de todas as imagens e os cálculos de NDVI, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson, para análise estatística da intensidade e direção da relação entre: índice SPAD, número de folhas, comprimento foliar, largura foliar, produção por planta, número de frutos por planta e massa média de frutos versus índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), bandas do vermelho (R), verde (G) e infravermelho próximo (NIR). Foi apresentado as regressões lineares para as maiores correlações encontradas entre o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), as bandas espectrais e as variáveis agronômicas, a 1% de significância para o voo realizado aos 78 DAP.

As variáveis agronômicas foram estimadas a partir do índice de vegetação multiespectral e bandas do sensor, utilizando-se o software Weka (Weka 3.8.5, 2020). Um conjunto amostral de 80% (192 plantas) dos dados de valores radiométricos foram utilizados como treinamento do modelo. Calculou-se o coeficiente de correlação e o erro médio quadrático (RMSE) entre os valores observados e os preditos para validar a precisão dos modelos, considerando como resíduo a diferença entre as variáveis agronômicas medidas e estimadas para 48 plantas (20% do conjunto de amostra).

Por fim, gerou-se mapas das variáveis agronômicas a partir das respectivas equações lineares de regressão, geradas com as maiores correlações de Pearson, entre as variáveis agronômicas e bandas espectrais.

3 RESULTADOS

O alto número de frutos por planta apresentado na cv. Guarani desfavoreceu a deposição de biomassa nos frutos devido à grande competição por fotoassimilados, o que fez com que essa cultivar obtivesse frutos com menor massa média (Tabela 1). Todavia, o maior número de frutos na cultivar Guarani refletiu numa produção por planta intermediária (377,75 g planta⁻¹). Além disso, tal cultivar apresentou índice SPAD 8,4% menor em relação a média das cinco cultivares (44,34 SPAD) e número de folhas por planta 43,6% superior em relação à média (12,29 folhas) das outras cultivares avaliadas (Tabela 1).

Todas as cultivares produziram massa média de frutos estatisticamente iguais, variando de 11,46 a 13,25 g planta⁻¹, exceto a cultivar (cv.) Guarani, que obteve massa média dos frutos cerca de 49% inferior à média das outras cinco cultivares (12,598 g. planta⁻¹) (Tabela 1).

TABELA 1. Valores médios de número de frutos por planta (NFP), massa média de frutos (MMF), produção por planta (PP), índice SPAD (SPAD), número de folhas por planta (NF), comprimento foliar (CF) e largura foliar (LF) de seis diferentes cultivares de morango.

CV	NFP	MMF (g)	PP (g planta ⁻¹)	SPAD	NF	CF (cm)	LF (cm)
San Andreas	21,05 c	12,91 a	272,04 c	44,77 a	13,76 c	5,73 a	5,34 a
Albion	12,33 d	13,25 a	165,36 c	42,36 b	8,19 d	4,85 b	4,93 b
PR	16,28 d	11,46 a	188,24 c	44,29 a	9,14 d	4,68 b	4,55 b
Festival	41,83 b	12,37 a	519,70 a	45,80 a	17,29 b	6,23 a	6,01 a
Oso Grande	26,38 c	13,00 a	345,34 b	44,46 a	13,06 c	5,62 a	5,91 a
Guarani	59,25 a	6,38 b	377,75 b	40,61 c	21,75 a	5,35 a	5,54 a
Sw	0,43	0,19	0,39	0,43	0,57	0,24	0,12
F	0,98	0,06	0,57	0,25	0,89	0,40	0,27
F''	0,44	0,71	0,26	0,24	0,74	0,82	0,60
CV (%)	13,7	10,09	21,52	2,4	19,6	10,8	10,1

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. Sw, F, F'': estatística dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,05 de significância.

A maior produção de frutos de morango foi obtida pela cv. Festival com 519,7 g. planta⁻¹, sendo este valor 47,7%, 63,8% e 68,2% superior aos das cultivares San Andreas,

PR e Albion respectivamente, as quais apresentam as menores produções (Tabela 1). Os frutos da cv. Festival apresentaram massa média de 12,37 gramas e 41,83 frutos por planta. Ressalta-se o grande potencial deste genótipo em cultivos sob temperaturas mais elevadas, sendo eficiente na deposição de biomassa dos frutos, mesmo com grande número de inflorescências atuando como drenos de fotoassimilados.

A cv. Oso Grande apresentou produção semelhante a cv. Guarani, porém, com menor quantidade de frutos por planta e maior massa média dos frutos. Dessa forma, os frutos da cv. Oso Grande podem obter maiores valores comerciais para o consumo *in natura* do que os frutos da cv. Guarani, que são voltados para o processamento industrial.

A baixa emissão de folhas não possibilitou o desenvolvimento e expansão do limbo foliar, resultando em menor comprimento e largura foliar das cv. Albion e PR. Tais cultivares, atingiram também, baixo número de frutos e produção por planta, por não desenvolverem uma estrutura vegetativa capaz de suportar a carga de frutos (Tabela 1).

Em função do elevado número de frutos por planta e forte competição por fotoassimilados, a cv. Guarani apresentou o menor teor de sólidos solúveis (6,68° Brix), ou seja, frutos com 17,43% a menos de sólidos solúveis comparado a média (8,09° Brix) das outras cinco cultivares (Tabela 2).

Com relação a acidez titulável, verifica-se que a cv. San Andreas apresentou o maior valor (1,01% de ácido cítrico), diferindo estatisticamente das demais cultivares. Outro ácido de grande destaque nas hortaliças frutos, por possuir diversas funções na saúde humana é o ácido ascórbico, ou seja, a Vitamina C, cujo teor foi estatisticamente semelhante para todas as cultivares analisadas, variando entre 21,98 a 60,96 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ (Tabela 2).

A cultivar Albion atingiu o maior teor de antocianinas (Tabela 2), pigmentos presentes em diversas frutas, flores, folhas, caules e raízes de plantas, que apresentam atividade antioxidante, anticarcinogênica, antiviral e anti-inflamatória (BRAGA *et al.*, 2018).

A cv. Festival, a qual obteve maior produção, também apresentou elevado teor de sólidos solúveis, vitamina C e firmeza. A firmeza é uma variável de grande importância ao analisar hortaliças-fruto, pois está ligada com a duração do período pós-colheita e resistência ao transporte à longas distâncias. A cv. Guarani apresentou baixa firmeza nos frutos, em contrapartida as cv. San Andreas, PR e Festival produziram frutos mais firmes.

TABELA 2. Valores médios dos teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), vitamina C (Vit. C), antocianina e firmeza de frutos de diferentes cultivares de morango.

Cultivares	SS (°Brix)	AT (% ácido cítrico)	Vit. C (mg ácido ascórbico 100 g ⁻¹)	Antocianina (mg de cianidina- 3-glicosídeo 100 g ⁻¹)	Firmeza (Newton)
San Andreas	8.32 a	1.01 a	51.99 a	26.42 b	0.58 a
Albion	7.90 a	0.81 c	49.39 a	47.47 a	0.25 b
PR	7.74 a	0.68 d	56.41 a	28.55 b	0.51 a
Festival	8.76 a	0.82 c	60.96 a	30.89 b	0.54 a
Oso Grande	7.73 a	0.71 d	58.02 a	29.36 b	0.23 b
Guarani	6.68 b	0.87 b	21.98 a	26.42 b	0.17 c
Sw	0,71	0,95	0,17	0,93	0,48
F	0,50	0,26	0,93	0,07	0,67
F''	0,05	0,17	0,63	0,79	0,43
CV (%)	7,02	7,62	11,54	8,73	12,15

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. Sw, F, F'': estatística dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e blocos com efeito aditivo a 0.05 de significância.

Sabe-se que a produção do morangueiro é afetada pelas condições bióticas e abióticas de cultivo. Analisando-se algumas variáveis abióticas coletadas ao longo do estudo, observou-se de maneira geral, que a temperatura do solo sob o mulching teve maior variação entre os dias 20/04/2020 à 18/05/2020 (Figura 3), pois as plantas ainda estavam jovens, com dossel pouco desenvolvido. A maior temperatura do solo sob o mulching foi atingida nas parcelas onde estavam plantas da cv. Albion (46,5°C) às 12h. Já a menor temperatura do solo sob o mulching registrada foi de 12,6°C às 10h, nas parcelas onde estavam as plantas da cv. PR. Ao longo de todo o período avaliado, as maiores temperaturas do solo sob o mulching foram atingidas nas parcelas onde estavam as plantas das cultivares San Andreas e Albion (Figura 3), sendo que estas duas cultivares estão entre as três cultivares com baixas produções de frutos (Tabela 1).

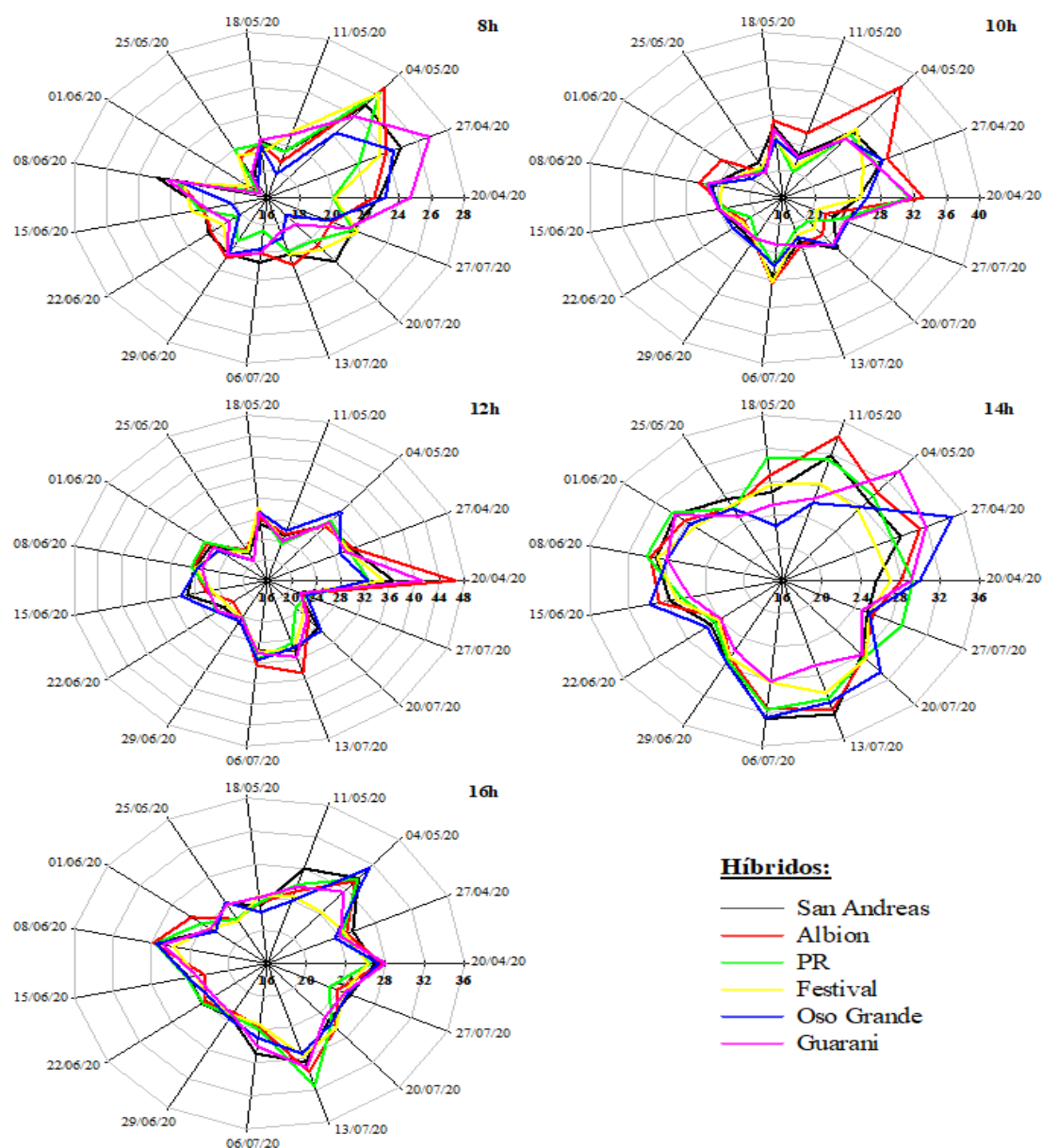


FIGURA 3. Temperatura do solo sob o mulching (°C) de seis diferentes cultivares de morango no período de 20 de abril a 27 de julho de 2020.

A temperatura sobre o mulching foi maior quando comparada com a temperatura do solo sob o mulching (Figura 4). Houve maior variação da temperatura sobre o mulching entre as cultivares, das 8h às 14h. A maior temperatura sobre o mulching foi de 51,0°C às 12h do dia 04/05/2020 nas parcelas onde estavam as plantas da cv. Festival. Já a menor temperatura sobre o mulching foi 13,2° C, alcançada no dia 01/06/2020 às 8h, nas parcelas onde estavam plantas da cv. Oso Grande (Figura 4).

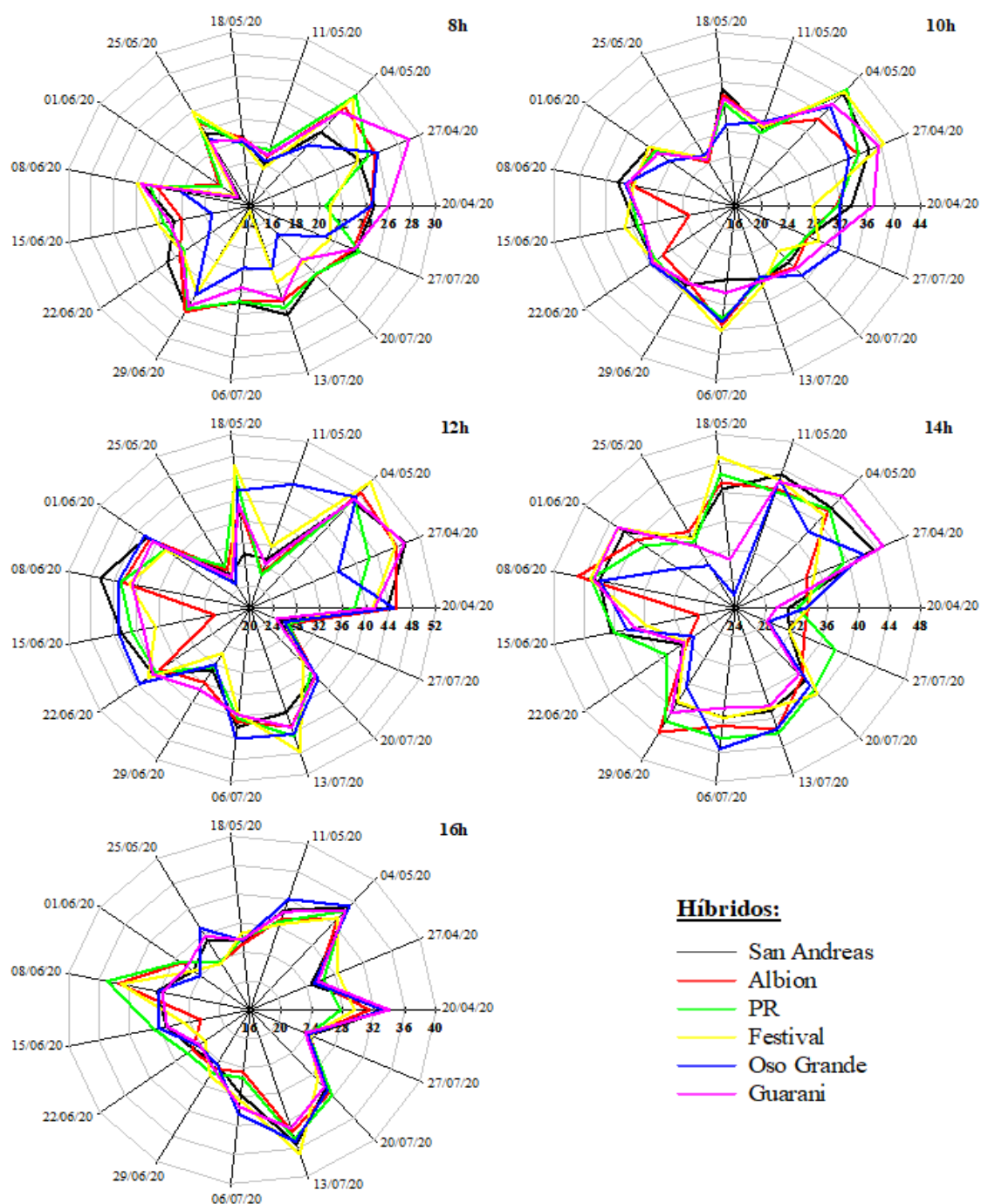


FIGURA 4. Temperatura sobre o mulching (°C) de seis diferentes cultivares de morango no período de 20 de abril a 27 de julho de 2020.

A temperatura sobre a folha é uma importante característica a se observar do ponto de vista fisiológico, pois influencia na transpiração, processo de fotossíntese e respiração celular (Figura 5). A cv. Festival, mais produtiva, conseguiu dissipar o calor de forma mais eficiente, atingindo menores temperaturas sobre a folha. Da mesma forma, a cv. Oso Grande também apresentou temperaturas sobre a folha menores em relação às demais cultivares, especialmente nas horas mais quentes do dia. Já as cultivares PR, Albion e San

Andreas apresentaram maiores temperaturas sobre a folha, o que pode ter repercutido em baixas produções, porém frutos com altos teores de sólidos solúveis (Tabelas 1 e 2). A cv. Albion atingiu a temperatura de 40,2°C e a cv. Festival a temperatura de 11,6°C, ou seja, maior e menor temperaturas observadas no estudo, respectivamente (Figura 5).

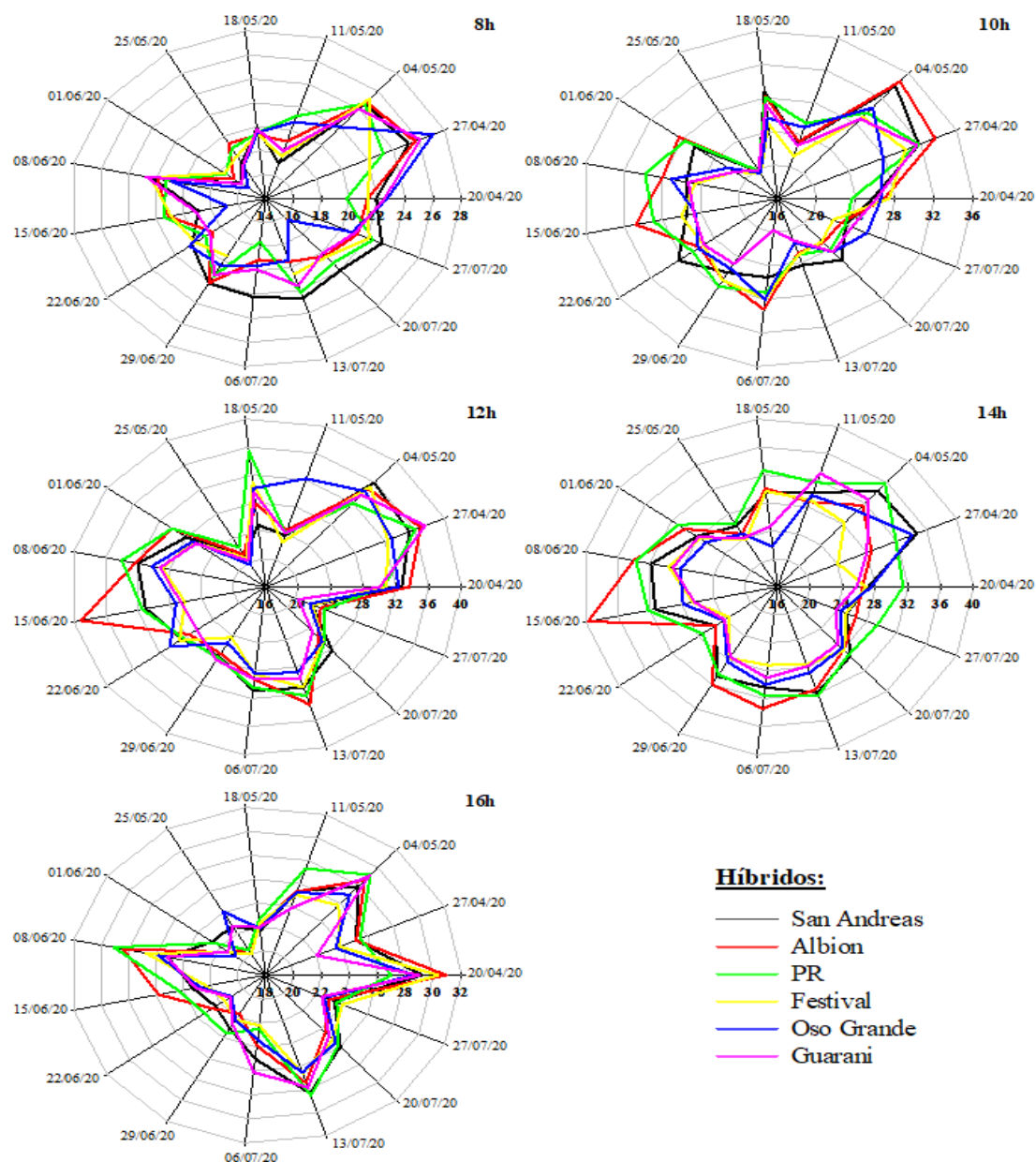


FIGURA 5. Temperatura sobre a folha (°C) de seis diferentes cultivares de morango no período de 20 de abril a 27 de julho de 2020.

A máxima temperatura do ar foi de 41,2°C e a mínima foi de 12,9°C (Figura 6). Já a temperatura média coletada entre 8h e 16h foi de 28,6°C. O ranking de temperatura do ar às 8h entre as cultivares manteve-se constante no período avaliado, evidenciando a existência de um microclima em cada parcela experimental. Entretanto, a temperatura do

ar ficou acima da temperatura basal da cultura (7°C). Nas parcelas experimentais onde estavam a cv. Festival ocorreu a maior temperatura do ar, seguido das parcelas onde estavam as cultivares Albion e PR. Já as parcelas onde situavam-se a cv. Oso Grande atingiu menores temperaturas e maior quantidade de frutos que as cultivares Albion e PR (Tabela 1).

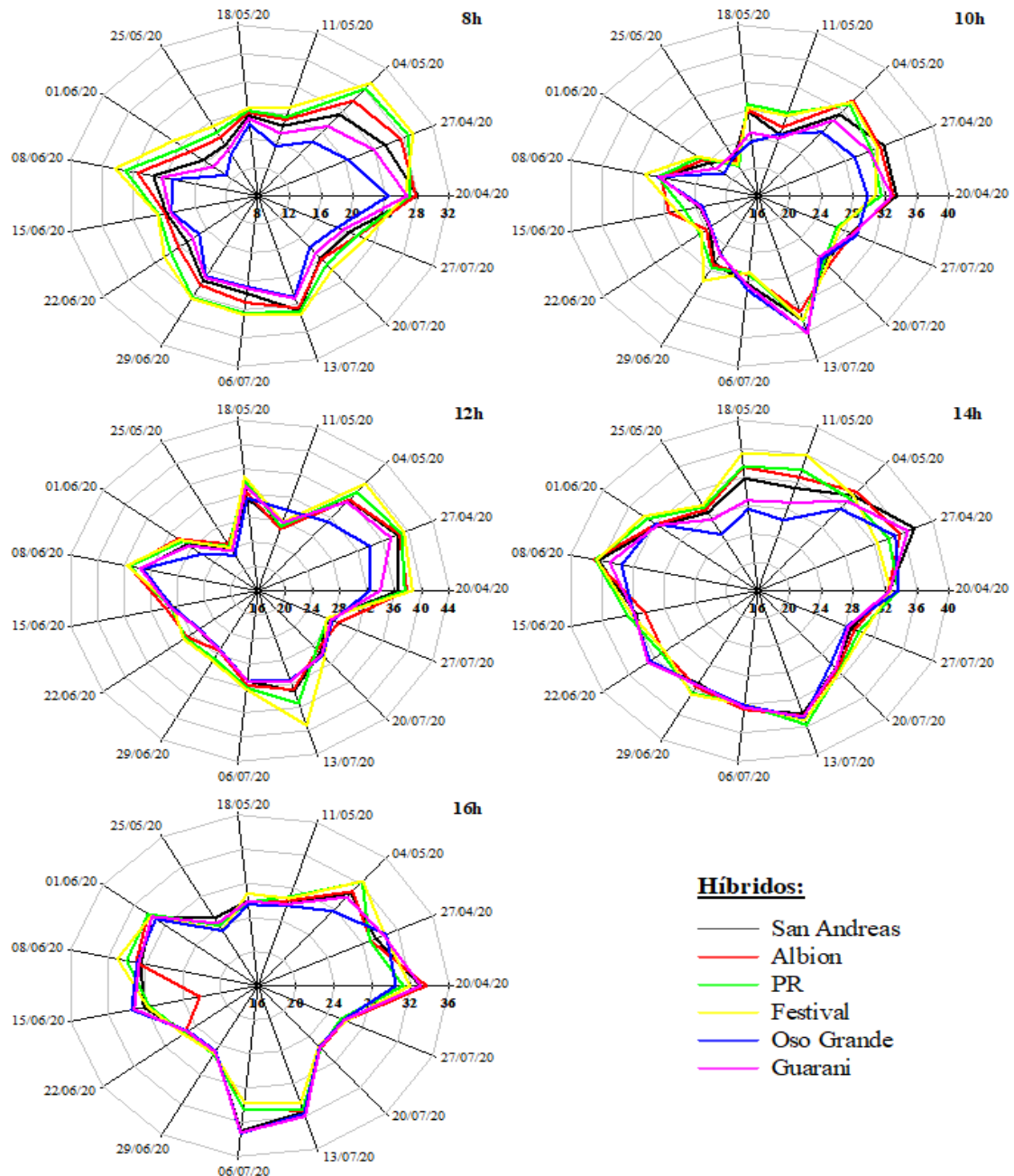


FIGURA 6. Temperatura do ar (°C) de seis diferentes cultivares de morango no período de 20 de abril a 27 de julho de 2020.

A umidade relativa do ar (UR) foi a característica climática avaliada com menor variação entre as cultivares (Figura 7). As parcelas onde estavam as cultivares Oso

Grande, Guarani e San Andreas tiveram maiores umidades relativas, enquanto as parcelas onde situavam-se a cv. Festival atingiu a menor umidade ao longo do tempo. A maior umidade relativa (85,4%) ocorreu em 01/06/2020 às 8h nas parcelas onde estavam a cv. Oso Grande. Já naquelas onde estavam a cultivar Albion detectaram-se a menor umidade relativa (20,7% às 8h do dia 15/06/2020) (Figura 7).

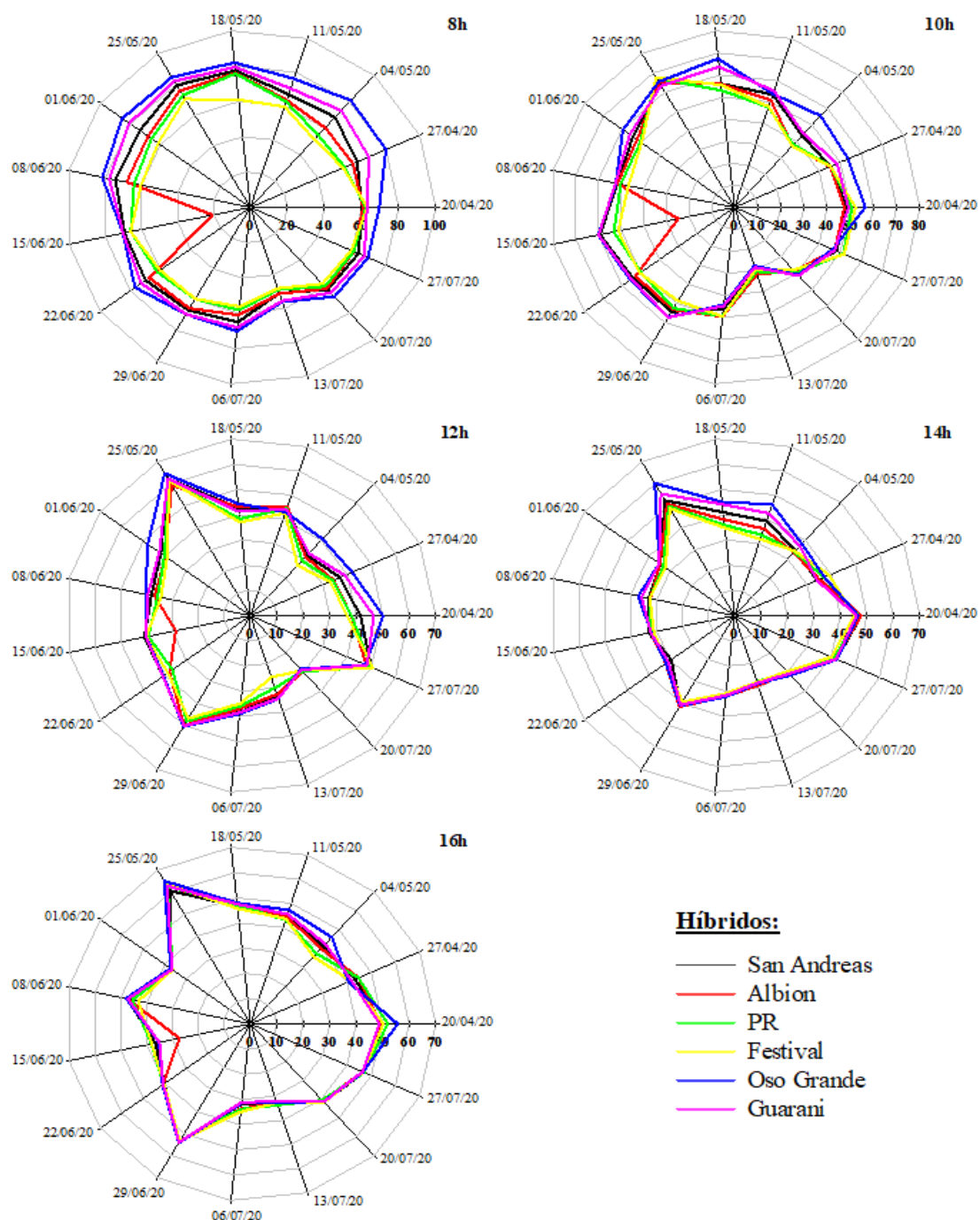


FIGURA 7. Umidade relativa do ar (%) de diferentes cultivares de morango no período de 20 de abril a 27 de julho de 2020.

De acordo com os coeficientes de correlação de Pearson, a produção está altamente correlacionada com o número de folhas ($r = 0,79$), número de frutos ($r = 0,75$), comprimento foliar ($r = 0,82$) e largura foliar ($r = 0,84$). Já o índice SPAD se correlaciona apenas com a massa média dos frutos e comprimento foliar. A massa média de frutos correlaciona-se com o índice SPAD, número de folhas e número de frutos por planta. (Tabela 3). O índice SPAD e a massa média de frutos, não apresentaram correlação com o NDVI, por terem pouca relação com a biomassa vegetal, difícil de serem estimados pelas imagens.

TABELA 3. Coeficientes de correlação simples (r), determinado pela Correlação de Pearson, entre variáveis agronômicas, índice de vegetação e bandas espectrais de seis cultivares de morangueiro.

CA	NDVI	R	G	NIR	MMF	NFP	PP	LF	CF	NF
SPAD	0,30 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,67**	-0,29 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,46 *	-0,16 ^{ns}
NF	0,80**	0,81**	-0,68**	-0,30 ^{ns}	-0,51*	0,91**	0,79**	0,68**	0,65**	
CF	0,87**	0,88**	-0,88**	-0,42*	0,22 ^{ns}	0,45*	0,82**	0,93**		
LF	0,91**	0,92**	-0,89**	-0,48*	0,11 ^{ns}	0,54**	0,84**			
PP	0,89**	0,93**	-0,89**	-0,43*	-0,09 ^{ns}	0,75**				
NFP	0,68**	0,70**	-0,54**	-0,25 ^{ns}	-0,69**					
MMF	-0,05 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,09 ^{ns}						

** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns}: não significativo. CA: Características agronômicas; NDVI: índice de vegetação da diferença normalizada; R: banda do vermelho; G: banda do verde; NIR: banda do infravermelho próximo; MMF: massa média dos frutos; NFP: número de frutos por planta; PP: produção total por planta; LF: largura foliar; CF: comprimento foliar; NF: número de folhas; SPAD: índice SPAD.

Com o aumento do comprimento foliar, largura foliar e produção total por planta, há decréscimo nos valores da banda do infravermelho próximo. Fato semelhante ocorre com a banda do verde, apresentando decréscimo nos valores de reflectância à medida que o número de folhas, comprimento foliar, largura foliar, produção por planta e número de frutos aumentam.

A correlação é positiva entre as variáveis agronômicas, o NDVI e a banda do vermelho (R), exceto para índice SPAD e massa média dos frutos, com os quais não apresentaram correlação significativa (Tabela 3).

A banda do vermelho apresentou as maiores correlações de Pearson para número de frutos, produção total por planta, número de folhas, comprimento foliar e largura foliar (Tabela 3), dessa forma, as curvas de regressão foram confeccionadas para essas características apenas em função da banda do vermelho (Figura 8), não sendo confeccionadas para as demais bandas ou NDVI.

O número de frutos variou de 7,5 à 65,2 frutos, obtendo o menor R^2 (44,8%) (Figura 8A). A produção total por planta variou de 86,6 à 587,3 g, sendo que 86,4% da produção pode ser estimada a partir da equação de regressão linear presente na Figura 8B, em função da banda do vermelho (R). Já o número de folhas variou de 5,3 à 23,2 (Figura 8C). Estima-se que 62,3% do número de folhas possa ser estimado através da banda do vermelho. O comprimento foliar variou de 3,9 à 6,8 cm, enquanto a largura foliar variou entre 3,9 à 6,7 cm com R^2 de 75,1% e 83,5%, respectivamente (Figuras 8D e 8E).

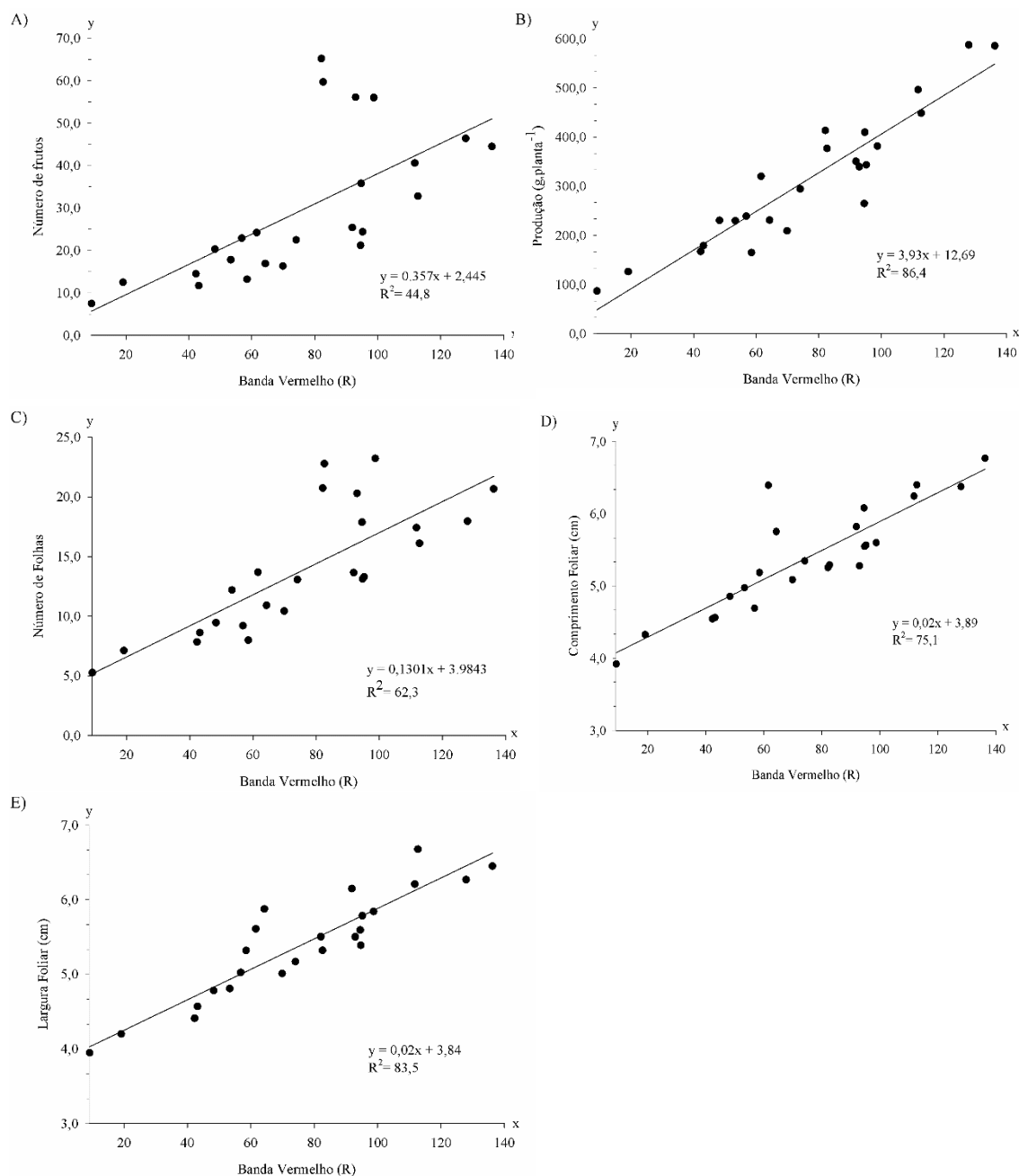


FIGURA 8. Modelos de regressão linear para número de frutos (A), produção (B), número de folhas (C), comprimento foliar (D) e largura foliar (E), em função dos valores de reflectância da banda vermelho (R).

O desempenho dos algoritmos demonstrando os valores do coeficiente de correlação estimado e o erro médio quadrático (RMSE) dos modelos propostos entre as variáveis agronômicas estão representadas na Tabela 4. Verifica-se que todos os coeficientes de correlação estimados através de inteligência artificial atingiram maiores valores em relação aos coeficientes de Pearson, pois o programa realiza o treinamento do modelo com 80 % dos dados, causando melhor ajuste.

TABELA 4. Coeficientes de correlação estimados (C.C.) e erro médio quadrático (RMSE) entre as variáveis agronômicas e o modelo estimado.

Variáveis Agronômicas		NDVI	R	G	NIR
SPAD	C. C.	0,94	0,92	0,96	0,91
	RMSE	1,06	1,10	1,42	1,29
NFP	C. C.	0,91	0,93	0,93	0,88
	RMSE	8,04	6,32	6,36	10,36
PP	C. C.	0,96	0,97	0,97	0,0
	RMSE	52,54	52,54	52,10	151,07
NF	C. C.	0,97	0,96	0,99	0,95
	RMSE	2,66	2,23	2,24	2268,0
CF	C. C.	0,84	0,77	0,86	0,82
	RMSE	0,54	0,62	0,57	0,71
LF	C. C.	0,97	0,93	0,96	0,98
	RMSE	0,21	0,31	0,29	0,44
MMF	C. C.	-0,74	-0,67	0,74	0,76
	RMSE	2,21	2,02	1,75	1,78

MMF: massa média dos frutos; NFP: número de frutos por planta; PP: produção total por planta; SPAD: índice SPAD; NF: número de folhas; CF: comprimento foliar; LF: largura foliar; NDVI: índice de vegetação da diferença normalizada; R: banda do vermelho; G: banda do verde; NIR: banda do infravermelho próximo.

O índice SPAD, comprimento foliar e largura foliar, apresentaram os menores erros médios quadráticos na estimativa dos modelos utilizando o NDVI (1,06; 0,54 e 0,21, respectivamente). Para as variáveis número de folhas e número de frutos por planta, a banda do vermelho (R) apresentou menor erro médio quadrático, com RMSE de 2,23 e 6,32, respectivamente. Já para as variáveis produção total por planta (52,10 g planta⁻¹) e

massa média dos frutos (1,75 g), a banda do verde (G) apresentou menor erro médio quadrático (Tabela 4).

Os mapas de classes da distribuição das variáveis agronômicas de morangueiro foram elaborados de acordo com as equações de regressão linear em função da banda do vermelho (R) (Figura 9). Ao observar o mapa deve-se analisar apenas a nuvem de pixels que correspondem a copa das plantas, pois é o local onde foi realizado a extração de pixels.

Não foi possível distinguir as cultivares testadas através das bandas do vermelho, verde e infravermelho próximo, pois todas elas apresentaram o mesmo padrão de reflectância. Isso pode ter ocorrido devidos aos materiais utilizados apresentarem baixa variabilidade entre eles. No entanto, foi possível relacionar os valores da banda do vermelho às características agronômicas, fato de grande importância na fenotipagem através de imagens.

As classes de distribuição dos pixels variam de acordo com cada variável agronômica e estão representadas na legenda de cada mapa (Figura 9). As cultivares Festival, Guarani e Oso Grande possuíram maior nuvem de pixels, enquanto as cv. San Andreas, Albion e PR apresentaram menores nuvens de pixels para todas as variáveis agronômicas.

As cultivares com maiores nuvens de pixels e maiores dosséis apresentaram maior variação na distribuição das cores das classes dos pixels. A maior variação da cor dos pixels em plantas com maior nuvem de pontos é justificada pela facilidade do sensor em adquirir as diferentes reflectâncias das bandas em objetos maiores no terreno, já que a resolução de cada pixel de acordo com as características do voo indica 1 cm² no terreno.



. continua.

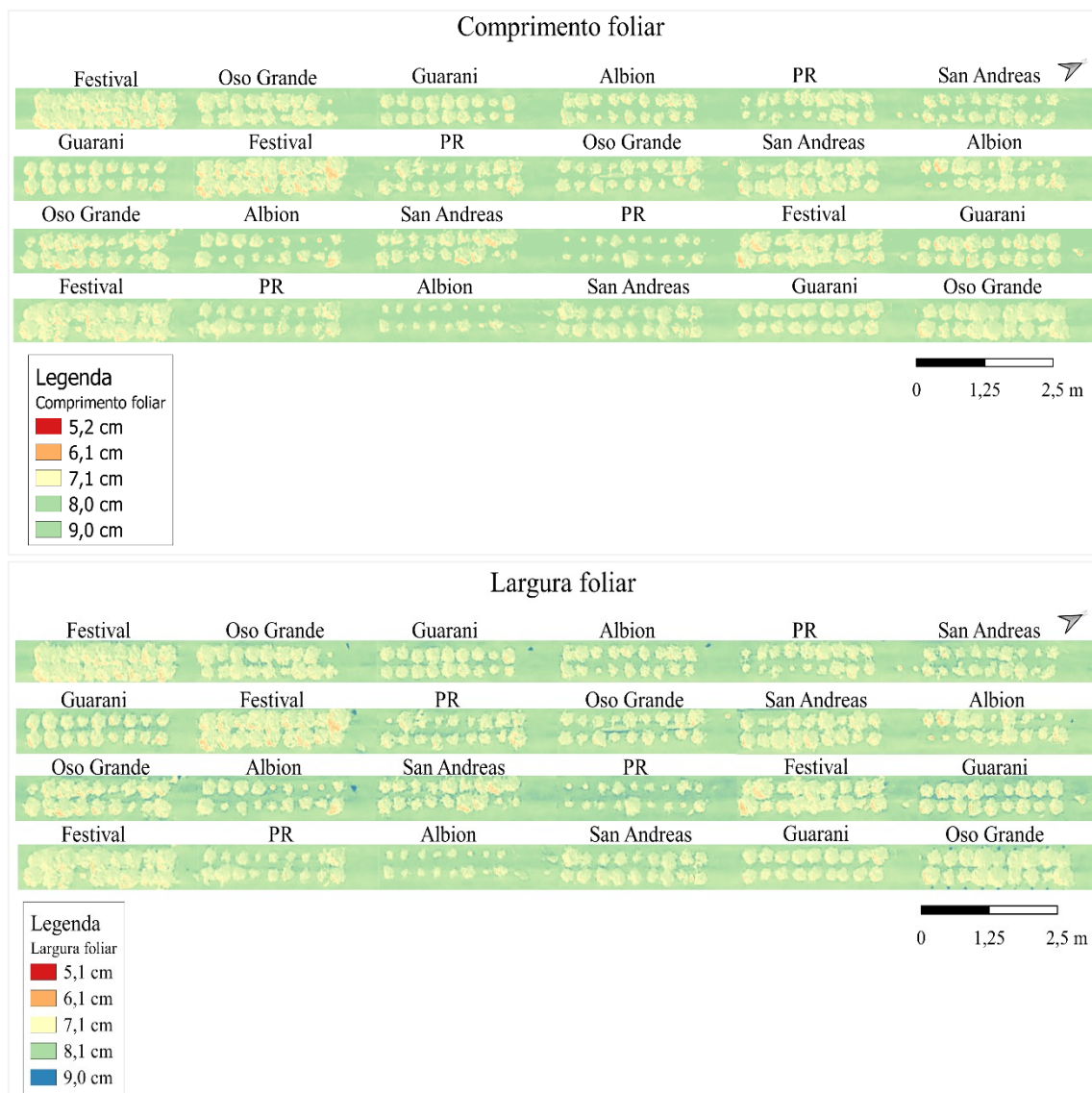


FIGURA 9. Mapas de classes de número de frutos, produção por planta, número de folhas, comprimento foliar e largura foliar de seis cultivares de morango, gerados em função da banda vermelho (R), aos 78 dias após o plantio.

4 DISCUSSÃO

Os resultados deste experimento revelam descobertas interessantes. A máxima produção de morangos sob as condições climáticas do Cerrado no Triângulo Mineiro foi de 519,70 g planta⁻¹, obtida pela cv. Festival. Tazzo *et al.* (2015) em Santa Catarina, obtiveram maiores produções em cultivo com mulching pelas cultivares San Andreas e Albion, com 260,0 e 180,0 g planta⁻¹, respectivamente, ou seja, produções próximas as

obtidas no experimento em questão com as mesmas cultivares ($272,04 \text{ g planta}^{-1}$ e $165,36 \text{ g planta}^{-1}$), porém inferiores a produção máxima obtida no atual experimento.

Apesar da cv. San Andreas dominar o mercado brasileiro, respondendo com 65% da área total de cultivo (CHIOMENTO *et al.*, 2021), verifica-se que, para a região avaliada, apresentou a menor produção. As menores produções obtidas pelas cultivares San Andreas, Albion e PR (Tabela 1), pode ser relacionada à inadequação dessas cultivares às condições de cultivo, já que foram as cultivares que obtiveram maiores temperaturas sobre o mulching e sobre a folha ao longo de todo o ciclo (Figuras 4 e 5). Isso indica que a produção pode variar devido à resposta da planta aos fatores edafoclimáticos do agroecossistema (ZANIN *et al.*, 2019) e à ecofisiologia da cultura (COSTA *et al.*, 2016). A temperatura e fotoperíodo são os dois principais fatores ambientais que regulam a ontogenia das flores de morango (DURNER, 2015).

No experimento em questão, apesar de ocorrerem temperaturas do ar na faixa de $41,2^{\circ}\text{C}$ em algumas parcelas experimentais (Figura 6), isso ocorreu, de maneira geral, no início do crescimento vegetativo, época em que a planta de morango necessita de temperaturas mais elevadas para emitir estolões e expandir a parte aérea (STRAND, 2008). Em relação ao fotoperíodo, cultivares de dias curtos apresentaram maiores produções de frutos e um relativo aumento no número de frutos por planta, comparados às cultivares de dia neutro, nitidamente verificado entre as cultivares analisadas (Tabela 1).

O desenvolvimento das folhas e de toda a parte aérea durante o período vegetativo exerce forte influência sobre o número de gemas florais e, por conseguinte, sobre o número de frutos que serão formados. Portanto, quanto maior o número de folhas, maior a quantidade de inflorescências (STRAND, 2008). As cultivares Albion e PR apresentaram menores número de folhas, comprimento e largura foliar, consequentemente menor área fotossinteticamente ativa para produção de fotoassimilados, refletindo em baixo desempenho produtivo.

Comparando o número de frutos obtido no experimento em questão (12,33 a 59,25 frutos) com o número de frutos obtidos no trabalho de Santos et al. (2019) (2,28 a 5,70 frutos), cujos autores avaliaram diferentes cultivares de morango em ambiente protegido e em pleno sol, verifica-se a discrepância de valores em ambos os trabalhos. Isso pode ser explicado, pois elevadas temperaturas do ar ($28,2^{\circ}\text{C}$) no momento da floração, como ocorreu no trabalho de Santos et al. (2019) podem ocasionar aborto de flores e, consequentemente, redução do número total de frutos (ANDRIOLO *et al.*, 2010).

A cv. Guarani, apresentou alta quantidade de frutos por planta, característica agrônômica interessante, seja para o mercado *in natura* ou para a indústria. No entanto, a alta carga de frutos na planta não possibilitou boa distribuição e deposição dos fotoassimilados nos frutos, tornando-os 49% mais leves, comparados com os frutos da cultivar mais produtiva (Tabela 1). Além disso, os frutos obtiveram baixo teor de sólidos solúveis devido ao desequilíbrio na relação fonte/dreno. Entretanto, a baixa quantidade de sólidos solúveis não seria um impedimento para a indústria, a qual visa bons rendimentos de polpa, porém seria para o comércio de frutos *in natura*.

Ao analisar as condições ambientais verifica-se que as parcelas onde situavam-se as plantas da cv. Guarani apresentaram altos valores de umidade relativa, que pode ter sido ocasionado pelo formato do dossel fechado, o que proporcionou maior retenção de umidade sobre a planta.

A temperatura afeta diretamente a velocidade das reações químicas e atividade enzimática que ocorrem no metabolismo das plantas (LARCHER, 2000). Os estudos de Cui *et al.* (2021) evidenciaram que o morangueiro submetido a temperaturas extremas (2°C e 35°C), em um curto período de tempo, afetaram a formação das flores e frutos. Apesar do local cujas plantas das cultivares Festival e Oso Grande situavam-se apresentarem a maior e menor temperatura do ar, respectivamente, ambas cultivares apresentaram baixas temperaturas sobre a folha, estando entre as cultivares mais produtivas do trabalho. Isso pode ter ocorrido devido ao maior número de mecanismos morfofisiológicos, dentre eles, melhor controle na abertura e fechamento estomático, menor taxa de transpiração e maior espessura cuticular, que proporcionam melhor adaptabilidade a condições adversas frente as demais cultivares avaliadas, o que diminui os impactos negativos que a temperatura do ar muito elevada ou muito baixa ocasiona no desenvolvimento vegetal.

Os teores de sólidos solúveis variaram de 6,68 a 8,76° Brix, resultados estes semelhantes aos encontrados por Camargo et al. (2018) (6,3 a 9,7° Brix) e Antunes et al. (2010) (6,8 a 8,7° Brix). Apesar da variação encontrada nas diferentes cultivares avaliadas, todas são consideradas com boas características organoléticas, de acordo com Palha *et al.* (2005), uma vez que morangos considerados adequados devem apresentar valores de sólidos solúveis variando de 7 a 10°Brix.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os níveis de sólidos solúveis totais modificam com a espécie, cultivar, estágio de maturação e clima, com variação de 2 a 25%. Altos valores de sólidos solúveis estão atrelados a temperaturas elevadas, conforme

relatado por Resende *et al.* (2010), uma vez que temperaturas altas aumentam a síntese de compostos secundários, além de permitir que a planta acumule maiores concentrações de açúcares solúveis.

A acidez titulável diminui a partir da colheita dos frutos, servindo de substrato para a respiração celular. Frutos mais saborosos devem ter no mínimo 7% de sólidos solúveis e 0.8% de acidez (KADER, 2002). As cultivares San Andreas, Albion e Festival atendem as características propostas por Kader (2002), apresentando frutos de qualidade sensorial agradável.

Os frutos da cultivar San Andreas obtiveram 23% maior acidez em relação a média das demais cultivares, além de bons resultados nos teores de sólidos solúveis, vitamina C e firmeza. A alta temperatura do solo sobre o mulching e do ar não afetou as características de fruto da cv. San Andreas, cultivar mais plantada no Brasil, mas afetou negativamente a produção e o número de frutos por planta. As condições ambientais extremas ofereceram um ambiente adverso ao crescimento vegetativo, o que não possibilitou a expressão do potencial vegetativo dessa importante cultivar. O valor médio de acidez titulável de 0.82% de ácido cítrico corroboram com os resultados encontrados por Camargo *et al.* (2018).

Existe um mercado crescente de consumidores que buscam alimentos nutracêuticos para a promoção da saúde. Dessa forma, a caracterização físico-química é de extrema importância para o posicionamento de materiais genéticos, produzindo frutos de maior qualidade em concentração de vitamina C, antocianinas, polifenóis e outros antioxidantes (CHIOMENTO *et al.*, 2021).

Rocha *et al.* (2008) e Musa *et al.* (2015) destacam que cultivares interferem no teor de vitamina C, podendo haver variação na concentração de ácido ascórbico de duas a três vezes. Apesar dessa afirmação, não foi possível observar nos resultados encontrados no presente trabalho, diferença significativa no teor da vitamina C. O teor médio de vitamina C foi de 49,79 mg 100 g⁻¹, resultado superior aos encontrados por Pinheiro *et al.* (2021) ao avaliarem diferentes materiais genéticos de morangueiro comumente plantados no Sul de Minas Gerais, incluindo as cultivares San Andreas, Oso Grande, Albion e Festival.

De acordo com os dados de composição química da USDA (2021), o teor médio de vitamina C para a cultura do morango é de 56 mg/100 g, ou seja, valor superior aos valores encontrados no presente trabalho para as cultivares San Andreas, Albion e Guarani. Segundo Gabas, Telis-Romero e Menegalli (2003), valores baixos no teor de

vitamina C podem ser justificados por diversos fatores, tais como: oxigênio, pH, luz, temperatura e conteúdo de umidade ou atividade da água.

Albion foi a cultivar com maior teor de antocianina, com 47,47 mg de cianidina-3 - glicosídeo 100 g⁻¹. A síntese de antocianinas está diretamente relacionada à incidência de luz, equilíbrio nutricional, mudanças de temperatura durante o crescimento e amadurecimento e, ao próprio sistema de cultivo (PORTELA; PEIL; ROMBALDI, 2012), tendo-se estabelecido que práticas agronômicas que aumentam o crescimento vegetativo resultam em decréscimo da síntese de antocianinas (SEVERO *et al.*, 2010). Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com estas afirmativas, uma vez que as parcelas onde a cultivar Albion estavam distribuídas apresentaram, de maneira geral, maiores temperaturas sob o mulching e sobre a folha e menor umidade relativa do ar (Figuras 3, 5 e 6), induzindo provavelmente a um menor crescimento vegetativo e, consequentemente, maior acúmulo de antocianinas (Tabela 2).

Frutos mais firmes possibilitam vida útil pós-colheita mais longa, menor dano ao manuseio e ao transporte a longas distâncias (PINHEIRO *et al.*, 2021). Estes fatores em conjunto viabilizam a produção em pontos estratégicos para alcançar novos mercados consumidores. As cultivares San Andreas, PR e Festival produziram frutos com maior firmeza e massa média. A deposição superior de biomassa dos frutos refletiu em maior organização estrutural e solidez, fazendo com que estas cultivares apresentassem maior firmeza. Já a cultivar Guarani, que apresentou baixa massa média de frutos, produziu frutos pouco firmes. Cultivar esta, que é destinada a indústria e necessitaria de frutos com boa firmeza para tolerar possíveis danos causados no transporte.

Em relação as bandas espectrais e as variáveis agronômicas. As bandas do vermelho, verde e o NDVI tiveram altas correlações com o número de folhas, comprimento foliar, largura foliar, produção por planta e número de frutos (Tabela 3).

Assim como no atual experimento, índices baseados no infravermelho (como é o caso do NDVI) puderam ser aplicados para prever a produção de arroz no delta do Nilo (ABOELGHAR *et al.*, 2011) sintomas de doenças foliares em videiras (DI GENNARO *et al.*, 2016) e rendimento de grãos na cultura do milho (SPITKÓ *et al.*, 2016).

A radiância espectral extraída dos polígonos das copas das plantas de morangueiro mostrou alta correlação entre a banda do vermelho (R) e as variáveis agronômicas, porém baixa correlação entre a banda do infravermelho próximo (NIR) e as variáveis agronômicas, por captar apenas o início do intervalo de frequência da região termal (850

nm) região em que a vegetação não possui a máxima energia refletida (MARTINS; GALO; VIEIRA, 2017).

A banda do infravermelho próximo está relacionada com a morfologia da planta, estrutura do tecido foliar e índice de área foliar; já as bandas do vermelho e do verde são mais sensíveis à concentração de clorofila (RESENDE *et al.*, 2020). Entretanto, os resultados do estudo em questão não corroboram com Resende *et al.* (2020), já que a banda do infravermelho próximo teve baixa capacidade de estimar variáveis relacionadas a estrutura foliar, como número de folhas, comprimento e largura foliar.

O número de folhas, comprimento foliar, largura foliar, produção e número de frutos do presente trabalho aumentam com o acréscimo do NDVI, o que corrobora em partes com Salvador Castilho *et al.* (2021) que afirmam que o NDVI está relacionado com a cobertura e biomassa vegetal. O índice SPAD e a massa de frutos, não apresentaram correlação com o NDVI, por terem pouca relação com a biomassa vegetal, difícil de ser detectado na resolução de pixels gerados nos voos do presente estudo.

Os resultados do presente trabalho demonstraram que a fenotipagem através de imagens de alto desempenho é um método eficiente para selecionar cultivares de morango com base no número de frutos, produção total por planta, largura e comprimento foliar e número de folhas.

Os trabalhos de Maciel *et al.* (2019) e Maciel *et al.* (2020) demonstram que imagens multiespectrais podem ser ferramentas úteis para detecção de níveis de carotenóides em folhas de alface (que estão altamente correlacionados com o índice SPAD), no entanto, no presente trabalho isso não foi possível de ser verificado, utilizando VANT.

Neste estudo a cultura do morangueiro apresenta alta correlação e baixos valores de R^2 para as variáveis agronômicas e a banda do vermelho (Figura 8), constatando a possibilidade em estimar diferentes características fenotípicas através de imagens, de forma rápida e precisa.

Os dados obtidos demonstram que a predição de modelos através de inteligência artificial é eficaz em trabalhos de fenotipagem de alto desempenho, sendo relatado em trabalhos que utilizam técnicas de processamento de imagens para estimar o desempenho agrônomo em culturas anuais (RESENDE *et al.*, 2020) e olerícolas (MARTINS *et al.*, 2021).

De maneira geral o RMSE foi baixo, exceto para a banda do infravermelho próximo (Tabela 4). A média do RMSE para as bandas do vermelho, verde e o NDVI

foram de 1,19 (para o índice SPAD), 6,91 (para o número de frutos por planta), 52,39 (para a produção), 2,38 (para o número de folhas), 0,58 (para comprimento foliar), 0,27 (para largura foliar) e 1,99 (para massa média dos frutos). Considerando-se a rapidez na aquisição de dados e diminuição da mão de obra, os resultados foram satisfatórios e condizentes com os dados determinados à campo, validando o modelo estimado pelo programa de inteligência artificial. Resende *et al.* (2020) encontraram RMSE de 885,07 cm² ao avaliar o índice de área foliar em milho e concluíram que os resultados foram satisfatórios de acordo com os dados levantados à campo, de forma convencional.

Todos os coeficientes de correlação estimados através de inteligência artificial atingiram maiores valores em relação aos coeficientes de Pearson, pois o programa realiza o treinamento do modelo com 80 % dos dados, causando melhor ajuste.

Não foi possível distinguir as cultivares testadas através das bandas do vermelho, verde e infravermelho próximo, pois todas elas apresentaram o mesmo padrão de reflectância. Isso pode ter ocorrido, por causa dos materiais utilizados apresentarem baixa variabilidade entre eles. De acordo com Maciel *et al* (2020), utilizar materiais genéticos com alta variabilidade, facilita a diferenciação de cultivares através da fenotipagem por imagens multiespectrais.

No entanto, foi possível relacionar os valores da banda do vermelho às características agrônômicas, fato de grande importância na fenotipagem através de imagens (Figuras 8 e 9).

As classes de distribuição dos pixels variam de acordo com cada variável agrônômica e estão representadas na legenda de cada mapa (Figura 9). As cultivares Festival, Guarani e Oso Grande possuíram maior nuvem de pixels, enquanto as cv. San Andreas, Albion e PR apresentaram menores nuvens de pixels para todas as variáveis agrônômicas.

As cultivares com maiores nuvens de pixels e maiores dosséis (Festival, Guarani e Oso Grande) apresentaram maior variação na distribuição das cores das classes dos pixels. Enquanto as cultivares San Andreas, PR e Albion apresentaram menor dossel vegetal e, conseqüentemente, menor nuvem de pixels.

De acordo com Furbank e Tester (2011), um dos gargalos no processo de fenotipagem é que requer grande esforço humano, além de algumas avaliações em certos ambientes limitarem o rendimento deste processo. Como forma de contornar esse problema, tem-se avaliação por imagens, que vem demonstrando ser eficaz, por ser rápida e com elevada correlação para diversas características anatômicas, fisiológicas e

bioquímicas de plantas (WALTER; LEIBISCH; HUND, 2015), como demonstrou o experimento em questão.

5 CONCLUSÕES

As condições ambientais do Cerrado influenciam a produção das diferentes cultivares de morango.

Cultivares que atingiram maior temperatura do solo sob o mulching, sobre o mulching e sobre as folhas foram as menos produtivas.

A cultivar mais adaptada, com melhor performance produtiva e de qualidade de frutos foi a Festival.

Foi possível estimar as variáveis agronômicas através das imagens multiespectrais coletadas aos 78 DAP.

As bandas espectrais do vermelho, verde e o NDVI podem ser utilizadas para estimar número de folhas, comprimento foliar, largura foliar, produção e número de frutos em cultivares de morangueiro.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOELGHAR, M. *et al.* Using SPOT data and leaf area index for rice yield estimation in Egyptian Nile delta. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 81-89, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2011.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982311000305?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- AFRIN, S. *et al.* Promising Health Benefits of the Strawberry: A Focus on Clinical Studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 64, p. 4435-4449, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00857>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.6b00857> Acesso em: 16 fev. 2022.
- AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.html>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- ANDRIOLO, J. L. *et al.* Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 267-272, fev. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000200003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/wJ8wLRvfkB3mrRwSkb6Fgxw/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócio HF**, v. 37, p. 88-92, 2020.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (ed.). **Morangueiro**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Embrapa Clima Temperado, Brasília, v. 1, 589 p., 2016.
- ANTUNES, L. E. C. *et al.* Yield and quality of strawberry cultivars. **Hortic. Bras.**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/YGnJn7CwCPbWFnVYhcSb8Nd/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- BERTOLIN, N. O. *et al.* Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 1627-1638, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n400567>. Disponível em: http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/567/pdf_375. Acesso em: 16 fev. 2022.
- BRAGA, A. R. C. *et al.* Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 68, p. 31-40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157517301850?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

- BRANDÃO FILHO, J.U.T. *et al.* **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, 535 p. ISBN: 978-65-86383-01-0. DOI: <https://doi.org/10.7476/9786586383010>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- CAMARGO, J. **Produtor cria morango resistente e mais produtivo em Minas Gerais**: variedade é 100% nacional e foi recentemente reconhecida pelo ministério da agricultura. Variedade é 100% nacional e foi recentemente reconhecida pelo Ministério da Agricultura. 2017. Estiva (MG) - Atualizado em 01/03/2017 às 10h03min. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/programas/produtor-cria-morango-resistente-mais-produtivo-minas-gerais-66292/>. Acesso em: 03 fev. 2022.
- CAMARGO, L. K. P. *et al.* Post - harvest characterization of strawberry hybrids obtained from the crossing between commercial cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.] v. 40, n. 4, p. 1-6, e821, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018821>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/wRwpKSKMq4vbGj5Ph78LLwB/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- CARMO, G. J. S. *et al.* Detection of lesions in lettuce caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* by supervised classification using multispectral images. **Canadian Journal of Remote Sensing**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/07038992.2021.1971960>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07038992.2021.1971960>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- CHIOMENTO, J. L. T. *et al.* Horticultural potential of nine strawberry cultivars by greenhouse production in Brazil: A view through multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 279, n. 15, p. 1-8, mar., 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109738>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423820305665?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 785 p., 2005.
- COSTA, R. C. *et al.* Performance of day-neutral strawberry cultivars in soilless culture. **J. Crop Sci.** Aust, v. 10, p. 94–100, 2016.
- CUI, M. *et al.* Flower development and fruit malformation in strawberries after short-term exposure to high or low temperature. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 288, p. 1-9, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110308>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821004155?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- DI GENNARO, S. *et al.* Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-based remote sensing to monitor grapevine leaf stripe disease within a vineyard affected by esca complex. **Phytopathologia Mediterranea**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 262–275. 2016.
- DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. Morango: conquistando novas fronteiras: cultivares. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 20-23, jan. 2007. ISSN: 0100-3364.
- DURNER, E. F. Photoperiod affects floral ontogeny in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) plug plants. **Sci. Hortic**, [s. l.], v. 194, p. 154–159, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.006>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301254?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

ELSTONE, L.*et al.* High Speed Crop and Weed Identification in Lettuce Fields for Precision Weeding. **Sensors**, [s.l.], n. 20, 455p., 2020. DOI:
<https://doi.org/10.3390/s20020455>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/2/455>. Acesso em: 16 fev. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3^a. ed. Rio de Janeiro: RJ. Embrapa Solos, 2013. 350p.

ENVI 5.1. Programa de processamento de imagens. Disponível em:
<http://www.envi.com.br/index.php>. Acesso em: 15 dez. 2021.

FAGHERAZZI, A. F.*et al.* Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, [s.l.], v. 1156, p. 937-940, 2017. DOI:
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.138>. Disponível em:
https://www.actahort.org/books/1156/1156_138.htm. Acesso em: 16 fev. 2022.

FURBANK, R.T.; TESTER, M. Phenomics: technologies to relieve the phenotyping bottleneck. **Trends in plant science**, [s.l.], v. 16, p. 635–644, 2011. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.09.005>. Disponível em:
[https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(11\)00209-3?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1360138511002093%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(11)00209-3?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1360138511002093%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 16 fev. 2022.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 66-70, dez. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400013>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cta/a/s3c3jWsSj7dvZJ3nzQrdcVj/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry**, [s.l.], v. 2, p. 1-13, 2001. DOI:
<https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>. Disponível em:
<https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471142913.faf0102s00>. Acesso em: 16 fev. 2022.

HE, M. et al. Regional crop gross primary productivity and yield estimation using fused landsat-MODIS data. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 372, 2018. DOI:
<https://doi.org/10.3390/rs10030372>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/3/372>. Acesso em: 16 fev. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, p. 394-395, 1985.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3 ed. Oakland: University of California, 535p, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. ISBN: 85-865553-03-8.

LEDA, V. C. *et al.* Sensoriamento remoto aplicado a modelagem de produtividade da cultura da cana-de-açúcar. **Energia na Agricultura**, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 263-270, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2019v34n2p263-270>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3720>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MACIEL, G. M. *et al.* Image phenotyping of inbred red lettuce lines with genetic diversity regarding carotenoid levels. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [s.l.], v. 81, p. 154–160, set., 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.05.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030324341930008X?via%3DiHub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MACIEL, G. M. *et al.* Image phenotyping of lettuce germplasm with genetically diverse carotenoid levels. **Bragantia**, Campinas, v. 79, n. 2, p. 224-235, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190519>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/m8PN3sfYmtmwDwtD3pdZmqj/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MARTINS, G.D., GALO, M.L.B.T., VIEIRA, B.S. Detecting and mapping root-knot nematode infection in coffee crop using remote sensing measurements. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, [s.l.], v. 10, p. 5395-5403, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2737618>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8016326>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MARTINS, G. D. *et al.* Estimation of biometric, physiological, and nutritional variables in lettuce seedlings using multispectral images. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 10, p. 689-695, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n10p689-695>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kb7DVFhWHWgNZvdqVyVTKVy/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.

MUSA, C. I. *et al.* Avaliação do teor de vitamina C em morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 37, n. 2, p. 368-373, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X16810>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaenatura/article/view/16810>. Acesso em: 16 fev. 2022.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de cultivares de morangueiro. **Scientia Agraria**, Paraná, v. 12, n. 2, p. 69-74, mar. 2011. ISSN: 1519-1125. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v12i2.33718>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/33718>. Acesso em: 16 fev. 2022.

PALHA, M. *et al.* **Manual do Morangueiro**. Projeto PO AGRO DE&D nº 193: Tecnologias de produção integrada no morangueiro visando a expansão da cultura e a reconquista do mercado, 137p., 2005.

PAPAROZZI, E. T. *et al.* Strawberry cultivars vary in productivity, sugars and phytonutrient content when grown in a greenhouse during the winter. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 227, p. 1-9, jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304661?via%3DiHub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

PINHEIRO, D. F. *et al.* Physical, biochemical, and sensory properties of strawberries grown in high-altitude tropical climate. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 45, p. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145008221>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/LxBxjZ7d9HdkRxDLMRYdJwz/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.

PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E., KUPLICH, T.M. **Sensoriamento Remoto da vegetação**, 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 266-273, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/FcBtJKLpxSrZL9FgDyDhFMC/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.

R Core Team. **R - A language and environment for statistical computing**. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 08 ago. 2021

RAJA, R. *et al.* Real-time weed-crop classification and localisation technique for robotic weed control in lettuce. **Biosyst. Eng**, [s.l.], v. 192, p. 257-274, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.02.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511020300428?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

RESENDE, D. B. *et al.* Uso de imagens tomadas por aeronaves remotamente pilotadas para detecção da cultura do milho infestada por *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 13, n. 1, p. 156-166, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p156-166>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242326>. Acesso em: 16 fev. 2022.

RESENDE, J. T. V. *et al.* Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.185-189, abr/jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/4cqqX6jy59K4nr6kxMqQRHv/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359 p., 1999.

RYAN, J. J.; DUPONT, J. A. Identification and analysis of the major acids from fruit juices and wines. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 45-49. 1973. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60185a018>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf60185a018>. Acesso em: 16 fev. 2022.

ROCHA, D. A. *et al.* Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras/MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400046>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/DxWC3Jw4zZMK7M7YJrX5kqp/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SALVADOR-CASTILLO, J. M. *et al.* Estimación de la fracción de cobertura vegetal y contenido de nitrógeno del dosel en maíz mediante sensores remotos: Fractional vegetation cover and canopy nitrogen estimation in corn through remote sensing. **Terra Latino Americana**, [s.l.], v. 39, p. 1-11, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.899>. Disponível em: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/899>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SANTOS, E. M. dos. *et al.* Yield and quality of strawberry fruits fertilized with bovine biofertilizer. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 16-26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n103rc>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/SpXFcFsNmnhLxzXmKDbt6g/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SEVERO, J. *et al.* Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 126, p. 995-1000, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.107>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610015256?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SONSTEBY, A.; SOLHAUG, K. A.; HEIDE, O. M. Functional growth analysis of ‘Sonata’ strawberry plants grown under controlled temperature and daylength conditions. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 211, p. 26-33, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423816303892?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SPIRKÓ, T. *et al.* Connection between normalized difference vegetation index and yield in maize. **Plant soil and environment**, [s.l.], v. 62, p. 293-298, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17221/676/2015-PSE>. Disponível em: <https://www.agriculturejournals.cz/web/pse.htm?volume=62&firstPage=293&type=publishedArticle>. Acesso em: 16 fev. 2022.

STRAND, L. L. Strawberry growth and development. In: FLINT, M. L. (Ed.). **Integrated pest management for strawberries**. 2 ed. Berkeley: University of California, p. 5-10, 2008. (Statewide IPM Project 1994. Publication, 3351).

TANG, Y. *et al.* The effect of temperature and light on strawberry production in a solar greenhouse. **Solar Energy**, [s.l.], v. 195, p. 318-328, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.070>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X19311715?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

TAZZO, I. F. *et al.* Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 37, n. 3, p. 550-558, set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/BWfPC5CbrRt4Wy7gxmyvXqv/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.

USDA - United States Department of Agriculture. 2021. **National Nutrient Database for Standard Reference strawberry release**. Disponível em:

<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/747448/nutrients>. Acesso em: 13 dez. 2021

VARELLA, C. A. A; MEDEIROS, R.; GLERIANI, J. M. Agricultura de Precisão e Sensoriamento Remoto. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: 58 tecnologias e perspectivas**. 2 ed. rev e ampl. Viçosa, MG: Os editores, 258 p., 2011. Cap. 9,

WALTER, A.; LIEBISCH, F.; HUND, A. Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. **Plant Methods**, [s.l.], v.11, n. 14, p. 1-11, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-015-0056-8>. Disponível em: <https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-015-0056-8>. Acesso em: 16 fev. 2022.

WEKA - The university of Waikato: waikato environment for knowledge analysis, version 3.8.5, Hamilton, New Zealand. 2020.

XIONG, Y. *et al.* Application of the radial basis function neural networks to improve the nondestructive Vis/NIR spectrophotometric analysis of potassium in fresh lettuces. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 298. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110417>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877420305033?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

YU, J. *et al.* Analysis and evaluation of strawberry growth, photosynthetic characteristics, biomass yield and quality in an artificial closed ecosystem. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 195, p. 188-194, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301679?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2022.

ZANIN, D. S. *et al.* Agronomic performance of cultivars and advanced selections of strawberry in the South Plateau of Santa Catarina State. **Ceres**, [s.l.], v. 66, p. 159–167, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201966030001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/H5jGCdnqfTCqcD8Gj8xHcLH/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2022.