



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

SABRINA ARAÚJO DOS SANTOS

**MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO
DO GIRASSOL ORNAMENTAL**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Brasília – DF
Julho/2023

SABRINA ARAÚJO DOS SANTOS

**MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO
DO GIRASSOL ORNAMENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária da Universidade de
Brasília, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof^a Dr^a Jordana Moura
Caetano

Brasília, DF

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

AS237m Araújo dos Santos, Sabrina
Modelos agrometeorológicos para estimativa de crescimento do girassol ornamental / Sabrina Araújo dos Santos; orientador Jordana Moura Caetano. -- Brasília, 2023.
54 f.

Monografia (Graduação – Agronomia) – Universidade de Brasília, 2023.

1. Girassol Ornamental. 2. Modelos Agrometeorológicos. 3. Variáveis biométricas

I. Moura Caetano, Jordana, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, S. A. **Modelos agrometeorológicos para estimativa de crescimento do girassol ornamental**. 54 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Sabrina Araújo dos Santos

Título da Monografia de Conclusão de Curso: MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO DO GIRASSOL ORNAMENTAL

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

SABRINA ARAÚJO DOS SANTOS

E-mail: sabrinaaraujo.unb@gmail.com

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV

**MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO
DO GIRASSOL ORNAMENTAL**

Sabrina Araújo dos Santos

Matrícula: 18/0108972

Orientadora: Prof^a Dr^a Jordana Moura Caetano

Matrícula: 1131699

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:

Professora Dr^a Jordana Moura Caetano
Universidade de Brasília – UnB
Orientador (a)

Professora Dr^a Selma Regina Maggiotto
Universidade de Brasília – UnB
Examinador (a)

Professor Dr. Julio Barea Pastore
Universidade de Brasília – UnB
Examinador (a)

DEDICATÓRIA

À Deus, por seu infinito amor. Devo a Ele tudo que tenho e sou. A meus pais, Antonia e Manuel, pois são a extensão do amor de Deus por mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, criador de todas as coisas, Dele provém toda força e capacitação necessárias para a realização deste trabalho. Toda honra e glória sejam dadas a Ele.

À minha família, por todo apoio, incentivo e conselhos. À minha mãe, Antonia, exemplo de mulher, por tudo que fez e faz por mim todos os dias, por seu amor e carinho, por toda força e por estar comigo em todos os momentos. Ao meu pai, Manuel, por seu amor e paciência, por sua sinceridade e por sempre me lembrar que posso alcançar níveis maiores. Amo vocês!

Aos meus amigos e colegas, que estiveram ao meu lado ao longo de toda a jornada acadêmica, por todo incentivo e todas as memórias que construímos juntos. Em especial aqueles que estiveram ao meu lado nos dias mais difíceis, por todo amor e paciência, o apoio de vocês foi fundamental para que eu me reencontrasse.

À minha orientadora, Dra. Jordana Moura Caetano, por ser uma referência profissional, por sua paciência e parceria, por cada palavra de incentivo e por acreditar em mim. A todos os professores que contribuíram na minha formação, agradeço por cada palavra de incentivo e por todos os ensinamentos.

A todos os servidores da Fazenda Água Limpa que sempre foram muito solícitos em nos auxiliar durante o experimento e por toda contribuição nas disciplinas ministradas na FAL.

A todos aqueles que ao longo da vida, acrescentaram positivamente na formação de quem sou hoje.

SANTOS, S. A. MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO DO GIRASSOL ORNAMENTAL. 54 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2023.

RESUMO

A floricultura é um mercado em expansão, apresentando crescimento de 10% ao ano desde a década de 1990. No Brasil, o Distrito Federal se destaca como maior produtor e consumidor da região Centro-Oeste, mas os produtores carecem do uso de tecnologias e técnicas de cultivo. Pensando na intensificação e na precisão do cultivo de girassol ornamental, o trabalho teve como objetivo avaliar quais variáveis climáticas influenciam no crescimento e desenvolvimento da altura e diâmetro de haste, a fim de gerar modelos matemáticos que determinem os parâmetros altura e diâmetro em função das variáveis climáticas e por conseguinte, validar a aptidão desses modelos. O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa, em Brasília - DF, utilizando o método de delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos 2 cultivares de girassol (Sol Vermelho e Sol Noturno), com 5 repetições. Foi utilizada irrigação por gotejamento com vazão de 6 L/h e lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura – ETc. Foram coletados dados de altura e diâmetro semanalmente ao longo do ciclo da cultura, assim como dados de temperatura do ar e radiação solar. A partir dos dados de temperatura foram obtidos os dados de soma térmica acumulada e temperatura média do ar ao longo do ciclo da cultura. Os dados de altura, diâmetro, soma térmica acumulada, temperatura média do ar e radiação solar foram submetidos às análises de correlação de Pearson, análise de componentes principais (PCA) e análise de regressão linear múltipla pelo método de Stepwise ($\alpha = 0,05$), onde altura e diâmetro foram consideradas variáveis dependentes e as variáveis meteorológicas foram consideradas variáveis de entrada independentes. As análises indicaram que a soma térmica acumulada foi a variável que mais se relacionou com o crescimento da altura e diâmetro das cultivares de girassol e os modelos gerados são aptos para a determinação desses parâmetros, visto que obtiveram desempenho muito bom ($0,75 < c \leq 0,85$) ou ótimo ($c > 0,85$).

Palavras chaves: *Helianthus annuus*; variáveis biométricas; análise de componentes principais; análise de regressão linear múltipla.

AGROMETEOROLOGICAL MODELS FOR ESTIMATING ORNAMENTAL SUNFLOWER GROWTH

ABSTRACT

Floriculture is an expanding market, showing growth of 10% per year since the 1990s. In Brazil, the Federal District stands out as the largest producer and consumer in the Midwest region, but producers lack the use of technologies and techniques of cultivation. Thinking about the intensification and precision of ornamental sunflower cultivation, the objective of this work was to evaluate which climatic variables influence the growth and development of height and stem diameter, in order to generate mathematical models that determine the height and diameter parameters as a function of the climatic variables, and therefore validate the suitability of these models. The experiment was conducted at Fazenda Água Limpa, in Brasília - DF, using a completely randomized design, with 2 sunflower cultivars (Sol Vermelho and Sol Noturno), with 5 replications. Drip irrigation was used with a flow rate of 6 L/h and a depth of 100% of the crop's evapotranspiration – ET_c. Height and diameter data were collected weekly throughout the crop cycle, as well as air temperature and solar radiation data. From the temperature data, the accumulated thermal sum and average air temperature data were obtained throughout the crop cycle. The height, diameter, accumulated thermal sum, mean air temperature and solar radiation data were submitted to Pearson's correlation analysis, principal component analysis (PCA) and multiple linear regression analysis using the Stepwise method ($\alpha = 0.05$), where height and diameter were considered dependent variables and meteorological variables were considered independent input variables. The analyzes indicated that the accumulated thermal sum was the variable that most related the growth in height and diameter of sunflower cultivars and the generated models are suitable for determining these parameters, since they obtained very good performance ($0.75 < c \leq 0.85$) or excellent ($c > 0.85$).

Keywords: *Helianthus annuus*; biometric variables; principal component analysis; multiple linear regression analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases vegetativas do girassol.....	21
Figura 2 – Fases reprodutivas do girassol.....	23
Figura 3 – Croqui da área experimental.....	33
Figura 4 – Cultivares Sol Vermelho e Sol Notumo.....	34
Figura 5 – Demonstração da coleta de dados	36
Figura 6 – Biplot cultivar Sol Vermelho	41
Figura 7 – Biplot cultivar Sol Notumo	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise do solo.....	32
Tabela 2 – Correlação de Pearson.....	39
Tabela 3 – Análise de componentes principais.....	40
Tabela 4 – Modelo agrometeorológico para cv. Sol Vermelho.....	43
Tabela 5 – Modelo agrometeorológico para cv. Sol Noturno.....	43
Tabela 6 – Modelo agrometeorológico geral.....	43
Tabela 7 – Análise estatística dos modelos agrometeorológicos.....	44

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Floricultura	15
2.1.1 Cenário Mundial.....	15
2.1.2 Cenário Brasileiro.....	16
2.1.3 Cenário do Distrito Federal.....	17
2.2 Girassol ornamental	18
2.2.1 Botânica.....	19
2.2.2 Fisiologia.....	19
2.2.3 Pragas e doenças.....	24
2.2.4 Necessidades nutricionais	24
2.2.5 Tratos culturais.....	25
2.2.6 Cultivares.....	26
2.2.7 Bioclimatologia da cultura	27
2.2.8 Irrigação em girassol ornamental.....	28
2.3 Modelos matemáticos de estimativa de produção	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	32

3.1	Unidade experimental.....	32
3.2	Manejo da cultura.....	34
3.3	Manejo da irrigação.....	35
3.4	Dados morfológicos.....	35
3.5	Dados climatológicos.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5	CONCLUSÕES.....	46
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A floricultura é um ramo na agropecuária que reúne atividades produtivas e comerciais com foco em espécies ornamentais. É um mercado em expansão e apresenta crescimento anual de 10% desde a década de 1990. A atividade possui boa rentabilidade por área cultivada, pois se constitui de produtos com alto valor agregado, movimentando anualmente cerca de 55 bilhões de dólares pelo mundo. Além disso, é uma atividade que movimenta o mercado de trabalho, pois exige 15 vezes mais o uso de mão de obra do que a produção de cereais (VIEIRA et al., 2006; EXPOFLORES, 2019). A pandemia da Covid-19 em 2020 trouxe visibilidade para o cultivo e contemplação de flores e plantas ornamentais, visto que essas práticas são uma ótima opção de hobby e terapia ocupacional em períodos de reclusão trazendo sensação de bem-estar, além de ser uma alternativa aos cuidados da saúde mental.

No Brasil, o estado de São Paulo se destaca por ser o maior produtor e consumidor de flores e plantas ornamentais. O estado concentra a maior parcela de áreas destinadas a floricultura, além de reunir a maior concentração de estufas destinadas a produção no país. O Distrito Federal se destaca como maior produtor e consumidor da região Centro-Oeste, contudo, sua base produtiva é constituída de pequenos produtores e possui déficit do uso de tecnologias e técnicas de cultivo. A floricultura é uma atividade que corresponde a 0,53% de todo o PIB nacional (CEPEA; IBRAFLORES, 2022), além de representar uma das principais atividades geradoras de ocupação, emprego e renda para micro e pequenos produtores em todo o país, assim como importantes parcelas do trabalho feminino rural.

O girassol conquistou o mercado da floricultura por sua beleza e exuberância, também por possuir alta adaptabilidade de produção em campo e em vaso. É uma planta de fácil propagação e manejo e dispõe de um ciclo curto, o que favorece rápido retorno financeiro ao produtor. Apesar de ser uma cultura muito adaptável, fatores climáticos como temperatura do ar, radiação solar e precipitação são intrínsecas para um bom desenvolvimento e a produtividade do girassol. A temperatura e a disponibilidade hídrica afetam diretamente na emergência da plântula e no processo de floração, assim como a radiação solar interfere nos processos fisiológicos, na área foliar, no desenvolvimento de sementes e número de aquênios. Todos esses fatores

influenciam de forma direta no ciclo da cultura, podendo aumentar ou diminuir a duração das fases fenológicas, o que pode acarretar prejuízos ao produtor.

O uso de tecnologias auxilia na intensificação e na precisão da agricultura, um exemplo é o uso de modelos matemáticos elaborados para o crescimento e desenvolvimento de culturas. Esses modelos são uma ferramenta que auxiliam o produtor a aumentar a compreensão sobre os processos que envolvem o desenvolvimento das culturas, além de serem um apoio em estratégias e tomada de decisão.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar quais variáveis climáticas estão associadas ao desenvolvimento da altura da planta e diâmetro de haste ao longo do ciclo da cultura de duas cultivares de girassol ornamental, Sol Vermelho e Sol Noturno, em condições de campo e irrigado com lâmina de água de 100% da ETc, gerar modelos de regressão linear múltipla de determinação desses parâmetros em função das variáveis climáticas para as duas cultivares e modelos de regressão que independem da cultivar, e por fim, a realização da validação desses modelos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Floricultura

A floricultura é um ramo da agropecuária que compreende um conjunto de atividades produtivas e comerciais com foco em espécies ornamentais. As plantas ornamentais são constituídas por espécies com ou sem ramos lenhosos, podendo ser anuais ou perenes, flores e ramagens de corte, flores em vasos, assim como folhagens para decoração de interiores e material de propagação (OLIVEIRA e BRAINER, 2007).

O início dessa atividade no Brasil foi na década de 1950, e somente profissionalizou-se a partir da década de 70 com a chegada de imigrantes holandeses, principalmente, na cidade de Holambra em São Paulo (JUNQUEIRA e PEETZ, 2008), sendo hoje, um polo de destaque na floricultura brasileira.

A floricultura é uma atividade que possui boa rentabilidade por área cultivada por possuir alto valor agregado em seus produtos, além disso, apresenta uma boa produtividade em pequenas propriedades e é propícia para o cultivo em terras marginais, consideradas inadequadas em outras atividades agropecuárias. Um aspecto social dessa atividade é a importância do uso de mão de obra, sendo em média 15 vezes maior do que em grandes produções como a de cereais (VIEIRA et al., 2006).

A Confederação da Agricultura e da Pecuária do Brasil, CNA (2021), enquadra a produção de flores e plantas ornamentais como atividades essenciais na agropecuária, isso se torna evidente em datas comemorativas como dia das mães, dia de finados, dia da mulher e dia dos namorados que apresentam um pico de consumo de flores e plantas ornamentais (AKI & PEROSA, 2002).

2.1.1 Cenário Mundial

De acordo com Neves e Pinto (2015), atualmente, os maiores produtores mundiais de flores e plantas ornamentais são a União Europeia, seguida por China, EUA, Japão e Colômbia. A Holanda é o maior produtor e exportador, seguido pela Colômbia como o segundo maior exportador. Outros países como Peru, Itália, Costa

Rica, Chile, México, Dinamarca, Equador, Israel, Quênia, África do Sul e Austrália também se destacam no mercado. A Holanda é, também, o principal importador da Europa, sendo outros países importadores de destaque a Noruega, Alemanha, EUA e Argentina. O mercado de flores e plantas ornamentais se difere de outros mercados no quesito de complementaridade, pois em períodos de entressafra os maiores exportadores não são os maiores importadores, excetuando-se a Holanda (VIEIRA et al., 2006).

Estimativas apresentadas no relatório Expoflores (2019) afirmam que o valor global da produção floral é estimado em 55 bilhões de dólares. Vieira et al. (2006) constataram que a floricultura movimentava valores próximos a 16 bilhões de dólares por ano em nível de produtores e consumo estimado em 44 bilhões de dólares por ano em nível de varejo. Os autores também afirmaram que o mercado vem mostrando expansão de 10% ao ano desde a década de 1990.

As flores de corte, assim como plantas vivas e mudas, representam 94% das exportações e importações mundiais do setor de plantas ornamentais, gerando uma movimentação de mais de 19 bilhões de dólares para a exportação e mais de 17,8 bilhões de dólares para importações (BRAINER, 2019). Brainer (2018), indica que apesar de a Índia apresentar a maior área plantada, possuindo 242 mil hectares, a Holanda se destaca como maior produtora, possuindo 7.301 hectares, pois grande parte da sua produção são cultivos protegidos em estufas, o que garante o aumento da produtividade.

2.1.2 Cenário Brasileiro

A floricultura brasileira ganhou força a partir da década de 1950, quando a atividade ficou concentrada principalmente no estado de São Paulo, com a chegada dos imigrantes holandeses que fundaram a cidade de Holambra/SP e dos japoneses na cidade de Atibaia/SP, mas também em Santa Catarina e Rio Grande do Sul com a influência dos imigrantes alemães e poloneses (SEBRAE, 2015).

Apesar da atividade estar presente em quase todos os estados brasileiros, o polo de destaque é a região Sudeste, em especial, o estado de São Paulo que concentra a maior parcela, constituindo 53,3% do número global de produtores e

65,9% da área total cultivada com flores e plantas ornamentais no país, além de somar a maior parcela de toda a área nacional de estufas para a floricultura (SEBRAE, 2015).

Côrrea et al. (2009) citam como um fator de relevância para o setor de floricultura a criação do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLO) em 1994. O instituto nasceu com o objetivo de integrar e representar politicamente os diferentes elos no âmbito nacional e internacional. O IBRAFLO é atualmente o maior agente regulador do setor de flores e plantas ornamentais do Brasil. Algumas das ações promovidas pelo IBRAFLO são a promoção da capacitação, profissionalização e qualificação técnica dos produtores e demais agentes da cadeia produtiva, além de ser um agente facilitador elaborando diagnósticos estruturais e prospectivos dos segmentos e mantendo informado e atualizado o quadro de associados quanto a questões regulamentares, fitossanitárias, tributárias e comerciais, entre outras ações institucionais (IBRAFLO, 2013).

O setor produtivo de flores e plantas ornamentais possui uma posição relevante no agronegócio nacional, sendo que em 2017 o PIB gerado por essa atividade foi de R\$ 7,16 bilhões e o PIB gerado dentro da porteira somou R\$ 1,67 bilhões, 23% do total da cadeia (CEPEA; IBRAFLO, 2022). Também se destaca por agregar alto potencial de expansão futura e representa uma das principais atividades geradoras de ocupação, emprego e renda para micro e pequenos produtores em todo o país, assim como importantes parcelas do trabalho feminino rural (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014).

2.1.3 Cenário do Distrito Federal

O Distrito Federal é o principal produtor de flores e plantas ornamentais da região Centro-Oeste, conta com produtores de pequeno porte e uma área cultivada de 160 hectares com enfoque em plantas ornamentais para paisagismo e jardinagem, flores e folhagens de corte e flores e folhagens envasadas (SEBRAE, 2015).

No ano de 2014, o Distrito Federal se consolidou como maior mercado *per capita* de flores e plantas ornamentais do Brasil. O fato de ser uma cidade planejada influencia a procura por plantas ornamentais para o uso em projetos paisagísticos e de jardinagem, além de fatores como maior renda *per capita* brasileira por habitante, alto nível de formação cultural e informação geral (VIDAL et al., 2022).

Outro fator citado por VIDAL et al. (2022) é a busca por qualidade de vida e bem-estar, já sendo comprovado que práticas associadas ao cultivo e contemplação de flores e plantas ornamentais são opções no auxílio ao cuidado com a saúde mental da população, assim como auxilia no tratamento e recuperação de doenças mentais e outras doenças, além de ser um hobby e terapia ocupacional em períodos de reclusão como na pandemia da Covid-19 (REIS et al., 2020).

Os produtores do Distrito Federal utilizam como principais tecnologias a estufa e o sistema de irrigação, visto que o Distrito Federal passa por um período de seca entre os meses de maio a setembro, o uso dessas tecnologias proporciona ao produtor fluidez na oferta do produto e melhor qualidade dos produtos. O investimento em tecnologias na produção de floricultura agrega valor aos produtos e equaliza o produto ao nível de exigência do mercado consumidor, possibilita também o aumento da produtividade e a melhora na qualidade dos produtos, além de produzir fora de épocas convencionais e garante melhores preços de venda ao produtor (VIDAL et al, 2022).

2.2 Girassol ornamental

Por muito tempo acreditou-se que o Peru era o centro de origem da domesticação do girassol, mas estudos mais recentes indicam que o México foi o berço da domesticação do girassol (LENTZ et al., 2001). A planta de alta exuberância, antes utilizada principalmente na alimentação animal e para a extração de óleo, hoje conquistou o mercado da floricultura como planta ornamental.

Comercialmente, a parte mais utilizada como planta ornamental é a flor do girassol, possuindo alta aceitação no mercado pela sua beleza, forma e cor. Possui alta adaptabilidade para produção de flores de corte e de vaso (BUDAG e SILVA, 2000), principalmente por dispor de ciclo curto e ser de fácil propagação. A cultura permite que o produtor programe a colheita das flores conforme a necessidade, também é possível prolongar o uso ornamental através da utilização da escala de senescência, permitindo que o tempo necessário para chegar do produtor até o consumidor seja quantificado. Esta prática possibilita uma variação sazonal da produção com qualidade de produto além de tornar o girassol ornamental um grande potencial no mercado (CURTI et al., 2012).

2.2.1 Botânica

O girassol, nome científico *Helianthus annuus* L., é uma dicotiledônea anual pertencente à ordem *Asterales* e família *Asteraceae*. Seu gênero, *Helianthus* L., é complexo e possui 49 espécies, sendo 12 delas anuais e 37 perenes (CAVASIN JUNIOR, 2001).

O girassol se classifica botanicamente no Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Asterales, Família Asteraceae, Gênero *Helianthus* L. e da Espécie *Helianthus annuus* (LEITE et al., 2005).

2.2.2 Fisiologia

O girassol é uma planta de haste única e ereta, não ramificada, pubescente e áspera, vigorosa e cilíndrica (ROSSI, 1998). Seu ciclo biológico envolve uma sequência de alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas que se sucedem da semente até a fase de maturação, sendo essas alterações são denominadas de fases fenológicas e separadas por estádios fenológicos (CONNOR & HALL, 1997).

O sistema radicular é do tipo pivotante, isto é, possui uma raiz principal e raízes secundárias abundantes, e cresce mais rápido que a parte aérea no começo do desenvolvimento da planta. Durante a fase de cotilédones, as raízes atingem de 4-8 cm de comprimento e no período de floração atingem o máximo de crescimento, podendo chegar até 4 m de profundidade em solos arenosos (ROSSI, 1998).

De acordo com Vrânceanu (1977), apresenta pecíolos curtos e carnosos, com formato ovalado e aproximadamente 3 cm de comprimento e 2 cm de largura. Após a emergência e surgimento dos cotilédones, surge o primeiro par de folhas dispostas de formas opostas, com maior desenvolvimento da lâmina foliar, apresentam formato rombóide, lembrando o formato de um losango, mas podem apresentar formato lanceolado também e bordos lisos. O segundo par de folhas possuem formato lanceolado, apresentando maior desenvolvimento do pecíolo e bordos serrados, enquanto o terceiro par apresenta formato triangular com bordos dentados.

O girassol possui inflorescência do tipo capítulo e suas flores são dispostas ao longo do receptáculo floral. O capítulo é composto pelo pedúnculo floral, receptáculo, flores e involúcro, seu diâmetro médio pode variar entre 17 e 22 cm a depender da

variedade, do híbrido e das condições ambientais em que está inserido. As flores inseridas no receptáculo podem ser tubulosas ou liguladas, sendo as tubulosas (flores férteis), as flores propriamente ditas e hermafroditas, apresentando cálice, corola, androceu e gineceu, enquanto as liguladas (flores inférteis), são flores incompletas que apresentam um ovário e cálice rudimentar, com uma corola transformada que se parece com uma pétala, um único capítulo pode apresentar de 30 a 70 flores liguladas (ROSSI, 1998). Ademais, as flores apresentam o fenômeno de protandria, onde o órgão masculino (antras) amadurece antes do órgão feminino (estigma) (VRÂNCEANU, 1977).

O nome do girassol, tanto botânico quanto o comum, tem origem de uma característica comum dessa planta: o movimento heliotrópico que é a capacidade de girar no sentido do movimento do sol. O movimento começa ao amanhecer, onde o caule se encontra em posição normal, virado para o leste. Com o surgimento do sol a planta começa a girar e faz uma volta de mais de 90°, estando de frente para o oeste ao entardecer. Esse movimento é realizado durante toda a fase de floração plena, e resulta, também, de um segundo movimento que a planta realiza, que é a ereção das folhas e do capítulo. Nesse movimento, o capítulo e as folhas superiores passam de caídas durante o amanhecer para eretas ao meio-dia e caídas novamente ao entardecer, o mesmo movimento ocorre durante a noite, onde o capítulo e as folhas ficam eretas a meia noite e tornam a cair ao longo da noite. Quando o florescimento se encerra, os capítulos permanecem virados para o leste (ROSSI, 1998).

Economicamente, o órgão de maior importância do girassol é seu fruto, chamado de maneira imprópria de semente. O fruto é um fruto seco, do tipo aquênio, oblongado e geralmente achatado, é composto pelo pericarpo (casca) e pela semente (polpa ou amêndoa). O fruto pode variar quanto ao tamanho, cor e teor de óleo conforme a cultivar (PEIXOTO, 2004).

O desenvolvimento do girassol é dividido em uma fase vegetativa (V) e outra reprodutiva (R), essas fases são detalhadas em uma escala fenológica descrita por Schneiter & Miller (1981). A fase vegetativa é iniciada na emergência da plântula e, posteriormente, é dividida em uma série de estádios, a fase vegetativa termina com o surgimento do botão floral. Os estádios vegetativos são definidos pelo número de folhas maiores que 4 cm de comprimento. As fases do período vegetativo são:

- VE (fase de emergência): Período de emergência do hipocótilo na superfície do solo e aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras que apresentam menos de 4 cm de comprimento.

- Vn (fase de desenvolvimento das folhas): Período de aparecimento das folhas verdadeiras maiores que 4 cm de comprimento. Esse estágio é definido pelo número de folhas: V1, V2, V3, V4, ..., Vn. Caso ocorra senescência foliar, a contagem e caracterização do estágio devem ser definidas levando em consideração o número de folhas ausentes, sendo essas possíveis de se identificar a partir das cicatrizes foliares no caule.

Figura 1 – Fases vegetativas: VE – aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras menores que 4 cm (A); V2 – folhas verdadeiras alcançaram os 4 cm (B); V4 – pares de folhas verdadeiras maiores que 4 cm (C).



A fase reprodutiva é dividida em nove estádios que se iniciam com o surgimento do botão floral e vai até a maturação fisiológica da planta. Os estádios da fase reprodutiva são:

- R1: A inflorescência é visível e fica circundada pela bráctea imatura, apresenta muitas pontas e fica com o formato parecido com uma estrela.

- R2: Há o alongamento de cerca de 0,5 a 2,0 cm do internódio abaixo da base do botão floral.

- R3: O internódio continua a se alongar em comprimentos maiores que 2 cm acima da última folha inserida no caule.

- R4: A inflorescência começa a abrir, ficando visível as flores liguladas de coloração geralmente amarela, essa é a fase mais crítica da cultura.

- R5: Se caracteriza pelo início da antese, onde as flores liguladas já estão completamente a mostra e todo o disco das flores está visível. Esse estágio pode ser

subdividido em estádios caracterizados pela porcentagem de flores tubulares que estão liberando pólen, sendo estes:

- R5.1: 10% das flores abertas;
- R5.2: 20% das flores abertas;
- R5.3: 30% das flores abertas;
- R5.4: 40% das flores abertas;
- R5.5: 50% das flores abertas (estádio de floração plena).

O estágio R5 continua se subdividindo até o estágio R5.10, onde apresenta 100% das flores abertas.

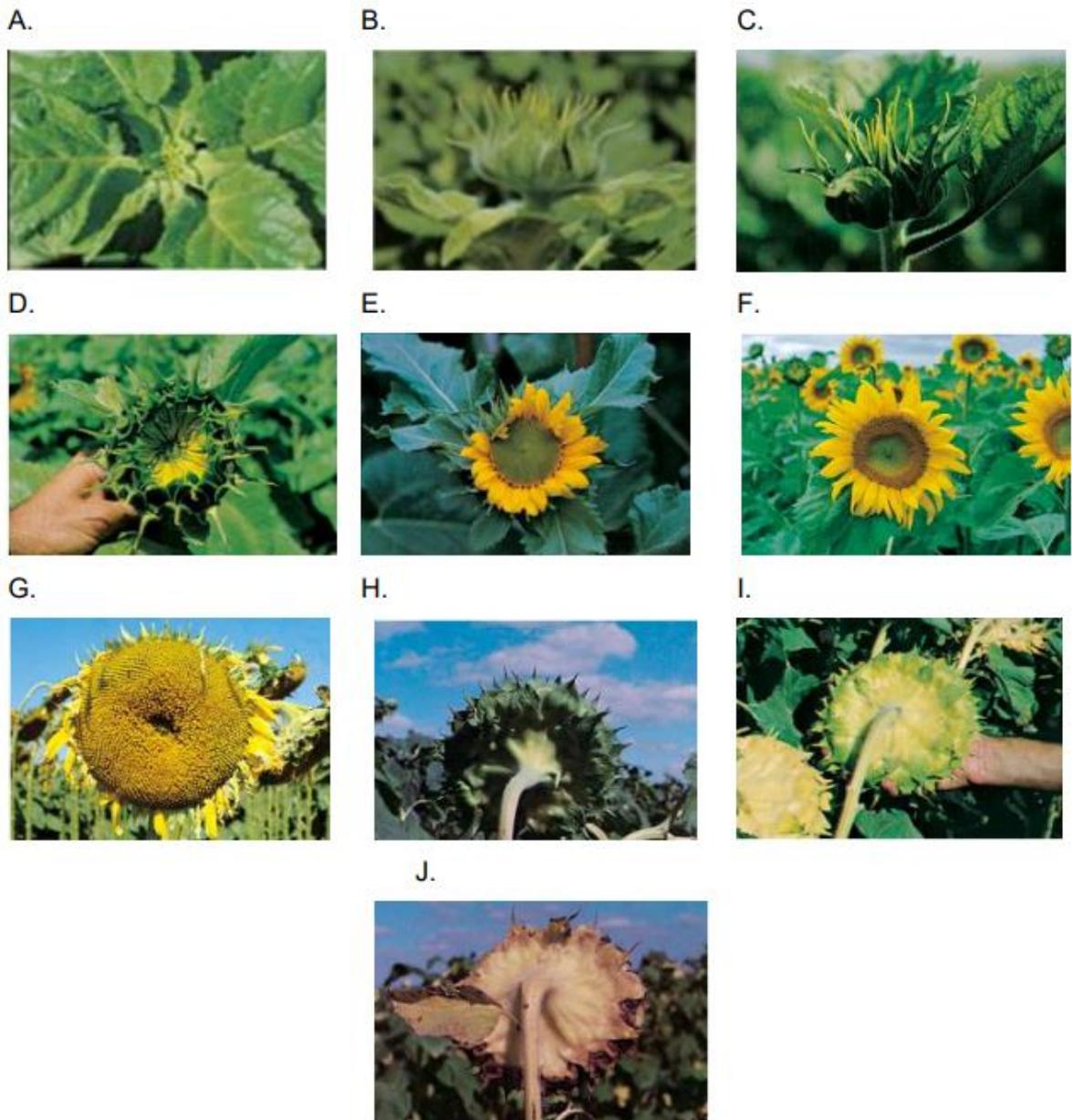
- R6: As flores tubulares estão completamente abertas e as flores liguladas começam a perder a turgidez e murchar.

- R7: Início do desenvolvimento dos aquênios e o dorso do capítulo apresenta coloração amarelo-claro.

- R8: Continuação do desenvolvimento dos aquênios, dorso apresenta coloração amarela, mas as brácteas permanecem verdes. Nessa fase a superfície das folhas diminuem.

- R9: Maturação fisiológica dos aquênios, apresentando umidade entre 30 e 32%. As brácteas começam a amarelar e o dorso do capítulo apresenta coloração castanha.

Figura 2 – Fases reprodutivas: R1 – aparece a inflorescência no formato de uma estrela (A); R2 – formação do botão floral (B); R3 – alongamento do internódio (C); R4 – botão floral começa a abrir (D); R5 – botão floral aberto (E); R5.5 – 50% das flores internas abertas (F); R6 – flores internas todas abertas e flores externas perdem turgidez (G); R7 – desenvolvimento dos aquênios (H); R8 – o dorso amarelo (I); R9 – maturação dos aquênios e dorso amarronzado (J).



Fonte: KANDEL, 2019.

2.2.3 Pragas e doenças

Durante a fase inicial de crescimento do girassol, as plantas daninhas são a principal preocupação, por ser um crescimento mais lento, o surgimento de plantas daninhas pode ocasionar competição entre as plantas (ALVES et al., 2013). Ainda na fase inicial, deve-se atentar a alguns insetos-praga como o percevejo-castanho (*Scaptocoris castanea*), a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e algumas larvas de besouros como vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e besouro-do-capítulo (*Cyclocephala melanocephala*). Após o estabelecimento do girassol, as maiores preocupações são com lagartas desfolhadeiras, entre elas, a falsa-medideira (*Rachiplusia nu*), a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) e a lagarta-do-algodão (*Spodoptera littoralis*), além de outros insetos como formigas, besouros e percevejos (DE CAMARGO e AMABILE, 2001).

Além das plantas daninhas e insetos-praga, algumas doenças devem ter a atenção do produtor, entre elas a mancha de alternária e a podridão branca. A mancha de alternária (*Alternaria helianthi*) pode ser predominante em todas as épocas de semeadura, já a podridão branca do capítulo (*Sclerotinia sclerotiorum*) ocorre principalmente em temperaturas amenas e alta umidade, essa doença inviabiliza o cultivo comercial do girassol no período de outono na região Sul do país (LEITE, 1997).

2.2.4 Necessidades nutricionais

Os elementos essenciais na produção do girassol são: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Destes, o carbono (C), hidrogênio (H) e o oxigênio (O) são fornecidos pela água e ar e representam cerca de 95% da massa da matéria seca das plantas (GAZZOLA et al., 2012).

Segundo Câmara (2003), o nitrogênio (N) é o elemento mais limitante à produção e o mais absorvido e exportado pelos grãos do girassol, é imprescindível sua disponibilidade entre as fases R3 a R5 (entre 30 e 80 dias após a emergência), pois é nesse período em que 80% do nitrogênio é absorvido. O potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido pelo girassol, ele atua na resistência à seca, às

doenças e confere maior rigidez à haste da planta, participa também na regulação da pressão osmótica e na translocação de fotossintetizados na planta.

O fósforo (P) é de suma importância também, induzindo diretamente no crescimento das raízes nas primeiras fases do desenvolvimento, assim como, posteriormente, sobre a fase de enchimento de grãos. Assim como o fósforo (P), o cálcio (Ca) também está relacionado ao crescimento radicular, sua presença no solo é imprescindível para a garantia de que as raízes se desenvolvam e explorem um grande volume de solo, além da sua participação no metabolismo de nitratos e a manutenção da integridade da membrana plasmática (CÂMARA, 2003).

O boro (B) se destaca entre os micronutrientes essenciais, o girassol é altamente sensível à deficiência de boro no solo e muito responsiva a sua aplicação, podendo aumentar a produtividade de sementes de 800 kg por hectare para 2000 kg a 3000 kg/ha (MARCHETTI et al., 2001). Gazzola et al. (2012) indica que a deficiência de boro pode estar associada a acidez do solo, calagem excessiva, baixos teores de matéria orgânica e a períodos de seca, por isso é necessário um bom manejo da cultura e devem ser feitos os tratos culturais antes e durante a produção.

2.2.5 Tratos culturais

O plantio comercial do girassol pode ocorrer durante o ano inteiro, desde que o produtor faça o controle da floração. Visando a colheita contínua das hastes florais, o recomendado é o produtor realizar o plantio uma vez por semana. Contudo, em ocasiões em que há uma queda da temperatura pode haver lacunas de produção devido a indução do aumento do ciclo, assim como, o aumento da temperatura ocasiona o encurtamento do ciclo, gerando uma concentração da produção (RODRIGUES et al., 2012).

No preparo do solo, é indicado que se faça a correção da acidez do solo. Deve ser feito também um bom preparo do solo até a profundidade de 30 cm visando o destorroamento e a descompactação do solo para que haja um bom desenvolvimento do sistema radicular. O teor de matéria orgânica deve ser mantido sempre maior que 3% (RODRIGUES et al., 2012).

O cultivo é geralmente em céu aberto, mas em regiões de clima mais ameno pode ser feito o cultivo em ambiente protegido. A semeadura deve ser direta e a

germinação ocorre ao terceiro dia após a semeadura (3 DAS) no verão e pode chegar até o sétimo dia (7 DAS) em temperaturas inferiores a 12 °C, sendo que depende também de forma direta do tipo e preparo do solo, assim como da profundidade de plantio. Para que a germinação seja uniforme, a profundidade de plantio deve ser de até 1,0 cm em solos argilosos e no máximo 2,0 cm em solos arenosos. A semeadura pode ser feita em canteiros ou sulcos, mantendo um stand médio de 40 plantas por m², sendo os espaçamentos mais utilizados 13-15 x 20 cm ou duas fileiras duplas de 7-12 x 25 x 40 x 7-12 x 25 cm. É importante ressaltar que o plantio mais denso de girassol ornamental produz flores de melhor qualidade e mais precoces (RODRIGUES et al., 2012).

Quanto ao manejo de plantas daninhas, a eliminação pode ser feita através de capina manual ou pelo uso de herbicidas seletivos. A prática de amontoa é realizada durante o primeiro controle de plantas daninhas, feito de forma mecânica, favorecendo a aeração do solo, além de auxiliar no tutoramento das plantas na fase inicial (15 a 20 DAS) (RODRIGUES et al., 2012)

2.2.6 Cultivares

Cultivares são variedades de espécies de planta resultadas de programas de melhoramento genético que são destinadas à produção agrícola. Esse tipo de melhoramento genético, destinado a espécies vegetais, são programas de longa duração, podendo variar de 8 a 12 anos para culturas anuais, e de 20 a 30 anos para espécies perenes (EMBRAPA, 2020).

Para o girassol as características que podem apresentar diferenças significativas entre as cultivares são altura da planta, diâmetro da haste, número de folhas, curvatura do capítulo, dias entre a semeadura e o florescimento, massa de mil aquênios, número de grãos por capítulo, número de capítulos por planta, diâmetro e cor do capítulo e produtividade de grãos (VOGT et al., 2010).

Todas essas características são analisadas nos programas de melhoramento para a criação de novas cultivares de acordo com a finalidade da produção. Para o girassol de corte, a EMBRAPA desenvolveu algumas cultivares como a BRS Oásis, BRS Refúgio M e BRS Paixão M (CURTI et al., 2012).

2.2.7 Bioclimatologia da cultura

Além de fatores genéticos, fisiológicos, nutricionais e o manejo da cultura, existem fatores climáticos que afetam o crescimento e o desenvolvimento do girassol, estes fatores são: temperatura do ar, radiação solar, precipitação e fotoperíodo (UNGARO et al., 2009).

As faixas ideais de temperatura para o desenvolvimento do girassol são entre 20 °C e 25 °C, todavia, não apresenta redução significativa de produção na faixa de 8 °C a 34 °C. Essa característica evidencia porque o girassol pode ser cultivado em, praticamente, todo o Brasil, apresentando bons índices de produtividade. Apesar disso, baixas temperaturas aumentam o ciclo da cultura, atrasando as fases de floração e maturação, quando ocorrem no início da floração a produtividade é afetada. Em relação a altas temperaturas, quando ocorrem na formação dos botões florais até o fim do florescimento, associada ao estresse hídrico, afeta a polinização diminuindo a coleta de pólen ou néctar por insetos polinizadores. A polinização entomófila é de grande importância no girassol, pois a cultura apresenta características como protandria e autoincompatibilidade. É importante ressaltar que no período de germinação a temperatura é um fator muito limitante, pois pode ser inibida em temperaturas de solo abaixo de 3 °C e apresenta máxima capacidade entre 6 °C e 23 °C (GAZZOLA et al., 2012).

A radiação solar é uma fonte de energia para as plantas, participando de processos bioquímicos e fisiológicos. O girassol apresenta um metabolismo do tipo C-3 e apesar de não apresentar um metabolismo mais eficiente do que plantas do tipo C-4, supera os valores entre outras plantas C-3, pois apresenta elevado ponto de saturação de luz e movimentos fototrópicos, condição na qual as folhas do terço superior são colocadas sempre em melhor posição para a captação de luz (GAZZOLA et al., 2012).

De acordo com Ungaro et al. (2009), apesar do girassol ser classificado como insensível ao fotoperíodo, existem variedades de dias longos que se adaptam melhor ao cultivo de verão e variedades de dias curtos que florescem mais rápido no inverno e início de primavera, assim como há variedades que são indiferentes ou neutras e apresentam bom rendimento em qualquer época do ano.

A necessidade hídrica do girassol vai aumentando de acordo com o desenvolvimento da cultura, partindo de cerca de 0,5 a 0,7 mm/dia durante a fase de germinação a emergência, chegando entre 6-8 mm/dia na fase de floração e enchimento de grãos, após essas fases a necessidade hídrica decresce até a maturação. Ainda que o consumo hídrico seja baixo nas primeiras fases da cultura, a oferta de água de maneira adequada é essencial para o estabelecimento uniforme da cultura (UNGARO et al., 2009).

2.2.8 Irrigação em girassol ornamental

O girassol apresenta um sistema radicular profundo e bem desenvolvido, e possui capacidade de manutenção da fotossíntese mesmo em condições adversas. Essas características permitem que o girassol tolere curtos períodos de seca, assegurando um bom rendimento em comparação a outras culturas conduzidas nas mesmas condições (EMBRAPA, 2000). Ainda assim, o estresse hídrico pode ocasionar mudanças morfológicas e fisiológicas na planta como redução na expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, fechamento dos estômatos, redução na fotossíntese, entre outros (TAIZ e ZEIGER, 2009).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, FAO (2002), a porcentagem de água usada durante a produção de girassol é em média 20% no estágio vegetativo, 55% na fase de florescimento e 25% no estágio de enchimento de grãos.

O manejo correto da irrigação é essencial, pois, além do déficit hídrico, o excesso de água, como em solos alagados, também provoca estresse hídrico no girassol, ocasionando a falta de oxigênio para as raízes, o que leva à morte dos tecidos radiculares e pode levar a redução na absorção de nutrientes e água por falta de energia (TAIZ e ZEIGER, 2009). O estresse hídrico pode provocar também o decréscimo da altura das plantas. Um estudo realizado por Sharp (2002), indica que o nível de ácido abscísico (ABA), um hormônio que retarda o crescimento vegetal, é elevado em plantas que passam por estresse hídrico.

De Andrade et al. (2012) realizaram um estudo com a finalidade de avaliar o crescimento de quatro genótipos de girassol ornamental, dentre eles Sol Noturno e Sol Vermelho, irrigados com água residuária doméstica e de abastecimento. O uso da

água residuária, associado em sistema orgânico de cultivo, proporcionou os melhores resultados médios de crescimento dos genótipos estudados, sendo que o genótipo Sol Noturno se destacou com o maior crescimento.

Outro estudo realizado por De Andrade et al. (2014) avaliaram a qualidade das flores de girassol ornamental cv. Sol Noturno sob quatro doses de esterco bovino curtido (5, 10, 15 e 20% em base peso do solo) e irrigado com água residuária tratada e de abastecimento. As melhores características morfológicas e de crescimento das flores foram obtidas sob doses de esterco que variaram de 15 a 16,7%. Doses de esterco inferior a 8,4% proporcionou precocidade no aparecimento e abertura dos botões florais e o maior número de botões florais foi obtido com a dose de esterco de 14%. Quanto aos tipos de água e a interação dos tipos de água e as doses de esterco, não apresentaram influência significativa na qualidade de flores de girassol da cv. Sol Noturno.

2.3 Modelos matemáticos de estimativa de produção

Quanto mais intensiva a agricultura se torna, maior é a demanda pelo controle do ambiente em que as plantas crescem. Esse controle pode variar de melhores estratégias de manejo a ambientes completamente controlados. Assim, o uso de modelos elaborados para o crescimento e desenvolvimento das plantas auxiliam o produtor no planejamento e manejo da produção (DOURADO-NETO et al., 1998).

Os modelos matemáticos são uma descrição simplificada de um sistema, construídos para nos ajudar a compreender melhor o funcionamento de um sistema real e as interações com seus principais componentes, sendo eles excelentes mecanismos de previsão (DOURADO-NETO et al., 1998). Segundo Pautian et al. (1992), os modelos matemáticos podem ser: empíricos, mecanicistas e estocásticos.

Na modelagem empírica não há grande interesse em explicar de forma detalhada porque o sistema responde de tal forma, isso porque, os modelos empíricos são baseados puramente em dados observados, isto é, na interação quantitativa entre os elementos considerados. Os modelos mecanicistas possuem sua estrutura baseada na descrição do processo que ocorre no sistema real, isso significa que existe a tentativa de se considerar os princípios físicos, químicos e biológicos que ocorrem no sistema, tentando entendê-lo de acordo com os mecanismos presentes (CORRÊA

et al., 2011). O modelo estocástico por sua vez, é baseado em uma ou mais variáveis de natureza aleatória, ou seja, quando o estado do sistema é determinado pelo acaso ou acontecimentos incertos. São modelos em que a probabilidade é um fator presente (LAW & KELTON, 1991; THORNLEY, 1976).

Dourado-Neto et al. (1998) explica que a elaboração de um modelo matemático segue as regras básicas do método científico, sendo: i) observação de um sistema; ii) formulação de uma hipótese na tentativa de explicar as observações; iii) previsão do comportamento do sistema através da simulação; iv) experimentação para testar a validade da hipótese, e conseqüentemente, a validação do modelo.

Sinclair & Seligman (1996), definem a modelagem de culturas como uma simulação dinâmica do crescimento das culturas através da incorporação numérica de processos constituintes com o auxílio de computadores. Lisson et al. (2005) acrescentam que uma compreensão básica dos principais processos fisiológicos das plantas e as interações com outros processos no sistema agrícola são a base para a modelagem de culturas.

O uso da modelagem matemática no estudo das plantas é uma ferramenta que aumenta a compreensão sobre o desenvolvimento das culturas, fornece direção em pesquisas, auxilia no processo de ensino e aprendizagem, além de ser um sistema de apoio às decisões feitas ao longo de toda a cadeia produtiva, como a seleção de genótipos, seleção de locais para o plantio, gerenciamento estratégico, investimento em infraestruturas e tomada de decisão (RIMMINGTON & CHARLES-EDWARDS, 1987; LISSON et al., 2005).

Na cultura do girassol, a modelagem matemática tem se destacado no uso de métodos de soma térmica e na obtenção e determinação de área foliar. A soma térmica é um método utilizado para representar o efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas e sua determinação é importante, pois a temperatura do ar é considerada a variável ambiental que mais influencia no desenvolvimento de culturas (STRECK et al., 2008). De Cássia Ferreira et al. (2016) avaliaram e compararam seis métodos de cálculo de soma térmica, a fim de avaliar o filocrono de duas cultivares de girassol durante o desenvolvimento vegetativo. Os resultados se mostraram semelhantes para os métodos utilizados e os autores indicam que isso pode ser justificado pelo fato de que as temperaturas médias diárias

não foram menores que a temperatura basal inferior ou não ultrapassaram a temperatura basal superior.

O índice de área foliar é considerado um dos parâmetros indicativos de produtividade, pois é através da área foliar que a planta intercepta radiação solar e realiza trocas de água e energia com o ar atmosférico. Portanto, o estudo desses parâmetros se torna essencial, pois é através deles que podem ser medidos atrasos ou aceleração no desenvolvimento das culturas, e auxiliar na avaliação de práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (FAVARIN et al., 2002). Assim, Bezerra et al. (2009) compararam onze modelos matemáticos para determinação de área foliar, e os resultados mostraram que todos os modelos apresentaram forte correlação entre valores estimados e observados, entretanto, os modelos lineares e quadráticos apresentaram-se mais precisos e obtiveram um desempenho satisfatório na avaliação posterior.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Unidade experimental

O experimento foi realizado em condições de campo na Fazenda Água Limpa (FAL), Campo Experimental da Universidade de Brasília (UnB), nas coordenadas 15°57'16''S, 47°55'89''W e altitude de 1.103 m. O clima da região é Aw (tropical estacional de savana) de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, sendo uma de suas características a sazonalidade do regime de chuva, tendo um período seco de maio a setembro e um período chuvoso de outubro a abril (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006) com o teor de argila de 425 g/kg, areia de 350 g/kg, silte de 225 g/kg segundo análise de solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise do solo.

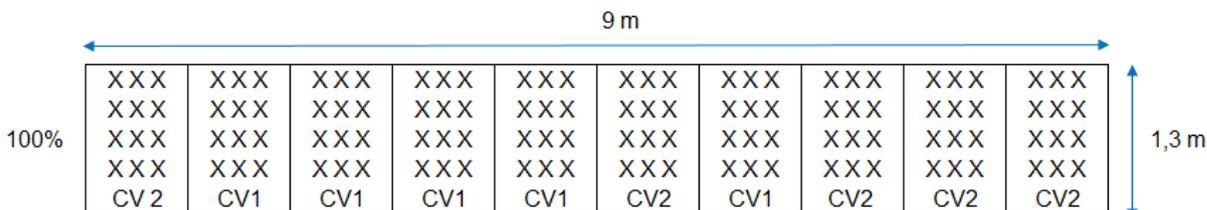
pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	(H+Al)	SB	CTC
cmol/dm ³									
6,1	13,2	4,1	1,3	0,64	0,06	0	3	6,1	9,1
V	ISNA	C	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S
%		g/kg			mg/dm ³				
67	1	28,4	48,8	0,05	0,8	46,5	22,2	8,2	9,2

Para o experimento, foi utilizado o método de delineamento inteiramente casualizado (DIC) sendo os tratamentos duas cultivares de girassol de corte (Sol Vermelho e Sol Noturno), com cinco repetições.

A área destinada ao experimento possuía no total 11,7 m² (Figura 3) e um declive médio de 6,7%. O plantio do girassol foi realizado no dia 20 de junho de 2022, de forma manual no espaçamento de 0,30 m entre fileiras e 0,30 m entre as plantas, com profundidade de 0,02 m, conforme recomendação convencional para produção

de girassol ornamental para corte (RODRIGUES et al., 2012). Anteriormente ao plantio foi realizada a correção de boro, que se encontrava em níveis baixos, de acordo com a análise do solo, seguindo as recomendações de Lobato e De Souza (2004), foi aplicado 12 kg/ha de ácido bórico em cada canteiro.

Figura 3 – Croqui da área experimental.



Na parcela havia 4 linhas de plantio e 1 linha de irrigação para cada linha de plantio, totalizando 4 linhas de irrigação. Os bicos gotejadores tinham um espaçamento de 30 cm entre eles, sendo um ponto de irrigação por planta. Na lâmina de irrigação foram utilizados bicos gotejadores com a vazão de 6 L/h, sendo a lâmina de 100% da ETc. Foram utilizados os gotejadores *off line* das marcas Rain Bird e Netafim.

3.1.1 Cultivares

Foram utilizadas duas cultivares de girassol da empresa Isla Sementes, sendo a cv. Sol Vermelho (CV1) e a cv. Sol Noturno (CV2). As sementes adquiridas são sementes do tipo para clientes adquiridas em centros comerciais. As duas cultivares possuem recomendação de plantio o ano todo na região, desde que seguidas as recomendações de plantio da empresa, sendo essas, não ultrapassar uma profundidade de 2 a 3 cm de semeadura. Ambas as cultivares possuem o tempo de floração de 70 dias e coloração avermelhada. A cultivar Sol Vermelho é uma planta robusta, possui tolerância a altas e baixas temperaturas, sendo muito utilizada para flor de corte e para formação de maciços e bordaduras. A cultivar Sol Noturno é uma planta de porte grande e flores pequenas, sendo ideal para o cultivo em jardins, ambas as cultivares são ideais para cultivo em sol pleno.

Figura 4 – Sol Vermelho (A) e Sol Noturno (B).

A.



B.



3.2 Manejo da cultura

Os canteiros apresentaram plantas daninhas como a Nabiça (*Raphanus raphanistrum*), Tiririca (*Cyperus rotundus*) e Corda de viola (*Ipomoea acuminata*), desse modo se fez aplicação de Goal BR e de Glifosato no 32º dia após semeadura (DAS). Para o preparo da calda utilizou-se 150 ml de cada produto em 10 litros de água, sendo utilizada bomba costal e os devidos EPI's para aplicação da calda. Por se tratar de um produto sistêmico e um de contato, realizou-se a cobertura dos girassóis com sacos plásticos com o intuito de diminuir a possibilidade de intoxicação

da cultura. Na semana seguinte à aplicação foi realizada a capina manual das daninhas restantes.

3.3 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado a partir da estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c), sendo que os dados utilizados eram obtidos da estação climatológica da FAL. Para isso, era calculada a evapotranspiração de referência (ET₀) conforme a metodologia de Penman-Monteith, padrão FAO (Eq. 1), de acordo com Allen et al. (2006).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Em que: ET₀ é a evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); R_n é o saldo de radiação à superfície da cultura (MJ m⁻² d⁻¹); G é a densidade do fluxo de calor do solo (MJ m⁻² d⁻¹); T é a temperatura do ar a 2 m de altura (°C); u₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s é a pressão de vapor de saturação (kPa); e_a é a pressão parcial de vapor (kPa); Δ é declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C⁻¹); γ é o coeficiente psicométrico (kPa °C⁻¹).

Os valores do coeficiente de cultura (K_c) adotados foram 0,4 para as fases fenológicas desde a semeadura até o estabelecimento da cultura e 0,8 do estabelecimento até a floração, sendo a irrigação realizada três vezes na semana, conforme metodologia proposta por Gomes et al. (2010). A lâmina de irrigação aplicada foi obtida pelo cálculo da relação entre a evapotranspiração da cultura e a eficiência do sistema de irrigação. A eficiência do sistema de irrigação foi obtida a campo conforme metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), sendo obtido o valor de eficiência igual a 80%.

3.4 Dados morfológicos

Foram realizadas coletas semanais a partir de 34 dias após semeadura (DAS), coletando-se informações de altura da planta em cm (Figura 5A), utilizando régua e

diâmetro de haste em mm (Figura 5B), com o auxílio de paquímetro digital e o número de folhas por planta, para a determinação da fase fenológica da cultura.

Figura 5 – Demonstração das coletas de dados: A – coleta referente à altura da planta; B – coleta referente ao diâmetro do caule.

A.



B.



3.5 Dados climatológicos

Os dados climatológicos foram obtidos a partir da estação climatológica da FAL e processados pelo software Excel. A soma térmica diária foi determinada considerando a temperatura basal inferior (T_b) de 10 °C (CASTRO et al., 1996) e a temperatura basal superior (T_B) de 34 °C (EMBRAPA, 2002), sendo os Graus Dia (GD) obtidos pelas seguintes equações (VILLA NOVA et al., 1972):

Se $T_m > T_b$ e $T_M < T_B$:

$$GD = \frac{T_M - T_m}{2} + (T_m - T_b) \quad (2)$$

Se $T_m \leq T_b$ e $TM < TB$:

$$GD = \frac{(TM - T_b)^2}{2 (TM - T_m)} \quad (3)$$

Se $T_m > T_b$ e $TM > TB$:

$$GD = \frac{2 (TM - T_m)(T_m - T_b) + (TM - T_m)^2 - (TM - TB)^2}{2 (TM - T_m)} \quad (4)$$

Se $T_m < T_b$ e $TM > TB$:

$$GD = \frac{(TM - T_b)^2}{2 (TM - t_m)} - \frac{(TM - TB)^2}{2 (TM - T_m)} \quad (5)$$

Se $TM < T_b$:

$$GD = 0 \quad (6)$$

Em que: GD é a soma de graus-dia do dia em °C, TM e Tm representam a temperatura máxima e mínima do dia, respectivamente, em °C e Tb e TB temperatura basal inferior e superior, respectivamente.

Foram estimados os coeficientes de Pearson entre todas as variáveis através do software Excel, e feita a Análise de Componente Principal (PCA) no software PAST® versão 4.03. Tanto a correlação de Pearson, quanto a análise PCA foram feitas utilizando todos os dados obtidos nas coletas ao longo do ciclo da cultura, totalizando 15 valores de altura e diâmetro para cada cultivar. Após, foi procedido a análise de regressão linear múltipla pelo método de Stepwise ($p \leq 0,05$) no software Statistica® versão 13.5. Para isso, os caracteres morfológicos foram considerados variáveis dependentes e as variáveis meteorológicas foram consideradas variáveis de entrada independentes, sendo testados todas as interações entre variáveis meteorológicas e caracteres morfológicos. Para a análise de regressão foram utilizados 75% dos dados coletados, sendo os outros 25% restantes, utilizados posteriormente para a validação dos valores estimados a partir dos modelos de regressão. Foram feitos modelos para cada cultivar separadamente e, também, foram obtidos dados a partir da média dos valores dos caracteres morfológicos, a fim de se obter modelos de regressão geral, independentemente da cultivar.

Os valores estimados pelos modelos de regressão foram avaliados a partir do erro quadrático médio (REQM) (Eq. 7) e o erro médio absoluto (EMA) (Eq. 8). A qualidade do ajuste (exatidão) obtida pelos modelos foi dada pelo coeficiente de determinação (R^2) (Eq. 9), da qual está relacionada à aproximação dos valores estimados em relação aos observados. Essa aproximação é obtida pelo índice de concordância “d” (Eq. 10) (WILLMOTT et al., 1985), no qual seus valores variam de zero (nenhuma concordância) a 1 (concordância perfeita). O desempenho dos modelos também foi avaliado utilizando-se o índice de confiança (c), conforme a Equação 12 em que r é o coeficiente de correlação simples de Person (Eq. 11) e d é o índice de concordância. O coeficiente c é interpretado como: ótimo ($c > 0,85$); muito bom ($0,75 < c \leq 0,85$); bom ($0,65 < c \leq 0,75$); mediano ($0,60 < c \leq 0,65$), sofrível ($0,50 < c \leq 0,60$), mau ($0,40 < c \leq 0,50$) e péssimo ($c \leq 0,40$) (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

$$\text{REQM} = \sqrt{\frac{\sum(O_i - E_i)^2}{n}} \quad (7)$$

$$\text{EMA} = \frac{1}{n} \cdot \sum |O_i - E_i| \quad (8)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (9)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(O_i - E_i)^2}{\sum(|O_i - E_i| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (10)$$

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2}} \quad (11)$$

$$c = d \cdot r \quad (12)$$

Em que O_i o valor observado, E_i o valor estimado e \bar{O} a média dos valores observados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados apresentados, foram selecionados altura da planta e diâmetro de haste como dados morfológicos, e soma térmica acumulada (STA), temperatura média do ar e radiação solar como dados climáticos. Durante o período de coleta de dados (34 a 132 DAS), a altura média das plantas da cultivar Sol Vermelho foi 64,68 cm e o diâmetro médio foi 8,28 mm, para a cultivar Sol Noturno a altura média das plantas foi 63,09 cm e o diâmetro médio foi 9,39 mm, a temperatura média variou entre 15,87 °C e 24,33 °C, a radiação solar variou entre 3,79 MJ/m² e 22,17 MJ/m² e a soma térmica acumulada ampliou de 257,0 °C dia para 1180,5 °C dia.

Considerando a análise da correlação de Pearson, verifica-se que a variável climática com maior correlação com as variáveis morfológicas é a soma térmica acumulada (STA), com correlação de 0,96 com a altura da planta e 0,95 com o diâmetro de haste para a cultivar Sol Vermelho, e uma correlação de 0,97 com a altura da planta e 0,96 com diâmetro de haste para a cultivar Sol Noturno (Tabela 2). Os valores de r apresentados afirmam também forte correlação da variável temperatura média do ar (T. MED) com as variáveis altura e diâmetro, e correlação fraca entre a variável radiação solar (RAD) e as variáveis altura e diâmetro. O grau de correlação entre as variáveis foi considerado segundo Dancey e Reidy (2006), em que: valores até 0,30 devem ser considerados fracos, entre 0,40 e 0,60 moderados e acima de 0,70 fortes.

Tabela 2 – Correlação de Pearson entre os caracteres morfológicos e as variáveis meteorológicas para as cultivares Sol Vermelho e Sol Noturno. STA = Soma térmica acumulada; T. MED = temperatura média do ar; RAD = Radiação solar.

Variáveis	Sol Vermelho			Sol Noturno	
	Correlação	Grau da correlação	Correlação	Grau da correlação	
Altura	STA	0,96	Forte	0,97	Forte
	T. MED	0,80	Forte	0,78	Forte
	RAD	-0,07	Fraca	-0,04	Fraca
Diâmetro	STA	0,95	Forte	0,96	Forte
	T. MED	0,77	Forte	0,78	Forte
	RAD	-0,03	Fraca	0,00	Fraca

Com base nos resultados obtidos na análise de componentes principais (PCA), os autovalores e a porcentagem da variância explicada por cada componente principal (PC) para a cultivar Sol Vermelho e Sol Noturno estão apresentados na Tabela 3. Para a cultivar Sol Vermelho, os dois primeiros PCs apresentaram autovalores maiores que 1, e foram responsáveis por 92,10% da variação total, sendo o PC1 responsável por 72,07% e o PC2 por 20,03% da variação dos dados. Para a cultivar Sol Noturno, os dois primeiros PCs também apresentam autovalores maiores que 1, e foram responsáveis por 92,50% da variação total, sendo o PC1 responsável por 72,42% e o PC2 por 20,08% da variação dos dados. Portanto, para as duas cultivares, os dois primeiros componentes resumem de forma efetiva a variância amostral total e podem ser utilizados para o estudo dos resultados obtidos na análise (KAISER, 1958).

Tabela 3 – Componentes principais (PC), autovalores, porcentagem da variância explicada e proporção acumulada (%) pelos componentes para as cultivares Sol Vermelho e Sol Noturno.

PC	Sol Vermelho			Sol Noturno		
	Autovalores	Proporção %	Proporção acumulada %	Autovalores	Proporção %	Proporção acumulada %
1	3,60	72,07	72,07	3,62	72,42	72,42
2	1,00	20,03	92,10	1,00	20,08	92,50
3	0,31	6,29	98,39	0,32	6,46	98,96
4	0,05	1,01	99,41	0,04	0,74	99,70
5	0,03	0,59	100,00	0,02	0,30	100,00

Dessa forma, ao analisar os biplots gerados para a cultivar Sol Vermelho (Figura 6) e Sol Noturno (Figura 7), nota-se que para as duas cultivares as variáveis altura, diâmetro e soma térmica acumulada (STA) apresentaram contribuições semelhantes para o PC1, sendo que isso foi verificado por serem variáveis que possuem vetor de maior comprimento e que estavam mais próximas ao eixo PC1. Também é possível notar que as variáveis altura, diâmetro, soma térmica acumulada e temperatura média do ar (T MED) possuem correlações altas entre elas no PC1, visto a posição desses autovetores. Diferentemente, a variável radiação solar (RAD) foi a que mais contribuiu para o eixo PC2, possuindo maior comprimento e maior proximidade a este eixo. Notou-se também, que a variável radiação solar não possui correlação com as demais variáveis.

Figura 6 – Biplot PC1 x PC2 sobre as variáveis altura, diâmetro, somatémica acumulada (STA), temperatura média do ar (T MED) e radiação solar (RAD) ao longo do ciclo do girassol cv. Sol Vermelho.

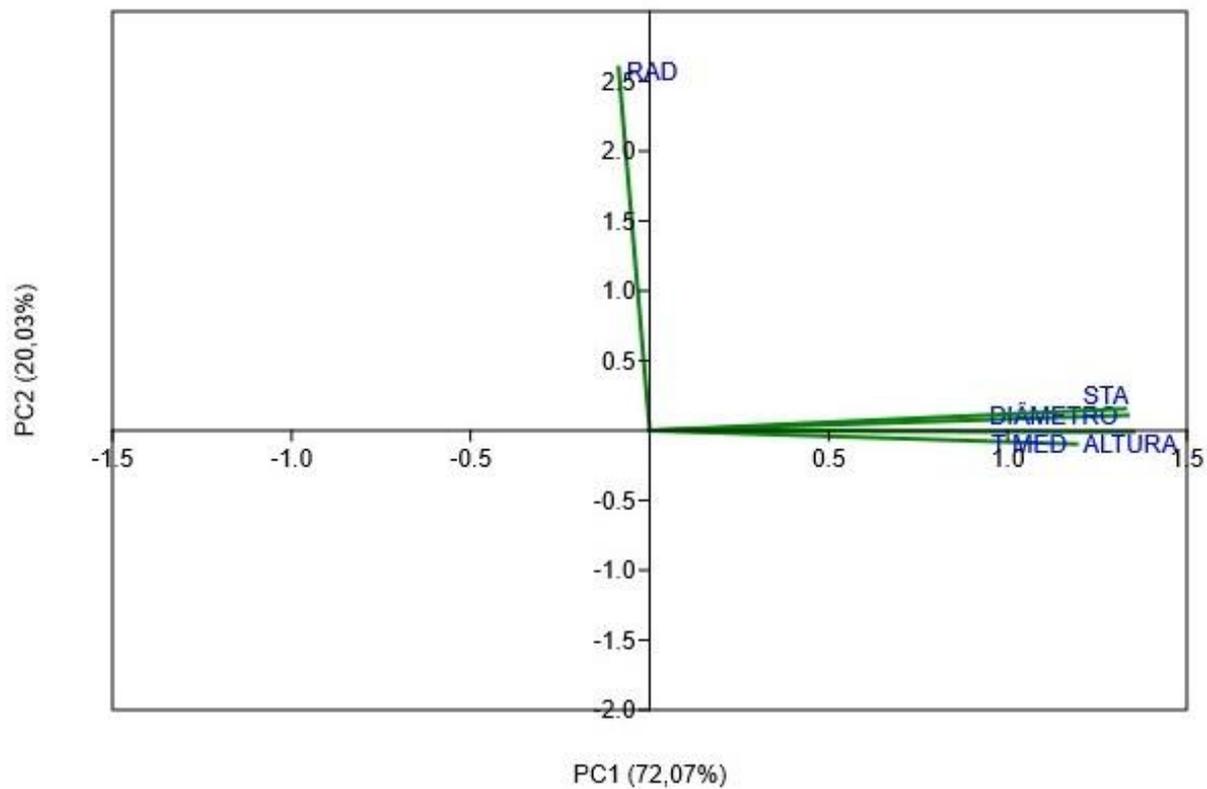
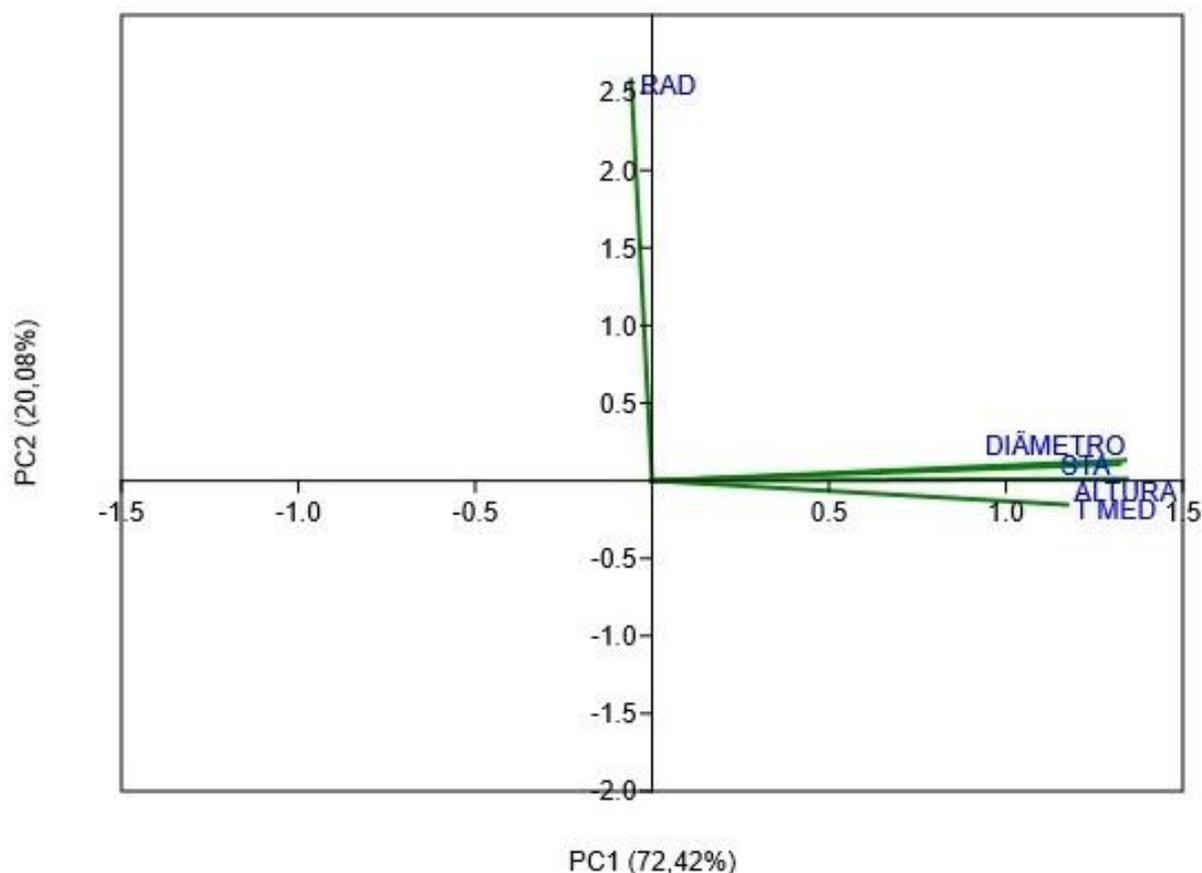


Figura 7 – Biplot PC1 x PC2 sobre as variáveis altura, diâmetro, somatémica acumulada (STA), temperatura média do ar (T MED) e radiação solar (RAD) ao longo do ciclo do girassol cv. Sol Noturno.



Na regressão pelo método de Stepwise, a única variável climática selecionada foi soma térmica acumulada, tanto para a cultivar Sol Vermelho (Tabela 4) quanto para Sol Noturno (Tabela 5), assim como para o modelo geral (Tabela 6), feito a partir das médias dos valores de diâmetro e altura das duas cultivares. Essa constatação respalda os resultados encontrados por Fagundes et al. (2007) que indicam uma forte relação entre o desenvolvimento vegetal do girassol de vaso com a temperatura do ar representada pelo acúmulo de graus-dia. O coeficiente de determinação R^2 obteve bom valor ($> 0,89$) em todos os modelos, o que significa que a maior parte da variação dos dados é explicada nos modelos propostos. As outras variáveis climáticas foram rejeitadas, pois não foram significativas ($p \geq 0,05$) em todos os casos.

Tabela 4 – Modelos de regressão para os caracteres morfológicos altura da planta e diâmetro de haste para a cultivar Sol Vermelho.

Variável	Modelo SV	R ²
Altura	-54,916 + 0,171*STA	0,93
Diâmetro	-1,114 + 0,014*STA	0,89

Tabela 5 – Modelos de regressão para os caracteres morfológicos altura da planta e diâmetro de haste para a cultivar Sol Noturno.

Variável	Modelo SN	R ²
Altura	-44,949 + 0,155*STA	0,94
Diâmetro	-2,475 + 0,017*STA	0,93

Tabela 6 – Modelos de regressão geral para os caracteres morfológicos altura da planta e diâmetro de haste.

Variável	Modelo geral	R ²
Altura	-52,446 + 0,171*STA	0,94
Diâmetro	-2,479 + 0,017*STA	0,94

A partir dos modelos de regressão foram obtidos valores estimados de altura e diâmetro para as duas cultivares e para o modelo geral. Os valores obtidos a partir da raiz do erro quadrático médio (REQM) e do erro médio absoluto (EMA) (Tabela 7), indicam que os modelos podem apresentar subestimação ou superestimação de valores, isto é, no caso do REQM para a cv. Sol Vermelho que obteve valor de 15,13 cm, indica que o modelo gerado para essa cultivar pode apresentar valores com subestimação ou superestimação de 15,13 cm. A exatidão dos modelos foi obtida pelo R², as duas cultivares obtiveram valores > 0,90, indicando quão próximos os valores observados e estimados estão. O modelo geral obteve valores de R² < 0,90, mas ainda assim valores altos, indicando uma boa qualidade de ajuste. Os valores de "d" foram todos muito próximos a 1, indicando uma concordância quase perfeita (WILLMOTT et al., 1985) em relação a aproximação dos valores observados e estimados. Por fim, foi avaliado o desempenho dos modelos a partir do índice de confiança (c) que se mostraram com ótimo desempenho (c > 0,85), exceto para a variável diâmetro no modelo geral que obteve um desempenho muito bom (0,75 < c ≤ 0,85) (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

Tabela 7 – Análise estatística para avaliação dos modelos de regressão para as cvs. Sol Vermelho e Sol Noturno e para o modelo de regressão geral de estimativa da altura (cm) e do diâmetro (mm) da haste floral. REQM = Erro quadrático médio; EMA = Erro médio absoluto; R² = coeficiente de determinação; d = Índice de concordância; r = Correlação de Pearson; c = Índice de confiança.

	Sol Vermelho		Sol Noturno		Geral	
	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
REQM	15,13	1,21	12,17	1,37	15,58	1,99
EMA	14,11	1,05	10,13	1,26	14,13	1,59
R ²	0,91	0,92	0,93	0,93	0,89	0,77
d	0,94	0,94	0,95	0,95	0,94	0,89
r	0,95	0,96	0,97	0,96	0,94	0,88
c	0,90	0,90	0,92	0,92	0,89	0,78

Observando os resultados, percebe-se que para os caracteres morfológicos altura da planta e diâmetro de haste, a soma térmica acumulada e a temperatura média do ar afetaram de forma mais significativa no crescimento desses caracteres. Vários trabalhos indicam a importância da soma térmica para o desenvolvimento do girassol, visto que a temperatura do ar é o fator que mais influencia na fenologia da cultura (BARNI, 1994; ROBINSON, 1978; MASSIGNAM & ANGELOCCI, 1993). O acúmulo de graus-dia influencia diretamente no filocrono e plastocrono (surgimento sucessivo de folhas e nós na haste da planta) (FAGUNDES et al., 2007; MOREIRA, 2016), o que resulta no desenvolvimento da haste e altura da planta. A radiação solar está intimamente relacionada ao índice de área foliar (IAF), que traduz a absorção de energia solar pelo dossel da planta e sua eficiência energética (UNGARO et al., 2009; BARNI, 1994). É possível que nas análises realizadas neste trabalho a variável radiação solar não apresentou resultados significativos, pois a disponibilidade de radiação solar foi adequada para a cultura. Isto significa que a faixa entre 3,79 MJ/m² e 22,17 MJ/m² não influencia negativamente o desenvolvimento da cultura.

É importante ressaltar que houve um atraso no desenvolvimento do ciclo dos girassóis, visto que o tempo de floração estipulado pela empresa ISLA Sementes é de 70 dias para as duas cultivares e neste experimento a cv. Sol Vermelho necessitou de 85 DAS para começar o seu florescimento e entrar no estágio R1 e a cv. Sol Noturno necessitou de 84 DAS para florescer e entrar em R1. Um dos fatores que podem explicar esse atraso no tempo de floração são as temperaturas mínimas apresentadas nos primeiros 86 DAS, sendo temperaturas abaixo da temperatura basal inferior (T_b)

de 10 °C. Como explicado por Gazzola et al. (2012), baixas temperaturas aumentam o ciclo da cultura e atrasam os estádios de florescimento e maturação do girassol.

Ressalta-se que ocorreram precipitações nos 88, 93, 94, 104, 110, 122, 123, 124, 125, 128 e 129 DAS que elevaram a disponibilidade hídrica fornecida a cultura acima do desejável, assim como o fato de a área experimental apresentar um declive médio de 6,7%, conduzindo uma distribuição desuniforme da água para a cultura, ocasionaram um desequilíbrio entre os tratamentos. Os valores de kc utilizados para o manejo da irrigação no experimento são específicos para girassol de produção e não de corte, o que pode ter influenciado nos resultados apresentados neste trabalho.

5 CONCLUSÕES

A temperatura do ar é a variável que mais influencia no crescimento dos caracteres morfológicos altura da planta e diâmetro de haste, principalmente quando a temperatura está representada pelo acúmulo de graus-dia.

Os modelos de regressão propostos são adequados na determinação dos caracteres morfológicos, visto que obtiveram desempenho satisfatório.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKI, A; PEROSA, J.M.Y. Aspectos da produção e consumo de flores e plantas ornamentais no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.8, n.1/2, p.13-23, 2002.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 2006. 300p. **Irrigation and Drainage**, Paper 56.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, G.S.; TARTAGLIA, F.L.; ROSA, J.C.; LIMA, P.C.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do girassol em Rondônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.3, p.275–282, 2013.

BARNI, N. A. **Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica**. 1994. 249 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia-Agrometeorologia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

BEZERRA, BERGSON GUEDES et al. AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA OBTENÇÃO DA ÁREA FOLIAR DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L., var. Catissol). 2009.

BRAINER, M.S.C.P. Flores e plantas ornamentais. **Caderno setorial ETENE**, ano 4, Nº 95, P. 1-16, Set, 2019.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. Quando nem tudo são flores, a floricultura pode ser uma alternativa. **Caderno setorial ETENE**, ano 3, Nº 42, Set, 2018.

BUDAG, P. R.; SILVA, T.P. Cadeias produtivas do estado de Santa Catarina: Flores e plantas ornamentais. Florianópolis, EPAGRI, 51p. (Boletim técnico, n.106), 2000.

CÂMARA, GM de S.; LPV 0506. Girassol: tecnologia da produção. LPV, v. 506, p. 153-180, 2003.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A. & FARIAS, J.R. A cultura do girassol. Londrina, Embrapa-CNPSo, 1996. 38p. (Embrapa, CNPSo, Circular Técnica, 13)

CAVASIN Júnior, C. P. A cultura do girassol. Guaíba, Agropecuária, 2001. 69 p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA); INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA (IBRAFLO). PIB da cadeia de Flores e Plantas Ornamentais brasileira: ano-base 2017. 2022.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. Produção de flores e plantas ornamentais como atividade essencial, edição 10/2021, 2021.

CONNOR, D. J.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A.; SEILER, A. A. (Ed.). Sunflower technology and production. **Madison: American Society of Agronomy**, 1997. p. 113-182. (Agronomy monograph, v. 35).

CORRÊA, P. R. et al. **Brazilian Floriculture Agribusiness**. n. 2001, p. 253–261, 2009.

CORRÊA, Simone Toni Ruiz et al. Aplicações e limitações da modelagem em agricultura: revisão. **Revista de Agricultura**, v. 86, n. 1, p. 1-13, 2011.

CURTI, Gilberto Luiz et al. Girassol ornamental: caracterização, pós-colheita e escala de senescência. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 240-250, 2012.

DE ANDRADE, Leandro Oliveira et al. Crescimento de girassóis ornamental em sistema de produção orgânica e irrigada com água residuária tratada. **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 69-82, 2012.

DE ANDRADE, Leandro Oliveira et al. Qualidade de flores de girassol ornamental irrigada com água residuária e doses de esterco. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 142-149, 2014.

DE CAMARGO, A. J. A.; AMABILE, R. F. **Identificação das principais pragas do girassol na região centro-oeste**. 2001.

DE CÁSSIA FERREIRA, Mábele; MARTINS, Fabrina Bolzan; DE CAMPOS, Bruno. MÉTODOS DE SOMA TÉRMICA E ESTIMATIVA DO FILOCRONO DE DUAS CULTIVARES DE GIRASSOL. 2016.

DANCEY, Christine; REIDY, John. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed. 2006.

DOURADO-NETO, D.; TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; FRIZZONE, J.A.; BACCHI, O.O.S. Principles of crop modeling and simulation: I. uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, (Número Especial), p.46-50, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Artigo: A importância das cultivares para a agricultura. Embrapa Agropecuária Oeste, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Resultado de pesquisa da EMBRAPA Soja - 2001: girassol e trigo. Londrina: EMBRAPA Soja, 2002. 21 p. (Documento n.199).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA CNPSo.
Sistema de produção: girassol. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 2000.

EXPOFLORES. **Reporte anual**, pp. 22. Flower Exports (Expoflores). Ecuador. 2019.

FAGUNDES, Joelma Dutra et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, p. 987-993, 2007.

FAVARIN, J.L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FAO. Crop water management. Sunflower. 2002.

GAZZOLA, A.; FERREIRA JÚNIOR, C. T. G.; CUNHA, D. A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G. D.; PRIMIANO, I. V.; ... & OLIVEIRA, M. S. A cultura do girassol. Piracicaba–SP. 2012.

GOMES, Eder Pereira et al. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiuá, Estado do Paraná. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 373-385, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR. IBRAFLOR, Reporte anual, 2013.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 37-52, 2008.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 20, n. 2, p. 115-120, 2014.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Panorama Socioeconômico da Floricultura no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, SP, v. 17, n. 2, p. 101-108, 2011.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3.p. 187-200, 1958.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Glendora, Rain bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133p. 1975.

LAW, A.M.; KELTON, W.D. **Simulation modeling and analysis**. 2 ed. New York: MacGraw-Hill, 1991.

LEITE, R.M.V.B.C.; Brighenti, A.M.; Castro, C. de. (Ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

LEITE, R.M.V.B.C. Doenças do girassol. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 68p. 1997.

LENTZ, D.; POHL, M.E.D.; POPE, K.O.; WYATT, A.R. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, New York, v.55, n.3, p.370-376, 2001.

LISSON, S.N.; INMAN-BAMBER, N.G.; ROBERTSON, M.J.; KEATING, B.A. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, n.2/3, p.321-335, 2005.

LOBATO, Edson; DE SOUSA, D. M. G. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004., 2004.

MARCHETTI M. E., MOTOMYA W. R., FABRÍCIO A. C., NOVELINO J. O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 5, p 1107-1110, 2001.

MASSIGNAM, A. M.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, p. 71-79, 1993.

MOREIRA, Wendel Kaian Oliveira. Métodos de soma térmica na determinação de plastocrono de *Helianthus annuus* L. cultivado em ambiente protegido em Capitão Poço-PA. **Nucleus**, v. 13, n. 2, 2016.

NEVES, M. F.; PINTO, M. J. A. Mapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais do Brasil. São Paulo: OCESP, 2015.

OLIVEIRA, Alfredo Augusto Porto; BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. Floricultura: caracterização e mercado. **Banco do Nordeste do Brasil**, 2007.

PAUTIAN, K.; PARTON, W.J.; PERSSON, J. Modeling soil organic matter in organic-amended and nitrogen fertilized long-term plots. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.476-488, 1992.

PEIXOTO, A. M. **Enciclopédia Agrícola Brasileira – Girassol**. Volume 5. Editora EDUSP. 2004.

REIS, Simone Novaes; REIS, Michele Valquíria dos; NASCIMENTO, Ângela Maria Pereira do. Pandemic, social isolation and the importance of people-plant interaction. **Ornamental Horticulture**, v. 60, n. 3, p. 399-412, 2020.

RIMMINGTON, G.M.; CHARLES-EDWARDS, D.A. Mathematical descriptions of plant growth and development. In: WISIOL, K.; HESKETH, J.D. **Plant growth modeling for resource management: current models and methods**. Boca Raton: CRC Press, v.1, p.3-15. 1987.

ROBINSON, R. G. Adaptation and physiological aspects of the sunflower plant. In: CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 505 p. (Agronomy monographs, 19). 1978.

RODRIGUES, E. J. R., K. F. L. PIVETTA, R. M. M.de CASTILHO, C. F. M. MATTIUZ, G. S. BATISTA e J. A. S. Grossi. 2012. Girassol. In: Paiva, P. D. O. e E. F. A. Almeida. **Produção de flores de corte**. UFLA, Lavras, MG, pp. 403-440.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Tecnagro. Curitiba, 1998. 333p.

SCHNEITER, A. A. & MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. Flores e plantas ornamentais do Brasil: volume 1 - o mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais. Brasília, DF: SEBRAE, 2015.

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant Cell Environment**, Columbia, v. 25, n. 2, p. 211-222, 2002.

SINCLAIR, T.R.; SELIGMAN, N.G. Crop modeling: from infancy to maturity. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.5, p.698–704, 1996.

STRECK, N. A.; DE PAULA, G. M.; CAMERA, C.; MENEZES, N. L.; LAGO, I. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 1, p. 67-73, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 613 p. 2004.

THORNLEY, J.H.M. **Mathematical models in plant physiology**: a quantitative approach to problems in plant and crop physiology, London: Academic Press., 1976. 318p.

UNGARO, M.R.G.; CASTRO, C.; FARIÁS, J.R.B.; BARNIL, N.A.; RAMOS, N.P.; SENTELHAS, P.C., **Girassol**. p. 205 – 221. Embrapa Meio Ambiente, 2009.

VIDAL, Alda Mieko Rocha Kimura et al. Perfil socioeconômico do produtor de flores e plantas ornamentais do Distrito Federal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, 2022.

VIEIRA, Amanda Aires; SAMPAIO, Gustavo Ramos; SAMPAIO, Yony de Sá Barreto. **Floricultura Em Pernambuco: Perspectivas De Crescimento Para 2020**. 44th Congress Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), July 23-27, Fortaleza – Ceará, Brazil. 2006.

VRÂNCEANU, A.V.. El girassol. Trad. Espanhola. **Ediciones Mundi-Prensa**, Madrid. 379 p., 1977.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas. São Paulo: USP, 1972. (Caderno de ciências da terra, n. 30).

VOGT, Gilcimar Adriano; JÚNIOR, Alvadi Antonio Balbinot; DE SOUZA, Adriano Martinho. Divergência genética entre cultivares de girassol no Planalto Norte Catarinense. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 307-315, 2010.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 90, n.C5, p.8995-9005, 1985.