

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Cauê Gabriel Hoffman

**Cultivo de linhaça na entressafra: características fenométricas, fenológicas e
produtivas**

Curitibanos

2022

Cauê Gabriel Hoffman

**Cultivo de linhaça na entressafra: características fenométricas, fenológicas e
produtivas**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade
Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Leosane Cristina Bosco

Curitibanos

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hoffman, Cauê
Cultivo de linhaça na entressafra: características
fenométricas, fenológicas e produtivas / Cauê Hoffman ;
orientador, Leosane Bosco, 2022.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Linhaça . 3. Cultivo na entressafra .
I. Bosco, Leosane. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

CAUÊ GABRIEL HOFFMAN

Cultivo de linhaça na entressafrá: características fenométricas, fenológicas e produtivas

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 14 de julho de 2022



Documento assinado digitalmente

Douglas Adams Weiler

Data: 15/07/2022 16:30:49-0300

CPF: 008.111.820-10

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Leosane Cristina Bosco

Data: 20/07/2022 15:57:20-0300

CPF: 972.958.130-91

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Leosane Cristina Bosco
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Joao Batista Tolentino Junior

Data: 20/07/2022 14:56:40-0300

CPF: 040.784.969-62

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. João Batista Tolentino Junior
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Elis Borcioni

Data: 20/07/2022 15:22:46-0300

CPF: 970.176.390-49

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Elis Borcioni
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Esse trabalho é dedicado a meus pais e aos bons amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

O sul do Brasil apresenta condições edafoclimáticas adequadas para o cultivo e desenvolvimento da cultura da linhaça, entretanto, a falta de materiais técnicos sobre épocas específicas de safra e entressafra resultam em uma desorientação aos produtores. A entressafra pode ser conceituada como o período entre uma safra e outra, período em que o solo geralmente não apresenta cultivo. O experimento foi desenvolvido no campus da UFSC Curitibanos. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a fenometria, fenologia e produtividade de plantas de linhaça cultivadas em condições de clima subtropical em diferentes épocas de semeadura durante a entressafra para a microrregião de Curitibanos. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com quatro blocos e um fator, que foi a época de cultivo. As épocas de cultivo avaliadas foram: E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 15/01/22. Foram marcadas cinco plantas por parcela para as avaliações de crescimento: mensuração de estatura, número total de hastes, altura de inserção de cápsulas e número de folhas verdes na floração. As avaliações de duração do ciclo foram contabilização da duração dos estádios fenológicos e do ciclo total, em dias e em soma térmica. As avaliações de produtividade foram feitas em dez plantas por bloco, sendo elas a contagem de número de cápsula por planta, do número de sementes por cápsula e a massa de mil sementes, além de ter sido estimada a produtividade em $t\ ha^{-1}$. Os dados meteorológicos foram obtidos do banco de dados, de estações meteorológicas automáticas próximas da área de cultivo. Foram observados maiores valores em estatura e em altura de inserção de cápsulas para os plantios nas duas primeiras épocas, em 13/08 e 03/09, bem como a maior duração do ciclo, com respectivos 125 e 122 dias, e o menor para a época 5, com 86 dias. A época 2 apresentou a maior necessidade térmica, com $1.539,7^{\circ}C$ dia para completar o ciclo, e a época 5 a menor necessidade térmica, com $1.272,8^{\circ}C$ dia. Para o componente de produtividade número de cápsulas por planta não se observou diferenças entre as épocas. Para o número de sementes por cápsulas o maior valor obtido foi 7,5, sendo similar entre as épocas 1 até a 5. A massa de mil sementes foi maior nas épocas 1 e 2, com 5,85 e 5,87 g respectivamente. As estimativas de produtividade apontaram a época 1 como a mais produtiva, com valores superiores a $2,0\ t\ ha^{-1}$, não diferindo estatisticamente das épocas 3 e 4. Para os componentes meteorológicos foi possível observar que as épocas 4, 5 e 7 não receberam o mínimo de água necessário para a cultura, e houve a ocorrência de temperaturas superiores a $32^{\circ}C$ na fase reprodutiva de todas as épocas, com exceção à época 8.

Palavras-chave: *Linum usitatissimum*. Épocas de cultivo. Componentes de rendimento.

ABSTRACT

Southern Brazil region has adequate edaphoclimatic potential for the cultivation and development of linseed, however, the lack of technical materials about specific crop seasons and off-seasons cause a disorientation of the producers. The aim of this study was to characterize the growth, phenology and productivity of linseed cultivated under subtropical climate conditions at different growing season during the off-season for the microregion of Curitibanos, SC. The experiments were conducted in the field and organized in randomized blocks, with four blocks and one treatment that was the eight growing season. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22. Five plants for block were marked for the evaluations. The growth assessments were stature, total number of stems, capsule insertion height and number of green leaves in the flowering. The development evaluations were accounting for the duration of the phenological stages and the total cycle, on thermal sum and days. The productivity assessments were made in ten plants per block, counting the number of capsules per plant, number of seeds per capsule and the mass of thousand seeds, besides that was estimated the yield in $t\ ha^{-1}$. Meteorological data were obtained from automatic meteorological stations located near experimental area. The greatest values in height and insertion height of capsules were observed at seasons E1 and E2. The longest cycle duration was obtained for E1 and E2, with 125 and 122 days, and the shortest duration for E5, with 86 days. The E2 presented the greatest thermal sum, with $1.539,7^{\circ}C\ day$, while the E5 presented the lowest, with $1.272,8^{\circ}C\ day$. For the productivity assessment capsules per plant, no differences were observed between the seasons. For the number of seeds per capsule, the highest value obtained was 7.5, being similar between seasons E1 to E5. The mass of a thousand seeds was higher in seasons E1 and E2, with 5.85 and 5.87 g respectively. The productivity estimated pointed to season E1 as the most productive, with more than $2.0\ t\ ha^{-1}$, but did not differ statistically from the seasons E3 and E4.

Keywords: *Linum usitatissimum*. Crop seasons. Yield components.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Figura 1. Área experimental na UFSC campus Curitibanos em 19 de novembro de 2021.....	29
Figura 2. Croqui área experimental na UFSC Curitibanos. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.....	30
Figura 3. Uso de palhada no experimento após a emergência das plantas.....	31
Figura 4. Escala fenológica da linhaça constituída pela fase vegetativa e reprodutiva. Na fase vegetativa indica-se os estádios de sementeira (SE), emergência (EM), e aparecimento das ramificações basais (RB) e na fase reprodutiva indica-se o aparecimento do botão floral (BF), início do florescimento (IF), primeiras cápsulas visíveis (PCV) e maturação completa (MC)...	32
Figura 5. Precipitação pluvial diária ocorrida no período experimental compreendido entre 13 de agosto de 2021 a 30 de maio de 2022 em Curitibanos, SC.....	35
Figura 6. Temperaturas diárias médias (Tmed), máximas (Tmax), e mínimas (Tmin) do ar ocorridas durante o período experimental compreendido entre 13 de agosto de 2021 a 30 de maio de 2022 em Curitibanos, SC.....	37
Figura 7. Variação do fotoperíodo ao longo de um ano em Curitibanos, SC.....	40
Figura 8. (A) Fotoperíodo acumulado fase vegetativa (EM-BF) e ciclo total (EM-MC); (B) Fotoperíodo médio fase vegetativa (EM-BF) e ciclo total (EM-MC) ao longo do ciclo das plantas de linhaça nas diferentes épocas de cultivo em Curitibanos, SC. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22.....	41
Figura 9. Curva de crescimento de plantas de linhaça nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.....	42
Figura 10. Estatura final de plantas de linhaça, avaliações estatísticas e desvio padrão nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.....	43
Figura 11. Relação do crescimento das plantas de linhaça em estatura com fotoperíodo acumulado (A); e com a necessidade térmica (B) considerando os dados das oito épocas de cultivo.....	44
Figura 12. Coeficientes de correlação de Pearson, entre as variáveis EST (estatura); AIC (altura de inserção de cápsulas); NTH (número total de hastes); NCP (número de cápsulas por planta); NSC (número de semente por cápsula); MMS (massa de mil sementes); DFV (duração fase	

vegetativa); DFR (duração fase reprodutiva); DCT (duração ciclo total); STV (soma térmica fase vegetativa); STR (soma térmica fase reprodutiva); STCT (soma térmica ciclo total); PFV (precipitação fase vegetativa); PFR (precipitação fase reprodutiva); PCT (precipitação ciclo total); DCV (dias com chuva fase vegetativa); DCR (dias com chuva fase reprodutiva); DCT.1 (dias com chuva ciclo total); TMEV (temperatura média fase vegetativa); TMER (temperatura média fase reprodutiva); TMECT (temperatura média ciclo total); TMIV (temperatura mínima fase vegetativa); TMIR (temperatura mínima fase reprodutiva); TMICT (temperatura mínima ciclo total); TMAV (temperatura máxima fase vegetativa); TMAR (temperatura máxima fase reprodutiva); TMACT (temperatura máxima ciclo total); FMED (fotoperíodo médio ciclo total); FAV (fotoperíodo acumulado fase vegetativa); FAR (fotoperíodo acumulado fase reprodutiva); FCT (fotoperíodo acumulado ciclo total). X indica correlação não significativa pelo teste t ($p < 0,05$).....46

Figura 13. Altura de inserção de cápsulas de plantas de linhaça nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.....47

Figura 14. Número de hastes de plantas de linhaça e desvio padrão nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.....48

Figura 15. Número de folhas verdes na floração e avaliações estatísticas para as épocas 1, 2, 3, 6 e 7. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21.....49

Figura 16. (A) Relação da duração da fase vegetativa e do (B) ciclo total das plantas de linhaça com fotoperíodo acumulado; (C) Relação da duração da fase vegetativa e do (D) ciclo total com a soma térmica ($^{\circ}\text{C dia}$); (E) Relação da fase vegetativa e do (E) ciclo total com o fotoperíodo médio, considerando os dados das oito épocas de cultivo.....53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Precipitação pluvial acumulada e número de dias com chuva durante o ciclo total (CT), na fase vegetativa (FV) e fase reprodutiva (FR) em cada época de cultivo de linhaça. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22.....36
- Tabela 2. Temperatura do ar média, mínima absoluta e máxima absoluta durante a fase vegetativa (FV) e fase reprodutiva (FR) em cada época de cultivo de linhaça. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22.....38
- Tabela 3. Duração em dias e °C dias das fases de brotação = semeadura (SE) até a emergência (EM), da fase vegetativa = EM até o aparecimento do botão floral (BF), da fase reprodutiva = BF até a maturação completa (MC) e do ciclo total (EM-MC) das plantas de linhaça da cultivar caburé INTA em oito épocas de cultivo de entressafra em clima subtropical. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22.....51
- Tabela 4. Número de cápsulas por planta (NCP), número de sementes por cápsula (NSC), massa de mil sementes (MMS), produtividade estimada pelos componentes de rendimento (P1) e produtividade estimada pela massa total e número de plantas por bloco (P2) de linhaça da cultivar Caburé INTA em sete épocas de cultivo de entressafra em clima subtropical. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22.....54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivos gerais	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	18
2.1 ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	18
2.2 CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	19
2.3 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS.....	21
2.4 PRODUTIVIDADE DE PLANTAS.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	28
3.2 DADOS METEOROLÓGICOS.....	28
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E MANEJO.....	29
3.4 ANÁLISES FENOMETRICAS OU DE CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	31
3.5 ANÁLISES DE DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS.....	31
3.6 ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE DE PLANTAS.....	33
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 DADOS METEOROLÓGICOS.....	35
4.1.1 Precipitação pluvial	35
4.1.2 Temperatura	36
4.1.3 Fotoperíodo	39
4.2 CRESCIMENTO DE PLANTAS DE LINHAÇA.....	41
4.2.1 Estatura	41
4.2.2 Altura de inserção de cápsulas	47
4.2.3 Número total de hastes	48
4.2.4 Número de folhas verdes no início da floração	49
4.3 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE LINHAÇA.....	50
4.4 PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE LINHAÇA.....	54
4.4.1 Número de cápsulas por planta	54
4.4.2 Número de sementes por cápsula	55
4.4.3 Massa de mil sementes	55

4.4.4 Produtividade estimada.....	56
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERENCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) pertence à família Linacea e ao grupo das oleaginosas, e tem sua origem geográfica desconhecida, entretanto, Harlan (1971) destaca que o linho se desenvolveu no Oriente Próximo, a cerca de 7.300 anos a.C., junto a algumas outras plantas domésticas. O cultivo de linhaça é dividido em duas finalidades, o destinado a produção de fibras para a indústria têxtil, denominado linho, e o cultivo do grão oleaginoso, destinado ao consumo humano e animal, denominado de linhaça (LÚCIO *et al.*, 2021).

No Brasil, os primeiros cultivos de linhaça são relatados no período colonial, no estado de São Paulo, entretanto, há registros de tentativas de introdução da cultura no sul do país no início do século XVIII, pelos jesuítas. Atualmente, o cultivo do grão vem aumentando, bem como o consumo, tendo em vista o alto valor nutricional que o mesmo apresenta, com altos teores de ácidos graxos do tipo ômega-3, quantidade elevada de fibras, proteínas e compostos fenólicos (LÚCIO *et al.*, 2021). Além disso, o cultivo de linhaça pode servir como alternativa a produtores para a rotação de culturas, apresentando baixa necessidade de tratamentos culturais (CASA *et al.*, 1999).

O Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor nacional de linhaça. Stanck (2016) analisando a produção em Santa Catarina, destaca que as condições edafoclimáticas do sul do país para a produção de linhaça são adequadas, embora superior a média nacional de produtividade, ainda se encontra abaixo da média mundial. Isso se deve ao fato de que o nível de conhecimento sobre o desempenho agrônomo da cultura nas condições ambientais do sul do Brasil ainda é incipiente e muito recente, demonstrando que há um caminho aberto para as pesquisas nesse contexto.

A linhaça tem recebido atenção nos últimos anos por ser uma alternativa viável aos produtores regionais, que buscam a diversificação da área com espécies de alto valor agregado. No entanto, diante da ausência de orientação técnica, os próprios agricultores precisam testar sementes, épocas de cultivo e manejo para ajustar as possibilidades de inserção da linhaça em sua propriedade, o que limita a expansão do cultivo.

Em relação a época de cultivo, a safra pode ser definida como o período em que se inicia a semeadura, que para a linhaça ocorre tradicionalmente nos meses de maio a junho, com a colheita ocorrendo entre outubro e novembro (STANCK *et al.*, 2017). Já a entressafra seria o período entre uma safra e outra, onde o agricultor faz os planejamentos para as próximas safras (DIAS, 2018). Apesar de a semeadura ocorrer geralmente entre os meses de maio e junho, há registros com semeaduras nos meses de julho e agosto com um bom desempenho produtivo,

com isso, destaca-se a importância de estudos que busquem explorar todas as possibilidades de cultivo da espécie, inclusive na entressafra.

A inexistência de ferramentas agrícolas básicas para o desenvolvimento da cultura da linhaça, como por exemplo, o zoneamento agrícola, sementes e boletins técnicos, acaba deixando os agricultores sem orientações fundamentais sobre a cultura, o que dificulta o plantio, bem como a disseminação da cultura, que apresenta pouca representatividade nas áreas cultivadas, mesmo em locais com condições edafoclimáticas adequadas (LÚCIO *et al.*, 2021).

Para a caracterização das respostas da linhaça nas condições de clima subtropical da microrregião de Curitibanos, SC, a avaliação de características de crescimento, desenvolvimento e produtividade associadas às condições meteorológicas ao longo do ano são fundamentais. Diante disso, esse trabalho de conclusão de curso se propôs a analisar detalhadamente características de plantas de linhaça e do ambiente (clima) no período entre agosto e janeiro, denominado entressafra. A hipótese desse estudo é de que o crescimento, desenvolvimento e produtividade de plantas é fortemente influenciado pelas condições meteorológicas, sendo que o tamanho das plantas, a duração do ciclo e a produtividade são menores nos períodos mais quentes e com maior fotoperíodo, como os meses de novembro a janeiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar a fenometria, fenologia e produtividade de plantas de linhaça cultivadas em condições de clima subtropical em diferentes épocas de semeadura durante a entressafra.

1.1.2 Objetivos Específicos

Caracterizar o crescimento das plantas de linhaça quanto a estatura, número de folhas verdes e número de ramificações basais.

Caracterizar o desenvolvimento da linhaça considerando a duração das fases vegetativas e reprodutivas.

Caracterizar a produtividade da linhaça a partir da contagem do número de cápsulas por planta, do número de sementes por cápsula e massa de mil sementes.

Caracterizar as condições meteorológicas ocorridas em cada época e associá-las ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A produção de linhaça no Brasil não supre a demanda existente pelo mercado e, isso ocorre em virtude da reduzida área de cultivo que está relacionada com a falta de conhecimento agrônomo sobre a espécie e, conseqüente, falta de incentivo aos agricultores a partir de políticas agrícolas.

A semeadura da linhaça tradicionalmente ocorre entre períodos de maio a junho nas áreas de cultivo do hemisfério Sul, sendo conhecida como uma planta de outono/inverno. Entretanto, não há registros oficiais referentes a época de cultivo ideal para a cultura e quanto ao cultivo de entressafra (MAPA, 2022). Essas informações básicas são fundamentais para o desenvolvimento da cadeia produtiva da linhaça, que está se estabelecendo no sul do Brasil (LÚCIO *et al.*, 2021).

Conhecimentos gerados a partir da caracterização de épocas de semeadura são fundamentais para a elaboração do zoneamento agrícola de risco (ZARC). O ZARC é uma tecnologia crucial para o apoio à tomada de decisão para o planejamento e a execução de atividades agrícolas, para políticas públicas e, para seguridade agrícola (EMBRAPA, 2017). O ZARC tem como objetivo a indicação de datas ou períodos de plantio/semeadura por cultura e por município, considerando as características do clima, o tipo do solo e o ciclo das cultivares, de forma a evitar que adversidades climáticas coincidam com as fases mais sensíveis das culturas, minimizando as perdas agrícolas (EMBRAPA, 2017).

O desenvolvimento de estudos que caracterizam as respostas de crescimento, fenologia e produtividade da linhaça nas condições climáticas da microrregião de Curitiba pode dar suporte na elaboração de um banco de dados para um futuro zoneamento agrícola ou para geração de dados que auxiliem tanto a comunidade acadêmica, quanto os extensionistas e agricultores da região em questões que envolvem planejamento e tomadas de decisão.

Além disso, é importante destacar que a linhaça tem potencial de uso tanto para fibra quanto para grão, sendo amplamente utilizada na indústria química, farmacêutica e cosmética (OLIVEIRA *et al.*, 2012), com potencial para ser introduzida no rol de plantas utilizadas para a rotação de culturas. Esse potencial gera possibilidades diversas quanto a comercialização de sementes ao mercado consumidor, sendo uma fonte de recursos interessante aos agricultores que desejam diversificar seus cultivos e agregar renda na propriedade.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 ÉPOCAS DE SEMEADURA

Época de semeadura é uma prática de manejo simples e sem custo, que é definida por um conjunto de fatores ambientais (temperatura, umidade do solo e fotoperíodo) que interagem com a planta (genótipo), influenciando em suas características e, promovendo variações na produtividade. A época de semeadura associada a genética da planta define alta produtividade. Portanto, é necessário conhecer a duração do ciclo das plantas e relacionar com o ambiente de produção, buscando a máxima produção, através da melhora dos componentes de produtividade, coincidindo com a melhor disponibilidade ambiental para a planta, ou seja, é necessário conhecer a ecofisiologia das plantas (LARCHER, 2000; DIAS, 2018; CASTRO *et al.*, 2012).

A safra é conceituada como o período em que a semeadura é realizada, geralmente na época em que a temperatura, fotoperíodo e umidade estão favoráveis ao desenvolvimento da espécie de interesse. É durante esse período de safra que o produtor investe seus recursos, aumentando as chances de uma maior produtividade (LARCHER, 2000). No caso do milho, em Curitibanos, SC, por exemplo, a safra se inicia em setembro e vai até dezembro. Já para o alho, a safra que se inicia em 21 de maio a 31 de julho (EMBRAPA, 2022). Já a entressafra é o período entre o fim do ciclo de um cultivo e o início do próximo. É época em que o solo geralmente fica sem atividade agrícola, permanecendo em descanso, até que condições climáticas favoráveis se estabeleçam novamente para que a cultura principal possa ser plantada novamente. Durante a entressafra muitos produtores rurais aproveitam para planejar os próximos passos da propriedade rural e se preparar para o plantio seguinte (DIAS, 2018; CASTRO *et al.*, 2012).

O período de safra das culturas varia de acordo com a região do país, devido à grande extensão territorial do Brasil, o que proporciona diferentes condições climáticas para as diferentes regiões. A entressafra geralmente apresenta características adversas ao cultivo, como temperaturas extremas, excesso ou déficit hídrico, geadas, aparecimento de pragas e doenças, entre outras, além de ocorrer em função de características fisiológicas da cultura, como por exemplo na produção de maracujá (*Passiflora edulis* Sims), que tem sua floração interrompida no inverno na região sul em função das baixas temperaturas (DIAS, 2018). Embora o período de entressafra não seja ideal, algumas culturas apresentam características que permitem o cultivo em uma maior janela de tempo com produtividade satisfatória.

Um exemplo é o cultivo de feijão que pode ser feito em três diferentes épocas em um mesmo ano, sendo as épocas: a safra ou cultivos das águas, a safrinha ou cultivo da seca e a

entressafra, que ocorre entre maio a julho. Salgado *et al.* (2011) demonstra cultivos no período da entressafra no sul do estado do Tocantins, com produtividades médias acima de três toneladas por hectare, quando utilizadas cultivares que apresentam potencial produtivo para essa época de cultivo. Os autores destacam a importância de escolhas de genótipos que apresentem boa adaptação as condições edafoclimáticas para cultivos de entressafra.

A produção de milho na entressafra, em consórcio com feijão, é demonstrada por Ramalho *et al.* (1985), em Sete Lagoas, MG. Os autores relatam que apesar de temperaturas inferiores a 10°C serem prejudiciais ao desenvolvimento do milho, com o uso de irrigação, é possível a produção de milho verde no inverno na região. A produtividade obtida nos cultivos de feijão foi baixa, entretanto, os autores destacam que no período de entressafra a oferta de produtos no mercado é menor, o que proporciona ao agricultor uma certa rentabilidade. Além disso, o feijão e o milho contribuem com a palhada no solo, que auxilia nos cultivos posteriores, podendo também ser uma opção para rotação de culturas. Santos *et al.* (2010) relatam resultados similares, indicando o consórcio entre milho-verde e o feijoeiro uma boa alternativa aos produtores que busquem cultivos na entressafra.

O ZARC busca identificar janelas propícias para o plantio das culturas agrícolas, de modo a diminuir os riscos relacionados ao clima, como déficit hídrico ou temperaturas danosas, que podem acarretar perdas agrícolas. Desse modo, o ZARC é um instrumento de política e gestão de riscos para a agricultura (OLIVEIRA *et al.*, 2016) que indica, por meio de portarias específicas, as épocas de semeadura recomendadas para o cultivo por municípios a partir da análise conjunta de dados científicos sobre solo, planta e clima de cada local.

2.2 CRESCIMENTO DAS PLANTAS

O crescimento de plantas é definido como o aumento irreversível do tamanho, podendo ser mensurado através de estatura, massa de matéria fresca, massa da matéria seca, área e volume (REIS; MULLER, 1979).

Apesar do crescimento das plantas ser ditado por heranças genéticas, o mesmo é altamente influenciado por condições ambientais e climáticas. Por exemplo, os efeitos da radiação solar no crescimento de plantas variam de acordo com a qualidade, intensidade e duração da radiação solar, o que causa diferentes respostas de crescimento. A temperatura, que varia em um mesmo local em função da época do ano, pode influenciar processos fisiológicos como fotossíntese, respiração e divisão celular, e desse modo, influenciar o crescimento das plantas (CAMPOS, 1970). Do mesmo modo, o crescimento de plantas é alterado em função da época e local de cultivo, devido as diferenças ambientais proporcionadas por cada situação.

Na literatura, as análises de crescimento apresentadas, envolvem a variável estatura (STANCK *et al.*, 2017; ORSI, 2019; BENEVIDES, 2019; TOMASSONI *et al.*, 2013; ROSSI *et al.*, 2014; CARDUCCI *et al.*, 2021), número de folhas (STANCK *et al.*, 2017), número de ramos secundários (ROSSI *et al.*, 2014; ROSSETTO *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2013) e altura de inserção de cápsulas (BOSCO *et al.*, 2021).

Em cultivos de linhaça realizados em Curitiba, SC, Stanck *et al.* (2017) obtiveram valores para estatura entre 83,2 e 76,8 cm para semeadura em agosto, e 85,3 cm para semeaduras no mês de julho. Orsi (2019) e Benevides (2019) apresentam valores entre 92,73 e 105,43 cm de estatura, avaliando diferentes linhagens de linhaça obtidas de uma lavoura comercial, com cultivos em junho. Carducci *et al.* (2021) destaca valores de 130 cm para estatura média para cultivos em abril, em Curitiba, e 85 cm para cultivos na mesma época em Dourados, MS, sendo que em cultivo no mês de maio, esses autores ainda relataram valores inferiores em ambos os locais de cultivo.

A densidade de plantas é um fator que pode influenciar a altura das plantas e está associada ao modo de semeadura. Sendo assim, Tomassoni (2013) fez avaliações de altura para um cultivo de linhaça dourada, realizado em abril de 2012, em Cascavel, PR, em dois sistemas de cultivos, a lanço e em linha, o qual obteve valores de 64,56 cm e 67,5 cm, respectivamente, não relatando diferenças estatísticas entre os tratamentos. Rossi *et al.* (2014) avaliaram o desempenho das plantas de linhaça em diferentes densidades de cultivo, observando que a maior altura de plantas foi obtida em cultivos mais densos, com 190 plantas/m², com 62,67 cm de altura, e as menores plantas, com 51,7 e 51,0 cm foram obtidas nos plantios menos densos, com 67 e 84 plantas/m², respectivamente.

Para a variável número de folhas, Stanck *et al.* (2017) relataram plantas com o número de folhas que variaram entre 96 em semeaduras em agosto de 2014 e 106 em julho de 2015, além disso, destaca-se que no momento em que se inicia a floração na haste principal, cessa o aparecimento de novas folhas. O número de ramos é afetado pela densidade de semeadura, como demonstrado por Rossi *et al.* (2014), que obteve 3,67 ramos em média para cultivos realizados com um espaçamento de 117 plantas/m², e um ramo por planta para cultivos menos densos, com 67 plantas/m². Santos *et al.* (2013) descreve ampla variação no número de hastes para o cultivo de linhaça, com valores entre 1 e 4 hastes por planta, enquanto Rossetto *et al.* (2012) apresenta cultivos de linhaça dourada e marrom com valores médios de 2,86 e 2,75 hastes por planta, respectivamente.

A época de cultivo altera características de crescimento em diferentes espécies vegetais. Lazzarotto (1992) demonstrou essa influência em cultivos de trigo (*Triticum* spp.), avaliando

cultivos intercalados em 20 dias, entre os meses de março a junho, e obteve valores médios que variaram 35 cm entre as épocas nos dois primeiros anos do experimento, entretanto, no terceiro ano não observou diferenças entre os valores médios para estatura.

Para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), com cultivos realizados em setembro, outubro, novembro e dezembro de 2016, não se observou diferença estatística significativa entre os valores médios obtidos para estatura e número de perfilhos (MARTINS, 2014).

Em plantas de canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) Dalmago *et al.* (2013) observaram que quando em semeadura tardia, as plantas apresentavam maior número de folhas no caule e menor número de folhas nos ramos, enquanto as plantas semeadas mais precocemente, isso ocorreu de modo inverso, além de apresentar um florescimento anterior as demais. Os autores relatam que houve influência do fotoperíodo nas características de folhas no caule e no ramo, e também no momento do início da floração.

Orsi (2019) demonstrou que mesmo geneticamente determinada, a altura das plantas de linhaça é altamente influenciada por fatores climáticos. Segundo McFree e Fernández (1989) o déficit hídrico pode afetar negativamente o desenvolvimento da planta em razão do decréscimo da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão foliar, impactando o crescimento das células e a manutenção da turgescência, além de frear o crescimento da planta. Quando não há turgor nas células, os processos de crescimento, expansão e divisão celular e fotossíntese são afetados negativamente (PETRY, 1991). Em contrapartida, o déficit hídrico tende a estimular o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

2.3 DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

O desenvolvimento de plantas é definido como um conjunto de processos de divisão celular, crescimento e diferenciação celular, que juntos, formam a planta adulta. O ciclo das plantas varia em função da época de cultivo, determinada por fatores como temperatura e fotoperíodo (CASTRO *et al.*, 2005; BOLONHEZI, 1991; RONCANCIO *et al.*, 1996).

Para linhaça, a escala fenológica que representa o desenvolvimento de planta foi primeiramente descrita por Smith e Fremont (1998). Nessa descrição, os autores apresentam a escala fenológica descritiva dividida em 10 fases e 99 estádios. Recentemente, com o objetivo de facilitar a utilização da escala fenológica da linhaça, Bosco *et al.* (2021) resumiram esse ciclo em duas fases (vegetativa e reprodutiva) e oito estádios, sendo eles semeadura, emergência, desenvolvimento foliar, aparecimento da ramificação basal, aparecimento do botão floral, início do florescimento, primeiras cápsulas visíveis e senescência. A escala fenológica é

uma ótima ferramenta para identificação dos diferentes estádios de desenvolvimento, pois a partir dela é possível padronizar a comunicação entre pesquisadores, extensionistas e agricultores e proporcionar melhor adequação nas práticas de manejo.

A temperatura apresenta grande influência sobre o crescimento das plantas, sendo que existem temperaturas ideais, temperaturas basais inferiores e superiores para o crescimento adequado das plantas, as quais podem ser alteradas conforme o estágio fenológico que a planta se encontra. Plantas de clima tropical apresentam elevada tolerância a altas temperaturas, entretanto, se submetidas a temperaturas baixas, apresentam uma grande sensibilidade. As plantas de clima temperado podem necessitar de tratamentos de frio para iniciar o seu desenvolvimento, como por exemplo a vernalização, responsável pela superação da dormência das sementes, o que dá início ao processo de germinação. Além disso, a temperatura pode ser altamente influente em processos hormonais, como por exemplo em frutíferas de clima temperado (SILVA *et al.*, 2021).

Em cultivos em Curitiba, SC, pode-se observar entre 7 a 10 dias para emergência das plantas de linhaça, podendo classificá-las como emergência precoce e tardia, respectivamente. O ciclo total para os mesmos cultivos variou entre 137 a 153 dias, sendo que essa grande variação foi atribuída pelos autores a ampla variedade genética que o lote de sementes apresentava (ORSI, 2019; BENEVIDES, 2019).

Em experimentos desenvolvidos em Rio do Sul e Herval D'Oeste, Bosco *et al.*, (2020) observaram que o cultivo em abril proporcionou o tempo mais curto até a emergência das plantas, o qual variou de 6 a 11 dias em condições de precipitação consideradas ideais. Além disso, o ciclo das plantas variou entre 193 dias para cultivos realizados em abril em Rio do Sul e 153 dias para plantios realizados em Herval D'Oeste em maio.

Stanck *et al.* (2017) obteve em Curitiba com semeadura em agosto de 2015 um ciclo de 139 dias para a linhaça dourada e 120 dias para a linhaça marrom. Em cultivos em julho, ciclo total foi de 130 dias para linhaça dourada e também a linhaça marrom.

É possível mensurar a duração do ciclo de plantas em dias do calendário civil e também através da soma térmica. A variação de duração do ciclo total e dos estádios fenológicos tende a ser menor quando analisado através da soma térmica, considerando uma temperatura basal inferior para a cultura da linhaça de 4,8°C (CASA *et al.*, 1999) como demonstrado por Bosco *et al.* (2020), avaliando cultivos de linhaça que tiveram um ciclo total de 193 e 181 dias, entretanto, a soma térmica para os ciclos foi de 2.262,57 e 2.121,0°C dia, respectivamente.

Bosco *et al.* (2020) relataram a duração do ciclo de 2.262,57°C dia para uma semeadura realizada em abril de 2017, em Rio do Sul, SC, e 1.707,20°C dia para um cultivo em maio, em

Herval D'Oeste. Para Curitiba, foi possível observar valores de 1.995,3, 2.005,8 e 1.756,3°C dia para a cultivar Aguará INTA nos meses de abril, maio e junho, respectivamente, e valores de 1.995,3; 2.000,1 e 1.761,8°C dia para a cultivar Caburé INTA, nos mesmos meses. Em Rio do Sul foi possível observar uma diferença de 457,7°C dia entre o cultivo de maio e junho, sendo o cultivo de maio o que demandou uma maior soma térmica. Para cultivos em julho e agosto em Curitiba, SC, Stanck *et al.* (2017) descreve valores de 1.591,5 e 1.785,0 °C dia, respectivamente.

É possível observar variação nas respostas do ciclo de desenvolvimento de acordo com a época de cultivo para outras espécies, Schmidt *et al.* (2017), com cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) em agosto e dezembro, verificou ciclos totais de 117 a 121 dias para o cultivo de agosto, e 104 a 111 dias para o cultivo de dezembro. Para soma térmica, obtiveram valores de 1.749,4 a 1.717,5 °C dias para o primeiro cultivo e 1.534,6 e 1.495,1 °C dia para o segundo cultivo, avaliando-se duas cultivares.

Quando avaliado a influência da época de cultivo na cebola (*Allium cepa*) variedade Empasc 352 – Bola Precoce foi possível observar que sementeiras tardias, ocorridas em maio, aumentam a duração da fase até o transplante, entretanto, após transplantadas no canteiro definitivo, há a diminuição da fase de cultivo. Os cultivos ocorreram em 10 épocas, com a sementeira ocorrendo entre março e maio, com posterior transplante para os canteiros definitivos, ao final do experimento, foi possível observar uma variação de 91 dias para a primeira época a 198 dias para a última época de cultivo da cebola para o ciclo total (VIEIRA *et al.*, 2021).

As condições climáticas podem influenciar a duração de ciclo das plantas. O número de dias até a emergência em linhaça é influenciado pela pluviosidade e temperatura, sendo que em temperaturas mais elevadas e pluviosidade adequada, as plantas de linhaça emergem com antecedência (ORSI, 2019).

Bosco *et al.* (2020) demonstraram que a fase de emergência da linhaça, é altamente influenciada na fase de emergência pela precipitação, apresentando dias para a emergência de 6 a 11 dias em condições de precipitação adequada e 21 dias para local com ausência de precipitação. Na cultura do milho (*Zea mays*) a deficiência hídrica na fase de emergência resulta na desigualdade germinativa das plantas, já na fase vegetativa ocasiona a redução da área foliar, e, conseqüentemente, a diminuição do crescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

As horas de frio e a duração das fases fenológicas não apresentam relação (BOSCO *et al.* 2020), e a baixa temperatura do ar pode ocasionar o aumento da duração das fases de desenvolvimento da linhaça. Genótipos testados na região sul do Brasil apresentaram floração

com fotoperíodo de 11 horas para cultivos de abril e maio, e 12 horas para julho (BOSCO *et al.*, 2020). Embora seja uma planta facultativa de dias longos, Hamne e Bonner (1938) descrevem uma necessidade de 12 horas de luz para o florescimento da linhaça.

Houve influência do fotoperíodo no ciclo de amendoim (*Arachis hypogea* L.), apresentando um menor ciclo quando as condições de fotoperíodo e temperatura do ar são maiores, variando o ciclo de 119 a 188 dias (MARIN *et al.*, 2006).

2.4 PRODUTIVIDADE DE PLANTAS

A produtividade é influenciada por diversos fatores, que se iniciam antes mesmo da semeadura, tais como a genética, características físico-químicas do solo e condições climáticas. A produtividade é a quantificação da produção por área, e pode ser afetada significativamente por fatores climáticos em estádios específicos, como o déficit hídrico nas fases iniciais de crescimento, que resultam em diminuição do desenvolvimento e conseqüentemente, aumento do ciclo e perda de produção (BOSCO *et al.*, 2021).

Para linhaça, os componentes de produtividade são número de sementes por cápsula, número de cápsula por planta e massa da semente. A média nacional para a produtividade de linhaça é de 0,95 t ha⁻¹, e do Canadá, país que se destaca como maior produtor mundial, é de 1,7 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021).

Em cultivos de linhaça semeados em junho de 2018 ocorreu uma grande variação nos componentes produtivos, como por exemplo o número de cápsulas por planta, que variou de 22 a 84 cápsulas, mesmo em um plantio de baixa densidade. Estimando-se a produtividade por área, obteve-se valores que variam de 0,25 a 1,59 t ha⁻¹ (ORSI, 2019).

Bosco *et al.* (2020) obteve valores de produtividade estimada de 2,6 t ha⁻¹ em semeaduras realizadas em maio, em Ronda Alta, RS, valores que são muito superiores à média nacional da linhaça. Nos demais locais em que o experimento se desenvolveu, incluindo Curitiba, SC, também se obteve valores superiores à média nacional, com semeaduras em junho.

Com cultivos de agosto, analisando-se dois genótipos, foi possível observar valores de número de sementes por cápsula igual a 7, superior ao número obtido no cultivo do mês de julho do ano seguinte, com 5 sementes por cápsula. O peso de mil sementes ficou entre 5,34 e 5,93 g em semeaduras ocorridas no mês de agosto e 3,86 a 4,08 g para aquelas do mês de julho. Em relação à estimativa de produtividade, no cultivo de agosto obteve-se entre 1,05 a 1,24 t ha⁻¹ e no mês de julho 0,37 a 0,75 t ha⁻¹. Considerando-se que os dois cultivos foram realizados na mesma área e utilizando-se os mesmos genótipos, é possível observar uma variação dos resultados, em função das condições ambientais de cada ano (STANCK *et al.*, 2017).

A época de cultivo tem grande influência sobre a produtividade e número de cápsulas de linhaça (BOSCO *et al.*, 2020). Semeaduras consideradas tardias, no mês de junho, apresentaram bons resultados de produção, auxiliados por uma precipitação adequada na época.

Cultivos mais precoces no mês de novembro ou final de outono na Índia, apresentaram uma maior produtividade, com 38,68 cápsulas por planta, quando comparados a cultivos com semeadura mais tardias no mesmo mês, devido ao fato de uma maior exposição as condições ideais para o crescimento e desenvolvimento da cultura. O estudo apontou que o mesmo ocorre no desenvolvimento de ramos secundários (MAURYA *et al.*, 2017).

Tomassoni *et al.* (2013) apresenta valores de 19,94 e 10,06 cápsulas por planta, para cultivos desenvolvidos na linha e a lanço, respectivamente, com a semeadura ocorrendo no mês de abril, em Cascavel, PR. Rossi *et al.* (2014) avaliando diferentes densidades de plantio, com a semeadura ocorrendo em junho, observou que cultivos mais densos, com 190 plantas/m², resultou em um maior número de cápsulas, com 39,66 cápsulas por planta em média, enquanto plantios menos densos, como 67 plantas/m² produziram plantas com o menor número de cápsulas, com 11,17 cápsulas por planta em média. Com isso, foi possível observar que cultivos com densidade de plantio inferior a 99 plantas/m² resultam na diminuição da produtividade.

Analisando a produtividade de outras espécies, foi verificada variações entre épocas de cultivo. Em um experimento desenvolvido com trigo, em Muzambinho, MG, foi possível observar a diferença entre a produtividade das cultivares avaliadas submetidas a três diferentes épocas de plantio, com um coeficiente de variação de 38,56%. Os cultivos feitos em 30 de junho e 21 de maio do ano de 2015 não diferiram entre si estatisticamente, embora variaram de 0,46 a 0,60 t ha⁻¹, entretanto, o cultivo desenvolvido em 10 de junho apresentou uma produtividade muito superior, com 1,14 t ha⁻¹ (SILVA *et al.*, 2015).

Marchiori (2004) demonstrou que houve interação entre a época de plantio dentro da época de colheita da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), com um efeito significativo entre época de plantio e época de colheita. Os plantios tardios tendem a atrasar o primeiro corte da cana-de-açúcar. Além disso, as épocas de plantio alteraram características como toneladas de colmo, toneladas de açúcar por hectare e açúcar total recuperável, importante componente de rendimento para a cultura.

Os elementos meteorológicos interferem nos componentes de rendimento e também na produtividade das plantas. Para o cafeeiro (*Coffea sp.*) em déficit hídrico, foi possível notar uma redução do metabolismo, em função da redução da taxa de evapotranspiração, resultando em uma redução no fluxo de massa e nas trocas gasosas, com isso, a produção é afetada

negativamente. Alguns fatores que podem ser observados são maior quantidade de frutos com defeitos, menor densidade e rendimento de grãos (MARTINS *et al.*, 2015).

Em condições adequadas de pluviosidade, foi possível observar que a temperatura apresenta influência na produtividade do milho (*Zea mays*). Temperaturas mais amenas, junto a uma maior amplitude térmica, proporcionou o aumento do ciclo da cultura, o que resultou em um período de enchimento de grãos mais longo, e conseqüentemente, em uma maior produtividade (ALVES *et al.*, 2011).

No cultivo de feijão (*Phaseolus vulgaris*) a temperatura é determinante para determinação de componentes de rendimento, além de ter impacto direto sobre abortamento de flores, vagens e grãos. Para o florescimento, o feijão necessita do acúmulo de °C dia, o que faz com que dias mais quentes e com alta irradiação proporcionem a diminuição da fase vegetativa, entretanto, altas temperaturas em um período de seis dias antes da antese podem causar a redução da retenção de vagens (DIDONET; SILVA, 2004).

Quando submetido a situações de estresse hídrico, principalmente na fase de floração, o feijoeiro pode reduzir o número e tamanho de vagens, além do número de sementes por vagem, afetando negativamente o desempenho produtivo da cultura. Elevadas precipitações na época de colheita podem ser prejudiciais, influenciando a germinação das sementes ainda na vagem (DIDONET; SILVA, 2004).

No cultivo de linhaça, temperaturas superiores a 32°C durante o florescimento reduzem o crescimento, tamanho, teor e qualidade de óleo na semente (FLOSS, 1983). O autor ainda destaca que a ocorrência de temperaturas superiores a 30°C tem influência negativa na produção de linhaça, sendo que temperaturas abaixo de -5°C no período vegetativo e -1°C no período reprodutivo causam danos irreversíveis a planta.

Carducci *et al.* (2021) destaca que cultivos de linhaça que permanecem mais tempo sob baixas temperaturas, acabam tendo um menor acúmulo térmico e conseqüentemente, um alongamento do ciclo da cultura. Os mesmos autores relatam que temperaturas mais frequentes próximas a 20°C proporcionam uma menor amplitude térmica e, isso associado a um fotoperíodo mais longo, leva a uma diminuição do ciclo da planta e também uma maior produtividade.

Temperaturas inferiores a 5°C, para linhaça, podem causar o congelamento intercelular da semente e paralisar seu crescimento (BOSCO *et al.*, 2020), além disso, geadas no período de enchimento de grãos tem efeitos na composição química das sementes, aumentando os valores de acidez, o que diminui a qualidade do grão (CARDUCCI *et al.*, 2021; BOSCO *et al.*, 2020; CASA *et al.*, 1999). As altas temperaturas nas fases de formação e maturação também

são prejudiciais ao rendimento da linhaça, reduzindo o número de sementes por cápsulas, o peso, o teor e a qualidade do óleo da semente de linhaça (DYBING; ZIMMERMAN, 1965; STANCK *et al.*, 2017).

O estresse hídrico no início do desenvolvimento, no florescimento e na formação da semente de linhaça é prejudicial ao rendimento da semente, assim como o excesso de chuva no início do florescimento, que pode causar a diminuição do número de cápsulas por planta (STANCK *et al.*, 2017; MARTIN *et al.*, 1976).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido entre agosto de 2021 e maio de 2022 na Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Curitibanos, na latitude 27°17'05'' S, longitude 50°32'04'' W e altitude 1096 m. O clima da região se caracteriza como um Cfb, subtropical úmido com verões amenos (ALVARES *et al.*, 2013), com uma temperatura média anual de 16,5 °C e precipitação acumulada de 1.480 mm (EMBRAPA, 2011). O solo da área é classificado como Cambissolo Húmico, com as características de 9,9% de areia, 41,8% de silte, 48,3% de argila e pH em água de 6,5 (STANCK, 2019).

3.2 DADOS METEOREOLÓGICOS

Os dados meteorológicos analisados foram: temperatura média, mínima e máxima do ar e precipitação pluvial. Os dados foram obtidos do banco de dados do INMET (13 de agosto de 2021 a 28 de fevereiro de 2022) e do CIRAM/EPAGRI (01 de março de 2022 a 30 de maio de 2022) oriundos de estações meteorológicas automáticas próximas da área de cultivo. Utilizaram-se dados de duas estações meteorológicas em função da perda do fornecimento de informações a partir do mês de fevereiro de 2022 dos dados coletados pela estação do INMET. Para obter o fotoperíodo diário utilizou-se o cálculo da declinação solar (equação 1), necessária na equação do fotoperíodo ou comprimento dos dias do ano (equação 2), conforme:

$$\delta = 23,45 \times \sin \left[\frac{360}{365} \times (284 + DJ) \right] \quad (1)$$

Em que δ é a Declinação Solar (graus) e DJ é o Dia Juliano.

$$N = \frac{2}{15} \times \arccos [-1 \times (\tan\varphi \times \tan\delta)] \quad (2)$$

Em que N é o Comprimento do dia (horas), φ é a Latitude e δ é Declinação solar (graus).

Para verificar a resposta das plantas ao fotoperíodo em termos acumulados ou médios, os dados diários de fotoperíodo foram acumulados, obtendo o fotoperíodo acumulado (FA), bem como determinou-se fotoperíodo médio (FM) para o ciclo total.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E MANEJO

O experimento foi desenvolvido utilizando sementes da cultivar Caburé INTA, do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária da Argentina, produzidas em 2016 em Curitiba. Essa cultivar foi escolhida em função do melhor desempenho nos cultivos já realizados na microrregião de Curitiba, SC. Todas as sementes, em pré-semeadura, estavam acondicionadas em recipientes e mantidas em refrigerador com temperatura aproximada de 4°C. Foram feitos testes de germinação a campo para prévia avaliação da qualidade do lote de sementes.

O experimento constou de um único fator, sendo esse à época de semeadura. Utilizaram-se 8 tratamentos, sendo oito diferentes épocas de semeadura, que foram: época 1 – 13 de agosto de 2021; época 2 – 03 de setembro de 2021; época 3 – 17 de setembro de 2021; época 4 – 01 de outubro de 2021; época 5 – 15 de outubro de 2021; época 6 – 05 de novembro de 2021; época 7 – 03 de dezembro de 2021; e época 8 – 10 de janeiro de 2022 (Figura 1).

Figura 1. Área experimental na UFSC campus Curitiba em 19 de novembro de 2021.



Fonte: Do autor, 2022.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 4 blocos, sendo cada bloco constituído por parcelas de 1,2 m de comprimento e 0,70 m de largura, totalizando 0,84 m². Cada parcela possuía 5 linhas com espaçamento entre si de 0,30 m, sendo o espaçamento entre plantas de 0,02 m (Figura 2). A densidade populacional foi de 166 plantas/m². Foram realizadas

oito sementeiras, entre o período de 13 de agosto de 2021 a 15 de janeiro de 2022, com intervalos que variaram de 15 a 30 dias. Cada sementeira foi denominada como época de cultivo

Figura 2. Croqui área experimental na UFSC Curitibanos. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.

	B3	B2	B4	B1
	E5	E8	E2	E8
	E8	E2	E7	E4
	E7	E5	E6	E3
	E4	E1	E3	E7
	E1	E4	E4	E5
	E3	E6	E1	E2
	E2	E3	E8	E1
	E6	E7	E5	E6

Fonte: Do autor, 2022.

Para realizar a sementeira o solo foi revolvido superficialmente (cerca de 10 cm) e adubado, conforme a necessidade observada na análise do solo. A adubação foi feita no momento da sementeira com 50 Kg ha⁻¹ ureia, 140 Kg ha⁻¹ super fosfato simples, 60 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 120 Kg ha⁻¹ de adubo orgânico de origem avícola. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, quando necessário.

A irrigação foi realizada apenas em um momento durante o desenvolvimento do experimento, no dia 03 de setembro de 2021, após a sementeira da época 2, em função da baixa precipitação nos dias anteriores da sementeira. Utilizou-se pó de fumo na linha no momento da sementeira para as épocas 6 e 7, com intuito de repelir insetos durante o período de emergência dessas épocas caracterizadas por temperaturas elevadas. Após a emergência das plantas, utilizou-se palhada de feno (Figura 3), ou seja, mistura de plantas gramíneas e leguminosas ceifadas e secas, para a cobertura do solo, buscando a manutenção de umidade no solo e redução da incidência de plantas daninhas.

Figura 3. Uso de palhada no experimento após a emergência das plantas.



Fonte: Do autor, 2022.

3.4 ANÁLISES FENOMÉTRICAS OU DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

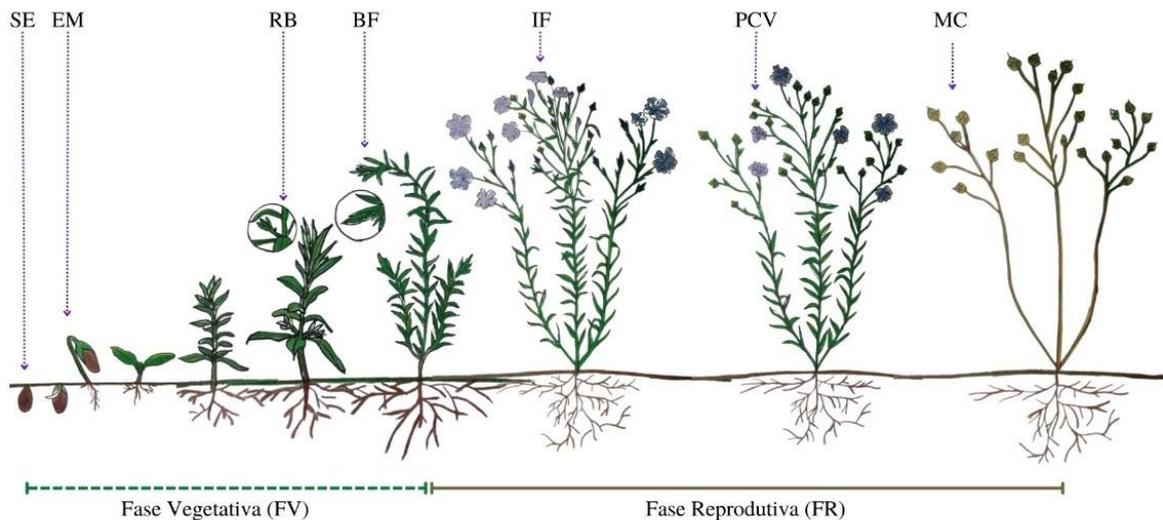
Para as avaliações, foram marcadas 5 cinco plantas por parcela em cada bloco, totalizando 20 plantas por tratamento. Para a caracterização fenométrica foram realizadas medidas semanais das variáveis de crescimento: estatura e número de ramos, até o momento da estabilização dos mesmos. Além disso, foram realizadas a contagem de número de folhas no início do florescimento, momento em que não há mais emissão de folhas (STANCK *et al.*, 2017; BOSCO *et al.*, 2021), e a medida da altura de inserção de cápsulas após a colheita. As avaliações de estatura foram realizadas utilizando uma trena, realizando a medida da base até o topo da planta mantida ereta. A contagem do número de ramos secundários foi realizada de modo visual, assim como a contagem do número de folhas. A altura de inserção de cápsulas foi medida utilizando-se uma trena, medindo a distância da base da planta até a inserção da primeira cápsula com a planta ereta.

3.5 ANÁLISES DE DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

A análise do desenvolvimento das plantas foi feita com base na escala fenológica da linhaça (Figura 4), onde se acompanhou a data de ocorrência de cada estágio. Os estágios avaliados foram semeadura (SE), emergência (EM), aparecimento das ramificações basais

(RB), aparecimento do botão floral (BF), início do florescimento (IF), primeiras cápsulas visíveis (PCV) e maturação completa (MC). A contabilização da ocorrência do estágio foi feita de modo individual nas plantas marcadas através da data de visualização do estágio, sendo que as médias das datas definiram o dia da ocorrência de cada estágio. As avaliações do estágio fenológico foram feitas três vezes por semana, durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas em cada época.

Figura 4. Escala fenológica da linhaça constituída pela fase vegetativa e reprodutiva. Na fase vegetativa indica-se os estádios de sementeira (SE), emergência (EM), e aparecimento das ramificações basais (RB) e na fase reprodutiva indica-se o aparecimento do botão floral (BF), início do florescimento (IF), primeiras cápsulas visíveis (PCV) e maturação completa (MC).



Fonte: Adaptado de Bosco *et al.* (2021).

A duração do ciclo de desenvolvimento da linhaça total (EM-MC), da fase de brotação (SE-EM), da fase vegetativa (EM-BF) e da fase reprodutiva (BF-MC) foi determinada através da contagem dos dias do calendário civil e também pelo método da soma térmica, utilizando o método proposto por Gilmore Junior e Rogers (1958) e Arnold (1960):

$$STd1 = (Tmed - Tb). 1dia$$

se $Tmed < Tb$ então $Tmed = Tb$

Se Tmed for menor que a Tb, considera-se Tmed igual a Tb, desse modo, o valor resultante da equação é zero, não sendo contabilizado valores de soma térmica para essa data. Sendo STd a soma térmica diária, Tmed a temperatura média do ar obtida de estação meteorológica e Tb a temperatura basal inferior da linhaça, considerada 4,8°C (CASA *et al.*, 1999) para todo o ciclo. Valores de temperatura basal superior para a cultura não são citados na literatura. A soma térmica acumulada foi calculada pelo acumulo térmico diário.

3.6 ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE DE PLANTAS

Para analisar a produtividade, após a colheita, foram avaliadas 10 plantas através dos componentes: número de cápsulas por planta (NCP), número de sementes por cápsula (NSC) e massa de mil sementes (MMS). O NCP e NSC foram obtidos através da contagem manual. A MMS foi calculada, considerando a massa de uma amostra de oito repetições com 100 sementes para cada bloco conforme descrito por Brasil (2009). A MMS foi calculada pela fórmula:

$$MMS = \frac{\text{Massa de cada amostra} \times 1000}{\text{Número total de sementes}}$$

A partir dos resultados de cada amostra, calculou-se o coeficiente de variação (CV), pois caso este excedesse 6% haveria necessidade de fazer a MMS de uma nova amostra (BRASIL, 2009).

A produtividade foi estimada a partir dos componentes de rendimento por dois métodos: 1) conforme descrito por Becker (2018), que leva em consideração todos os componentes de rendimento; 2) a partir da massa de sementes produzida por parcela (0,84 m²) em relação ao número total real de plantas de cada parcela.

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foram aplicados os testes de normalidade de resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965) e de homogeneidade de variâncias em um delineamento em blocos casualizados (ANSCOMBE; TUKERY, 1963) aos dados e, quando necessárias foram feitas as devidas transformações. A análise de variância levou em consideração o teste Scott-Knott, para identificar diferenças estatísticas entre os tratamentos (épocas) ao nível de 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas a partir da linguagem de programação R com o pacote GExpDes elabestData (KORMANN *et al.*, 2019). Também foi desenvolvida a correlação de Pearson,

considerando todos os fatores meteorológicos, de crescimento, desenvolvimento e produtividade, pelo teste t, ao nível de significância de 5%.

As variáveis analisadas foram agrupadas em: 1) variáveis de crescimento de planta (estatura, número de ramos, número de folhas verdes na floração e altura de inserção de cápsulas); 2) variáveis de desenvolvimento (duração do ciclo e das fases fenológicas em dias e em °C dia); 3) variáveis de produtividade (número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsula e massa de mil sementes) e, 4) variáveis meteorológicas (temperaturas mínima, média e máxima, precipitação pluvial e fotoperíodo).

Para avaliações de estatura, número de ramos e de desenvolvimento, foram consideradas todas as oito épocas de cultivos. Para o número de folhas na floração foram consideradas apenas as épocas 1, 2, 3, 6 e 7 em função da contagem de folhas não ter sido realizada no estágio de início do florescimento nas épocas 4 e 5. Para a altura de inserção de cápsulas, número de cápsulas por planta, número de sementes por cápsulas e massa de mil sementes foram avaliadas as épocas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, pois na época 8 não foi possível quantificar esses componentes devido a morte de plantas ocorridas em função das condições ambientais adversas.

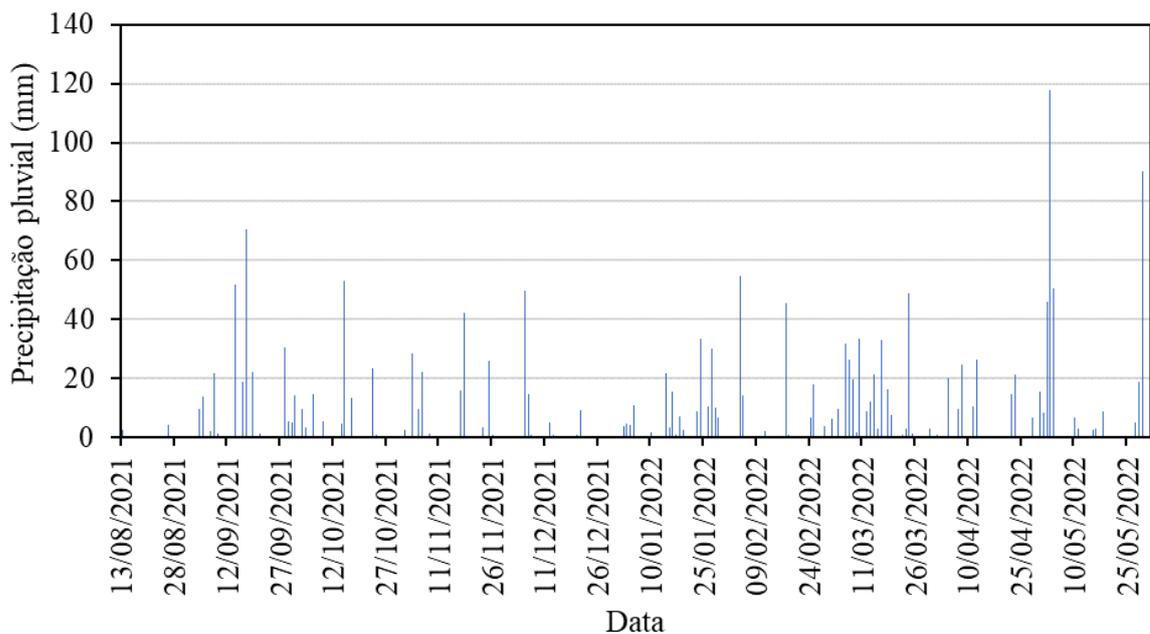
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DADOS METEOROLÓGICOS

4.1.1 Precipitação pluvial

A chuva foi bem distribuída durante o desenvolvimento das plantas nas oitos épocas de cultivo, sendo essa uma característica do tipo climático Cfb (ALVARES *et al.*, 2013; Figura 5).

Figura 5. Precipitação pluvial diária ocorrida no período experimental compreendido entre 13 de agosto de 2021 a 30 de maio de 2022 em Curitibaanos, SC.



Fonte: Do autor, 2022.

Os maiores acumulados de precipitação ocorreram nas épocas 8 e 1, com respectivos 645,0 e 643,6 mm, entretanto o maior número de dias com chuvas ocorreu na época 1, com 76 dias, seguido da época 2, com 68 dias com chuva. Segundo Floss (1983) a cultura da linhaça necessita entre 400 e 750 mm de precipitação distribuída durante o ciclo, com isso, é possível observar que as épocas 4, 5 e 7 não atingiram o mínimo de precipitação necessária (Tabela 1).

Tabela 1. Precipitação pluvial acumulada e número de dias com chuva durante o ciclo total (CT), fase vegetativa (FV) e fase reprodutiva (FR) em cada época de cultivo de linhaça. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.

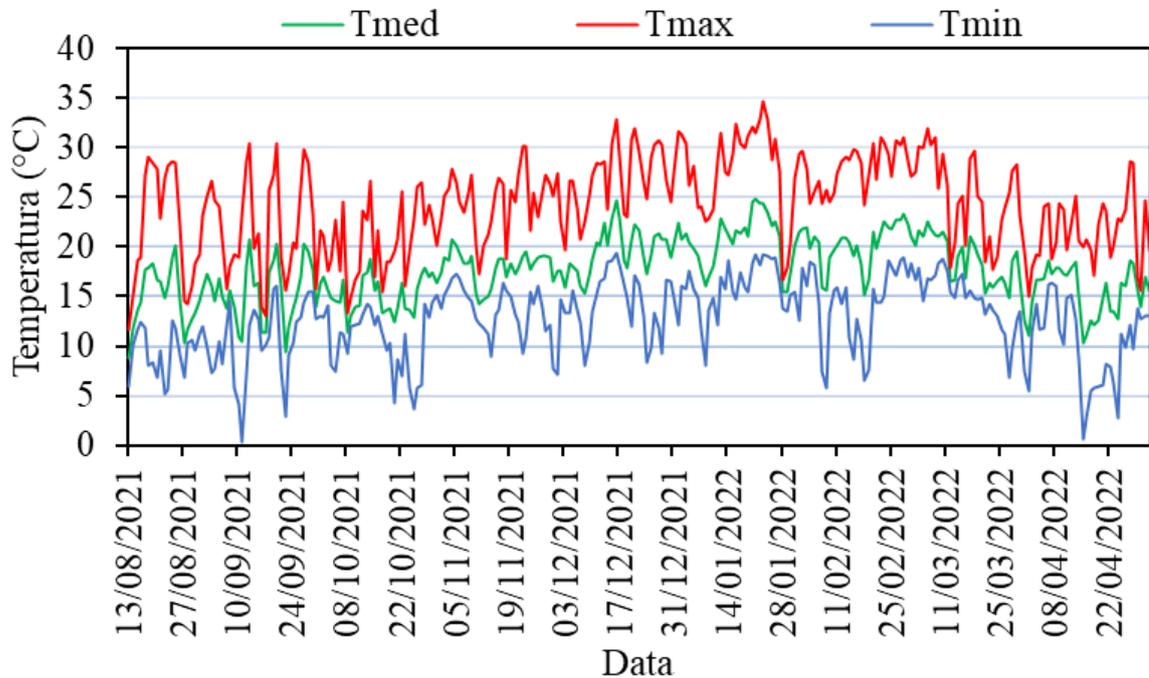
Época	Precipitação pluvial acumulada (mm)			Nº de dias com chuva			% de dias com precipitação		
	CT	FV	FR	CT	FV	FR	CT	FV	FR
1	643,6	406,6	237,0	76	47	29	60,8	70,1	50
2	614,2	415,6	198,6	68	40	28	55,7	67,7	44,4
3	413,8	168,0	245,8	54	22	32	52,4	56,4	50
4	349,6	192,6	157,0	46	22	24	48,9	57,8	42,8
5	355	218,8	136,2	44	20	24	51,1	44,4	53,3
6	403,4	162,8	240,6	43	20	23	49,4	42,5	48,9
7	341,2	94,0	247,2	51	21	30	56,0	52,5	58,8
8	645,0	247,2	397,7	53	25	28	51,9	51,0	52,8

Fonte: Do autor, 2022.

4.1.2 Temperatura

As temperaturas médias, máximas e mínimas obtidas durante o desenvolvimento das plantas são demonstradas na Figura 6.

Figura 6. Temperaturas diárias médias (Tmed), máximas (Tmax), e mínimas (Tmin) do ar ocorridas durante o período experimental compreendido entre 13 de agosto de 2021 a 30 de maio de 2022 em Curitiba, SC.



Fonte: Do autor, 2022.

A máxima temperatura obtida durante o desenvolvimento do experimento foi de 34,7°C, que ocorreu durante a fase vegetativa da época 8, e reprodutiva das épocas 5, 6 e 7. Para as épocas 1 e 2 foi registrado a menor temperatura, com 0,4°C durante a fase vegetativa. A temperatura média durante todo o desenvolvimento do experimento foi de 17,0°C (Tabela 2).

Tabela 2. Temperatura do ar média, mínima absoluta e máxima absoluta durante a fase vegetativa (FV) e fase reprodutiva (FR) em cada época de cultivo de linhaça. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.

Épocas	Duração Fase (dias)	Temp. Média (°C)	Temp. Mínima Abs (°C)	Temp. Máxima Abs (°C)
Fase Vegetativa				
E1	67	15,3	0,4	30,5
E2	59	15,8	0,4	30,5
E3	39	16,1	3,6	27,8
E4	38	17,0	3,6	30,1
E5	41	17,8	7,1	30,1
E6	40	18,3	7,1	32,8
E7	40	20,7	8,0	32,8
E8	49	20,4	5,7	34,7
Fase Reprodutiva				
E1	58	18,2	3,6	32,8
E2	63	18,8	7,1	32,8
E3	64	19,5	7,1	32,8
E4	56	19,7	7,1	32,8
E5	45	20,9	8,0	34,7
E6	47	20,6	8,0	34,7
E7	51	20,5	5,7	34,7
E8	53	16,4	0,6	29,3

Fonte: Do autor, 2022.

Casa *et al.* (1999) destaca que a temperatura basal inferior para a linhaça é de 4,8°C, sendo que temperaturas inferiores a -4°C na germinação afetam em grandes proporções essa fase, bem como temperaturas inferiores a -1°C na fase de floração ou cápsula verde. Durante o período experimental analisado não houve ocorrência de temperaturas negativas, portanto não se verificou estresse por frio nas plantas. Floss (1983) relata que temperaturas superiores a 32°C na fase de floração podem ser prejudiciais ao crescimento, tamanho e teor de óleo na semente, o que afeta diretamente a qualidade da mesma. Nesse caso, as temperaturas máximas absolutas

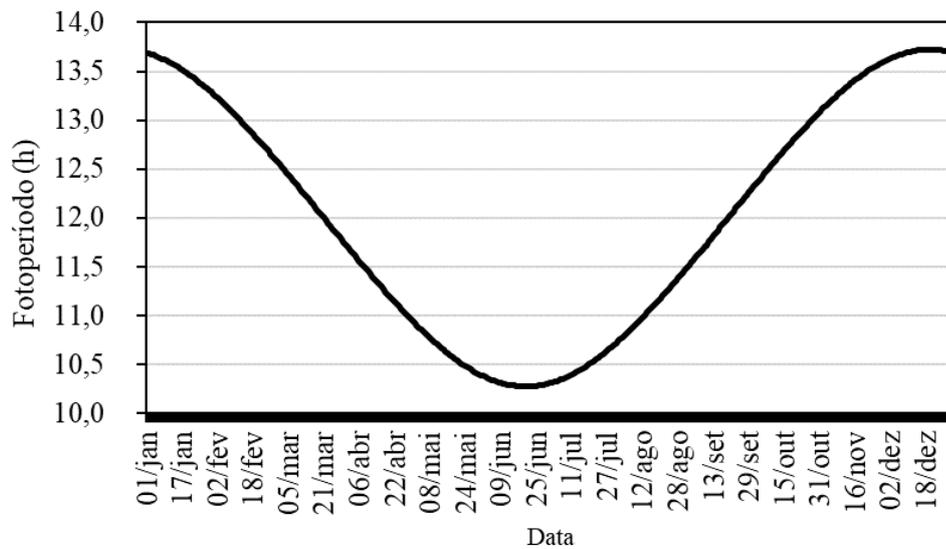
nas fases reprodutivas ficaram acima de 32°C em todas as épocas, com exceção da época 8 (Figura 4 e Tabela 2). Dessa forma podemos inferir que a produtividade, principalmente massa de sementes, possa ter sofrido influência desse elemento meteorológico.

4.1.3 Fotoperíodo

No início do desenvolvimento do experimento, no dia 16 de agosto, o fotoperíodo foi de 11,1 horas, sendo crescente até a segunda quinzena de dezembro, quando atingiu o fotoperíodo máximo de 13,7 horas (Figura 7). A linhaça é um cultivo sensível ao fotoperíodo, sendo considerada uma planta facultativa de dias longos (DOMANTOVICH *et al.*, 2021; FLOSS, 1983), ou seja, tem a floração sincronizada e mais rápida sob condições de dias longos, entretanto, alguns estudos demonstram que em condições de semeadura tardia, a floração pode ocorrer em dias curtos (SORLINO, 1994). Mesmo sob condições adequadas de fotoperíodo, caso não ocorra frio, a floração pode atrasar (FLOSS, 1983). Quando considerado o fator fotoperíodo na duração das fases, Kurt (2012) relata influência na emergência e Sorlino (1994) do momento da emergência até o início da floração.

Hamne e Bonner (1938) descrevem uma necessidade de 12 horas de luz diária para o florescimento da linhaça. A época 1 teve fotoperíodo inferior a 12 horas nos primeiros 30 dias após a emergência, entretanto, o fotoperíodo médio para a fase vegetativa dessa época ficou em 12,2 horas. As demais épocas apresentaram durante todo o cultivo fotoperíodo superior a 12 horas.

Figura 7. Variação do fotoperíodo ao longo de um ano em Curitiba, SC.

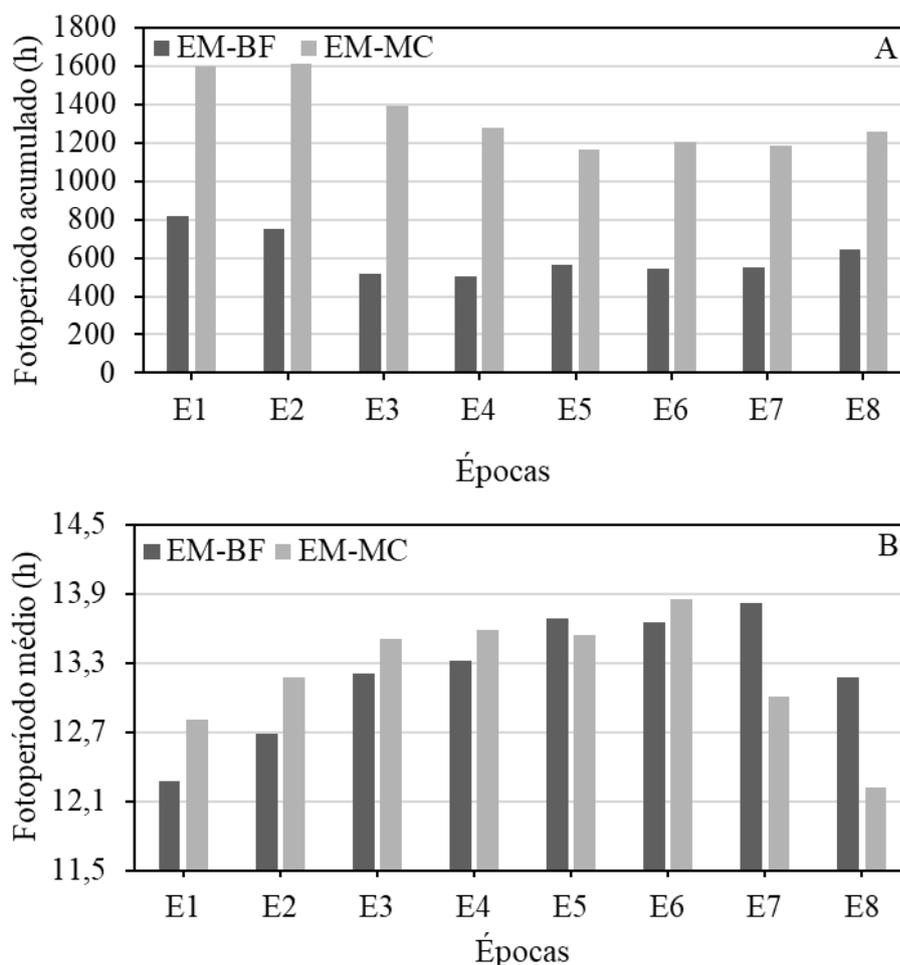


Fonte: Do autor, 2022.

A época que teve um maior fotoperíodo acumulado no ciclo total foi a E2, com 1.609,1 horas, entretanto, para a fase vegetativa a E1 que apresentou o maior fotoperíodo acumulado, com 819,7 horas. A época que teve o menor fotoperíodo acumulado no ciclo total foi a E5, com 1.164,8 horas, e para fase vegetativa o menor fotoperíodo acumulado foi de 506,4 horas, na E4 (Figura 8A).

Considerando-se o fotoperíodo médio, a E8 teve a menor média, com 12,2 horas, e a E6 o maior valor, com 13,8 horas. As épocas 2, 3, 4, 5 e 7 variaram de 13,0 a 13,5 horas de fotoperíodo médio (Figura 8B).

Figura 8. (A) Fotoperíodo acumulado fase vegetativa (EM-BF) e ciclo total (EM-MC); (B) Fotoperíodo médio fase vegetativa (EM-BF) e ciclo total (EM-MC) ao longo do ciclo das plantas de linhaça nas diferentes épocas de cultivo em Curitiba, SC. E1= 13/08/21; E2= 03/09/21; E3= 17/09/21; E4= 01/10/21; E5= 15/10/21; E6= 05/11/21; E7= 03/12/21; e E8= 10/01/22.



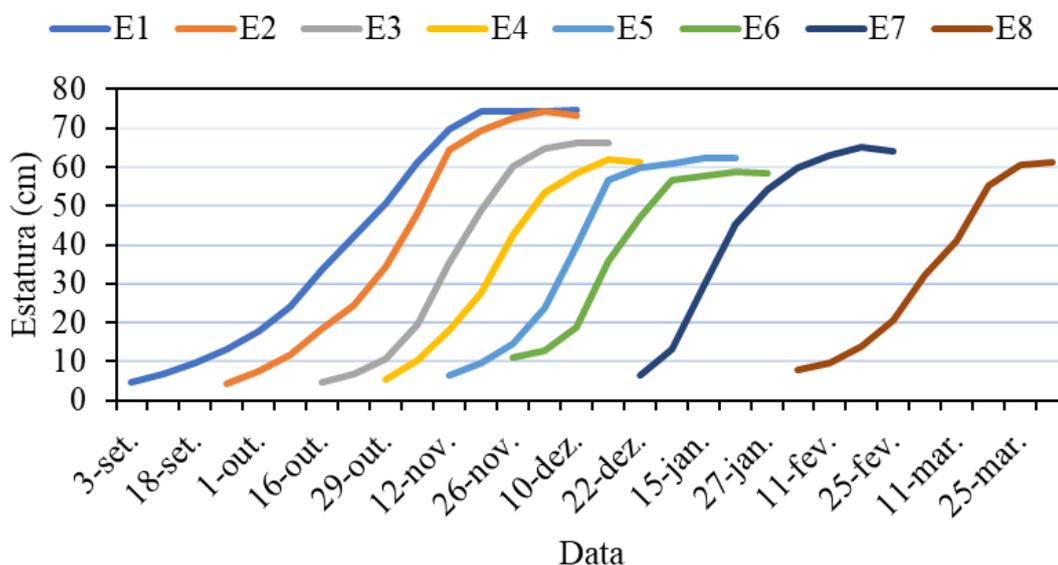
Fonte: Do autor, 2022.

4.2 CRESCIMENTO DE PLANTAS DE LINHAÇA

4.2.1 Estatura

As curvas de evolução da estatura ao longo do ciclo da linhaça, mostram uma tendência de maior período até a estabilização da estatura nas épocas mais precoces como E1 e E2 (Figura 9). Também, nessas épocas de cultivo mensurou-se o maior crescimento em estatura, com respectivos 74,6 e 73,4 cm de média no momento da estabilização, que ocorreu nos dias 84 e 77 após a emergência.

Figura 9. Curva de crescimento de plantas de linhaça nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.

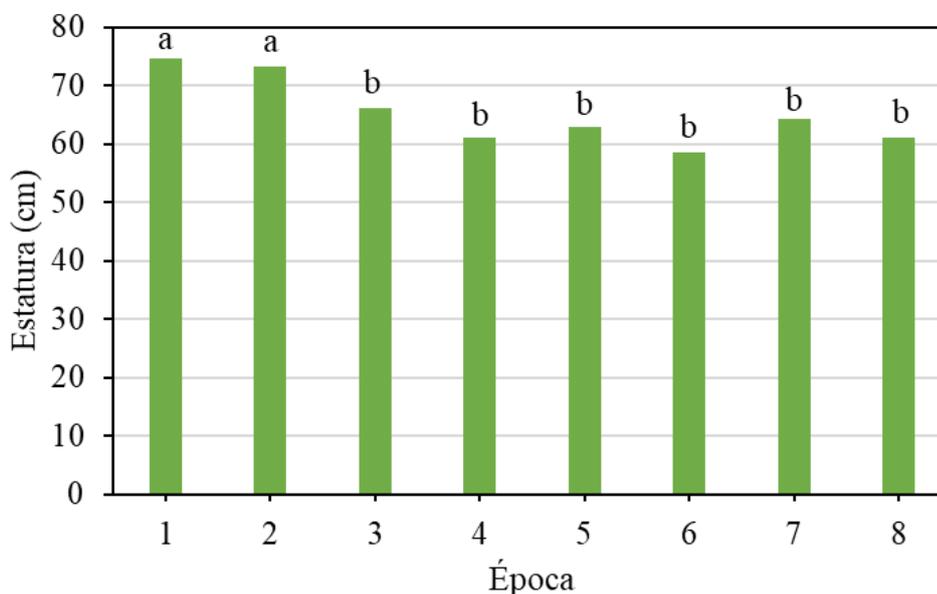


Fonte: Do autor, 2022.

Nas épocas 1 e 2 de cultivo mensurou-se o maior crescimento em estatura, com respectivos 74,6 e 73,4 cm de média no momento da estabilização, que ocorreu nos dias 84 e 77 após a emergência (Figura 9). As épocas 1 e 2 não diferiram entre si estatisticamente (Figura 10). As demais épocas apresentaram uma estabilização do crescimento em estatura em torno do dia 63 após a emergência. As demais épocas de cultivo não diferiram estatisticamente entre si, variando entre 66,1 a 58,2 cm.

Foi possível observar que dentro de uma mesma época de cultivo ocorreu variação entre os valores de estatura medidos no mesmo dia, com o desvio padrão da amostra variando de 2,2 cm nas épocas 3 e 8, a 8,5 cm na época 5 (Figura 10).

Figura 10. Estatura final de plantas de linhaça, avaliações estatísticas e desvio padrão nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas barras pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

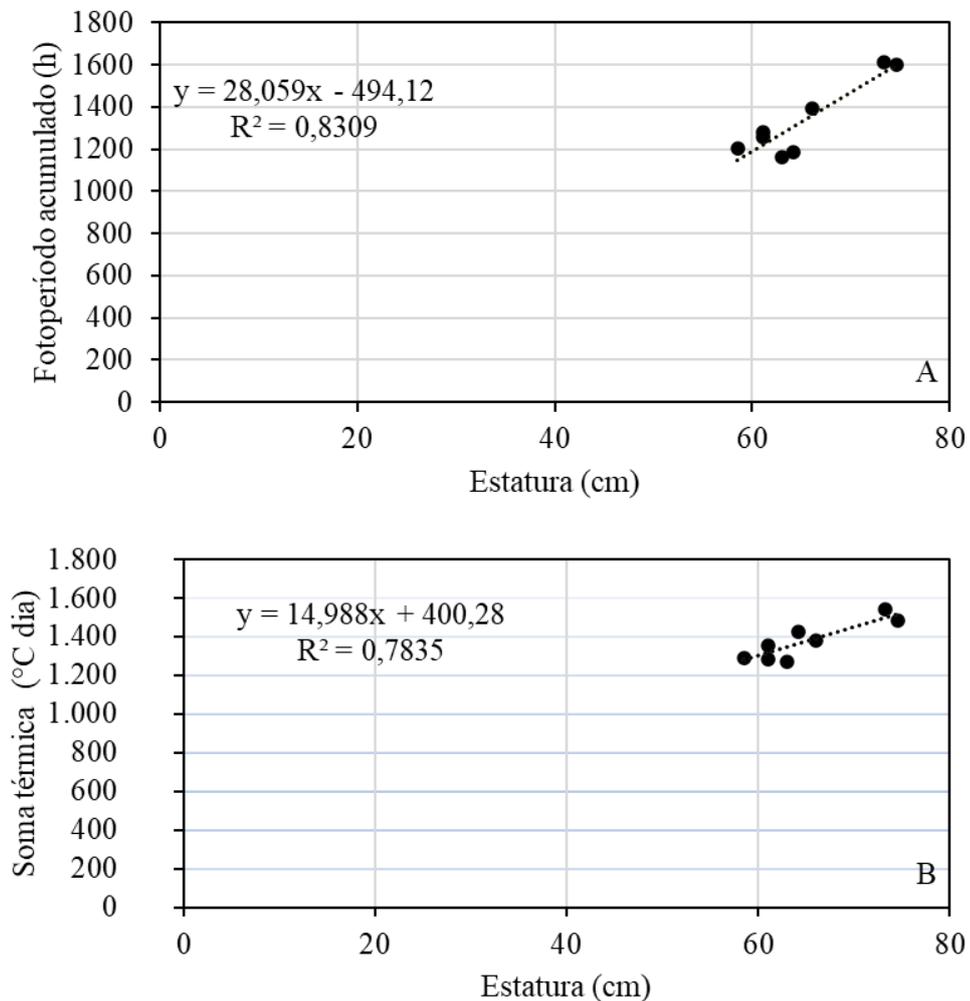
Fonte: Do autor, 2022.

A estabilização do crescimento vegetativo ocorre em função do início do processo de florescimento. Como o cultivo de linhaça ocorre tradicionalmente nos períodos de inverno, percebeu-se que o ciclo das plantas é maior que aquelas semeadas em meados da primavera e verão, sendo que as plantas tendem a ter uma fase vegetativa mais longa em semeaduras de inverno. Os resultados obtidos para as épocas 1 e 2, que foram semeadas em agosto e setembro de 2021, apresentaram um maior tempo de fase vegetativa e consequentemente, os maiores valores de estatura média final. No entanto, épocas mais tardias, as plantas tiveram um ciclo vegetativo mais curto, e como consequência, uma rápida estabilização do crescimento e o menor valor para estatura média final. Isso pode ocorrer em função de respostas das plantas ao fotoperíodo e temperatura do ar (Figura 11).

O crescimento em estatura apresentou relação linear positiva com o fotoperíodo acumulado (R^2 0,83) (Figura 11A), ou seja, a estatura aumenta em função do aumento do fotoperíodo acumulado até o início do florescimento e tem maior duração da fase vegetativa. Além disso, pode-se relacionar o crescimento com disponibilidade térmica para as plantas, a partir do método da soma térmica (Figura 11B). As plantas precisam de maior tempo térmico para incrementar estatura (R^2 0,78). É possível observar que as épocas que apresentaram maior

estatura precisaram de maior soma térmica, e vice-versa. Nesse sentido, é importante considerar a disponibilidade térmica e diária para as plantas que se desenvolveram a partir do final do inverno foi menor que naquelas épocas que se desenvolveram a partir de meados da primavera. Portanto, foram necessários mais dias para que as plantas dos cultivos precoces completassem seu ciclo.

Figura 11. Relação do crescimento das plantas de linhaça em estatura com fotoperíodo acumulado (A); e com a necessidade térmica (B) considerando os dados das oito épocas de cultivo.



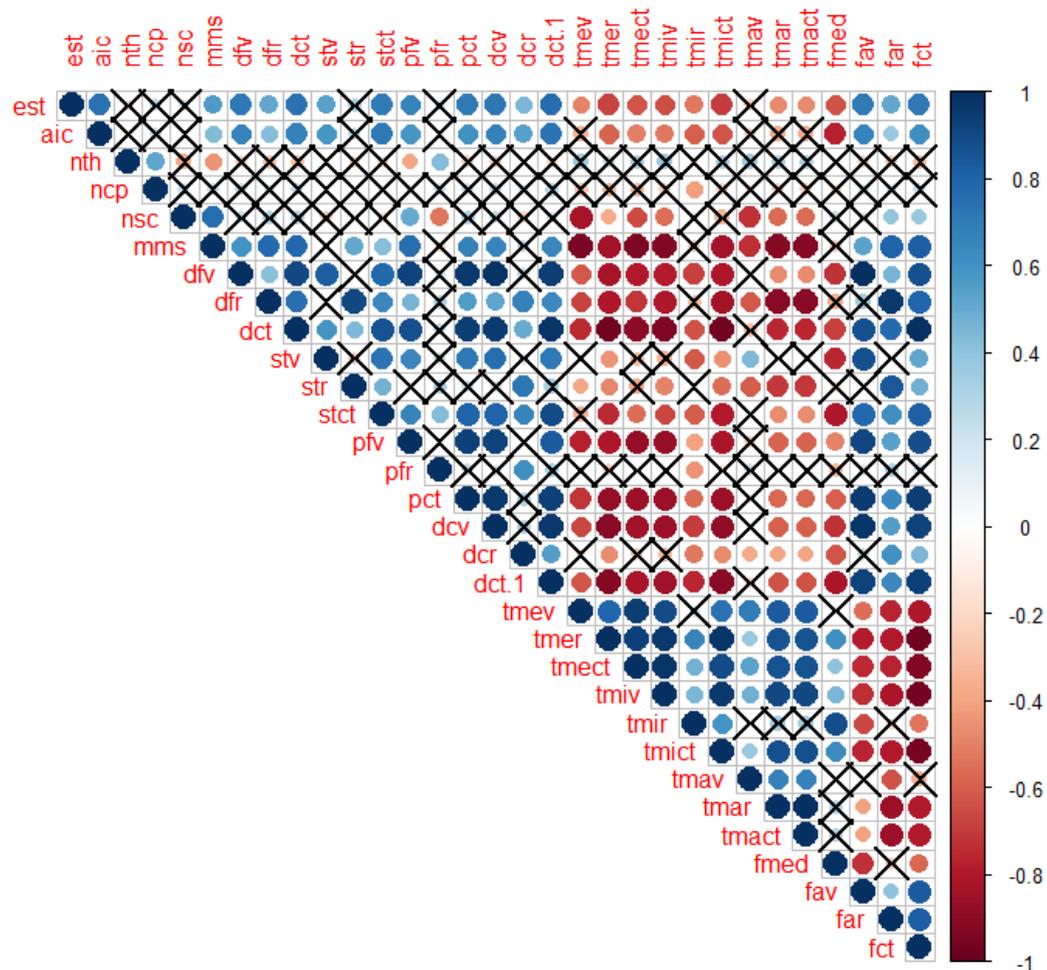
Fonte: Do autor, 2022.

O crescimento de plantas pode ser influenciado por condições adversas do ambiente. O estresse térmico, por exemplo, quando causado por altas temperaturas provoca redução da estatura das plantas de linhaça, em função do aumento das perdas causadas pela respiração, além de serem passíveis de causar perdas de componentes fotossintéticos da folha, o que resulta

em uma redução da taxa de assimilação de dióxido de carbono, afetando negativamente o crescimento da planta de linhaça em estatura (SAGHAYESH, 2014).

Para a estatura, através da correlação de Pearson é possível observar que a mesma apresenta forte relação positiva com as variáveis duração do ciclo total, fotoperíodo acumulado na fase vegetativa e precipitação na mesma (Figura 12). Para as variáveis temperatura média e mínima durante a fase vegetativa apresentam uma correlação negativa, ou seja, quanto maior os valores para essas variáveis, menor será a estatura, como é possível observar nas épocas mais tardias, que apresentaram valores maiores para temperatura média e mínima na fase vegetativa, e também um menor valor para estatura. Floss (1983) destaca que temperaturas superiores a 30°C são danosas ao crescimento e desenvolvimento das plantas de linhaça, entretanto, no experimento foi observada uma fraca correlação negativa entre temperatura máxima da fase vegetativa e estatura.

Figura 12. Coeficientes de correlação de Pearson, entre as variáveis EST (estatura); AIC (altura de inserção de cápsulas); NTH (número total de hastes); NCP (número de cápsulas por planta); NSC (número de semente por cápsula); MMS (massa de mil sementes); DFV (duração fase vegetativa); DFR (duração fase reprodutiva); DCT (duração ciclo total); STV (soma térmica fase vegetativa); STR (soma térmica fase reprodutiva); STCT (soma térmica ciclo total); PFV (precipitação fase vegetativa); PFR (precipitação fase reprodutiva); PCT (precipitação ciclo total); DCV (dias com chuva fase vegetativa); DCR (dias com chuva fase reprodutiva); DCT.1 (dias com chuva ciclo total); TMEV (temperatura média fase vegetativa); TMER (temperatura média fase reprodutiva); TMECT (temperatura média ciclo total); TMIV (temperatura mínima fase vegetativa); TMIR (temperatura mínima fase reprodutiva); TMICT (temperatura mínima ciclo total); TMAV (temperatura máxima fase vegetativa); TMAR (temperatura máxima fase reprodutiva); TMACT (temperatura máxima ciclo total); FMED (fotoperíodo médio ciclo total); FAV (fotoperíodo acumulado fase vegetativa); FAR (fotoperíodo acumulado fase reprodutiva); FCT (fotoperíodo acumulado ciclo total). X indica correlação não significativa pelo teste t ($p < 0,05$).

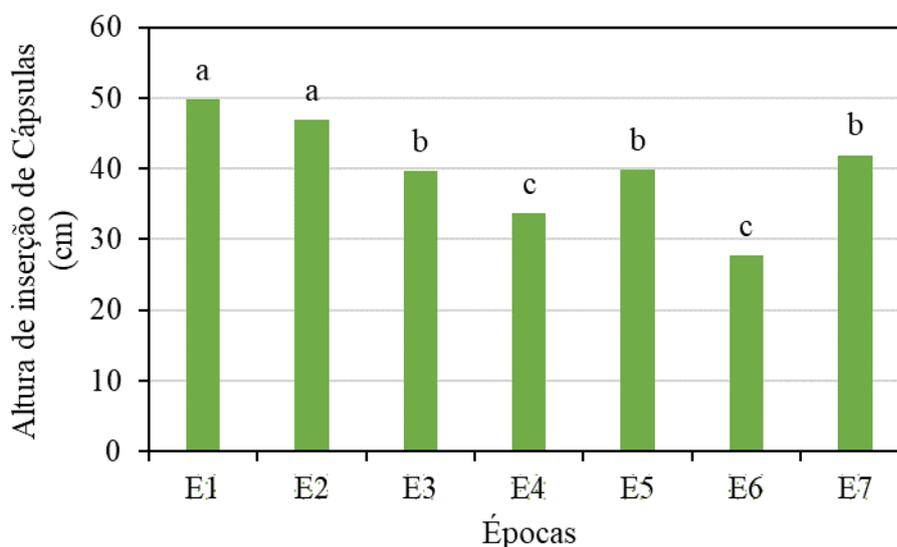


Fonte: Do autor, 2022.

4.2.2 Altura de inserção de cápsulas

A altura da inserção de cápsulas foi maior na E1 e E2, épocas que apresentaram também o maior crescimento em estatura. Nessas épocas, a altura de inserção obtida foi de 49,75 cm para E1 e 46,86 para E2. A E6 apresentou o menor valor para altura de inserção de cápsulas, com 27,6 cm, sendo que não foram observadas condições climáticas adversas no desenvolvimento dessa época. Já as E3 e E5 apresentaram ambas 39,8 cm, e a E4 e E7, obtiveram respectivamente, 33,68 e 41,9 cm. As épocas 1 e 2 não diferiram entre si estatisticamente, bem como as épocas 4 e 6 (Figura 13).

Figura 13. Altura de inserção de cápsulas de plantas de linhaça nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas barras pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Do autor, 2022.

Bosco *et al.* (2021) relatam valores de altura de inserção de cápsulas, também denominado de comprimento técnico, entre 56,2 e 84,1 cm, destacando que os valores para ganhos genéticos dessa característica podem ser elevados, em função dos altos valores de herdabilidade para os genótipos utilizados.

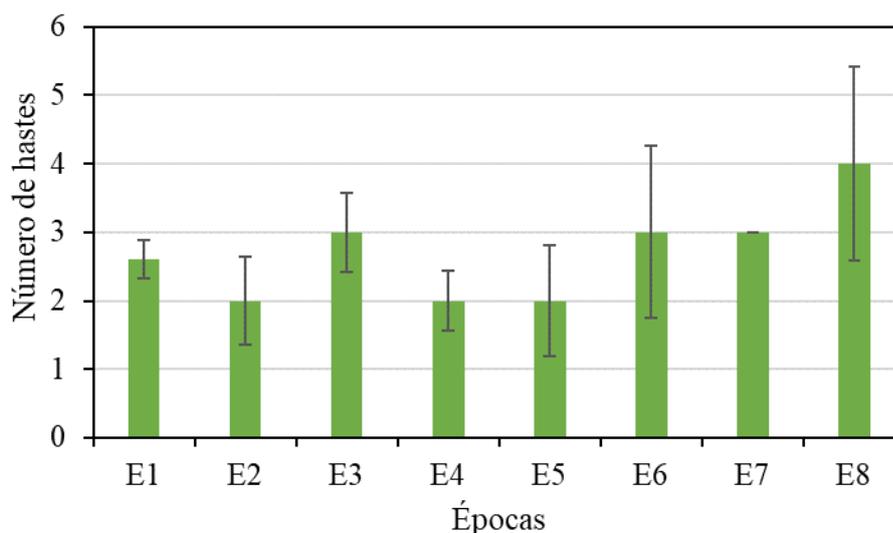
É possível observar na correlação de Pearson que a altura de inserção de cápsulas apresenta relações semelhantes as observadas para os valores de estatura, podendo se destacar a relação positiva com duração da fase vegetativa e fotoperíodo acumulado na mesma, e relação negativa com temperatura média e mínima durante a fase vegetativa (Figura 12).

A altura de inserção de cápsulas tem grande importância para as cultivares destinadas a produção de fibras, que devem possuir a haste principal com longas fibras, sem ramificações laterais ou cápsulas. Para as cultivares destinadas a produção de semente, a altura de inserção de cápsulas é uma importante característica para a homogeneidade da lavoura, que são fatores que auxiliam no desenvolvimento dos tratos culturais e também na colheita (BOSCO *et al.*, 2021).

4.2.3 Número Total de Hastes

O número médio de hastes variou entre 2 e 4 hastes por planta, sendo os tratamentos não diferiram estatisticamente (Figura 14). As plantas variaram entre 0 e 6 hastes, sendo os valores de desvio padrão elevados obtidos para as épocas 6 e 8, com respectivos valores de 1,25 e 1,41 hastes, e para época 7 é possível observar que não houve desvio padrão da amostra, sendo que todas as plantas apresentaram o mesmo valor para número de hastes. O número de hastes por planta descrita na literatura varia entre 1 e 4 hastes por planta, com um grande coeficiente de variação para essa característica nos experimentos desenvolvidos a campo, o que é atribuído a fatores genéticos (SANTOS *et al.*, 2013; ROSSETTO *et al.*, 2012; CARGNELUTTI FILHO 2015).

Figura 14. Número de hastes de plantas de linhaça e desvio padrão nas diferentes épocas de cultivo. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.



As ausências de letras mostram que as médias não diferiram entre si nas barras pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

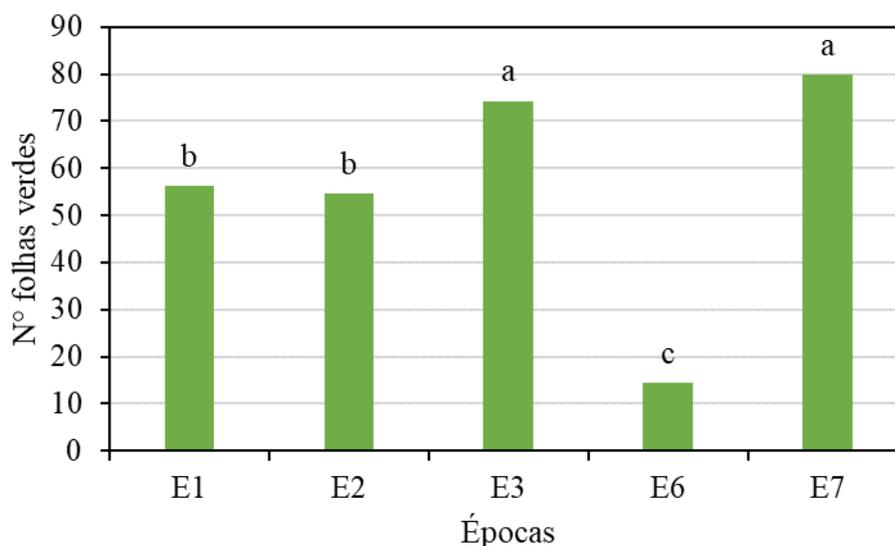
Fonte: Do autor, 2022.

Avaliando a mesma densidade utilizada no desenvolvimento desse trabalho, Rossi *et al.* (2014) obteve valores médios de 2,8 hastes por plantas, semelhantes ao obtido no nosso estudo. Os autores ainda relataram que a densidade de 67 plantas/m² proporcionou o menor número de hastes para os cultivos avaliados, com 1 haste por planta, enquanto a densidade de 137 plantas/m² a maior densidade, com 3,67 hastes por planta em média.

4.2.4 Número de folhas verdes no início da floração

As épocas 1 e 2 obtiveram valores muito próximos, com 56 e 54 folhas, respectivamente. O menor valor obtido para as épocas analisadas foi para época 6, com 14 folhas verdes por planta, e o maior valor para a época 7, com 80 folhas. A época 7 possuía em média 79 folhas por planta no período analisado, não apresentando diferença estatística da época 3, com 74 folhas. As épocas 1 e 2 não apresentaram diferença estatística entre si (Figura 15).

Figura 15. Número de folhas verdes na floração e avaliações estatísticas para as épocas 1, 2, 3, 6 e 7. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas barras pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Do autor, 2022.

Para a época 6 foi possível observar um maior número de folhas senescentes no estádio IF em comparação com as demais épocas avaliadas. Entretanto, não foram observadas condições climáticas e fitossanitárias adversas no desenvolvimento vegetativo dessa época. Stanck *et al.* (2017) apresentou valores superiores ao obtidos no desenvolvimento desse experimento para o número de folhas, com valores médios de 94 a 103 folhas totais por planta

para dois anos de cultivos. Isso por que a forma de contabilização de folhas por aqueles pesquisadores foi acumulada, ou seja, embora as folhas estivessem senescidas elas foram contabilizadas.

4.3 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE LINHAÇA

Nas avaliações feitas para caracterizar o desenvolvimento das plantas de linhaça foi possível observar uma variação de ciclo total de 86 a 125 dias, enquanto a duração do ciclo em °C dia variou de 1.272,8 a 1.539,7 °C dia. A época que apresentou a maior duração do ciclo em dias foi a E1, com 125 dias, enquanto a maior duração de ciclo em soma térmica foi para a E2, com 1.539,7 °C dia. Já o menor ciclo em dias foi para a E5, com 86 dias, apresentando também um menor acúmulo para soma térmica, com 1.272,8 °C dia (Tabela 3).

O ciclo da linhaça foi também analisado por fases, a fase vegetativa que variou entre as épocas de 60 a 80 dias, fase de floração com 25 a 40 dias de duração e fase de maturação de 40 a 60 dias, totalizando ciclos entre 125 a 180 dias. Sendo assim, a mesma cultivar apresenta variação na duração do seu ciclo em função das condições que as plantas estão expostas no ambiente. Para a cultivar Caburé INTA, apresenta ciclo de 167 dias (INTA, 2017), mas pode-se observar que as plantas respondem ao ambiente em que estão inseridas, seja espacialmente (local) ou temporalmente (época). Alguns autores explicam essa falta de homogeneidade das plantas devido a variação fotoperiódica, térmica e até hídrica. Do ponto de vista fotoperiódico as plantas de linhaça da cultivar Caburé INTA não tem resposta obrigatória a fotoperíodo, visto que mesmo que os dias já estivessem diminuindo (época 7 e 8) as plantas floresceram. Quanto às condições térmicas, observou-se que nas épocas mais tardias (5, 6, 7 e 8) as plantas foram submetidas em algum momento de seus ciclos a temperaturas superiores à sua temperatura ótima (Figura 4) e com disponibilidade hídrica insuficiente. Jacobsz e Van Der Merwe (2012) destacam que estresse hídrico e térmico, além da incidência de doenças, podem encurtar os períodos de desenvolvimento em plantas de linhaça.

Tabela 3. Duração em dias e °C dias das fases de brotação = semeadura (SE) até a emergência (EM), da fase vegetativa = EM até o aparecimento do botão floral (BF), da fase reprodutiva = BF até a maturação completa (MC) e do ciclo total (EM-MC) das plantas de linhaça da cultivar caburé INTA em oito épocas de cultivo de entressafra em clima subtropical. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.

ÉPOCAS	SE – EM		EM – BF		BF – MC		EM – MC	
	Dias	°C dia	Dias	°C dia	Dias	°C dia	Dia	°C dia
E1	6	69,0	67	694,3	58	789,5	125	1.483,8
E2	7	78,2	59	656,5	63	883,2	122	1.539,7
E3	15	170,9	39	440,2	64	938,1	103	1.378,3
E4	9	106,6	38	453,5	56	830,0	94	1.283,5
E5	9	98,8	41	546,8	45	726,0	86	1.272,8
E6	5	81,7	40	544,0	47	744,3	87	1.288,3
E7	5	63,8	40	611,2	51	815,7	91	1.426,9
E8	6	122,1	49	783,5	53	612,9	102	1.351,9
Média	7,7	98,7	46,6	591,2	54,6	792,4	101,2	1.378,1

Fonte: Do autor, 2022.

É possível observar que a duração da semeadura até a emergência foi de 5 a 9 dias para todas as épocas, com exceção da época 3, que também apresentou a maior soma térmica para a mesma fase, sendo que não foram observadas condições climáticas ou fitossanitárias adversas durante esse período para essa época. As épocas E1, E2 e E8 apresentaram fase vegetativa maior que as demais épocas. A maior demanda de soma térmica para essa fase foi para a E8, com 783,5 °C dia, seguida pela E1, com 694,3°C dia e E2, com 656,5 °C dia.

Apenas as épocas 1 e 2 se enquadraram dentro do descrito por Jacobosz e Van Der Merwe (2012) como uma fase vegetativa adequada para o desenvolvimento da linhaça, entretanto, ao considerar o ciclo médio descrito pelo INTA, nenhuma época de cultivo se aproximou dos 167 dias descritos. Além disso, as épocas sofreram impactos das condições climáticas da região, o que resultou em um encurtamento principalmente da fase vegetativa das plantas. Mesmo com o encurtamento da fase vegetativa, é possível observar uma produtividade superior à média nacional nas épocas 1, 2, 3, 4 e 5 (Tabela 4).

As plantas cultivadas nas épocas E5 e E6 tiveram o menor período da fase reprodutiva em dias, com respectivos 45 e 47 dias, enquanto para E2 e E3 os valores foram de 64 e 63 dias.

Considerando a soma térmica, a época 3 apresentou o maior acúmulo, com 938,1 °C dia, enquanto a E5 necessitou de 726,0 °C dia para o mesmo período.

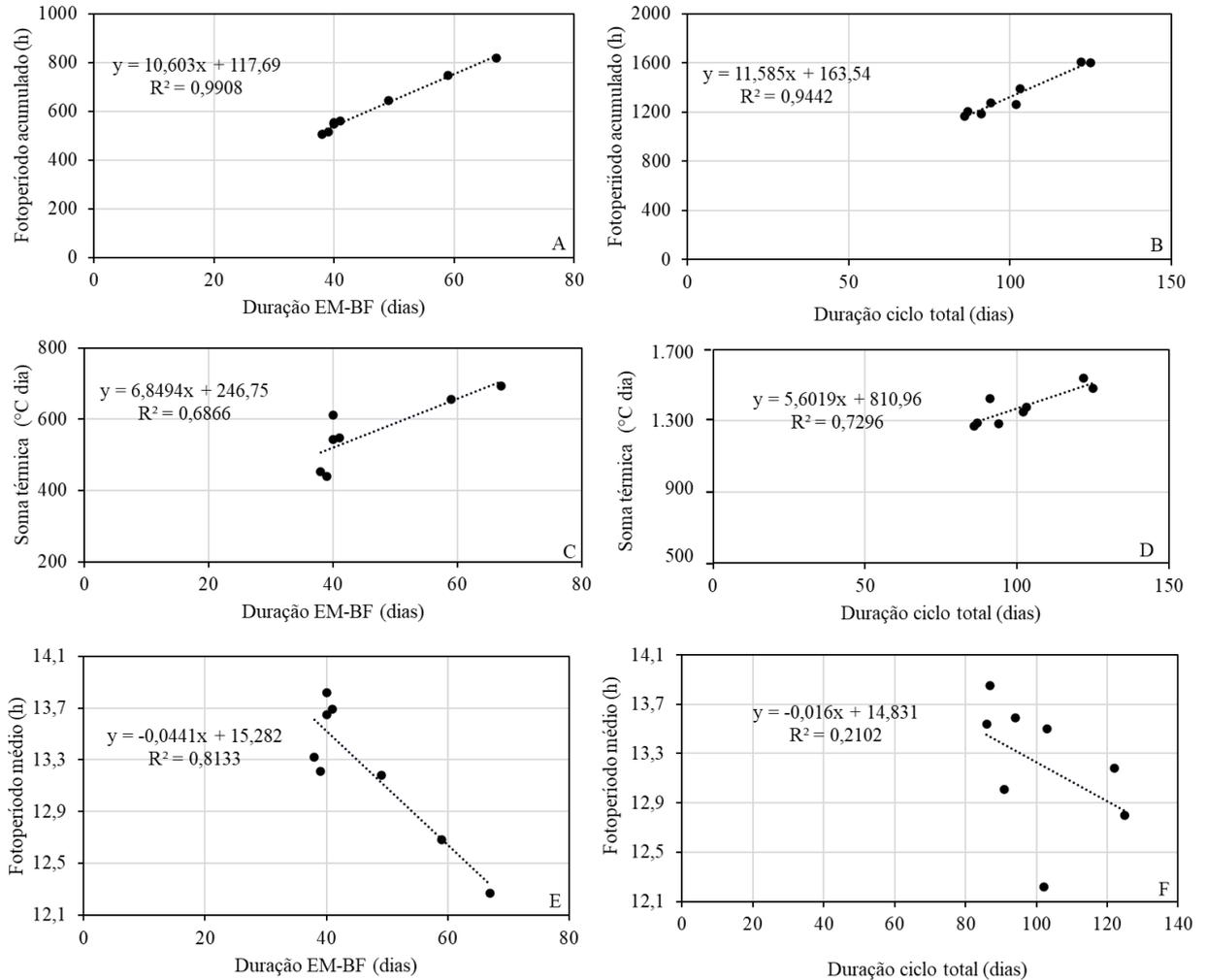
Stanck *et al.* (2017) com cultivos em Curitibanos, SC, com semeaduras em 14 de agosto de 2014 e 23 de julho de 2015, obteve valores de ciclo total para a linhaça marrom de 120 e 130 dias, respectivamente. Para a soma térmica esses valores foram de 1.522,0 °C dia para 2014 e 1.591,5 °C dia para o ano de 2015, sendo valores semelhantes aos obtidos para época 1 e 2. Para outro cultivo desenvolvido na região de Curitibanos, SC, com semeadura em 26 de abril, 20 de maio e 24 de junho, utilizando a cultivar Caburé INTA, obteve-se valores respectivos de 1.995,3, 2.000,1 e 1.761,8 °C dia para o ciclo total da linhaça (BOSCO *et al.*, 2020), valores superiores aos obtidos no desenvolvimento desse experimento.

Em um trabalho desenvolvido no Irã, avaliando diferentes épocas de cultivo, os autores observaram que em épocas com semeadura mais precoces as plantas de linhaça tiveram ciclo de desenvolvimento mais longo em relação as mais tardias. Também consideram que isso fez com que as plantas ficaram sob condições ambientais ideais de desenvolvimento, o que resultou em uma maior produtividade e conseqüentemente, um maior retorno econômico (SAGHAYESH *et al.*, 2014). Considerando que os cultivos E1 e E2, realizados em 13 de agosto e 3 de setembro de 2021, apresentaram maior tempo sob condições ambientais adequadas para o desenvolvimento, essas apresentaram maior duração do ciclo e maior produtividade.

Outros estudos desenvolvidos com linhaça, que avaliaram o desempenho do cultivo tardio, obtiveram resultados semelhantes ao desse trabalho, com a diminuição do ciclo total nas épocas mais tardias (LÉON *et al.*, 2005; CASA *et al.*, 1999; PAGEAU; LAJEUNESSE, 2011).

Diante desse contexto, analisou-se a relação existente entre fotoperíodo acumulado (FA) e duração, em dias e °C dia, da fase vegetativa (FV), reprodutiva (FR) e ciclo total (Figura 16). Verificou-se que a duração em dias de FV (R^2 0,99) e do ciclo total (R^2 0,94) varia de forma linear e positiva com o FA. No entanto, não se obteve relação significativa entre a FR e FA. Para o tempo térmico também se verificou a existência de relação linear e positiva significativa, porém apenas entre a duração do ciclo total e o FA (Figura 16D), com um valor de R^2 de 0,72. As épocas que apresentaram a maior duração do ciclo total foram as épocas 1 e 2, que obtiveram o maior fotoperíodo acumulado e também os maiores valores para soma térmica. As épocas 1 e 2 apresentaram o maior acúmulo de fotoperíodo na fase vegetativa, e também a maior duração dessa fase.

Figura 16. (A) Relação da duração da fase vegetativa e do (B) ciclo total das plantas de linhaça com fotoperíodo acumulado; (C) Relação da duração da fase vegetativa e do (D) ciclo total com a soma térmica (°C dia); (E) Relação da fase vegetativa e do (F) ciclo total com o fotoperíodo médio, considerando os dados das oito épocas de cultivo.



Fonte: Do autor, 2022.

Além disso, é possível observar que a duração das fases e do ciclo total para a cultura da linhaça são influenciadas positivamente pela precipitação acumulada no período e também pela distribuição da mesma. O fotoperíodo acumulado na fase vegetativa também apresenta relação positiva com a duração do ciclo total, e o fotoperíodo médio uma relação negativa com a duração do ciclo total. As temperaturas média, mínima e máxima apresentam forte relação negativa com a duração das fases e também do ciclo total para linhaça (Figura 12).

4.4 PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE LINHAÇA

4.4.1 Número de cápsula por planta

A época 1 apresentou o maior número de cápsulas por planta. As demais épocas de cultivo variaram entre 27,8 a 18,7 cápsulas por planta, não diferindo entre si estatisticamente (Tabela 4). possível observar um coeficiente de variação de 24,94% em relação aos valores obtidos para número de cápsulas por planta.

Tabela 4. Número de cápsulas por planta (NCP), número de sementes por cápsula (NSC), massa de mil sementes (MMS), produtividade estimada pelos componentes de rendimento (P1) e produtividade estimada pela massa total e número de plantas por bloco (P2) de linhaça da cultivar Caburé INTA em sete épocas de cultivo de entressafra em clima subtropical. E1 = 13/08/21; E2 = 03/09/21; E3 = 17/09/21; E4 = 01/10/21; E5 = 15/10/21; E6 = 05/11/21; E7 = 03/12/21; e E8 = 10/01/22.

Época	NCP	NSC	MMS (g)	P1 (t ha ⁻¹)	P2 (t ha ⁻¹)
E1	36,02a	7,06a	5,85a	2,23a	2,62a
E2	18,17b	6,60b	5,87a	1,06b	1,28b
E3	27,80b	7,05a	5,55b	1,63a	1,42b
E4	25,32b	7,33a	5,37b	1,47a	2,06a
E5	20,37b	7,50a	4,58c	1,06b	1,17b
E6	23,80b	5,21c	3,90d	0,71b	0,77b
E7	21,37b	2,09d	3,48e	0,22b	0,22b
CV (%)	24,94	27,42	17,98	61,12	74,86

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Do autor, 2022.

Valores de 22 cápsulas por planta são citados por Bosco *et al.* (2020) para cultivos desenvolvido na região de Curitiba, utilizando a cultivar Caburé INTA com semeadura realizada em maio, e para cultivos em abril e junho, os autores relatam valores de 19 e 29 ápsulas por planta, respectivamente. Com isso, é possível observar que a época 1 apresentou valores superiores para o número de cápsulas por plantas do que cultivos na safra, e as demais épocas apresentaram valores similares ao descritos para safra.

De acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (1985) os valores obtidos para coeficientes de variação (CV) apresentados na Tabela 4, podem ser classificados como médio

para o componente de produtividade MMS, como altos para os componentes NCP e NSC, e como muito altos para P1 e P2. Valores distintos são descritos na literatura para CV de componentes de rendimento da linhaça, com valores entre 9,8% e 33,2% (ROSSI *et al.*, 2014; ORSI, 2019; TOMASSONI *et al.*, 2013).

4.4.2 Número de sementes por cápsula

O número de sementes por cápsulas (NSC) médio não diferiu significativamente entre as épocas 1, 3, 4 e 5, sendo o valor máximo obtido de 7,50, na época 5 apresentou, e a época 7 o menor valor. As épocas 6 e 7 apresentaram o menor NSC, sendo o mínimo NSC produzido na E7 (Tabela 4).

Do ponto de vista botânico e morfológico, a flor de linhaça possui cinco pétalas e uma cápsula que contém sementes, em cinco lóculos, podendo ser ocupadas por duas sementes cada (FLOSS, 1983), ou seja, uma cápsula poderia produzir até 10 sementes. No experimento o valor médio máximo obtido foi de 7 sementes por cápsulas, dessa forma, a cultivar Caburé INTA não tem características de produzir duas sementes por lóculo e, portanto, não atinge o completo potencial produtivo de sementes/lóculo. Os resultados apresentados são similares aqueles apresentados por Stanck *et al.* (2017) em experimentos desenvolvido no período de safra, na região de Curitiba, com NSC entre 5 e 7, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente.

Na correlação de Pearson foi possível observar que a precipitação na fase reprodutiva apresenta uma relação negativa com o número de cápsulas por planta. Além disso, temperaturas máximas e mínimas na fase vegetativa apresentaram uma forte relação negativa, podendo-se destacar que temperaturas extremas foram prejudiciais para esse componente de rendimento (Figura 12).

4.4.3 Massa de mil sementes

A época 2 apresentou a maior massa de mil sementes (MMS), com 5,87 g, similar a épocas 1. As épocas 5, 6 e 7 produziram a menor MMS, sendo $E7 < E6 < E5$ (Tabela 4). As épocas 3 e 4 não apresentaram diferença estatística entre si.

Segundo Floss (1983), a massa de mil sementes para a linhaça se encontra entre 3,8 e 7,0 g, com isso, todos os valores obtidos no desenvolvimento do experimento se encontram dentro do intervalo descrito. Valores de 5,93 e 4,08 g para massa de mil sementes são descritos por Stanck *et al.* (2017) para cultivos na mesma região.

As variações observadas durante o desenvolvimento das sete épocas em que foi avaliada a massa de mil sementes pode ser relacionada com as diferentes características climáticas que

cada época possuiu especificamente, sendo que as épocas com cultivos mais tardios apresentaram um maior impacto negativo no enchimento das sementes devido as condições climáticas.

Durante a floração e a formação de semente para época 5 foi possível observar uma menor disponibilidade hídrica, o que resultou em um menor rendimento de semente (Figura 12; STANCK *et al.*, 2017; MARTIN *et al.*, 1976). Nas épocas 6 e 7 o período de formação das sementes ocorreu no verão, ocorrendo temperaturas superiores a 32°C na floração e enchimento de grãos, o que reduz crescimento, tamanho e qualidade da semente (Figura 12; FLOSS, 1983), e consequentemente, resulta em uma menor massa de mil grãos. Além disso, foi possível observar uma relação positiva através da correlação de Pearson de MMS com as variáveis estatura, duração da fase vegetativa e fotoperíodo acumulado na fase vegetativa e reprodutiva (Figura 12).

4.4.4 Produtividade estimada

É possível observar diferenças entre os valores de produtividade obtidos através dos componentes de rendimentos (P1), pela metodologia descrita por Becker (2018) e da produtividade obtida através da massa total e do número de plantas do bloco (P2). A maior diferença obtida foi para a época 4, com o valor 39,5% maior para a produtividade obtida para massa e número de plantas por bloco, e para a época 7 foi possível observar que não houve diferença entre os valores obtidos pelos dois métodos (Tabela 4).

Essa diferença entre os valores obtidos pelos dois métodos pode ser explicada em função da P1 considerar valores médios para todos os componentes de produtividade no desenvolvimento do cálculo, o que pode resultar em valores diferentes, como observado nesse experimento. Embora os valores de produtividade tenham diferido entre os dois métodos, o resultado da comparação de médias foi o mesmo para as duas metodologias.

A maior produtividade foi para a época 1 de cultivo, com 2,23 t ha⁻¹, que não diferiu estaticamente das épocas 3 e 4, com respectivos 1,66 e 1,47 t ha⁻¹. A pior P1 foi obtida para a época 7, com 0,22 t ha⁻¹, entretanto, não apresentou diferença estatística significativa para as épocas 2, 5 e 6.

Para P2 pode-se observar valores superiores de produtividade para as épocas 1, 2, 4, 5 e 6, entretanto as avaliações estatísticas foram semelhantes a obtidas para produtividade estimada pelos componentes de rendimento. A maior P2 foi para a época 1, com 2,62 t ha⁻¹, que não apresentou diferença estatística significativa da época 4. A menor produtividade foi obtida para a época 7, com 0,22 t ha⁻¹ (Tabela 4).

Produtividades de $1,2 \text{ t ha}^{-1}$ e $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ são citadas para cultivos em maio e junho utilizando a cultivar Caburé INTA (BECKER, 2018). A média nacional para cultivos de linhaça é de $0,95 \text{ t ha}^{-1}$, com isso é possível observar que com exceção das épocas 6 e 7, as demais épocas superaram o valor médio de produtividade para a cultura. A época 1, que apresentou o maior valor para a produtividade estimada ($>2 \text{ t ha}^{-1}$) teve melhor desempenho que as médias canadenses, que se destaca como um dos maiores produtores mundiais, com uma produtividade média de $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ (FAOSTAT, 2021).

5 CONCLUSÃO

Plantas de linhaça semeadas mais precocemente tendem a apresentar um maior crescimento em estatura, em função da maior duração da fase vegetativa e maior permanência sobre condições adequadas para o crescimento.

A duração do ciclo em dias e em °C dia diminui com sementeiras mais tardias, por conta do encurtamento da fase vegetativa, entretanto, não necessariamente afeta a produtividade, como visto para época 4.

É possível obter produtividades elevadas com cultivos na entressafra, principalmente com sementeiras entre agosto e outubro.

Sementeiras muito tardias apresentam uma diminuição drástica de produtividade em função da maior incidência de temperaturas prejudiciais a produtividade.

A microrregião de Curitibanos, SC, apresenta potencialidades para o desenvolvimento do cultivo da linhaça na entressafra, com destaque para as sementeiras entre agosto a outubro, entretanto, é imprescindível que estudos e trabalhos relacionados ao desenvolvimento dessa cultura continuem sendo feitos, de modo a aumentar o conhecimento sobre os aspectos agronômicos da cultura e proporcionar maior segurança ao agricultor para o cultivo.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

ALVES, M. E. B.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F. **Influência da temperatura do ar no comprimento do ciclo e produtividade do milho irrigado**. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia- 18 a 21 de julho de 2011, Sesc, Guarapari – Espírito Santos.

ANSCOMBE, F. J.; TUKEY, J. W. The examination and analysis of residuals. **Technometrics**, 5:141-160, 1963.

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. Proceedings of the American Society for **Horticultural Sciences**, v.76, n.1, p.682-692, 1960.

BECKER, D. **Desenvolvimento e produtividade de linhaça cultivada em diferentes agroecossistemas da região sul do Brasil**. 2018. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2018.

BENEVIDES, J. P. A. **Teste de progênie de linhaça dourada (*Linum usitatissimum* L.) visando a maturação precoce**. 2019. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Trabalho de Conclusão de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária**. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, p. 399, 2009.

BOLONHEZI, Antônio Cesar. **Influência do fotoperíodo sobre o desenvolvimento da planta e a produção de raízes tuberosas de mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ)**. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Doutorado em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

BOSCO, L. C.; CARDUCCI, C. E.; FIOREZE, A. C. C. L.; KOHN, L. S.; BECKER, D.; KONKOL, A. C. B. Experiências com o cultivo de linhaça em Santa Catarina: Aspectos

edafoclimáticos e genéticos. *In*: VELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. **Linhaça: Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021, p. 10-37.

BOSCO, L. C.; BECKER, D.; STANCK, L. T.; CARDUCCI, C. E.; HARTHMANN, O. E. L. Relação das condições meteorológicas com produtividade e fenologia da linhaça em agroecossistemas do Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.5, p.24838-24868, mai. 2020.

CARDUCCI, C. E.; BOSCO, L. C.; SCHOENINGER, V.; HIGASHIKAWA, F. S.; FERREIRA, R. C.; XAVIER, J. C. Análise multivariada para caracterizar ambientes de produção de linhaça no Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 42, n. 6, suplemento 2, p. 3685-3706, 2021.

CARGNELUTTI, F.; ALVES, B. M.; KLEINPAUL, J. A.; MÁRCIO NEU, I. M.; SILVEIRA, D. L.; SIMÕES, F. M.; WARTHA, C. A. Relações Lineares entre caracteres de linho. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p.257-262, 2016.

CARON, B. O.; OLIVEIRA, D. M.; ELLI, E. F.; ELOY, E.; SCHWERZ, F.; SOUZA, V. Q. Elementos meteorológicos sobre características morfológicas e produtivas do milho em diferentes épocas de semeadura. **Científica**, Jaboticabal, v.45, n.2, p.105-114, 2017.

CASA, R.; RUSSELL, G.; LO CASCIO, B.; ROSSINI, F. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. **European Journal of Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 267-278, nov. 1999.

CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; MELO, H. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; LIMA JÚNIOR, E. C. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p.846-850, jul./set. 2005.

CASTRO, G. A. S.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 3, p.1-15, 2012.

CAMPOS, J. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, p. 45-52, 1970.

DALMAGO, G. A.; FOCHESSATO, E.; KOVALESKI, S.; TAZZO, I. F.; BOLIS, L. M.; CUNHA, G. R.; NIED, A. H. Filocrono e número de folhas da canola em diferentes condições ambientais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.6, p.573-581, jun. 2013.

DIAS, J. P. T. **Ecofisiologia de culturas agrícolas**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2018. 169 p.

DIDONET, A. D.; SILVA, S. C. Elementos climáticos e a produtividade do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 233, p. 13-19, 2004.

DOMANTOVICH A.V., KOSHKIN V.A., BRUTCH N.B., MATVIENKO I.I. Investigation of photoperiod sensitivity of *Linum usitatissimum* L. lines and effect of short-day conditions on their economically valuable traits. **Russian Agricultural Sciences**, v.38, n.3, p.173-177, 2012

DYBING, D.; ZIMMERMAN, D. Temperature effects on flax (*Linum usitatissimum* L.) growth, seed production, and oil quality in controlled environments. **Crop Science**, v. 5, p. 184-187, 1965.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Wreg, M.S.; Steinmetz, S.; Reisser, J., C.; Almeida, I.R. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela EMBRAPA. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2017/relatorios/informatica_2017_zarc.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 25 mai. 2022.

FLOSS, Elmar Luiz. **Linho, cultivo e utilização**. Boletim Técnico n. 3- EMBRAPA. Passo Fundo, FAUPF, 1983.

GILMORE, E.C.J.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v.50, n.10, p.611-615, 1958.

HARLAN, J. R. Agricultural Origins: Centers and Noncenters Agriculture may originate in discrete centers or evolve over vast areas without definable centers. **Science**, v.174, p.468-474, 1971.

HAMNE, K.C.; BONNER, J. Photoperiodism in relation to hormones as factors in floral initiation and development. **International Journal of Plant Sciences**, v.100, n.2, p.388-431, 1938.

INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Catálogo de variedades vegetales. Disponível em: <https://inta.gob.ar/variedades/cabure-inta>. Acesso em: 28 mai. 2022.

JACOBSZ, M.; VAN DER MERWE, W. J. **Production guidelines for flax (*Linum usitatissimum* L.)**. Department of Agriculture, Forestry and fisheries. Directorate: Plant Production, 33p, February 2012

KORMANN, R.; ROSA, E.N.; PAIXÃO, C.A.; FERREIRA, E.B.; NOGUEIRA, D.A. GExpDes: Interface Gráfica para o ExpDes. **Sigmae**, Alfenas, v.8, n.2, p. 170-179, 2019. Special issue: 64th RBRAS and 18th SEAGRO. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/951/699>. Acesso em: 02 Jun. 2022.

KURT, O. A predictive model for the effects of temperature on the germination period of flax seeds (*Linum usitatissimum* L.). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.36, n.1, p.654- 658, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2000.

LAZZAROTTO, Claudio. **Avaliação da produtividade da cultura do trigo [*Triticum aestivum* (L.) THELL], em função da época de semeadura, na região de Dourados, MS**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

LÚCIO, A. D.; VELHO, J. P. Linhaça: Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal. Ponta Grossa: **Atena Editora**, 2021, 156 p.

LEÓN, N.; WALÓN, L.; ÁLVAREZ, M.E.; FEY, L. Evaluación del desarrollo del lino (*linum usitatissimum* L.) en condiciones tropicales y sus potencialidades agrícolas. **Agrotecnia**, v.1, p.36-40, 2005.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade de cana-de-açúcar**. 2004. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Doutorado em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARIM, F. R.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JUNIOR, M.; GODOY, I. J.; GOUVÊA, J. R. F. Estimativa da produtividade e determinação das melhores épocas de semeadura para a cultura do amendoim do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, n. 1, p. 64-75, mar. 2006.

MARTINS, M. B.; SCHEIBER, F.; ANDREAS, A.; CONSENÇO, G.; TELO, G. M.; BRITO, G. G.; SULBACH, Y. Influência da época de semeadura no crescimento e desenvolvimento de biotipos de arroz daninho e cultivares de arroz irrigado. **EMBRAPA**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165051/1/Germani-Matheus1.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MARTINS, E.; APARECIDO, L. E. O.; SANTOS, L. P. S.; MENDONÇA, J. M. A.; SOUZA, P. S. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do café produzido na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 499 - 506, 2015.

MARTIN, J. H.; LEONARD, W. H.; STAMP, D. L. Principles of field crop production. **Macmillan**, New York, 3 ed., p. 797-811, 1976.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portarias por Unidade Federativa. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias>. Acesso em: 28 mai. 2022.

MAURYA, A. V.; RAGHUVVEER, M.; GOSWAMI, G.; KUMAR, S. Influences of date of sowing on yield attributes and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) varieties under dryland condition in eastern Uttar Pradesh. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 7, p. 481-487, 2017.

McFREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v.29, p.353-360, 1989.

OLIVEIRA, C. T.; SOUZA, J. L. M.; TSUKAHARA, R. Y.; CRUZ, J. B. C.; ROSA, S. L. K. Estimativa da produtividade de milho em diferentes épocas de semeadura para Castro – PR. *In: Congresso Virtual de Agronomia*, 2016.

OLIVEIRA, M. R.; SANTOS, R. F.; ROSA, H. A.; WERNER, O.; VIEIRA, M. D.; DELAI, J. F. Fertirrigação da cultura da linhaça *Linum usitatissimum*. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 1, p. 22-32, 2012.

ORSI, N. **Seleção de progênis de linhaça dourada (*Linum usitatissimum* L.) com base em caracteres produtivos**. 2019. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

PAGEAU, D.; LAJEUNESSE, J. Effet de la date de semis sur la productivité du lin oléagineux cultivé en climat frais. **Canadian Journal of Plant Science**, v.91, p.29-35, 2011. PETRY, C. Adaptação de cultivares de soja a deficiência hídrica no solo. Santa Maria: UFSM, 1991. 106p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

RAMALHO, M. A. P.; COELHO, A. M.; TEIXEIRA, A. L. S. Consórcio de milho-verde e feijão em diferentes épocas de plantio na entressafra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 7, p. 799-806, 1985.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. Análise de crescimento de plantas; Mensuração do crescimento. **FCAP. Informe didático**. Disponível em: <http://www.repositorio.ufra.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/481/1/INFORME%20DID%20C3%81TICO%20-%20N%20C2%BA%2001.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

RONCANCIO, V. J. F.; PERES, L. E. P.; ZAIDAN, L. B. P.; PEREIRA, M. F. A. Influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento de plantas de *Solidaster luteus*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 2, p. 131-138, 1996.

ROSSI, E.; LINDINO, C. A.; SANOS, R. F.; CREMONEZ, P. A.; NADALLETI, W. C.; MASCHIO, P. H.; SANTOS, K. G. Influência de densidade de plantio no crescimento de linhaça marrom. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.13, n.4, 2014, p.3523-3528.

- ROSSETTO, C.; SANTOS, R. F.; SOUZA, S. N. M.; DIAS, P. P.; KLAUS, O. Diferentes doses de potássio na cultura da linhaça (*Linus usitatissimum* L.). **Acta Iguazu**, v.1, n.3, p.98-105, 2012.
- SAGHAYESH, Sakineh Pourranjbari.; MOGHADDAM, Mohammad.; MEHDIZADEH, Leila. Effect of sowing dates on the morphological characteristics, oil yield and composition of fatty acids in flax (*Linum usitatissimum* L.). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.7, n.11, p.915-922, 2014.
- SALGADO, F. H. M.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, G. R.; CANCELLIER, E. L.; SILVA, G. F. Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 52-58,2011.
- SANTOS, R. D.; BOOTE, K. J.; SOLLENBERGER, L. E.; NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SCHERER, C. B.; GONCALVES, L. C. Simulated optimum sowing date for forage pearl millet cultivars in multilocation trials in brazilian semi-arid region. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 2.074, p. 1-11, 2017.
- SANTOS, R. F.; ZORNITTA, N.; BARICCATTI, R. A.; CARPISKI, M.; SANTOS, M. A. Nitrogênio no cultivo de linhaça dourada (*Linus usitatissimum*). **Acta Iguazu**, v.2, n.3, p.73-83, 2013.
- SANTOS, N. C. B.; ARF, O.; KOMURO, L. K. Consórcio de feijoeiro e milho-verde na entressafra II. Comportamento das cultivares de milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p., 2010.
- SCHMIDT, D; ZAMBAN, D. T.; PROCHNOW, D; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; PAULA, G. M.; COCCO, C. Caracterização fenológica, filocrono e requerimento térmico de tomateiro italiano em dois ciclos de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 89-96, jan./mar. 2017.
- SHAIK, F. G.; GOKHALE, D. N.; ROKADE, B. S.; JADHAV, P. J. Effect of sowing date on some growth characters in linseed. **Journal of Agrometeorology**, v. 11, n. 2, p. 203-205, 2009.
- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, v.52, n.3/4, p. 591-611.

SILVA, L. R. F.; ARAÚJO, J. S.; ARAÚJO, O. M.; TERRA, G. M. Influência da época de plantio na produtividade de cultivares de trigo no município de Muzambinho/MG. *In: Jordana Científica e Tecnológica do IFSuldeminas*, 7., 2015, Poços de Caldas, MG. **Simpósio**. Poços de Caldas, MG: 2015, p. 1-6.

SILVA, T. R. G.; COSTA, M. L. A.; FARIAS, L. R. A.; SANTOS, M. A.; ROCHA, J. J. L.; SILVA, J. V. Fatores abióticos no crescimento e florescimento de plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n.4, e19710413817, 2021.

SMITH, J. M.; FROMENT, M. A. A growth stage key for winter linseed (*Linum usitatissimum*). **Annals of Applied Biology**, v. 133, n. 2, p. 297-306, 1998.

SORLINO, D. Respuesta fotoperiódica de tres cultivares de lino (*Linum usitatissimum* L.). **Revista Facultad de Agronomía**, v.14, n.3, p.265-270, 1994.

STANCK, L. T.; DECKER, D.; BOSCO, L. C. Crescimento e produtividade da linhaça. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 1, p. 249-256, ago. 2017.

STANCK, L. T. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de linhaça marrom e dourada nas condições edafoclimáticas de Curitiba, SC**. 2016. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Trabalho de Conclusão de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2016.

STANCK, L. T. **Produção de flores e avaliação estrutural de folhas de gladiolo em sistemas de manejo do solo em Santa Catarina**. 2019. Dissertação (Pós-graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2019.

TOMASSONI, F.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; SECCO, D.; SANTOS, F. S.; CREMONEZ, P. A. Diferentes densidades de plantio na cultura da linhaça dourada. **Acta Iguazu**, v.2, n.3, p. 8-14, 2013.

VIEIRA, H. J.; MENEZES JUNIOR, F. O. G.; BLAINSKI, E.; MISZINSKI, J.; VIEIRA NETO, J. Duração das fases de cultivo de cebola da variedade Empasc 352 - Bola Precoce em clima Subtropical de Ituporanga, Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.34, n.1, 67-71, 2021.