

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS DE CURITIBANOS

CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

Dislaine Becker

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE LINHAÇA
CULTIVADA EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

Curitibanos

2018

Dislaine Becker

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE LINHAÇA
CULTIVADA EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

Trabalho 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: Profa. Dra. Leosane Cristina Bosco

Curitiba

2018

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

Becker, Dislaine

Desenvolvimento e produtividade de linhaça cultivada em diferentes agroecossistemas da região Sul do Brasil / Dislaine Becker ; orientador, Leosane Cristina Bosco , 2018.

52 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Linum usitatissimum. 3. Fenologia. 4. Temperatura. I. Cristina 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.

DISLAINE BECKER

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE LINHAÇA CULTIVADA EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

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, 09 de novembro de 2018.

Profa. Dra. Elis Borcioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Leosane Cristina Bosco
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Lilian Osmari Uhlmann
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Maria

Profa. Dra. Monica Aparecida Aguiar dos Santos
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho
Aos meus Pais Valdecir e Renilda
A minha família
Ao meu nono Alfredo (in memoriam) e Tio Nevio (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela constante proteção, durante toda essa caminhada, que foi minha sustentação nesta caminhada.

A minha família Valdecir F. Becker, Renilda Alberguini Becker e Diego Becker, pelo estímulo e incentivo durante toda a jornada, pelo exemplo de caráter e honestidade e por sempre acreditarem e confiarem em mim.

Ao meu querido amigo e companheiro Marcio J. Ceroni pela paciência, conselhos incentivo e angustias compartilhadas.

A Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos pela oportunidade e contribuição para minha formação profissional.

A todos os professores da Universidade Federal de Santa Catarina os quais foram verdadeiros mestres.

A Profa. Dra. Leosane Cristina Bosco, minha orientadora, por todos os ensinamentos, conselhos, atenção e profissionalismo em me orientar e principalmente pelo apoio nos momentos difíceis nessa caminhada.

Aos meus queridos colegas de projeto Luciane T. Stanck e Felipe Bratti pelo grande trabalho em equipe.

Aos colegas do Instituto Federal Catarinense – IFC Campus de Rio do Sul e ao Professor Oscar Hartmann.

A Cooperativa La Paz e ao Engenheiro Agrônomo responsável Claudio Pons pelo fornecimento dos genótipos Argentinos.

Ao pesquisador da EPAGRI Cirio Parizotto pelo conhecimento compartilhado.

Aos agricultores familiares das Famílias Alberguini, Bosco e Lange por disponibilizarem uma área em sua propriedade para desenvolvimento do meu projeto e principalmente por acreditarem que a pesquisa científica pode contribuir na agricultura familiar.

Aos meus amigos Rodinei Ulbrich e Leticia B. Oliveira pelos conselhos, ombro amigo e pelos momentos de descontração quando a força para continuar já não era mais a mesma.

Aos meus segundos pais Salete Martarello e Luiz Martarello por me ouvir e aconselhar.

A todos os amigos que encontrei em Curitibanos que fizeram parte da minha história, pela companhia e por ajudarem a formar uma segunda família aqui.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O estudo de espécies alternativas como a linhaça vem sendo cada vez mais explorado na produção agrícola, podendo se tornar uma alternativa no inverno para produção de sementes, cobertura vegetal e rotação de culturas. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da temperatura e fotoperíodo no ciclo de desenvolvimento da linhaça caracterizando fenologia e exigência térmica em diferentes agroecossistemas no Sul do Brasil. Os experimentos foram desenvolvidos nos municípios de Curitiba, Rio do Sul, Herval D'Oeste, Ronda Alta e Palmitos no ano de 2016. Os genótipos utilizados foram Aguará INTA, Caburé INTA, Marrom e Dourada, cultivadas em três épocas de semeadura abril, maio e junho. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, totalizando cinco blocos por genótipo. Os dados meteorológicos foram obtidos de estações do Epagri Ciram e INMET. Para determinação da ocorrência dos estádios fenológicos foram marcadas vinte plantas por genótipo. As avaliações de desenvolvimento foram realizadas de modo de identificar os estádios de emergência, botão floral, início do florescimento e colheita. Calculou-se a exigência térmica da linhaça, empregando o acúmulo térmico desde a emergência até a colheita, bem como para cada fase. Os dados de frio foram acumulados utilizando temperaturas entre 2°C - 10°C. O fotoperíodo foi calculado levando-se em consideração latitude e declinação solar. A produtividade da linhaça foi calculada através dos componentes do rendimento. O volume de precipitação acumulada foi maior na primeira época e menor na terceira época, sendo em média 5 mm/dia. A temperatura máxima do ar variou entre 7,7 °C no inverno a 35,8 °C na primavera. A temperatura mínima do ar foi de - 3,8°C a 23°C, observada a menor Tmin em Curitiba. A quantidade de frio efetivo (acumulado) até o florescimento para linhaça nos diferentes agroecossistemas variou entre 990 horas em Curitiba e 317 horas em Palmitos. A análise realizada nos experimentos não demonstrou relação entre horas de frio acumuladas e duração das fases de desenvolvimento da linhaça. O ciclo mais longo foi de 2.262,5,7°C dia ou 193 dias em Rio do Sul e o mais curto 1.707,2°C dia ou 153 dias em Herval D'Oeste. A presença de uma relação linear negativa entre temperatura do ar e a duração das fases de desenvolvimento indica que a diminuição da temperatura do ar determina o aumento da duração do ciclo para os quatro genótipos. Os genótipos floresceram em fotoperíodo de 11h e 12 h. A produtividade variou entre 0,5 e 2,6 t ha⁻¹. Devido as potencialidade edafoclimáticas encontradas na região sul do Brasil, principalmente no clima Cfb, a introdução da linhaça possibilitará o cultivo de uma espécie alternativa para o período inverno-primavera.

Palavras-chave: *Linum usitatissimum*. Fenologia. Temperatura.

ABSTRACT

The study of alternative species such as linseed has been increasingly explored in agricultural production, and may become an alternative in the winter for seed production, plant cover and crop rotation. The objective of this work was to verify the influence of temperature and photoperiod in the developmental cycle of linseed, characterizing phenology and thermal requirement in different agroecosystems in Southern Brazil. The experiments were carried out in Curitiba, Rio do Sul, Herval D'Oeste, Ronda Alta and Palmitos in the year 2016. The genotypes used were Agurá INTA, Caburé INTA, Brown and Golden, cultivated in three sowing seasons in April, May and June. The experimental design was randomized blocks, with five blocks per genotype. The meteorological data were obtained from Epagri Ciram and INMET stations. For determining the occurrence of the phenological stages twenty plants were marked by genotype. Developmental evaluations were carried out in order to identify the emergency stages, floral bud, beginning of flowering and harvesting. The thermal requirement of linseed was calculated using thermal accumulation from emergence to harvest, as well as for each phase. Chilling data were collected using temperatures between 2°C and 10°C. The photoperiod was calculated with latitude and solar declination. Flax productivity was calculated using the yield components. The cumulative volume of rainfall was higher in the first season and lower in the third season, being on average 5 mm/day. The maximum air temperature ranged from 7.7°C in winter to 35.8°C in spring. The minimum air temperature (Tmin) was -3.8°C to 23°C, observed the lowest Tmin in Curitiba. The amount of effective chilling accumulated until flowering for linseed in different agroecosystems varied between 990 hours in Curitiba and 317 hours in Palmitos. The analysis performed in the experiments did not show a relation between cumulative chilling hours and the duration of the development phases of plants. The longest cycle was 2262.6°C day or 193 days in Rio do Sul and the shortest 1707.2°C day or 153 days in Herval D'Oeste. The presence of a negative linear relationship between air temperature and duration of developmental stages indicates that the decrease in air temperature determines the increase in cycle length for the four genotypes. The genotypes bloomed in photoperiod of 11h and 12h. The productivity varied between 0.5 and 2.6 t ha⁻¹. Due to the soil-climatic potential found in the Southern region of Brazil, especially in the Cfb climate, the introduction of linseed will allow the cultivation of an alternative species for the winter-spring period.

Keywords: *Linum usitatissimum*. Phenology. Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de Linhaça (A), Flores (B), Cápsulas (C), Sementes dourada e marrom (D) e Óleo de linhaça (E).....	20
Figura 2. Localização da região Sul do Brasil (a) e distribuição das áreas experimentais em 2016 em Santa Catarina: Curitibanos, Rio do Sul, Palmitos, Herval D'Oeste e no Rio Grande do Sul: Ronda Alta.	25
Figura 3. Principais estádios de desenvolvimento de linhaça. Emergência (a), Botão Floral (b), Início do Florescimento (Primeiras flores abertas) (c) e Final da maturação (colheita) (d). Adaptado de Smith (1998).....	28
Figura 4. Temperatura máxima (Tmax) (a) e mínima (Tmín) (b) do ar, durante os ciclos de desenvolvimento da linhaça, cultivada em três épocas no ano de 2016. 1 = época 1; 2 = época 2 e 3 = época 3, em CTBS = Curitibanos, RDS = Rio do Sul, Pa = Palmitos, HDO = Herval D'Oeste, RA = Ronda Alta. Tb = temperatura basal da cultura no período vegetativo (2°C) no período reprodutivo (4,8°C). As marcações abaixo da figura indicam o início e o fim do ciclo de desenvolvimento das plantas nos diferentes locais e épocas.	33
Figura 5. Horas de frio (HFa) acumulado abaixo de 10°C nas fases EM-BF (Emergência-Botão floral) (a), BF-IF (Botão Floral- Início do florescimento) (b) e EM-IF (Emergência- Início do Florescimento) (c) dos genótipos Aguará, Caburé, Marrom e Dourada nos diferentes locais e épocas de cultivo. A 5% de significância.	37
Figura 6. Soma térmica das fases vegetativa (EM-BF) e reprodutiva (BF-IF e IF-Co) de genótipos de linhaça em 3 épocas de semeadura (1, 2 e 3) no ano de 2016 e em cinco locais de cultivo. CTBS: Curitibanos, RDS: Rio do Sul, RA: Ronda Alta, HDO: Herval D Oeste e Pa: Palmitos.	39
Figura 7. Duração em dias das fases EM-BF (emergência-Botão Floral, BF-IF (Botão Floral- Início do Florescimento) e IF-Co (Início do Florescimento-Colheita) para o genótipo Aguará em Curitibanos em três épocas de semeadura, à 5% de significância.	42
Figura 8. Relação entre duração da fase EM (Emergência) – BF (Botão Floral) e fotoperíodo acumulado da EM-BF (FABf) dos genótipos Aguará (a), Caburé (b) e Dourada (c) e Marrom (d), à 5% de significância.	43
Figura 9. Relação entre duração da fase BF (Botão Floral) – IF (Início do florescimento) e fotoperíodo acumulado da BF-IF (FAIf) dos genótipos Aguará (a), Caburé (b) e Dourada (c) e Marrom (d) à 5% de significância.	43

Figura 10. Relação entre duração da fase IF (Início do florescimento) – Co (Colheita) e fotoperíodo acumulado da IF-Co (FACo) dos genótipos Aguará (a), Caburé (b) e Dourada (c) e Marrom (d), à 5% de significância.44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Chave dos estádios de desenvolvimento para linhaça (<i>Linum usitatissimum</i>).	24
Tabela 2. Locais, data de semeadura, época e genótipos de linhaça utilizados nos experimentos em Santa Catarina e Rio Grande do Sul em 2016.	27
Tabela 3. Precipitação pluvial acumulada em mm durante as fases de desenvolvimento da emergência ao aparecimento do botão floral (EM-BF), aparecimento do botão floral ao início do florescimento (BF-IF), início do florescimento à colheita (IF-Co) e ciclo total de desenvolvimento da linhaça em diferentes locais de cultivo e genótipos utilizados nos experimentos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul em 2016.	31
Tabela 4. Cargas fatoriais iniciais e cargas fatoriais após rotação, estimadas nos caracteres avaliados na linhaça 2016.	35
Tabela 5. Produtividade média ($t\ ha^{-1}$) e número cápsulas por planta para Curitiba e Rio do Sul para diferentes épocas e genótipos, nos experimentos realizados em Santa Catarina, 2016.	36
Tabela 6. Produtividade média ($t\ ha^{-1}$) e número cápsulas por planta para diferentes locais, épocas e genótipos nos experimentos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, 2016.	36
Tabela 7. Duração em graus-dia das fases emergência – botão floral (EM–BF), botão floral-início do florescimento (BF-IF), início do florescimento - colheita (IF-Co) para os genótipos Aguará, Caburé, Dourada e Marrom em 2016.	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	CARACTERIZAÇÃO.....	19
2.2	CULTIVO.....	20
2.3	DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA	31
4.2	DURAÇÃO CICLO DESENVOLVIMENTO.....	38
5	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A linhaça é a semente produzida pelo linho (*Linum usitatissimum L.*), pertencente à família das lináceas (FREEMAN, 1995). As temperaturas cardiais para o ciclo da linhaça variam conforme a fase de desenvolvimento, sendo na fase de emergência ao início do florescimento de 2,0°C (SORLINO, 1994) e na fase do início do florescimento à colheita de 4,8°C (CASA et al., 1999). É considerada uma planta de dia longo (NUTTONSON 1948, MINKEVITICH, 1957e FLOSS 1983) que quando exposta a fotoperíodo não adequado não inibe a floração apenas ocasiona atrasos no período reprodutivo (SORLINO 1994). É um vegetal que necessita de exposição da semente ao frio em pré semeadura para crescer e se desenvolver.

A importância do estudo de uma cultura agrícola vem da preocupação com o agroecossistema onde a mesma está inserida, sendo que a relação solo-planta-atmosfera se torna fundamental para obtenção de produtividades desejadas sem o ambiente ser prejudicado. O estudo de espécies alternativas como a linhaça vem sendo cada vez mais explorado na produção agrícola, podendo se tornar uma alternativa no inverno para produção de sementes, cobertura vegetal e rotação de culturas.

Duas variedades são consumidas e conhecidas no Brasil, a linhaça marrom e a linhaça dourada em que a cor é determinada pela quantidade de pigmentos no revestimento externo da semente que variam em função de fatores ambientais e genéticos. As duas variedades de linhaça são semelhantes quanto a composição química (BARROSO et al., 2014).

O Brasil possui dois genótipos melhorados, as cultivares Taperaju e Nhu Porã desenvolvidos na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária em São Borja, pelo geneticista suéco Iwar Beckmam entre os anos de 1946 e 1947 (FLOSS,1983; FEPAGRO, 2015). Estes genótipos por sua vez, não são encontrados comercialmente. No Registro Nacional de Cultivares estão cadastradas dez cultivares Ariane, Astella, Belinka, CDC Normandy, CDC Sorrel, Jardim Vermelho, Natasja, Regina, ST Pioneira e Viking (MAPA, 2018).

No Brasil a maior produção está concentrada na região Sul do país devido ao clima subtropical, que fornece condições térmicas adequadas para as plantas que necessitam de temperaturas amenas para seu desenvolvimento (BASSEGIO et al., 2012). Além disso, por ser uma cultura com pouca necessidade de tratamentos culturais é considerada uma planta rústica e pode ser utilizada como alternativa na rotação de cultura, durante o inverno.

As principais variáveis que controlam a fenologia das culturas são épocas de plantio, fotoperíodo, temperatura e genética das plantas. Em algumas situações, suprimento de umidade e a disponibilidade de nutrientes também podem afetar a fenologia (METCALF; MITCHELL-OLDS, 2009). Os eventos fenológicos resultam de uma interação complexa entre os genes de um organismo e vários fatores ambientais externos. Esses fatores ambientais podem controlar diretamente o tempo dos eventos biológicos, ou podem agir como sinais que definem o "relógio biológico" interno do organismo (AUSÍN et al. 2005).

Para muitas espécies não são conhecidos os fatores ambientais específicos que interferem na fenologia e o quanto a variação na fenologia ao longo do tempo ou entre indivíduos reflete variações genéticas ou simplesmente repostas plásticas à mudança ambiental (FORREST, 2010). O conhecimento dos fatores que intervêm na regulação das etapas fenológicas permite entender a resposta dos genótipos quando expostos a diferentes ambientes, podendo vir a solucionar problemas futuros que possam surgir e estabelecer um manejo agrícola adequado visando a conservação dos agroecossistemas. A caracterização fenológica das culturas agrícolas é importante, pois práticas de manejo como, adubação, tratamentos fitossanitários, planejamento da irrigação e colheita tem maior eficiência quando baseadas no momento em que as plantas se encontram no ciclo de desenvolvimento do que quando apenas em dias do calendário civil (STRECK, 2012).

O conhecimento técnico-científico gerado pela agrometeorologia do cultivo da linhaça será determinante para incentivar a produção e, conseqüentemente, melhorar a diversificação de cultivos na agricultura. Na cultura da linhaça os elementos meteorológicos que determinam a duração do ciclo das plantas são a temperatura do ar e o fotoperíodo. As temperaturas baixas são suportadas pela cultura da linhaça, porém quando prolongadas ocasionam danos e alongamento do período vegetativo (SHARON, 1958 e DARAPUNENI, 2014). Além disso, pode-se contabilizar a duração do período de desenvolvimento da linhaça a partir da soma térmica, a qual leva em consideração o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2005). Em cereais de inverno (ROSA et al., 2009), frutíferas (BORGHEZAN et al., 2011), milho (MARTINS et al., 2012), entre outros, identificou-se estreita relação entre a duração do ciclo e o acúmulo térmico.

Do ponto de vista biológico o ciclo das plantas quando contabilizado em função de seus elementos determinantes, torna-se mais realista. Um exemplo prático é a contabilização da duração do ciclo das plantas em dias do calendário civil. Quando estas forem cultivadas em

diferentes épocas de semeadura em regiões de clima subtropical, caracterizadas por grande amplitude térmica anual, o ciclo é variável, podendo se encurtar ou se alongar.

Verifica-se que no Sul do Brasil existem potencialidades edafoclimáticas para o cultivo de linhaça, sendo que praticamente toda a produção do país está localizada no Rio Grande do Sul, seguido de Santa Catarina e Paraná (IBGE, 2014). Identificou-se, após ampla revisão de literatura, que há carência de conhecimentos referentes ao desenvolvimento de plantas de linhaça na região sul do Brasil. Informações básicas como ciclo das cultivares, recomendação de épocas e locais de plantio, época de colheita e qualidade da sementes são escassas dificultando a expansão da cultura e o melhor conhecimento da mesma.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da temperatura e do fotoperíodo no desenvolvimento e na produtividade da linhaça em diferentes agroecossistemas no Sul do Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a influência da temperatura do ar no ciclo de desenvolvimento da linhaça.
- Verificar influência do fotoperíodo no ciclo de desenvolvimento da linhaça.
- Analisar e caracterizar a fenologia dos genótipos de linhaça Aguará, Caburé, Marrom e Dourada de modo a definir a duração das fases vegetativas e reprodutivas em diferentes épocas e locais de semeadura.
- Determinar a produtividade de sementes de linhaça cultivada em diferentes locais da região sul do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO

A linhaça é uma das culturas mais antigas e uma das primeiras plantas a serem domesticadas pelo homem (TRUCOM, 2006). Originária da Ásia a mesma foi difundida por todo o mundo, sendo que nos dias de hoje é muito comum seu consumo em países da América do Norte, Europa e América do Sul. Na América do Sul, a linhaça ainda é um produto pouco comercializado quando comparado com os outros continentes (SCHUMANN, 2012).

No ano de 2016 os principais produtores de linhaça eram Quirguistão pertencente ao continente asiático e Suíça, Suécia, Letônia e França pertencentes ao continente Europeu (FAO, 2018). Na América do Sul o maior produtor é a Argentina, e no Brasil esta cultura ainda é pouco cultivada, sendo conhecida apenas pela sua importância nutracêutica e de produção de óleo. Segundo FAO (2018), o Brasil aumentou sua produção em 75% desde o ano de 1961 com média de 1,1 t/ha em 2016.

A planta de linhaça é uma planta herbácea, possui variação de altura de 30 a 130 cm, pertence à família das Lináceas, de porte ereto, folhas estreitas e flores de coloração azul. O fruto é uma cápsula globosa, da qual as sementes são brilhantes e planas. As dimensões das sementes de linhaça variam de cerca de 3,0-6,4 mm de comprimento, 1,8-3,4 mm de largura e 0,5-1,6 mm de espessura (FREEMAN, 1995). A semente apresenta dois cotilédones achatados, que constituem a maior parte do embrião. O embrião é cercado pelo revestimento de semente, que consiste em casca e camada aderente de endosperma. Casca e cotilédones podem ser utilizados separadamente como ingredientes funcionais ao organismo (OOMAH; MAZZA, 1997; WIESENBERN et al., 2002). As sementes apresentam duas variedades de cores, marrom e dourada. A cor é determinada pela quantidade de pigmentos presentes na semente (MORRIS, 2007) (figura 1).

A linhaça engloba certo número de espécies, integradas por nome botânico *Linum usitatissimum* L. Produz sementes oleaginosas (chamada de linhaça) e a sua farinha e seu óleo (figura 1E) são utilizados para fins medicinais e industriais. Algumas cultivares foram desenvolvidas para produção de fibra, sendo nesse caso conhecidas como linho. A parte fibrosa das hastes é utilizada para a fabricação de tecidos (SCHUMANN, 2012).

Figura 1. Planta de Linhaça (A), Flores (B), Cápsulas (C), Sementes dourada e marrom (D) e Óleo de linhaça (E).



Fonte: Autor

2.2 CULTIVO

O desenvolvimento da linhaça ocorre em condições moderadamente frias, mas quando a produção tem finalidade para fibra, as plantas crescem melhor em climas frios e úmidos (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012). Mesmo com essas características, a linhaça marrom vem sendo cultivada em regiões de clima quente e úmido (tropical), e a dourada em regiões frias (LIMA, 2008). As temperaturas cardiais para o ciclo da linhaça variam conforme a fase de desenvolvimento, sendo na fase de emergência ao início do florescimento de 2,0°C (SORLINO, 1994) e na fase do início do florescimento à colheita de 4,8°C (CASA et al., 1999). Segundo Floss (1983) temperaturas acima de 30°C tem influência negativa na produção da linhaça e extremos abaixo de -5°C no período vegetativo (DARAPUNENI, 2014) ou abaixo de -1°C no período reprodutivo, ocasionam danos irreversíveis às plantas (FLOSS, 1983).

Quanto às condições edáficas, pode ser cultivada nos mesmo tipos de solo que são utilizados para o plantio de trigo. Os melhores solos, além do tipo aluvial, são profundos e contém uma grande parte de matéria orgânica com pH que varia entre 5 e 7 (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012). A exigência nutricional é baixa, requerendo reduzidas doses de fertilizante mineral (CASA et al., 1999).

Sua propagação é por sementes e por causa de seu tamanho pequeno, no plantio, necessita de um solo úmido e deve-se evitar semeadura mais profunda que 5 cm (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012). A escolha adequada do arranjo e a densidade de plantas são fatores que podem afetar o potencial produtivo da linhaça. A população de plantas recomendada em

nível mundial varia de 250 a 400 plantas por metro quadrado e no Brasil a densidade recomendada é de 120 plantas por metro quadrado para produção de fibras e 90 plantas por metro quadrado para produção grãos ou sementes. A semeadura da linhaça ocorre nos meses de outono (abril a junho) e a colheita nos meses de primavera e verão (novembro a dezembro) (TRUCOM, 2006). A época de semeadura adequada vai garantir uma boa germinação da semente e desenvolvimento do sistema radicular (BASSEGIO et al., 2012).

O período de semeadura no hemisfério sul e norte é outono/inverno, autores como Moura (2008), Marques (2008), Soares et al. (2009), Vieira et al. (2012), Rossi et al. (2014), Cargnelutti Filho (2016) e Trucom (2006) indicam semeaduras nos meses de maio e junho. No Chile (BERTI, 2010) e na Argentina (SORLINO, 2004) indicam-se semeaduras entre os meses de Abril a junho. E em países como no Irã (SAEIDI, 2000), na Índia (SINGH, 2002; MOAHAPATRA et al., 2007), no Egito (SEADH et al., 2012) e no Texas (DARAPUENENI, 2014) as semeaduras são realizadas entre outubro e novembro.

O cultivo de linhaça não precisa de maquinário específico para realizar o plantio e colheita, podendo ser utilizados equipamentos do cultivo de cereais de inverno. O beneficiamento da linhaça é uma grande dificuldade, pois há necessidade de maquinários para a limpeza e classificação da semente, parte fundamental para que a semente possa ser disponibilizada para o consumidor com boa qualidade (CASA et al., 1999).

Práticas de manejo e tratos culturais no cultivo da linhaça são mínimos, por isso utiliza-se a espécie como alternativa para rotação de culturas, de modo a recuperar desgastes físicos, químicos e biológicos do solo (SOARES et al., 2009). Também é considerada como uma espécie pouco exigente em fertilizantes e tratamentos fitossanitários. Dessa forma, seu custo de produção é baixo, constituindo-se em uma alternativa de renda extra para agricultores da região Sul (PARIZOTO et al., 2013).

2.3 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS

A fenologia avalia as mudanças periódicas no fenótipo e constituição das plantas por causas ambientais (PASCALE; DAMARIO, 2004). É o estudo de eventos biológicos e sua interação com fatores bióticos e abióticos (RICHARDSON et al., 2013) Os estádios fenológicos proporcionam um melhor detalhamento das etapas de desenvolvimento das plantas, sendo o período entre cada estágio influenciado diretamente pela disponibilidade térmica. Além das

condições climáticas, a fenologia pode também variar em função do genótipo (LEÃO; SILVA, 2003).

O desenvolvimento de plantas com sementes se divide em três estádios principais, embriogênese, desenvolvimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo. A embriogênese é o desenvolvimento embrionário ocorrendo no óvulo da flor. O vegetativo é a fase na qual a planta, através dos meristemas apicais da raiz e do caule, gera folhas e se estabelecem no meio. O reprodutivo vem da transição do vegetativo no qual se formam os meristemas florais. Portanto, todas essas modificações na planta constituem eventos fenológicos com complexa interação em relação aos fatores ambientais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Existe uma interação entre os genes e fatores ambientais os quais controlam diretamente o tempo dos eventos biológicos ou podem agir como sinais definindo o relógio biológico. Na maioria das espécies os fatores ambientais que interferem na fenologia não são conhecidos ou estudados. O conhecimento dos fatores que interferem na fenologia permite entender a resposta do genótipo em diferentes ambientes (AUSIN et al, 2005; FORESTE, 2010). Estudos fenológicos são indicadores das alterações climáticas, os quais relacionam características dos climas ao longo de um período (NORD; LYNCH, 2009). O desempenho do clima vem sendo utilizado como indicador de respostas fenológicas. Em estudos de fenologia o principal elemento meteorológico analisado é temperatura do ar, pois esta influencia o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais (BAHUGUNA; JAGADISH, 2015; WILLEY, 2016).

Através da fenologia observa-se que crescimento e desenvolvimento resultam em uma ação conjunta de três níveis (LUCCHESI, 1987). Controle intracelular, ou seja o controle genético, são as características que a planta carrega na bagagem genética. Controle intercelular, envolve substâncias reguladoras, os hormônios, compostos produzidos pelas plantas que, promovem, retardam ou inibem processos fisiológicos e morfológicos, sendo como principais hormônios as Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Etileno, Ácido abscísico, etc. E controle extracelular que é o controle ambiental, condições do ambiente que afetam os processos de desenvolvimento (processos fisiológicos e morfológicos) (CASTRO; VIEIRA, 2001; JONES, 2014).

Os processos fisiológicos das plantas variam entre estádios de desenvolvimento, sendo que a temperatura influencia na taxa de processos bioquímicos (BROWSE; XIN 2001). As plantas são adaptadas a uma faixa ideal de temperatura, ou seja, o ideal fisiológico, período onde eventos de crescimento e desenvolvimento não são afetados negativamente (HILME, 2011).

Calor ou frio são estados termodinâmicos, caracterizados por alta ou baixa energia cinética. Altas temperaturas enfraquecem as ligações entre as moléculas, tornando as camadas lipídicas mais fluídas. A redução da temperatura reduz a velocidade das reações químicas, que são fundamentais para as plantas, tornando as membranas rígidas, assim, necessita-se maior quantidade de energia para que os processos bioquímicos aconteçam (LARCHER, 2006).

Mesmo que características anatômicas das plantas sejam genéticas, condições ambientais influenciam as estruturas (MAJADA et al. 2000). A resistência ao frio pode ser regulada pela quantidade de açúcares presentes em vários estádios de desenvolvimento (ALI et al. 1996; GUPTA; KAUR 2005). No inverno ocorre aumento da enzima amilase e o amido é convertido em carboidrato solúvel com função de resistência ao frio e substrato para crescimento inicial (YOSHIOKA et al. 1988). Alguns cereais de inverno, para tolerar o frio acumulam carboidratos que estabilizam as membranas durante a desidratação induzida por temperatura baixa (TAIZ; ZEIGER 2013).

O elemento que determina a duração do ciclo das plantas é a temperatura do ar (JONES, 2014) e um dos métodos utilizados para contabilizá-la é a soma térmica. Neste método considera-se temperatura mínima (Temperatura Base), a qual abaixo dela a planta paralisa seu desenvolvimento. Graus dias é a quantidade de calor acumulada diariamente pela planta e o total de graus dias é obtido pelo somatório dos valores resultantes da subtração da temperatura base da planta. O total de graus dias acumulado expressa o quanto de energia a planta necessita para atingir determinado estágio de desenvolvimento. É considerada uma medida variável que pode muitas vezes variar entre cultivares de uma mesma espécie (CARVALHO, 2008).

Há limitações da teoria da soma térmica, onde está a ausência da consideração em relação a interação entre temperatura do ar e duração astronômica do dia (fotoperíodo) e muitas vezes a utilização de apenas uma temperatura base ao longo do ciclo (CARVALHO, 2008). Além de assumir uma relação linear entre desenvolvimento e temperatura, o que não é realístico do ponto de vista biológico, sendo que esta relação é considerada não linear (BONHOMME, 2000).

A caracterização do padrão fenológico das plantas para diferentes locais e períodos é facilitada pela soma térmica. Ela permite prever a duração do ciclo e ocorrência das fases fenológicas para várias espécies vegetais (BERGAMASCHI, 2007). Stanck (2016) caracterizou a fenologia da linhaça em Curitiba, Santa Catarina, não sendo encontrados outros estudos no Brasil.

De acordo com Smith e Froment (1998), a identificação utilizada para definir o padrão de desenvolvimento da planta em estádios é: vegetativo e reprodutivo. A chave é dividida em estádios decimais distintos (0 a 9) (tabela 1). Cada etapa principal é subdividida em sub-etapas que são referidas pelo segundo dígito do código.

Tabela 1. Chave dos estádios de desenvolvimento para linhaça (*Linum usitatissimum*).

Código	Descrição
0	Germinação e Emergência
1	Desenvolvimento das folhas
2	Ramos Basais
3	Extensão do caule
5	Emergência da inflorescência
6	Floração e formação de cápsulas
7	Desenvolvimento de sementes e cápsulas
8	Amadurecimento das cápsulas e sementes
9	Senescência

Fonte: Adaptado de Smith (1998).

A vernalização da planta de linhaça não é necessária (DARAPUNENI, 2014 e SACHET, 1953), mas em pré semeadura é fundamental para que a planta possa crescer e se desenvolver (SORLINO, 1994). O efeito é a aceleração da floração, onde em algumas plantas temperaturas baixas são importantes para a indução (PURVIS; GREGORY, 1952).

O fotoperiodismo é um importante mecanismo para o ciclo das plantas, consiste na capacidade que a planta tem de detectar o comprimento do dia, tornando possível que um determinado estágio ocorra em um determinado momento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os primeiros estudos de fotoperíodo foram de Garner e Allard, em 1920, nos quais classificou-se as respostas ao fotoperíodo em plantas de dia curto, longos e fotoneutras. Em 1938, acrescentou-se as plantas intermediárias. O fotoperiodismo influencia o avanço do desenvolvimento vegetal através do processo fisiológico do fitocromo das plantas e, expressa fenologicamente o aparecimento sucessivo de órgãos. O fitocromo é uma proteína a qual possui duas formas, ativa ou inativa a luz, determinantes na passagem do estágio vegetativo ao reprodutivo (PASCALE; DAMÁRIO, 2004).

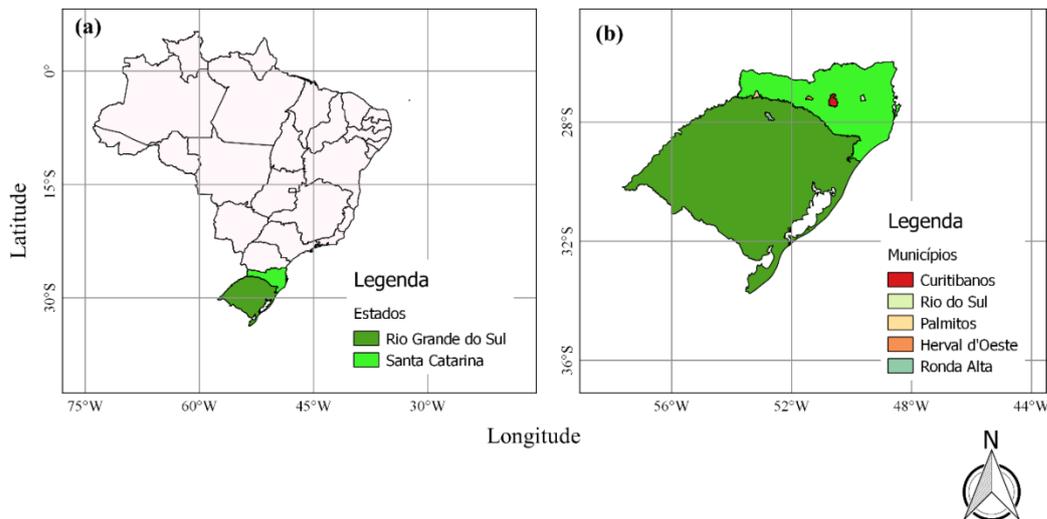
Identificação e caracterização dos estádios e dos fatores que influenciam o desenvolvimento da linhaça são fundamentais para uma boa produtividade. Através do

conhecimento da interação desses parâmetros com os fatores ambientais pode-se ter uma melhor definição de épocas de semeadura, práticas de manejo, introduzindo assim uma cultura rústica a qual poderá agregar renda ao produtor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A condução dos experimentos foi realizada em 2016, na região sul do Brasil, sendo distribuída em diferentes agroecossistemas de Santa Catarina (Curitibanos, Rio do Sul, Palmitos e Herval D' Oeste) e Rio Grande do Sul (Ronda Alta) (figura 2).

Figura 2. Localização da região Sul do Brasil (a) e distribuição das áreas experimentais em 2016 em Santa Catarina: Curitibanos, Rio do Sul, Palmitos, Herval D'Oeste e no Rio Grande do Sul: Ronda Alta.



Fonte: Autor.

Cada local de cultivo foi caracterizado por diferentes tipos de clima e solo, além de que cada local constituiu um agroecossistema pelas suas particularidades em nível de uso das áreas.

Em Curitibanos a condução do experimento foi na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, na zona agroecológica do Planalto Central (THOMÉ, 1999). As coordenadas geográficas da área experimental são 27°16'25" S e 50°30'12" W. O clima da região é do tipo Cfb (ALVARES et al, 2013), sendo a precipitação média anual em torno de 1.480 mm, com temperatura máxima média de 22,0°C, mínima média de 12,4°C e altitude 993 m (EMBRAPA, 2011). O solo da área de cultivo foi classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2013).

Em Rio do Sul o experimento foi realizado na área experimental do Instituto Federal Catarinense (IFC), na zona agroecológica do Alto Vale do Rio Itajaí (THOMÉ, 1999). As coordenadas geográficas do local de plantio são 27°10' S e 49°00' W. O clima da região é do tipo Cfa (ALVARES et al, 2013), sendo a precipitação média anual em torno de 1.521 mm, com temperatura máxima média de 25°C, mínima média de 15°C, altitude de 508 m (EMBRAPA, 2011). O solo da área de cultivo foi classificado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013).

Em Palmitos a implantação do experimento foi realizada em propriedade familiar, localizado na zona agroecológica Vale do Rio Uruguai (THOMÉ, 1999). As coordenadas geográficas aproximadas do local de semeadura são 26°58'15" S e 53°11'19" W. O clima da região é do tipo Cfa (ALVARES et al, 2013) sendo a precipitação média anual em torno de 1.951 mm, com temperatura máxima média de 27°C, mínima média de 16°C e altitude aproximada de 406 m (EMBRAPA, 2011). O solo da área de cultivo foi classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013).

Em Herval D'Oeste o experimento foi realizado em propriedade familiar, na zona agroecológica Vale do Rio do Peixe (THOMÉ, 1999). As coordenadas geográficas aproximadas do local de semeadura são 27°09'42" S e 51°27'40" W. O clima da região é do tipo Cfa (ALVARES et al, 2013), sendo precipitação média anual em torno de 1.822 mm com temperatura máxima média de 24°C e mínima média de 14°C e altitude aproximada de 523 m (EMBRAPA, 2011). O solo da área de cultivo foi classificado como Cambissolo Háplico Distrófico (EMBRAPA, 2013).

Em Ronda Alta (Rio Grande do Sul), o experimento foi realizado em propriedade familiar na microrregião de Passo Fundo. As coordenadas geográficas do local de semeadura são 27°47'39" S e 52°50'13" W. O clima da região é Cfa (ALVARES et al, 2013), sendo a precipitação média anual em torno de 1.845 mm, com temperatura máxima média de 25°C e mínima média de 14°C e altitude de 590 m (EMBRAPA, 2011). O solo da área de cultivo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2013).

Os genótipos de linhaça utilizados na implantação dos experimentos foram cultivares Argentinas: Aguará INTA e Caburé INTA de coloração marrom e variedades locais de coloração marrom e dourada, conforme caracterização detalhada na tabela 2. Todas as sementes, em pré-semeadura, foram acondicionadas em refrigerador com temperatura aproximada de 4°C a fim de suprir a necessidade de frio e promover a vernalização das sementes.

Tabela 2. Locais, data de semeadura, época e genótipos de linhaça utilizados nos experimentos em Santa Catarina e Rio Grande do Sul em 2016.

Locais	Data de semeadura	Época (E)	Genótipos
Curitibanos (SC)	26/04	E1	Variedade Local Dourada, cv. Aguará, cv. Caburé
	20/05	E2	
	24/06	E3	
Rio do Sul (SC)	15/04	E1	Variedade Local Dourada, cv. Aguará, cv. Caburé
	24/06	E3	
Palmitos (SC)	26/05	E2	Variedades locais Marrom e Dourada
Herval D'Oeste (SC)	27/05	E2	Variedades locais Marrom e Dourada
Ronda Alta (RS)	26/05	E2	Variedades locais Marrom e Dourada

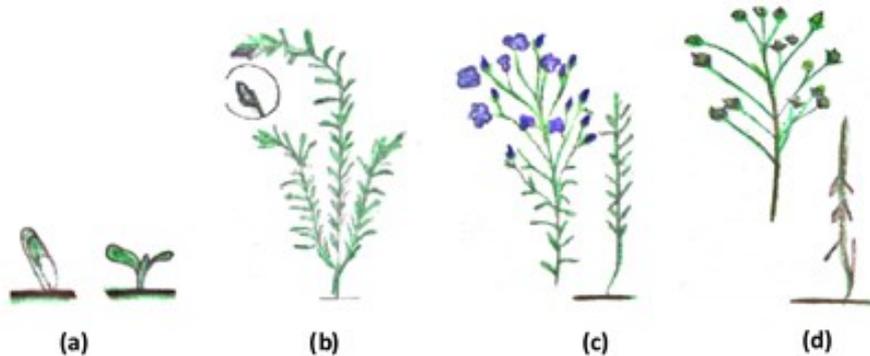
Fonte: Autor

Em todos os locais foram realizadas análises de solo e conseqüentemente a adubação de base e correção de acidez conforme SBCS (2004). No manejo dos experimentos instituiu-se o sistema de transição para cultivo orgânico, sendo que não houve necessidade de aplicação de fungicidas e inseticidas, e o controle de plantas daninhas foi realizado manualmente quando necessário.

Os dados meteorológicos foram obtidos de estações meteorológicas próximas das áreas de cultivo, sendo essas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Centro de informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Epagri/CIRAM) e/ou do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A área experimental de cada local foi de 150 m² dividida em blocos com cinco repetições. A semeadura foi realizada em linhas, com espaçamento de 2 cm entre plantas e 34 cm entre linhas. Foram marcadas 4 plantas em cada repetição, totalizando 20 plantas por genótipo, para as avaliações dos estádios de desenvolvimento das plantas. Nessas plantas marcadas identificou-se a data dos estádios de emergência (EM), aparecimento do botão floral (BF), início do florescimento (IF) e colheita (Co) em todos os locais de cultivo (figura 3).

Figura 3. Principais estádios de desenvolvimento de linhaça. Emergência (a), Botão Floral (b), Início do Florescimento (Primeiras flores abertas) (c) e Final da maturação (colheita) (d). Adaptado de Smith (1998).



Fonte: Autor

A avaliação da ocorrência dos estádios de desenvolvimento foram acompanhados diariamente em plantas marcadas em cada tratamento experimental. O dia da emergência foi considerado quando 50% das plântulas de cada parcela estiveram acima do nível do solo. O estágio de Botão Floral foi considerado quando 50% das plantas de cada parcela emitiram botão floral. O início do Florescimento foi considerado quando 50% das plantas de cada parcela mostraram as primeiras flores abertas. O final da maturação, foi considerado quando pelo menos 50% das plantas de cada parcela estavam no ponto de colheita, ou seja, com as cápsulas com cor marrom.

Para a determinação da duração total do ciclo de desenvolvimento da linhaça e para cada fase de desenvolvimento foi realizado a contagem de dias do calendário civil e também foi quantificada a soma térmica, de modo a caracterizar a duração do ciclo total e das fases fenológicas (EM-BF, BF-IF e IF-Co) em dias e em graus-dia.

A soma térmica diária foi calculada a partir da diferença entre temperatura média do ar obtida em estação meteorológica automática próxima de cada área experimental, sendo as temperaturas basais de 2,0°C para a fase de emergência ao início do florescimento (SORLINO, 1994) e 4,8°C para início do florescimento à Colheita (CASA et al., 1999). A soma térmica acumulada foi calculada pelo acúmulo térmico diário.

Os dados de frio foram acumulados para a fase de EM-BF e BF-IF utilizando temperaturas horárias do período de cultivo de cada local, acumulando horas de frio quando a temperatura do ar esteve entre 2,0°C e 10°C. Foram realizadas análises de regressão linear entre a duração da fase EM-BF e BF-IF e horas de frio acumuladas (HFA).

Para obter o fotoperíodo diário utilizou-se o cálculo da declinação solar (equação 1), utilizada na equação do comprimento dos dias do ano (equação 2), conforme:

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

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

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

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

Os dados diários de fotoperíodo foram acumulados, obtendo o fotoperíodo acumulado (FA). Para análise do efeito do fotoperíodo, foi realizada uma análise de regressão linear entre a duração das fases EM-BF, BF-IF, IF-Co em °C dia e fotoperíodo acumulado no período da emergência ao início da formação do botão floral (FABf), fotoperíodo acumulado no período botão floral ao início do florescimento (FAIf) e fotoperíodo acumulado no período início do florescimento à colheita (FACo).

A produtividade da linhaça foi avaliada pós-colheita em quatro plantas por bloco totalizando 20 plantas por genótipo, através da contagem do número de cápsulas da haste principal, do número de sementes por cápsulas e massa de mil sementes. A partir disso estimou-se a produtividade por área de cultivo (t ha^{-1}) através dos componentes do rendimento, conforme equações abaixo:

$$\text{Número de plantas} = \frac{\text{Área de cultivo}}{\text{espaçamento}} \quad (3)$$

$$\text{Sementes por planta} = \text{número de cápsulas} \times \text{sementes por cápsulas} \quad (4)$$

$$\text{Sementes por área de cultivo} = \text{número de plantas} \times \text{sementes por planta} \quad (5)$$

$$\text{Produtividade por área de cultivo (g)} = \frac{\text{sementes por área de cultivo} \times \text{PMS}}{1000} \quad (6)$$

$$\text{Produtividade por kg ha}^{-1} = \left(\frac{10000 \times \text{produtividade por área de cultivo}}{\text{área de cultivo}} \right) / 1000 \quad (7)$$

$$\text{Produtividade por t ha}^{-1} = (\text{Produtividade por kg ha}^{-1}/1000) \quad (8)$$

O peso de mil sementes (PMS) foi realizado com amostra de 8 repetições com 100 sementes cada repetição. Em cada repetição foi realizada a pesagem das amostras. Onde o (PMS) foi calculado por:

$$PMS = \frac{\text{Peso da amostra} \times 1000}{n^{\circ} \text{ total de sementes}} \quad (9)$$

Com esses dados calculou-se a variância, desvio padrão e coeficiente de variação (CV). Quando o CV excedeu 6% fez-se outra avaliação com outras 8 repetições (BRASIL, 2009).

Os resultados de produtividade e número de cápsulas foram submetidas a duas análises de variância (ANAVAs) no software estatístico R, a ANAVA com esquema fatorial triplo, considerando os efeitos de época, local e genótipo para os locais das épocas 1 e 3. A ANAVA com esquema fatorial duplo, considerando efeito local e genótipo para os locais da época 2. E as médias comparadas pelo teste de tukey a 5% de significância.

Os dados de produtividade e número de cápsulas foram submetidos a análise multivariada pela técnica fatorial no software estatístico Minitab. Aplicou-se inicialmente o teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), conhecido também por teste de adequação da amostra, quanto mais próximo de 1 melhor o resultado, ou seja mais adequada é a aplicação da análise fatorial (MAROCO, 2007). As cargas fatoriais são as correlações de cada variável com um determinado fator, ou seja, elas indicam o grau de correspondência entre a variável e o fator, sendo as cargas numericamente maiores as responsáveis pela denominação que o fator receberá.

Nas análises de regressão linear simples para verificar a significância dos coeficientes de correlação foi realizado a análise estatística no software R, aplicando o teste de hipóteses, através do teste t de Student com nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA

A precipitação aproximada, durante o período experimental variou entre 541,6 mm em Palmitos a 1.146 mm em Rio do Sul, sendo bem distribuída ao longo do período experimental, em consonância com o clima subtropical, típico de cada local de cultivo. Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas que teve duração média de 173 dias, a precipitação foi abundante, ficando acima de 400 mm em todos os locais (tabela 3). Para linhaça a necessidade hídrica para crescimento e desenvolvimento normal das plantas varia entre 400 a 750 mm (FLOSS, 1983).

Tabela 3. Precipitação pluvial acumulada em mm durante as fases de desenvolvimento da emergência ao aparecimento do botão floral (EM-BF), aparecimento do botão floral ao início do florescimento (BF-IF), início do florescimento à colheita (IF-Co) e ciclo total de desenvolvimento da linhaça em diferentes locais de cultivo e genótipos utilizados nos experimentos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul em 2016.

Local/Época	Genótipo	EM-BF	BF-IF	IF-Co	TOTAL
Curitibanos (1)	Aguará	374,4	74,8	416,6	865,8
	Caburé	362,2	78,8	417,0	858,0
	Dourada	362,0	115,8	417,0	894,8
Rio do Sul (1)	Aguará	574,1	115,7	456,8	1146,7
	Caburé	574,4	135,5	416,2	1126,1
	Aguará	309,8	81,2	487,6	878,6
Curitibanos (2)	Caburé	279,6	81,2	500,0	860,8
	Dourada	263,8	77,0	500,2	841,0
Palmitos (2)	Dourada e marrom	105,2	18,2	418,2	541,6
Herval D'Oeste (2)	Dourada e marrom	*	*	*	*
Ronda Alta (2)	Dourada e marrom	255,0	37,20	667,2	959,4
Curitibanos (3)	Aguará	254,0	0,00	503,6	757,6
	Caburé	254,0	55,00	478,2	787,2
	Aguará	422,6	15,15	249,0	686,7
Rio do Sul (3)	Caburé	437,8	27,64	249,0	714,4
	Dourada	435,0	2,75	274,8	712,6

* Ausência de dados de precipitação na estação meteorológica próxima da área experimental de Herval D'Oeste.

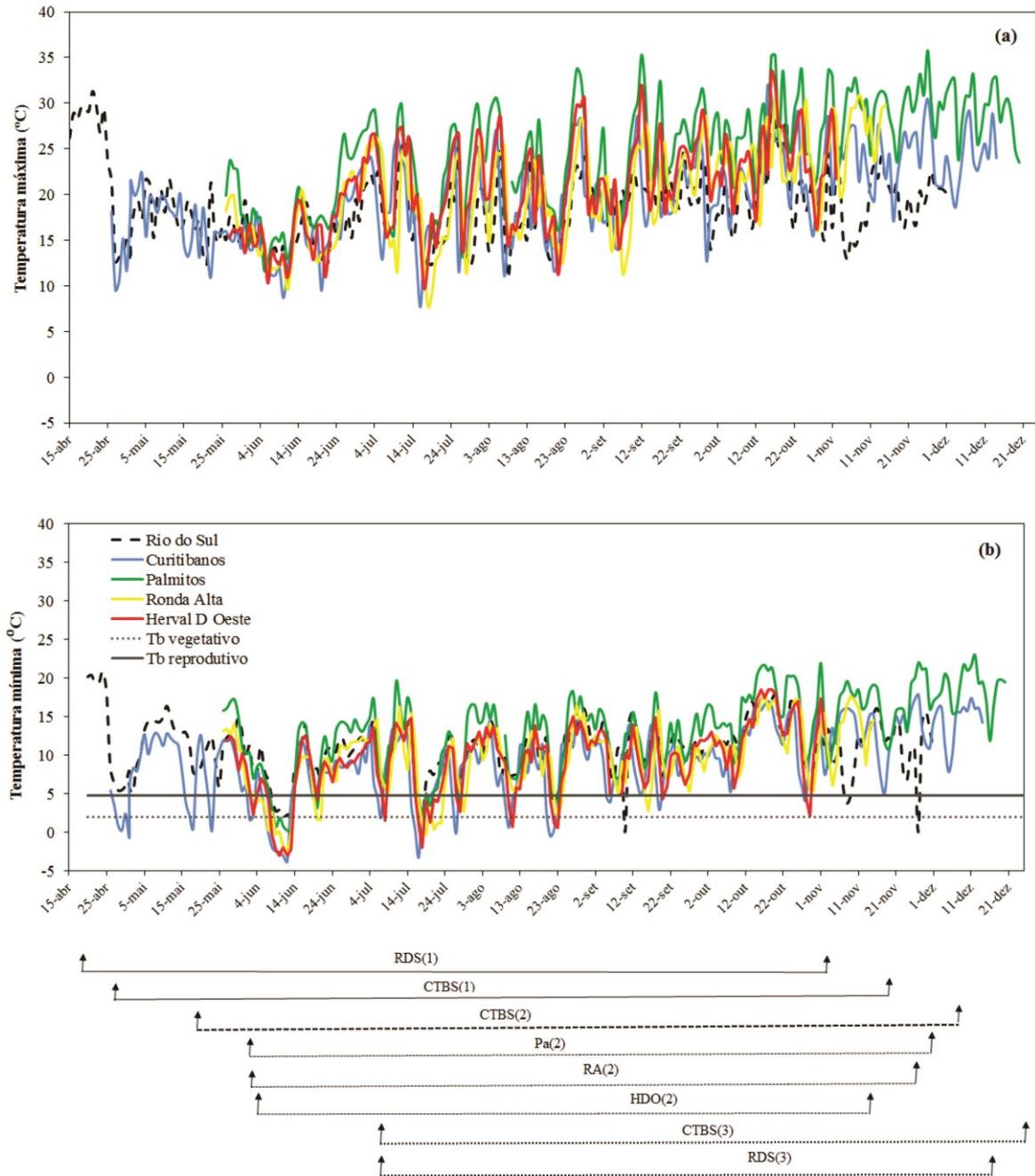
Fonte: Autor

O volume de precipitação acumulada foi maior na primeira época de cultivo e menor na terceira época devido ao maior período do ciclo das plantas na primeira época. Nos diferentes

ecossistemas a precipitação no período crítico, IF-Co foi abaixo do necessário exigido pela cultura, não sendo ideal para o desenvolvimento, havendo falta de água nos períodos de maior exigência pela planta, ou seja, no enchimento de cápsulas (CARDUCCI et al., 2017; COSMO et al., 2014; CASA et al., 1999) (tabela 3). No período crítico da cultura a necessidade de água é em média 7 mm/dia (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012), apenas Ronda Alta esteve acima com 7,41 mm/dia no período de IF-Co, tendo assim os melhores rendimentos (tabela 5 e 6). Segundo Mirshekari (2012) e Faraji (2009) condições hídricas ideais na fase crítica proporciona bons rendimentos, pois se tem uma boa formação do pólen, antese, fertilização e enchimento de grãos. O menor rendimento em Palmitos (tabela 5 e 6) é explicado pela menor disponibilidade de água no período crítico sendo de 3,76 mm/dia.

A temperatura do ar (máxima e mínima) teve maiores variações durante a primeira época de cultivo no mês de maio, sendo que em Rio do Sul ocorreram temperaturas mais elevadas quando comparadas com Curitiba. Durante as demais épocas esta diferença não é tão abrupta quanto à época 1 (figura 4). Temperaturas máximas e mínimas que poderiam ocasionar danos na cultura ocorreram durante o cultivo em ambos os locais e épocas, porém em períodos curtos, sem efeito visível nas plantas.

Figura 4. Temperatura máxima (Tmax) (a) e mínima (Tmín) (b) do ar, durante os ciclos de desenvolvimento da linhaça, cultivada em três épocas no ano de 2016. 1 = época 1; 2 = época 2 e 3 = época 3, em CTBS = Curitiba, RDS = Rio do Sul, Pa = Palmitos, HDO = Herval D'Oeste, RA = Ronda Alta. Tb = temperatura basal da cultura no período vegetativo (2°C) no período reprodutivo (4,8°C). As marcações abaixo da figura indicam o início e o fim do ciclo de desenvolvimento das plantas nos diferentes locais e épocas.



Durante o período experimental, nos diferentes agroecossistemas, a temperatura máxima do ar (Tmax) variou entre 7,7°C no inverno a 35,8°C na primavera, sendo que em Palmitos foi observada a maior Tmax absoluta (35,8°C), ocorrida em novembro de 2016 (figura 4A). Segundo FLOSS (1983), temperaturas do ar acima de 30°C no período de floração (BF-IF) podem ter influência negativa na produtividade de linhaça. Em Palmitos ocorreram 39 dias

com temperatura máxima acima de 30°C, enquanto nos demais locais isso ocorreu no máximo por quatro dias (figura 4B). Em Palmitos a duração da fase de BF-IF para os genótipos marrom e dourada não foi alterada (tabela 5), o número de cápsulas são os menores encontrados em uma mesma época de cultivo (época 2) (tabela 5 e 6). Em canola no período de floração a temperatura de 28°C reduziu 54% da produção e acima de 30°C houve redução de 87% (ANGADI et al., 2000; MORRISON et al., 2002). Segundo Floss (1983) temperaturas acima de 32°C reduzem número de flores, sendo que nesse experimento verificou-se que Palmitos foi o único local em que ocorreram 18 dias (primavera) acima desta temperatura (figura 4A), tendo forte tendência na redução de flores, o que pode ser observado no menor número de cápsulas produzidas por planta e conseqüentemente na produtividade (tabela 6).

A época é um fator de forte influência nos componentes do rendimento tendo 96% a 99% de influência (tabela 4). Entre os fatores climáticos a temperatura e precipitação desempenham um papel fundamental na determinação da época de semeadura, influenciando componentes do rendimento e duração dos estádios (PRAKASH,2013; BAHUGUNA; JAGADISH, 2015 e WILLEY, 2016).). O conhecimento deste fator é fundamental para minimizar impactos negativos das condições climáticas durante os períodos críticos da cultura (CASTRO; VIERA, 2001; HILME, 2011; SAGHAYESH, 2014; JONES 2014). Semeaduras em locais com as mesmas condições de Palmitos podem não proporcionar boas produtividades, devido a menor precipitação e maiores temperaturas.

Em semeaduras precoces, com condições edafoclimáticas adequadas foi encontrado melhores rendimentos (tabela 5 e 6), resultados semelhantes foram encontrados por Sohair (2015), Mohammad et al. (2012), Chauhan et al. (2008), Ibrahim et al. (2009), Yadav et al. (2005), Kalita et al. (2005) e Rossini et al. (2003). Porém, na Época 3 em Curitiba encontramos bons rendimentos em semeadura tardia (tabela 6) resultados devido a boa precipitação na época crítica sendo de 6,8mm/dia. No entanto, em Rio do Sul na mesma época de cultivo a precipitação na época crítica foi de 4,5 mm/dia tendo menor produtividade e número de cápsulas. A semeadura no tempo ideal desempenha um papel importante para explorar toda a potencialidade genética de uma variedade, pois proporciona ótimas condições de crescimento e desenvolvimento (BASSEGIO et al., 2012; PRAKASH,2013).

Tabela 4. Cargas fatoriais iniciais e cargas fatoriais após rotação, estimadas nos caracteres avaliados na linhaça 2016.

Variáveis	Cargas fatoriais iniciais			Cargas fatoriais rotacionadas		
	Época	Local	Genótipos	Época	Local	Genótipo
Produtividade	0,968	-0,027	-0,029	0,990	0,025	0,012
Número de cápsulas	0,991	0,003	0,003	0,969	-0,007	-0,020
Variância	1,922	1,189	0,934	1,922	1,192	0,931

Fonte: Autor

A produtividade de Curitibanos, Rio do Sul (época 1), Herval D' Oeste e Ronda Alta ficaram acima de 1 t ha⁻¹, média nacional do ano de 2016. Em Ronda Alta a produtividade encontra-se 100% maior (FAO, 2018).

A temperatura mínima do ar (T_{mín}) ficou entre -3,8°C e 23°C, sendo que em Curitibanos foi observada a menor T_{mín}, ocorrida no mês de junho e a maior ocorrência de temperaturas abaixo de zero, sendo registrados 22 eventos de geadas entre maio e agosto (figura 4B), as quais não ocasionaram danos, por terem sido registradas fora da fase mais crítica para geada que é a formação das sementes.

A temperatura basal inferior da linhaça no período entre EM-IF é considerada 2,0°C (SORLINO, 1994). Diante disso, verificou-se que em todos os ecossistemas avaliados foram registradas temperaturas mínimas abaixo de 2°C. Sendo que em Curitibanos e Herval D' Oeste ocorreram até 16 e 13 dias com temperaturas abaixo da T_b, respectivamente. O ecossistema em que mais registrou-se temperaturas mínimas consecutivas abaixo da T_b foi Curitibanos, no mês de julho (figura 4B). Temperaturas negativas, abaixo de -2,0°C ocorreram em Curitibanos, Herval D' Oeste e Ronda Alta, temperaturas estas que não ocorreram em Rio do Sul e Palmitos. Mesmo com temperaturas negativas não ocorreram extremos abaixo de -5°C no período vegetativo (SHARON, 1958 e DARAPUNENI, 2014) ou abaixo de -1°C no período reprodutivo, as quais ocasionariam danos irreversíveis às plantas (FLOSS, 1983).

Tabela 5. Produtividade média (t ha⁻¹) e número cápsulas por planta para Curitibanos e Rio do Sul para diferentes épocas e genótipos, nos experimentos realizados em Santa Catarina, 2016.

Genótipos	Locais e Épocas			
	Curitibanos (1)	Rio do Sul (1)	Curitibanos (3)	Rio do Sul (3)
Produtividade média (t ha ⁻¹)				
Aguará	1,1 Bb	1,0 Ab	2,0 Aa	0,6 Ac
Caburé	1,2 Bb	1,0 Ab	1,7 Aa	0,5 Ac
Dourada	1,8 Aa	-	-	0,8 Ab
Número de cápsulas por planta				
Aguará	20 Bb	16 Ab	30 Aa	15 Ab
Caburé	19 Bb	13 Ab	29 Aa	14 Ab
Dourada	37 Aa	-	-	19 Ab

(-) Dados perdidos devido a não emergência do genótipo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

Tabela 6. Produtividade média (t ha⁻¹) e número cápsulas por planta para diferentes locais, épocas e genótipos nos experimentos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, 2016.

Genótipos	Locais			
	Curitibanos	Palmitos	Herval D'Oeste	Ronda Alta
Produtividade média (t ha ⁻¹)				
Aguará	2,0 A	-	-	-
Caburé	1,4 B	-	-	-
Dourada	1,7 ABb	0,9 Ac	1,0 Ac	2,6 Aa
Marrom	-	0,9 Ab	1,0 Ab	1,6 Ba
Número de cápsulas por planta				
Aguará	35 A	-	-	-
Caburé	22 B	-	-	-
Dourada	30 Ab	17 Ac	22 Ac	41 Aa
Marrom	-	17 Ab	19 Ab	27 Ba

(-) genótipos não utilizados

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

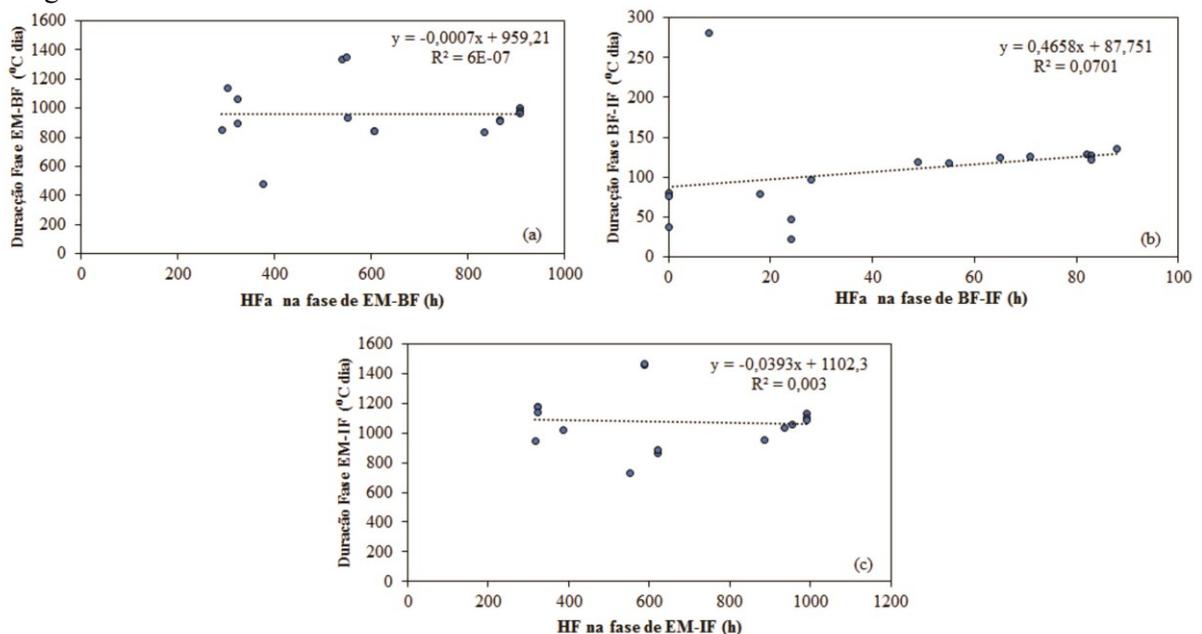
Fonte: Autor

Alguns autores verificaram que temperaturas do ar abaixo de 16°C na fase reprodutiva atrasam a maturação, reduzem o número de sementes e reduzem a velocidade das reações químicas (DYBING e ZIMMERMAN, 1965; LARCHER, 2006). Observou-se que nas primeiras épocas em Curitibanos e Rio do Sul ocorreram temperaturas abaixo de 16°C as quais não afetaram o número de cápsulas (tabela 5 e 6) e duração da fase IF-Co (tabela 7),

provavelmente devido ao tempo de exposição das cápsulas a essas temperaturas ter sido curto e descontínuo (figura 4).

A quantidade de frio efetivo (acumulado) até o florescimento para a linhaça nos diferentes agroecossistemas variou entre de 990 horas em Curitibaanos (época 1) e 317 horas em Palmitos (época 2). De modo geral, em Curitibaanos, ecossistema representativo de clima Cfb, registraram-se as temperaturas mais baixas em comparação aos demais ecossistemas, todos de clima Cfa. A linhaça é um vegetal que necessita de exposição da semente ao frio em pré-secmeadura para crescer e se desenvolver (SORLINO, 1994), porém alguns estudos indicam que há influência da disponibilidade de frio na ocorrência do estágio de floração (BURN et al., 1993; MC KINNEY, 1940; MARTIN, 1994; FLOSS, 1983; BRUTCH, 2008). Diante disso, análise realizada nos experimentos de 2016 não mostrou tendência significativa entre horas de frio acumuladas e a duração das fases EM-BF e BF-IF e o ciclo total (figura 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Sachete (1953) que caracterizou a linhaça como uma planta que não precisa de vernalização para floração. Além disso, Darapuneni (2014) afirma que independente da latitude de cultivo, os genótipos florescem com ou sem vernalização.

Figura 5. Horas de frio (HFa) acumulado abaixo de 10°C nas fases EM-BF (Emergência-Botão floral) (a), BF-IF (Botão Floral- Início do florescimento) (b) e EM-IF (Emergência- Início do Florescimento) (c) dos genótipos Aguará, Caburé, Marrom e Dourada nos diferentes locais e épocas de cultivo. A 5% de significância.



Fonte: Autor

A vernalização da planta para a floração não é necessária (DARAPUNENI, 2014 e SACHET, 1953), porém a vernalização da semente é um importante processo fisiológico que orienta as respostas da planta (BRUTCH et al. 2008). Martin (1994) demonstraram exigência da vernalização da semente de linhaça, sendo que o requisito à vernalização pode ser proveniente dos efeitos inibidores de auxinas (REAM, 2014)

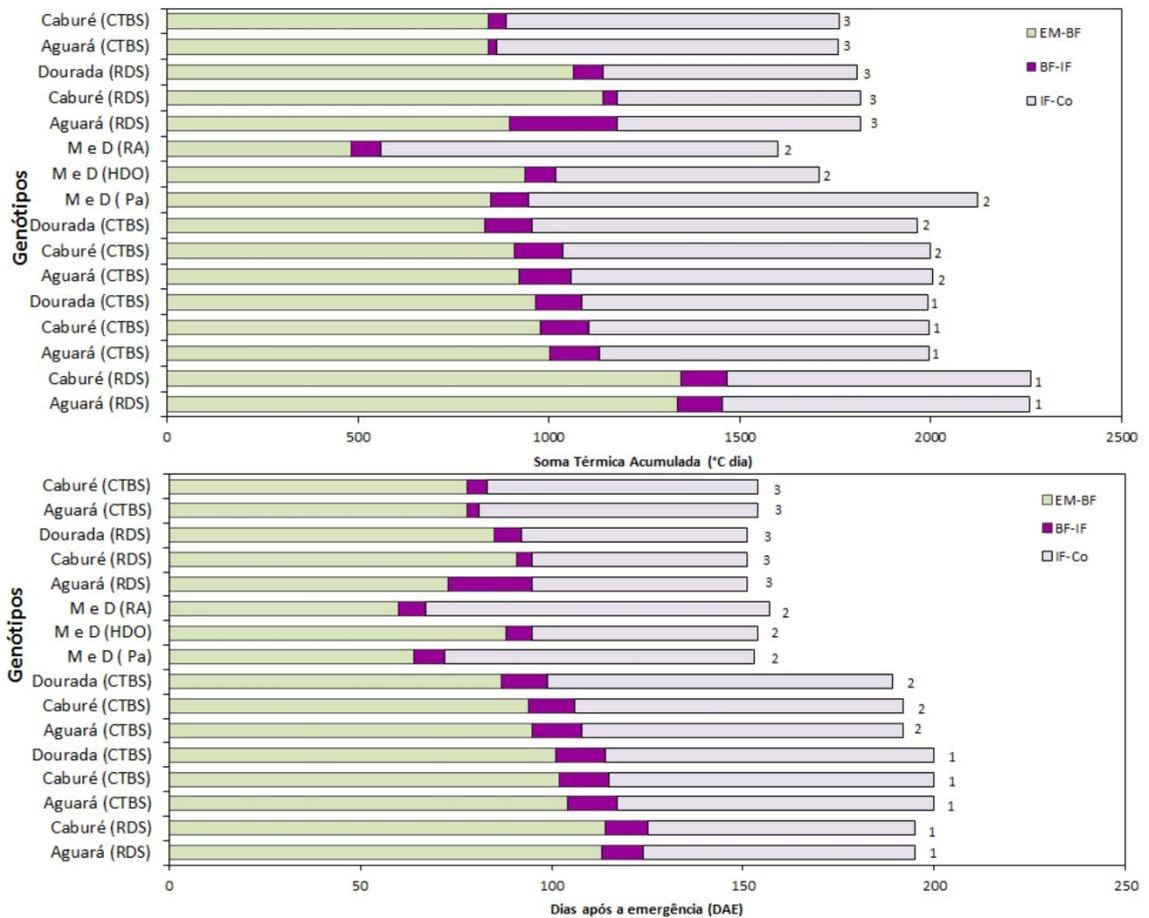
O efeito mais importante da vernalização é a aceleração de floração em certas plantas. Em muitas plantas temperatura baixa é necessária para a conclusão do fase de indução, independentemente de outras condições ambientais. Purvis e Gregory (1952) afirmam que a vernalização no centeio de inverno atua na redução do número total de folhas necessárias para que a floração ocorra. Quando a emissão de folhas da fase juvenil finalizar, a planta é considerada apta a receber a indução floral.

4.2 DURAÇÃO CICLO DESENVOLVIMENTO

Os genótipos avaliados diferiram no tempo entre plantio e emergência de 6 a 24 dias. A diferença encontrada pode ser reflexo das condições ambientais no momento cultivo de temperatura, água e luz (PROBERT,1992). Nas sementeiras precoces realizadas no final de abril, a emergência das plantas foi mais rápida em relação às demais épocas, variando entre 6 e 11 dias para emergência em função das temperaturas serem mais elevadas nesse período. Em Ronda Alta o período para emergência foi de 21 dias o qual as condições do solo, seco foi responsável pelo atraso, onde as temperaturas seguiram a mesma tendência que os demais locais de cultivo.

Observa-se que a duração total do ciclo de desenvolvimento e das fases EM-BF, BF-IF, IF-Co variou entre épocas e locais de sementeira (tabela 7 e figura 6). No entanto, entre os genótipos dentro de uma mesma época e local de sementeira a duração total do ciclo em graus dias foi semelhante.

Figura 6. Soma térmica das fases vegetativa (EM-BF) e reprodutiva (BF-IF e IF-Co) de genótipos de linhaça em 3 épocas de semeadura (1, 2 e 3) no ano de 2016 e em cinco locais de cultivo. CTBS: Curitibaanos, RDS: Rio do Sul, RA: Ronda Alta, HDO: Herval D Oeste e Pa: Palmitos.



Fonte: Autor

O ciclo mais longo ocorreu na época 1 com 2.262,5,7°C dia ou 193 dias em Rio do Sul e o mais curto na época 2 com 1.707,2°C dia ou 153 dias em Herval D'Oeste. A contabilização em graus-dia é mais realista biologicamente, pois contabiliza a influência da temperatura do ar no desenvolvimento das plantas (WILLEY, 2016), considerada o elemento meteorológico mais significativo no ciclo da linhaça (DYBING; ZIMMERMAN, 1965 e CASA, 1999).

A primeira época de semeadura no mês de abril em Rio do Sul foi o que teve maior duração do ciclo sendo 2.262,5°C dia ou 193 dias (Caburé). A segunda época com semeadura no mês de maio em Palmitos teve maior duração do ciclo de 2.121,0°C dia ou 181 dias (marrom e dourada). Na terceira época com semeadura em junho em Rio do Sul teve a maior duração de 1.816,1°C dia ou 149 dias (Aguará e Caburé). Resultados semelhantes foram encontrados por Stanck (2016) que realizou experimentos com dois genótipos de linhaça, marrom e dourada em dois anos de cultivo 2014 e 2015 com semeaduras em agosto e julho respectivamente. No ano

de 2014 o ciclo da linhaça dourada foi de 139 dias ou 1.785°C dia e a linhaça marrom com 120 dias e exigência térmica de 1.522°C dia. No ano de 2015 encontrou um ciclo de 130 dias com exigência térmica de $1.591,5^{\circ}\text{C}$ dia para ambos os genótipos.

Saghayesh, Moghaddam e Mehdizadeh (2014) em trabalho realizado no Semi-árido do Irã, analisaram o efeito de diferentes épocas de semeadura (3 de Março, 19 de Março, 1 de Abril, 17 de Abril, 2 de maio e 18 de maio) no crescimento e desenvolvimento da linhaça. Estes verificaram que a duração do ciclo foi mais longa na semeadura mais precoce. É possível observar essa diferença entre as épocas nos experimentos do ano de 2016 (figura 6) onde as primeiras épocas, em semeaduras precoces, possuem os ciclos maiores que a terceira, semeaduras tardias, em dias e graus dias. Segundo Siddique (1990) semeaduras precoces possuem ciclo maior que semeaduras tardias, determinados pela condição de temperatura.

Na literatura a maioria dos estudos caracterizam a duração total do ciclo da linhaça em dias do calendário civil e não em tempo térmico (referências que trazem duração ciclo). Conforme descrição encontrada para os genótipos Aguará e Caburé, utilizados nesse estudo, seu ciclo (emergência-colheita) é de 167 e 163 dias, respectivamente (INTA, 2017). Nas condições edafoclimáticas dos experimentos realizados a duração do ciclo dessas cultivares variou de 149 a 198 dias, sendo mais curto em épocas mais tardias. Isso corrobora com outros estudos como de León (2005) em Cuba que verificou duração menor de ciclo com semeadura tardia, Casa (1999) que realizou experimentos na Itália, com semeaduras tardias (março) e obtiveram duração de ciclo entre 115 e 123 dias em diferentes anos e Pageau e Lajeunesse (2011) que contabilizaram ciclos de aproximadamente 120-130 dias com experimento realizado em quatro anos de cultivo no Canadá com diferentes cultivares.

A influência da temperatura do ar sobre a duração das fases pode ser observada na (tabela 7 e figura 7). A duração da fase EM-BF para o genótipo Aguará apresentou variação de $921,60$ a $1336,90^{\circ}\text{C}$ dia, para Caburé essa variação foi de $840,0$ a $1347,0^{\circ}\text{C}$ dia, Dourada de $481,7$ a $1065,3^{\circ}\text{C}$ dia e a Marrom $481,00$ a $936,0^{\circ}\text{C}$ dia. A duração da fase BF-IF para o genótipo Aguará apresentou variação de $117,20$ a $280,70^{\circ}\text{C}$ dia, Caburé $36,80$ a $127,70^{\circ}\text{C}$ dia, Dourada $78,00$ a $123,90^{\circ}\text{C}$ dia e Marrom $78,30$ a $97,50^{\circ}\text{C}$ dia. A duração da fase IF-Co para o genótipo Aguará apresentou variação de $638,30$ a 948°C dia, Caburé de $638,30$ a $964,60^{\circ}\text{C}$ dia, Dourada de $666,60$ a $1717,60^{\circ}\text{C}$ dia e Marrom de $691,00$ a $1174,0,60^{\circ}\text{C}$ dia (tabela 7).

Tabela 7. Duração em graus-dia das fases emergência – botão floral (EM–BF), botão floral- início do florescimento (BF-IF), início do florescimento - colheita (IF-Co) para os genótipos Aguará, Caburé, Dourada e Marrom em 2016.

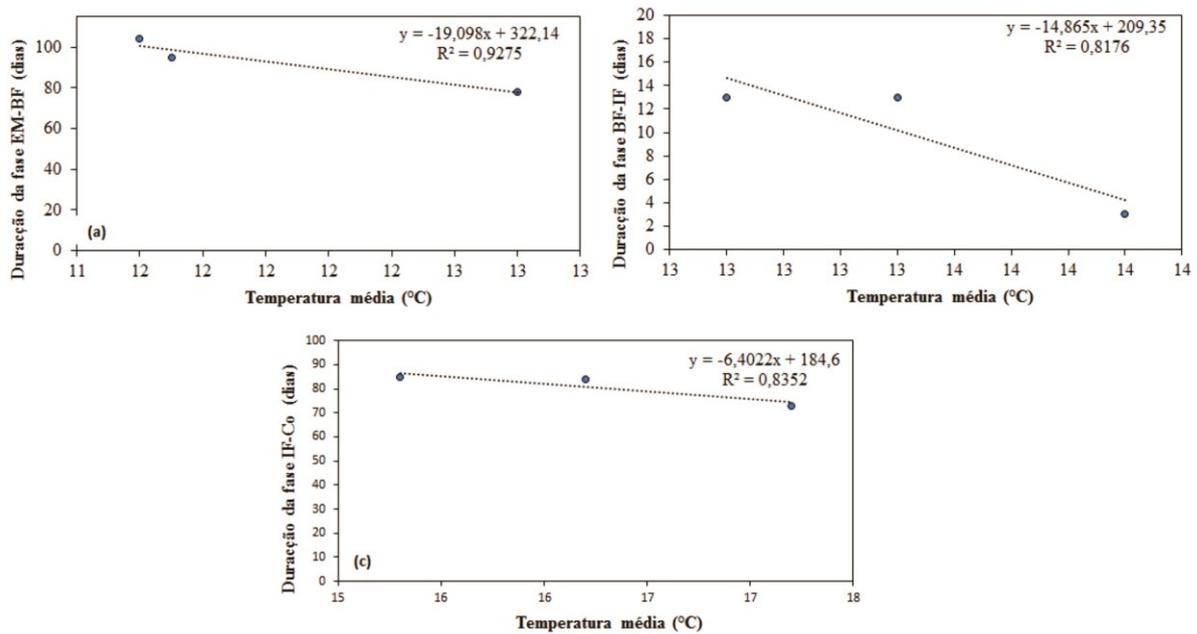
Local/Época	Aguará			Caburé		
	EM-BF	BF-IF	IF-CO	EM-BF	BF-IF	IF-CO
Curitibanos (1)	1002,20	129,20	863,90	976,80	127,70	890,80
Rio do Sul (1)	1336,90	117,20	805,60	1347,00	118,90	796,70
Curitibanos (2)	921,60	136,10	948,10	909,50	126,00	964,60
Palmitos (2)	-	-	-	-	-	-
Herval D Oeste (2)	-	-	-	-	-	-
Ronda Alta (2)	-	-	-	-	-	-
Curitibanos (3)	840,00	22,50	893,80	840,00	47,80	874,00
Rio do Sul (3)	897,20	280,70	638,30	1141,10	36,80	638,30
Média	1000,00	137,00	830,00	1043,00	91,00	833,00
CV (%)	13,60	41,90	10,40	15,40	43,00	11,10
Local/Época	Dourada			Marrom		
	EM-BF	BF-IF	IF-CO	EM-BF	BF-IF	IF-CO
Curitibanos (1)	965,60	121,30	905,50	-	-	-
Rio do Sul (1)	-	-	-	-	-	-
Curitibanos (2)	831,50	123,90	1008,00	-	-	-
Palmitos (2)	848,60	97,50	1174,0	848,60	97,50	1174,0
Herval D Oeste (2)	936,00	80,20	691,00	936,00	80,20	691,00
Ronda Alta (2)	481,70	78,30	1040,80	481,70	78,30	1040,80
Curitibanos (3)	-	-	-	-	-	-
Rio do Sul (3)	1065,30	75,80	666,60	-	-	-
Média	855,00	96,00	1005,00	755,00	85,00	1150,00
CV (%)	15,70	18,80	24,90	24,20	9,50	32,90

(-) genótipos não utilizados na época de cultivo

Fonte: Autor

A existência de relação linear negativa entre temperatura do ar e a duração das fases de desenvolvimento indicou que a redução da temperatura do ar determinou o aumento das fases para os quatro genótipos utilizados. Essa tendência está representada na figura 7 pelo genótipo Aguará, sendo que os demais genótipos seguem essa mesma tendência. Além disso, a análise de regressão evidencia maiores valores de coeficiente angular para a fase vegetativa (EM-BF), indicando que a mesma foi a mais sensível à variações de temperatura do ar. Vieira et al. (1990) afirmou que a temperatura média do ar afetou as fases de duração do ciclo do feijão, relatando como fase mais influenciada a EM-IF. Fato também observado por Mundstock (1983) e Luz (2011) que ressaltam a ação da temperatura do ar nos cereais de inverno nas fases vegetativas e reprodutivas. Essa resposta verificada em outras culturas se repete nos genótipos de linhaça (figura 7).

Figura 7. Duração em dias das fases EM-BF (emergência-Botão Floral, BF-IF (Botão Floral- Início do Florescimento) e IF-Co (Início do Florescimento-Colheita) para o genótipo Aguará em Curitiba em três épocas de semeadura, à 5% de significância.



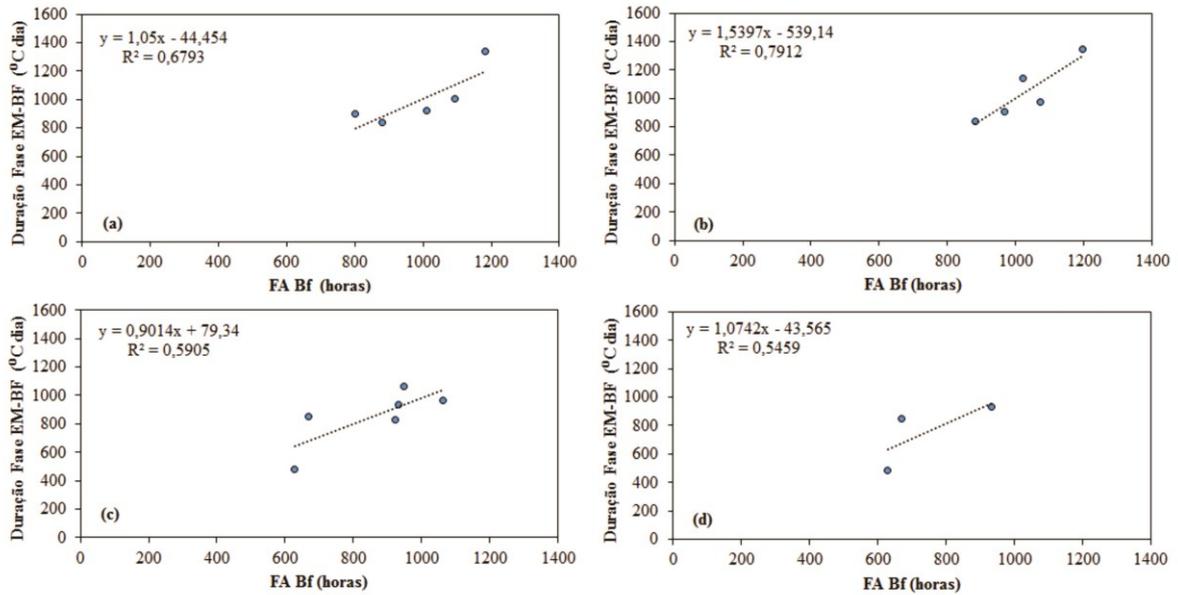
Fonte: Autor

Além da influência da temperatura do ar no ciclo de desenvolvimento da linhaça, estudos mostram que a linhaça é responsiva ao fotoperíodo, sendo considerada uma planta de dia longo (NUTTONSON 1948, MINKEVITICH, 1957; FLOSS 1983; TAIZ; ZEIGER, 2013), porém há evidências de que em condições de fotoperíodo curto ocorre floração tardiamente (SORLINO 1994). No intuito de verificar essa resposta, foram realizadas análises de relação linear simples entre fotoperíodo e ciclo plantas de linhaça. A relação entre as fases EM-BF, BF-IF e IF-Co e o fotoperíodo acumulado mostram aumento linear em relação ao fotoperíodo acumulado. A fase vegetativa (EM-BF) apresentou valores de R^2 variando de 0,54 a 0,79. Nas fases reprodutivas (BF-IF) R^2 de 0,89 a 0,99 e na fase (IF-Co) R^2 de 0,84 a 0,93. A análise de regressão linear demonstra forte influência do fotoperíodo nas fases reprodutivas da linhaça, sendo a fase de BF-IF a mais sensível (figuras 8, 9 e 10).

Os genótipos Aguará, Caburé, Dourada e Marrom cultivados em latitudes analisadas nesse trabalho, entre $-26,9^\circ$ e $-27,8^\circ$, floresceram quando o fotoperíodo foi de aproximadamente 11h (primeira e segunda época de plantio) e 12h na terceira época. A única caracterização do fotoperíodo crítico para linhaça foi descrito por Hamne e Bonner em 1938 que estabelecem a necessidade de exposição a 12 horas diárias de luz para florescimento. Recentemente, Darapuneni et al. (2014) analisaram o efeito do fotoperíodo e vernalização em 20 genótipos de

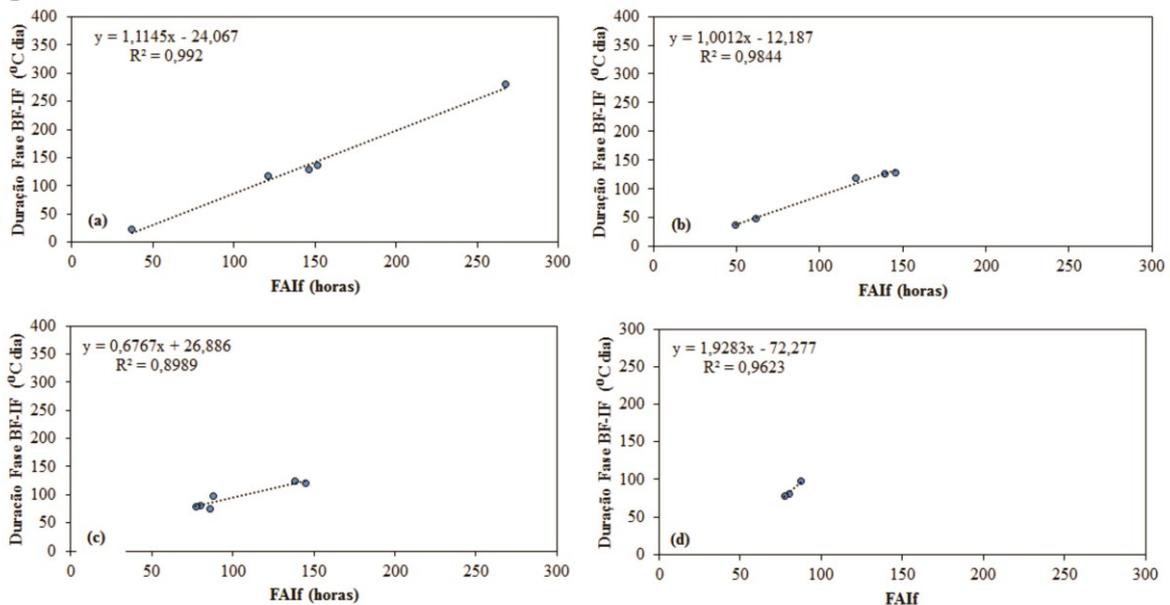
linhaça e identificaram que as respostas genótípicas são diferentes e que a falta de interação entre vernalização e fotoperíodo indicaram que esses fatores influenciam em processos fisiológicos distintos e não são vinculados, ou seja, agem de forma independente um do outro.

Figura 8. Relação entre duração da fase EM (Emergência) – BF (Botão Floral) e fotoperíodo acumulado da EM-BF (FABf) dos genótipos Aguará (a), Caburé (b) e Dourada (c) e Marrom (d), à 5% de significância



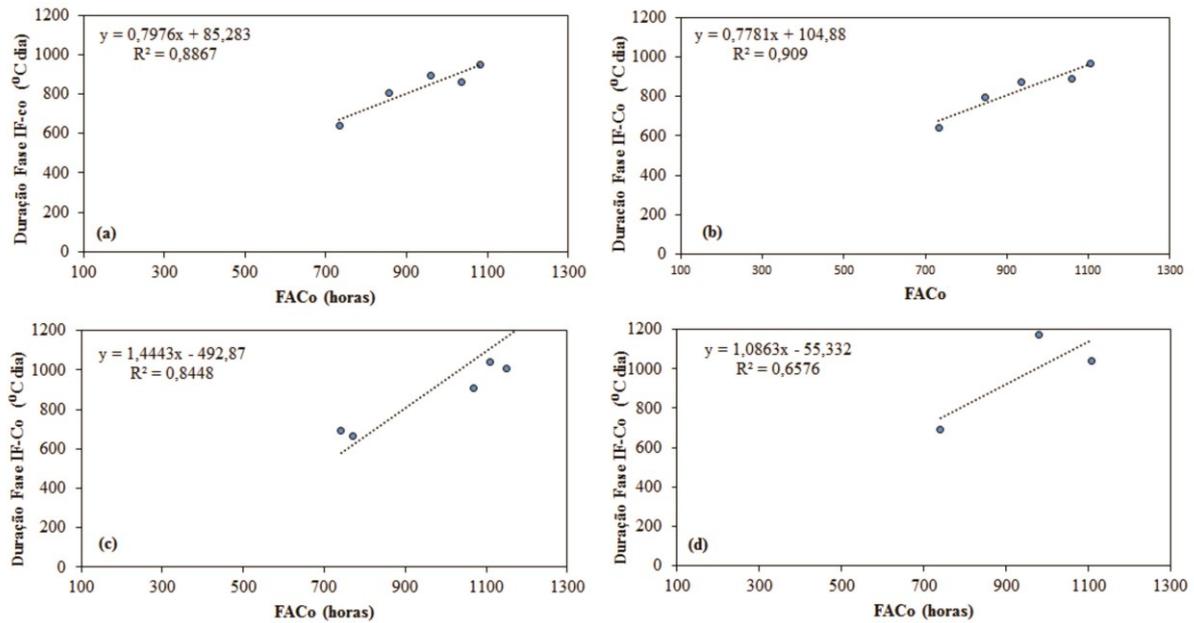
Fonte: Autor

Figura 9. Relação entre duração da fase BF (Botão Floral) – IF (Início do florescimento) e fotoperíodo acumulado da BF-IF (FAIf) dos genótipos Aguará (a), Caburé (b) e Dourada (c) e Marrom (d) à 5% de significância.



Fonte: Autor

Figura 10. Relação entre duração da fase IF (Início do florescimento) – Co (Colheita) e fotoperíodo acumulado da IF-Co (FACo) dos genótipos Aguará (a), Caburé (b) e Dourada (c) e Marrom (d), à 5% de significância.



Fonte: Autor

A resposta fotoperiódica variou de acordo com o local de cultivo, fato explicado pelas diferentes condições ambientais. Essa variação na duração dos ciclos podem ser facilmente verificada se os genótipos já tiverem sido vernalizados em pré-semeadura (SORLINO, 1994). Nos genótipos avaliados é possível verificar o efeito do fotoperíodo, por terem passado por esse tratamento. As plantas florescem quando o fotoperíodo e a temperatura são adequados. A relação soma térmica e fotoperíodo acumulado permitiu estabelecer uma possível ação do fotoperíodo sobre a etapa de floração.

Ribeiro (2009) verificou a influência do fotoperíodo nas fases de desenvolvimento do trigo, onde afirma que a influência do fotoperíodo na fase reprodutiva é dependente do genótipo. Nos genótipos utilizados no experimento a influência do fotoperíodo foi a mesma nos quatro genótipos (melhorados e não melhorados). Na bibliografia é pouco relatado a influência do fotoperíodo na duração das fases de desenvolvimento da linhaça, alguns estudos relatam a influência na emergência (KURT, 2006) e na fase de EM-IF (SORLINO, 1994).

Os genótipos apresentaram variações de produtividade devido a diversidade de recursos disponíveis para seu crescimento e desenvolvimento. A época de semeadura foi determinante na produtividade, nas quais em épocas de semeadura precoce e com condições de temperatura

e precipitação adequadas os genótipos tiveram bons rendimentos, produtividades próximas ou iguais a média nacional (FAO, 2018). Devido a ocorrência de épocas, locais distintos e diferentes genótipos as avaliações das adaptações edafoclimáticas se tornam fundamentais, pois, influenciam no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas (AUSIN et al., 2005; FORESTE, 2010 e STANCK, 2016). Nem sempre, em ciclo mais longo encontra-se maiores produtividades, pois, em semeaduras tardias o ciclo é encurtado devido as temperaturas mais altas. Porém, se a condição de precipitação é adequada no período crítico, a cultura terá boas produtividades mesmo com menor ciclo, ocupando menos tempo a área, podendo utilizá-la para outra cultura de interesse. Locais como Ronda Alta e Curitibaanos, época 2 e 3, respectivamente (semeaduras tardias) possuem estas características, sendo locais mais propícios para cultivo de linhaça.

5 CONCLUSÃO

A duração do ciclo de desenvolvimento da linhaça é influenciada pela temperatura do ar, em semeaduras precoces (temperaturas baixas) a duração é maior que em épocas tardias.

Temperaturas baixas para a planta (vernalização) não são necessárias para que o florescimento aconteça.

A fase de BF-IF é sensível ao fotoperíodo, influenciando na duração da fase e do ciclo.

Melhores produtividades são encontradas em locais que proporcionam melhores condições de temperatura e precipitação, em condições de plantios mais tardios, a linhaça em Curitiba e Ronda Alta teve menor ciclo e maior produtividade.

Devido as potencialidades edafoclimáticas encontradas na região sul do Brasil, principalmente no clima Cfb, a introdução da linhaça possibilitará o cultivo de uma espécie alternativa para o período inverno-primavera, sendo uma cultura rústica com potencial para agregar renda ao produtor.

REFERÊNCIAS

- ALI, I. A. et al. Effects of low root temperature on sap flow rate, soluble carbohydrates, nitrate contents and on cytokinin and gibberellin levels in root xylem exsudate of sand-grown tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v.19, p.619-634. 1996.
- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.
- ANGADI, S.V. et al. Response of three *Brassica* species to high temperature stress during reproductive growth. **Canadian Journal of Plant Science**, v.80, p.693-701, 2000.
- AUSIN, I.; ALONSO-BLANCO, C.; MARTINEZ-ZAPATER, J.M. Environmental regulation of flowering. **The International Journal of Developmental Biology**, v. 49, n. 5-6, p.689-705, 2005.
- BAHUGUNA, R.N.; JAGADISH, K.S.V. Temperature regulation of plant phenological development. **Environmental and Experimental Botany**, v.111, p.83-90, 2015.
- BARROSO, A.K.M. et al. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p.181-187, 2014.
- BASSEGIO, D. et al. Manejo da irrigação na cultura da linhaça. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 3, p.98-107, 2012.
- BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G.M.; NEGRELLE, R. B.; MORELLATO, L.P.C. (Orgs.). Fenologia como ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais. Curitiba: EMBRAPA, 2007. p. 291-310.
- BERTI, M. et al. Adaptation and Genotype x Environment Interaction of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Genotypes in South Central Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 70, n. 3, p.346-356, 2010.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.13, n.1, p.1- 10, 2000.
- BORGHEZAN, M. et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p.398-405, 2011.
- BURN, J. E. et al. DNA methylation, vernalization and the initiation of flowering. **PubMed**, USA, v.1, n.90, 287-291, 1993.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BROWSE, J.; XIN, Z. Temperature sensing and cold acclimation. **Current Opinion in Plant Biology**, v.4, p.241-246. 2001

BRUTCH N, et al. **Influence of low temperatures and short photoperiod on the time of flowering of flax**. International conference on flax and other bast plants. ISBN #978-0-9809664-0-4, 2008.

CARDUCCI, C.E. et al. Dinâmica da água em cambissolo húmico sob cultivo do linho no planalto catarinense. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 1, p.01-11, 2017.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Relações lineares entre caracteres de linho. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p.257-262, 2016.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas Brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.3. 593 p.

CASA, R. et al. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. **European Journal of Agronomy**, v. 11, n. 3-4, p.267-278, novembro. 1999.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001, 231p.

CHAUHAN, D.V.S.; LODHI, M.D.; VERMA, N.K. Effect of sowing dates, varieties and number of irrigations on yield attributes, yield and quality of linseed (*Linum usitatissimum* L.) under Bundelkhand condition of Uttar Pradesh. **Agricultural Science Digest**, v.28, p.271-273. 2008.

COSMO, B.M.N. et al. Linhaça *Linum usitatissimum*, Suas Características. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 3, n., p.189-196, 2014.

DARAPUNENI, M.K. et al. Effect of vernalization and photoperiod on flax flowering time. **Euphytica**, v.195, p.279–285, 2014.

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: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Editores técnicos: 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. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FAO. **Crops**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 08 out. 2018

FARAJI, A.N. et al. Seed yield and water use efficiency of canola rapid methods for the estimation of protein in (*Brassica napus*) as affected by high

temperature Chickpea (*Cicer arietinum L.*). **J. Agricultural Water Management**, v.96, p.132-140. 2009.

FEPAGRO. **Fepagro Cereais: pesquisa agrícola chega a São Borja**. 2015. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/conteudo/5726/?Fepagro_Cereais%3A_pesquisa_agr%C3%A4Dcola_chega_a_S%C3%A3o_Borja>. Acesso em: 09 jul. 2017

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

FORREST, J.; INOUE, D.W.; THOMSON, J. D. Flowering phenology in subalpine meadows: Does climate variation influence community co-flowering patterns. **Ecology**, v. 91, n. 2, p.431-440, 2010.

FREEMAN, S. Structure of flaxseed. Flaxseed in human nutrition In: **Cunnane LU**, editor Champaign, Ill.: AOCS Press, pp. 11–21, 1995.

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

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

HAMNE, K. C.; BONNER, J. Photoperiodism in Relation to Hormones as Factors in Floral Initiation and Development. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 100, n. 2, p.388-431, dezembro. 1938.

IBGE. **Lavoura temporária - quantidade produzida**. 2014. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PA3&t=lavoura-temporaria-quantidade-produzida>>. Acesso em: 05 set. 2017.

INTA. **Catálogo de variedades vegetales**. Disponível em: <<http://inta.gob.ar/busqueda/tipo-de-contenido/variedades/especie-variedad/lino-7832/p/buscar/>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

IBRAHIM, H.M. Effect of sowing date and N-fertilizer levels on seed yield, some yield components and oil content in flax. **Alexandria Journal of Agricultural Research**, v.54, p.19-28. 2009.

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

JONES, H. **Plants and microclimate**. New York: Cambridge University Press, 2014.

KALITA, H.; BORA, P.C.; DEBNATH, M.C. Effect of sowing date and tillage on soil properties, nutrient uptake and yield of linseed (*Linum usitatissimum L.*) grown in winter rice (*Oryza sativa L.*) fallows. **Indian Journal of Agronomy**, v.50, p.70-72. 2005.

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

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LEÓN, N. et al. Evaluación del desarrollo del lino (*linum usitatissimum* l.) en condiciones tropicales y sus potencialidades agrícolas. **Agrotecnia**, Cuba, v. 1, n. 1, p.36-40, janeiro. 2005.

LIMA, J.R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.191-195, 2008.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise quantitativa do crescimento vegetal. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 1985. V. XLII. p.401-428.

LUZ, G.L. **Exigência térmica e produtividade de canola em diferentes épocas de semeadura em Santa Maria-RS**. 2011. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, 2011.

MAJADA, J. P. et al. Impact of culture vessel ventilation on the anatomy and morphology of micropropagated carnation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.63, p.207-214. 2000.

MAPA. **Cultivar Web**. Disponível em:

<http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 14 set. 2018.

MAROCO, J. Análise estatística com utilização do SPSS. Lisboa: Silabo, 2007.

MARQUES, A.C. **Propriedades funcionais da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) em diferentes condições de preparo e de uso em alimentos**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, UFSM, Santa Maria, 2008.

MARTIN J.H. Practical application of vernalization. **Journal american sociedad agronomy**, v.26, p.251–260. 1994.

MARTINS, J.D. et al. Estimativa do filocrono em milho para híbridos com diferentes ciclos de desenvolvimento vegetativo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.5, p.777-783, 2012.

MC KINNEY H.H. Vernalization and growth phase concept. **Bot Rev** 6:25–47. 1940.

MCMMASTER, G. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural And Forest Meteorology**, v. 87, n. 4, p.291-300, 1997.

METCALF, C.J.E. ; MITCHELL-OLDS, T. Life history in a model system: opening the black box with *Arabidopsis thaliana*. **Ecology Letters**, v. 12, n. 7, p.593-600, 2009.

MIRSHEKARI, M. et al. Effects of Planting Date and Water Deficit on Quantitative and Qualitative Traits of Flax Seed. **American-urasian Journal of Agriculture & Environmental Sciences**, Iran, v. 7, n. 12, p.901-913, 2012.

MOHAMMAD, M. et al. Effects of Planting Date and water Deficit on Quantitative and Qualitative Traits of Flax Seed. **American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science**, v.12, n.7, p.901-913, 2012

MORRIS, D.H. **Flax – a health and nutrition primer**. 4th ed. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada, 2007. 106 p.

MORRISON, M.J.; STEWART, D.W. Heat Stress during Flowering in Summer Brassica. **Crop Science**, v. 42, n. 3, p.797-803, 2002.

MOURA, N.C. **Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*)**. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de alimentos)-Universidade de São Paulo, (USP, SP), Piracicaba, 94p, 2008.

MUNDSTOCK, C.M. **Cultivo dos cereais de estação fria**. Editora NBS: Porto Alegre(RS), 1983.265p.

NORD, E. A.; LYNCH, J. P. Plant phenology: a critical controller of soil resource acquisition. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 7, p. 1927–1937, 2009.

NUTTONSON MY. Phenological data as a tool in the study of photoperiodic requirements of plants. In Vernalization and Photoperiodism. **Chronica Botanica Co.**, Waltham, 1948.

OOMAH, B.D.; MAZZA, G. Effect of dehulling on chemical composition and the physical properties of flaxseed. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.30, n.2, p.135–140, 1997.

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**, Canada, v. 91, n. 1, p.29-35, 2011.

PARIZOTO, C. et al. Produção agroecológica de linhaça dourada (*Linum usitatissimum*) sob diferentes doses de cama de aves em diferentes espaçamentos entre linhas. **Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol 8, No. 2, Novembro 2013**.

PASCALE, A. J.; DAMARIO, E. A. **Biocimatología Agrícola y Agroclimatología**. Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 2004, 550p.

PRAKASH, G. **Effect of dates of sowing on growth, yield and quality of linseed (*Linum usitatissimum* L.) varietieS**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Institute Of Agricultural Sciences, Banaras Hindu Universit, Índia, 2013.

PROBERT, R.J. The role of temperature in germination ecophysiology. In: *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities* (Ed. M Fenner). **CAB International, Wallingford, UK**, pp. 285–325. 1992.

PURVIS, O.N.; GREGORY, F.G. Studies in vernalisation of cereals. XII. The reversibility by high temperature of the vernalised condition in Petkus winter rye. **Annals of Botany**, v.16, p.1-21, 1952.

REAM, T. S. et al. Interaction of Photoperiod and Vernalization Determines Flowering Time of *Brachypodium distachyon*. **Plant Physiology**, Madison, p.694-709, 2014.

RIBEIRO, Tanaka Lima Parreira. Respostas fenológicas de cultivares brasileiras de trigo à vernalização e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1383-1380, 2009.

RICHARDSON, A. D. et al. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, p. 156–173, 2013.

ROSA, H.T. et al. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

ROSSI, Eduardo et al. Influência da densidade de plantio no crescimento da linhaça marrom. **Revista Monografias Ambientais - REMOA** v.13, n.4, dezembro. 2014.
ROSSINI, F.; CASA, R. Influence of sowing and harvest time on fibre flax (*Linum usitatissimum* L.) in the Mediterranean environment. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.189, p.191-196.2003.

SACHET J. Contribution of Cal'etu de la Printanisation (contribution to the study of vernalization) **Botaniste (Paris)**, v.37, p.5–306 (Abstracts in Biol Abs 30 Mg 1956 Entry 14778). 1953

SAEIDI, G. Effect of seeding date on seed yield and yield components in edible oil genotypes of flax in Isfahan. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural**, v.6, n.3, p.175-187, 2000.

SAGHAYESH, S.P.; MOGHADDAM, M.; MEHDIZADEH, L.. 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**., Iran, v. 7, n. 11, p.915-922, 2014.

SCHUMANN, K.J. **Contribuição da indústria de óleos vegetais Pindorama LTDA, enquanto agente econômico para no município de Panambi**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia)- Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ, RS), Ijuí, 85p, 2012.

- SEADH, S. et al. Response of Seed Yield and its Components of Safflower to Sowing Dates, Nitrogen Fertilizer Levels and Times of Foliar Application with Milagrow. **Journal Of Biological Sciences**, v. 12, n. 6, p.342-348, 2012.
- SINGH, T. Effect of sowing dates, seed rates and sulphur levels on growth, yield, quality and moisture use of rainfed linseed. **Environment and ecology**, v.25, n.4, p.978-982, 2002.
- SIDDIQUE, K.H.M.; TENNAT, D.; PERRY, M.W. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.44, p.431-447, 1990.
- SMITH, J M; A FROMENT, M. A growth stage key for winter linseed (*Linum usitatissimum*). **Annals Of Applied Biology**, v.133, n.2, p.297-306, 1998.
- SOARES, L.L. et al. Avaliação dos efeitos da semente de linhaça quando utilizada como fonte de proteína nas fases de crescimento e manutenção em ratos. **Revista Nutrição**, vol.22, n.4, p. 483-491, 2009.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, RS: SBRS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 400p.
- SORLINO, D.; GIMÉNEZ, P.; BABBON, M.. Dinámica de la floración y la abscisión de órganos reproductivos en lino. **Revista de La Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v. 24, n. 3, p.211-216, janeiro. 2004.
- SORLINO D. Respuesta fotoperiódica de tres cultivares de lino (*Linum usitatissimum* L). **Revista de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires**, v.14, n.3, p.265-270, 1994.
- STANCK, L.T. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de linhaça marrom e dourada nas condições edafoclimáticas de curitibanos**, sc. 2016. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2016.
- STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, p.734-744, 2005.
- STRECK, N.A. et al. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em gladiolo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p.1968-1974, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- THOMÉ, V.M.R. et al. Zoneamento agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina. Florianópolis. Epagri, 1999, v.1000. p.1000. Disponível em:<
http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=273>.
- TRUCOM, Conceição. **A importância da linhaça na saúde**. São Paulo: Alaúde, 151p, 2006.

VIEIRA, H.J., et al. Disponibilidade hídrica do solo e eficiência do feijoeiro em utilizar água e radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.25, n.10, p.1249-1445, 1990.

VIEIRA, M.D. et al. Potássio (K) no cultivo da linhaça *Linum usitatissimum*. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.1, 2012. p.62-69.

WIESENBORN, D. et al. Kinetic characterization of cooking-induced changes in crambe seed prepared for expelling. **Journal of Food Engineering**, v.55, n.2, p.157-163, 2002.

WILLEY, N. **Environmental Plant Physiology**. EUA: Garland Science, 320p. Cap. 8. Temperature, p.175-200, 2016.

YADAV, R.K.; SRIVASTAVA, S.B.L. Combining ability analysis over environments in linseed (*Linum usitatissimum* L.). **Crop Research (Hisar)**, v.23, n.2, p.277-282, 2002.

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