

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA — UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS — CAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL — PPGPV**

**ELIJANARA RAISSA DA SILVA**

**SOMBREAMENTO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TRIGO E DA SOJA**

**LAGES  
2022**

**ELIJANARA RAISSA DA SILVA**

**SOMBREAMENTO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TRIGO E DA SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal, área de fisiologia e manejo de plantas.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza

**LAGES**

**2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Silva, Elijanara Raissa da Silva  
Sombreamento e desempenho agronômico do  
trigo e da soja / Elijanara Raissa da Silva Silva. --  
2022.  
126 p.

Orientador: Clovis Arruda de Souza  
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal,  
Lages, 2022.

1. Estúdio Fenológico. 2. *Glycine max* (L.) Merrill. 3.  
Produção de fotoassimilados. 4. Relações fonte/dreno. 5.  
*Triticum aestivum* (L.). I. Souza, Clovis Arruda de  
Souza. II. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-  
Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

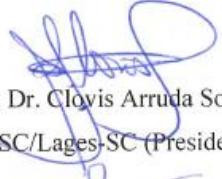
ELIJANARA RAISSA DA SILVA

SOMBREAMENTO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TRIGO E DA SOJA

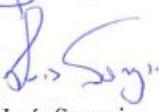
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santo Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal, na área de Fisiologia e Manejo de Plantas.

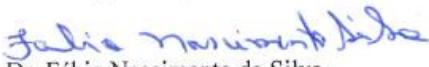
BANCA EXAMINADORA

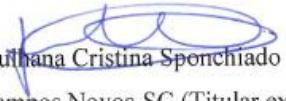
Orientador:

  
Prof. Dr. Clovis Arruda Souza  
UDESC/Lages-SC (Presidente)

Membros:

  
Dr. Luís Sangoi  
UDESC/Lages-SC (Titular interno)

  
Dr. Fábio Nascimento da Silva  
UDESC/Lages-SC (Titular interno)

  
Dra. Juliana Cristina Sponchiado  
UNOESC/Campos Novos-SC (Titular externo)

  
Dr. Samuel Luiz Fioreze  
UFSC/Curitibanos -SC (Titular externo)

Lages, 16 de fevereiro de 2022.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta tese a minha mãe, com amor!

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por todas as bênçãos à mim concedidas e por seu imenso amor.

À minha mãe, Maria Aparecida, por me dar todo o suporte necessário para enfrentar os obstáculos que se impuseram ao longo dessa caminhada. Obrigada por todo amor.

À minha família pelo carinho, pelos conselhos e suporte durante toda a minha vida.

Ao Marcelo Cordova por todo cuidado, amizade e amor.

Aos queridos irmãos da PIB de Lages, em especial Tânia, Marciele e Mozer, obrigada por sempre meu suporte em Lages, por todo amor e cuidado.

Aos amigos Juliana, Álisson Verbenes e Josiani, obrigada por nossa amizade.

Em especial ao Oalias (in memoriam), por toda amizade, ensinamento e incentivo. Obrigada por ser um exemplo.

Ao meu orientador, Clovis Arruda de Souza, pela orientação e pelos ensinamentos ao longo do curso.

Aos meus colegas de Pós-graduação, João Franciso, Magaiver, e Marília pela amizade que construímos ao longo dessa jornada, pelo auxílio na condução dos experimentos e por serem a extensão da minha família.

Aos colegas do laboratório Plantas de Lavoura (UDESC- CAV) pela ajuda na condução dos Experimentos e conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários pelo auxílio nos experimentos.

À FAPESC- CAPES pela concessão da bolsa de Pós- Graduação.

A todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desse trabalho.

**Muito Obrigada!**

## **EPÍGRAFE**

“Sorri diante do futuro.”  
(Provérbios 31:25)

## RESUMO

A qualidade e quantidade de radiação solar disponível ao dossel de plantas pode ser afetada por fatores como dias nublados, sistemas de produção como o consórcio de culturas, ou os sistemas de Integração-Lavoura-Floresta (ILF) e Integração-Lavoura- Pecuária-Floresta (ILPF). O sombreamento sobre o dossel pode afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das culturas do trigo e da soja, resulta em alterações no comportamento morfofisiológico e agronômico das plantas; por consequências diretas a fotossíntese e a produção de fotoassimilados são reduzidas, portanto, a restrição lumínica afeta negativamente os componentes do rendimento e o potencial produtivo das plantas. Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis e fases de sombreamento nas culturas do trigo e da soja, e suas implicações no comportamento morfofisiológico e agronômico das culturas. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação e em condições de campo, ao total realizou-se quatro experimentos, repetidos em duas safras cada. Para a cultura do trigo foram realizados durante as safras 2018/2018 e 2019/2019, e para a cultura da soja nas safras 2018/2019 e 2019/2020. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC). Em condições de casa de vegetação os experimentos para a cultura do trigo foram constituídos por dez tratamentos, mais a testemunha (ausência de sombreamento), com 20 repetições; com a cultura da soja foram realizados oito tratamentos, mais a testemunha, com dez repetições. Os tratamentos para os ensaios realizados em casa de vegetação foram constituídos por períodos de sombreamento artificial contínuo de 70% de restrição luminosa, com intervalos de 7 dias entre eles. Os experimentos realizados em condições de campo foram delineados em arranjo fatorial 4 x 3, com quatro repetições, compostos pela combinação de quatro níveis de sombreamento: 0% (ausência de sombreamento), 30%, 50% e 70%; e o outro fator por três fases ao longo do ciclo das culturas em que o sombreamento foi imposto. A divisão das fases de sombreamento se deu em terço inicial, terço médio e terço final do ciclo das culturas do trigo e da soja. Para os experimentos realizados em casa de vegetação foram avaliados os parâmetros morfológicos, os componentes de produção, e a evolução e caracterização dos estádios fenológicos do trigo e da soja. As avaliações dos experimentos conduzidos à campo foram realizadas ao final de cada fase de sombreamento, e no final do ciclo das culturas, a caracterização e evolução dos estádios fenológicos foram realizadas ao final de cada fase de sombreamento. Em condições de casa de vegetação a cultura do trigo apresentou redução no número de grãos por planta e no rendimento de grãos, observou-se também o prolongamento dos estádios fenológicos em plantas de trigo

sombreadas por maior tempo, interferindo nos componentes do rendimento, principalmente quando iniciados nos estádios iniciais, afetando negativamente o número de peso de grãos, e o peso de mil grãos (PMG). Em condições de campo a cultura do trigo foi afeta negativamente pelo sombreamento, a qual reportou redução nos índices de clorofila e redução no acúmulo de matéria seca; o aumento da restrição luminosa entre os estádios fenológicos de 40 – 60 CZ (Código Zadoks) alongou o ciclo da cultura. A restrição de luz na cultura do trigo no meio e no final do ciclo reduziu o número de grãos por espiga, o peso de mil grãos foi afetado negativamente em virtude do menor enchimento de grãos, assim observou-se como consequência a redução no rendimento de grãos da cultura do trigo. Na cultura da soja, em condições de casa de vegetação, o sombreamento contínuo prolongou os estádios fenológicos iniciais de V8 a R3, interferiu negativamente no acúmulo de matéria seca, estimulou o alongamento longitudinal da haste principal; o sombreamento também interferiu no peso e o número das vagens e dos grãos de soja. Nos experimentos de soja conduzidos à campo o sombreamento também prolongou os estádios fenológicos, promoveu o estiolamento e aumentou o índice de acamamento; reduziu o número e peso de grãos e de vagens, reduzindo o rendimento de grãos na cultura da soja. Cada espécie apresentou suas particularidades quanto ao crescimento e desenvolvimento, nos dois ambientes, casa de vegetação ou em campo; em condições de campo o sombreamento de 30% reduz de 13 a 17% no rendimento final na cultura do trigo, e na cultura da soja de 13 a 20%. Na cultura da soja o rendimento final pode reduzir em até 50% quando a restrição luminosa é de 70%.

**Palavras-chave:** Estádio fenológico; *Glycine max* (L.) Merrill.; Produção de fotoassimilados; Relações fonte/dreno; Restrição luminosa; *Triticum aestivum* (L.).

## ABSTRACT

The quality and quantity of solar radiation available to the plant canopy can be affected by factors such as cloudy days, production systems such as intercropping, or the Integrated Crop-Forest System (ICFS) and Integration-Crop-Livestock-Forest System (ICLFS). The shading on the canopy can negatively affect the growth and development of wheat and soybean crops, resulting in changes in the morphophysiological and agronomic behavior of plants; by direct consequences, photosynthesis and the production of photoassimilates are reduced, therefore, the light restriction negatively affects the yield components and the productive potential of the plants. The objective was to evaluate the effects of different levels and phases of shading on wheat and soybean crops, and their implications on the morphophysiological and agronomic behavior of these crops. The experiments were carried in a greenhouse and out, under field conditions, in total four experiments were carried out, repeated in two seasons each. For wheat, they were carried out during the 2018/2018 and 2019/2019 harvests, and for soybeans in the 2018/2019 and 2019/2020 harvests. The experimental design was in randomized blocks (DBC). Under greenhouse conditions, the experiments for the wheat crop consisted of ten treatments, plus the control (absence of shading), with 20 replications; with the soybean crop, eight treatments were carried out, plus the control, with ten replications. The treatments for the tests carried out in a greenhouse consisted of periods of continuous artificial shading of 70% light restriction, with intervals of 7 days between them. The experiments carried out under field conditions were designed in a 4 x 3 factorial arrangement, with four replications, composed by the combination of four shading levels: 0% (no shading), 30%, 50% and 70%; and the other factor for three phases along the crop cycle in which shading was imposed. The division of the shading phases took place in the initial third, middle third and final third of the wheat and soybean crop cycle. For the experiments carried out in a greenhouse, the morphological parameters, the production components, and the evolution and characterization of the phenological stages of wheat and soybean were evaluated. The evaluations of the experiments conducted in the field were carried out at the end of each shading phase, and at the end of the crop cycle, the characterization and evolution of the phenological stages were carried out at the end of each shading phase. In greenhouse conditions, the wheat crop showed a reduction in the number of grains per plant and in grain yield, it was also observed the length of the phenological stages in wheat plants shaded for a longer time, interfering in the yield components, especially when initiated in the early stages, negatively affecting the number of grain weight, and the

thousand grain weight (TGW). Under field conditions, some wheat traits were negatively affected by shading, which reported a reduction in chlorophyll levels and a reduction in dry matter accumulation; the increase in light restriction between the phenological stages of 40 – 60 CZ (Zadoks Code) lengthened the crop cycle. The restriction of light in the wheat crop in the middle and at the end of the cycle reduced the number of grains per ear, the thousand grain weight was negatively affected due to the lower grain filling, thus, it was observed as a consequence a reduction in the grain yield of wheat. In soybean, under greenhouse conditions, continuous shading prolonged the early phenological stages from V8 to R3, interfered negatively in the dry matter accumulation, stimulated the longitudinal elongation of the main stem; shading also affected the weight and number of pods per plant. In soybean experiments conducted in the field, shading also prolonged the phenological stages, promoted etiolation and increased the lodging index; reduced the number and weight of grains and pods per plant, reducing grain yield in soybean. Each species presented its particularities in terms of growth and development, in both environments, greenhouse or field; under field conditions, 30% shading reduces from 13 to 17% in the final yield in the wheat crop, and in the soybean crop from 13 to 20%. In soybean, the final yield can be reduced by up to 50% when light restriction is 70%.

**Keywords:** Phenological stage; *Glycine max* (L.) Merrill.; Production of photoassimilates; Source/drain relationships; Light restriction; *Triticum aestivum* (L.).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Temperatura média diária e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação, durante o período de cultivo do trigo, nas safras 2018/2018 (a), e 2019/2019 (b). Lages/SC, 2022.....	38
Figura 2 — Peso de grãos por vaso (a), peso de mil grãos (b), rendimento biológico (c), e índice relativo de clorofila (IRC) (d), submetidos ao sombreamento artificial contínuo em plantas de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	43
Figura 3 — Número de espigas por planta (a), número de espiguetas por espiga (b), e número de grãos por espiga (c), submetidos ao sombreamento artificial contínuo em plantas de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	45
Figura 4 — Altura de planta (a), diâmetro do colmo (b), comprimento do pedúnculo (c) e último entrenó (-1) (d), submetidos ao sombreamento artificial contínuo em plantas de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	46
Figura 5 — Correlação de Pearson entre os caracteres morfoagronômicos na média dos estádios fenológicos da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), para as safras a) 2018/2018, e b) 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	47
Figura 6 — Temperaturas diárias (°C), mínima, média e máxima, (a/b); precipitação pluviométrica (mm) acumulada (c/d), e radiação solar (W/m <sup>2</sup> ) (e/f), de junho a dezembro para as safras de 2018/2018 e 2019/2019 da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão). Lages/SC, 2022 .....	56
Figura 7 — Efeito simples dos níveis de sombreamento, na primeira e segunda fase, para o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), e para o índice relativo de clorofila (IRC), no primeiro e quinto após a retirada do sombreamento na cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão) na safra 2018/2018. Lages/SC, 2022 .....	63
Figura 8 — Efeito simples dos níveis de sombreamento, na primeira e segunda fase, para o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), e para o índice relativo de clorofila (IRC), no primeiro e quinto após a retirada do sombreamento na cultura	

do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão) na safra 2019/2019. Lages/SC, 2022 .....	64
Figura 9 — Efeito simples dos níveis de sombreamento na primeira e segunda fase do ciclo para o rendimento biológico (a/b), e área foliar (c/d) da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022 .....	66
Figura 10 — Efeito simples de sombreamento para o rendimento de grãos na cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), em função do sombreamento artificial nas safras 2018/2018 (a), e 2019/2019 (b). Lages/SC, 2022 .....	68
Figura 11 — Peso de mil grãos (a/b), altura de planta (c/d) e comprimento do pedúnculo (e/f) na cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), em função dos níveis e das fases do ciclo de sombreamento das safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022 .....	69
Figura 12 — Correlação de Pearson entre os caracteres do rendimento e morfoagronômicos na média dos níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%) da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão) para as safras 2018/2018 (a), e 2019/2019 (b). Lages/SC, 2022.....	72
Figura 13 — Temperatura média diária e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação, durante o período de cultivo da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill.] cv. Pioneer 96Y90, nas safras 2018/2019 (a), e 2019/2020 (b). Lages/SC, 2022.....	78
Figura 14 — Peso de grãos (a), número de grãos (b), peso de vagens (c) e número de vagens (d), na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv. Pioneer 96Y90] submetidos ao sombreamento contínuo artificial, para as safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022.....	83
Figura 15 — Rendimento biológico (a), índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI (b), altura de plantas (c) e diâmetro da haste (d) em plantas de soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv. Pioneer 96Y90] submetidos ao sombreamento artificial contínuo, nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	84
Figura 16 — Número de nós (a), comprimento de entre nó (b), e número de ramos (c) em plantas de soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv. Pioneer 96Y90] submetidos ao sombreamento artificial contínuo, nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	86

Figura 17 — Correlação de Pearson entre os caracteres morfoagronômicos na média dos dias de sombreamento na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 (a), e 2019/2020 (b). Lages/SC, 2022 .....	87
Figura 18 — Temperaturas diárias (°C), mínima, média e máxima (a/b), precipitação pluviométrica (mm) acumulada (c/d), e radiação solar (W/m <sup>2</sup> ) (e/f), de dezembro a abril para a safra 2018/2019, e de dezembro a maio para a safra 2019/2020 na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90]. Lages/SC, 2022 ...	95
Figura 19 — Efeito simples dos níveis de sombreamento, na primeira e segunda fase, para o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI); a/b), e para o índice relativo de clorofila (IRC; c/d), no primeiro e quinto após a retirada do sombreamento na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], na safra 2018/2019. Lages/SC, 2022.....	102
Figura 20 — Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI; a/b), e índice relativo de clorofila (IRC; c/d) em função dos níveis de sombreamento ao primeiro e quinto dia após a retirada do sombreamento na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], na safra 2019/2020. Lages/SC, 2022.....	103
Figura 21 — Efeito simples dos níveis de sombreamento para o rendimento biológico (a) da primeira fase da safra agrícola de 2018/2019, e para a área foliar (b) da safra de 2019/2020 da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90]. Lages/SC, 2022.....	104
Figura 22 — Rendimento de grãos (a), peso de vagens (b), peso de grãos (c), e número de vagens (d) em função do efeito simples dos níveis de sombreamento da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	107
Figura 23 — Peso de mil grãos (a e b) e número de vagens (c e d) em função dos níveis de sombreamento e das fases do ciclo da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022.....	108
Figura 24 — Altura de plantas (a/b), comprimento de entrenó (c/d), e índice de acamamento (e/f) em função dos níveis de sombreamento e das fases do ciclo da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022.....	110
Figura 25 — Correlação de Pearson entre os caracteres morfoagronômicos e do rendimento na média dos níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%) em distintas fases do ciclo da	

cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merril. cv. Pioneer 96Y90] para as safras  
2018/2019 (a), e 2019/2020 (b). Lages/SC, 2022 ..... 112

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Características químicas e físicas do solo nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	39
Tabela 2 — Escala decimal de desenvolvimento dos cereais segundo Zadoks <i>et al.</i> (1974). Lages/SC, 2022.....	41
Tabela 3 — Resumo da análise de variância, valores do quadrado médio e significância, para as variáveis fisiológicas e produtivas da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão) em resposta ao sombreamento artificial contínuo de 70% de restrição luminosa, em diferentes estádios fenológicos do ciclo nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022 .....	42
Tabela 4 — Caracterização e evolução dos estádios fenológicos do ciclo da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), submetidos ao sombreamento artificial, em casa de vegetação, na safra 2019/2019. Lages/SC, 2022 .....	48
Tabela 5 — Características químicas e físicas do solo, para cultivo do trigo, safras de 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	58
Tabela 6 — Resumo da análise de variância, quadrado médio e significância para as variáveis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI-1°D; NDVI-5°D), e índice relativo de clorofila (IRC-1°D; IRC-5°D) primeiro e quinto, em resposta aos níveis de sombreamento no final de cada fase na cultura do trigo ( <i>Triticum</i> <i>aestivum</i> L. cv. CD Esporão) nas safras 2018/018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022..	62
Tabela 7 - Efeito simples de recuperação após o sombreamento do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e índice relativo de clorofila (IRC), em função do primeiro e quinto dia, nas distintas fases do ciclo das plantas de trigo ( <i>Triticum</i> <i>aestivum</i> L. cv. CD Esporão) nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022	65
Tabela 8 — Resumo da análise de variância, quadrado médio e significância para o rendimento biológico (RB) e a área foliar (AF), em resposta aos níveis de sombreamento no final de cada fase de sombreamento da cultura do trigo ( <i>Triticum</i> <i>aestivum</i> L. cv. CD Esporão) nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022	65
Tabela 9 — Resumo da análise conjunta, valores do quadrado médio e significância, para as variáveis fisiológicas e produtivas da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L. cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022.....	67

Tabela 10 — Efeito da interação das safras e das fases de sombreamento no peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH), número de grãos por espiga (NGE), altura de plantas (AP), e comprimento do pedúnculo (CP) na cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019 Lages/SC, 2022 .....	71
Tabela 11 — Caracterização e evolução dos estádios fenológicos (Zadoks <i>et al.</i> , 1974), para o início e final de cada fase de sombreamento do ciclo da cultura do trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> cv. CD Esporão), nas safras 2018/2018 e 2019/2019. Lages/SC, 2022 .....	72
Tabela 12 - Estádios fenológicos e seus respectivos tratamentos na cultura a soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv. 96Y90], safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	80
Tabela 13 - Características químicas e físicas do solo nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022.....	81
Tabela 14 — Resumo da análise conjunta, valores do quadrado médio e significância, para as variáveis fisiológicas e produtivas da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv. Pioneer 96Y90], em resposta ao sombreamento artificial contínuo de 70% de restrição luminosa, nas safras 2018/2019 e 2019/2020 Lages/SC, 2022.....	83
Tabela 15 - Caracterização e evolução dos estádios fenológicos em função do ciclo da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv. Pioneer 96Y90], para a safra de 2019/2020, de cada tratamento cultivado em casa de vegetação. Lages/SC, 2022 .....	89
Tabela 16 - Características químicas e físicas do solo, para cultivo da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022	98
Tabela 17 - Resumo da análise de variância, quadrado médio e significância para as variáveis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI-1°D; NDVI-5°D), e índice relativo de clorofila (IRC-1°D; IRC-5°D) primeiro e quinto, em resposta aos níveis de sombreamento no final de cada fase na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	102
Tabela 18 — Resumo da análise de variância, quadrado médio e significância para o rendimento biológico (RB) e a área foliar (AF), em resposta aos níveis de sombreamento no final de cada fase da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90], nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022.....	105
Tabela 19 — Resumo da análise conjunta, valores do quadrado médio e significância, para as variáveis fisiológicas e produtivas da cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merril. cv.	

Pioneer 96Y90] em resposta aos níveis de sombreamento e as fases do ciclo nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	107
Tabela 20 — Caracterização e evolução dos estádios fenológicos (FEHR; CAVINESS, 1977) em função dos níveis de sombreamento, para o início e final de cada fase na cultura da soja [ <i>Glycine max</i> (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90] nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Lages/SC, 2022 .....	112

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ago	Agosto
Alumínio	$\text{Al}^{+3}$
A	Alongamento
AP	Altura de plantas
AF	Área foliar
Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de troca catiônica
Cm	Centímetro
Cmol	Centimol
Cfb	Clima oceânico temperado
R <sup>2</sup>	Coeficiente de determinação
CV	Coeficiente de variação
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
C	Comprimento
CE	Comprimento de entrenó
CP	Comprimento do pedúnculo
n°	Contagem numérica
cult	Cultivar
dm	Decímetro
DBC	Delineamento em blocos ao acaso
dez	Dezembro
DH	Diâmetro da haste
DC	Diâmetro do colmo
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EUA	Estados Unidos da América
fev	Fevereiro
F	Fisher
Fvd	Fitocromo vermelho distante
Fv	Fitocromo vermelho
F.V.	Fonte de variação
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato Monopotássico
P	Fósforo
g	Grama
I	Grau de inclinação das plantas acamadas
°C	Graus Celsius / Graus Centrígados
G.L.	Graus de liberdade
GD	Graus dias
ha	Hectare
hL	Hectolitro
H	Hidrogênio
h	Horas
AC	Índice de acamamento
IRC	Índice relativo de clorofila
NDVI	Índice de vegetação por diferença normalizada
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

ILF	Integração Lavoura Floresta
jan	Janeiro
jul	Julho
jun	Junho
L	Largura
L	Litro
Mg	Magnésio
mai	Maio
mar	Março
MS	Massa seca
MU	Massa úmida
MEI	Matéria estranha e impureza
M.O.	Matéria orgânica
M	Metros
mg	Miligramma
mL	Mililitro
mm	Milímetros
ns	Não significativo
N	Nitrogênio
nov	Novembro
NEE	Número de espiguetas por espiga
NG	Número de grãos
GE	Número de grãos por espiga
NN	Número de nós
NP	Número de perfilhos
NR	Número de ramos
NV	Número de vagens
out	Outubro
O <sub>2</sub>	Oxigênio
%	Percentagem
PG	Peso de grãos
PMG	Peso de mil grãos
PV	Peso de vagens
PH	Peso hectolitro
A	Plantas acamadas
K	Potássio
pH	Potencial hidrogeniônico
PD	Primeiro dia
P	Probabilidade
QM	Quadrado médio
kg	Quilograma
QD	Quinto dia
RB	Rendimento biológico
RG	Rendimento de grãos
R	Reprodutivo
SA	Safra
SC	Santa Catarina
V%	Saturação por base
S	Semeadura
set	Setembro

+	Soma
S	Sombreamento
T°	Temperatura
t	Tonelada
T	Tratamento
U	Umidade
UR	Umidade real
V	Vegetativo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>23</b>
1.1	HIPÓTESES .....	26
1.2	OBJETIVOS .....	26
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>26</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>27</b>
2.1	ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DO TRIGO .....	27
2.2	ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DA SOJA .....	28
2.3	INSTENSIDADE LUMINOSA .....	30
2.4	SOMBREAMENTO .....	31
2.5	ASPECTOS GERAIS DO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA .....	34
<b>3</b>	<b>CAPÍTULOS - ARTIGOS .....</b>	<b>37</b>
3.1	DESEMPENHO DE PLANTAS DE TRIGO SOMBREADAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS .....	37
<b>3.1.1</b>	<b>Resumo.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>49</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>52</b>
3.2	RENDIMENTO DE GRÃOS DE TRIGO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E FASES DO CICLO.....	54
<b>3.2.1</b>	<b>Resumo.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>62</b>
3.2.4.1	Resultados – fases de sombreamento do ciclo.....	62
3.2.4.2	<i>Resultados - final do ciclo .....</i>	67
<b>3.2.5</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>73</b>
3.2.5.1	<i>Discussão – final de cada fase.....</i>	73
3.2.5.2	<i>Discussão- final do ciclo .....</i>	74
<b>3.2.6</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>76</b>
3.3	DESEMPENHO DE PLANTAS DE SOJA SOMBREADAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS .....	77
<b>3.3.1</b>	<b>Resumo.....</b>	<b>77</b>

<b>3.3.2</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>77</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>79</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>83</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>89</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>92</b>
<b>3.4</b>	<b>RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E FASES DO CICLO.....</b>	<b>93</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Resumo.....</b>	<b>93</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>93</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>94</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>101</b>
<b>3.4.4.1</b>	<b>Resultados – fases de sombreamento do ciclo.....</b>	<b>101</b>
<b>3.4.4.2</b>	<b>Resultados - final do ciclo .....</b>	<b>106</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>113</b>
<b>3.4.5.1</b>	<b>Discussão – final de cada fase .....</b>	<b>113</b>
<b>3.4.5.2</b>	<b>Discussão- final do ciclo .....</b>	<b>114</b>
<b>3.4.6</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>115</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>117</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE A — EXPERIMENTOS COM A CULTURA DO TRIGO (Triticum aestivum L. cb. CD Esporão).....</b>	<b>126</b>	
<b>APÊNDICE B — EXPERIMENTOS COM A CULTURA DA SOJA [Glycine max (L.) Merrill. cv. Pioneer 96Y90] .....</b>	<b>128</b>	