

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Mateus Leonardi

**ESTABELECIMENTO INICIAL E PRODUTIVIDADE DA CANOLA  
SOBRESSEMEADA A SOJA E SEUS ENTRAVES EM CLIMA  
SUBTROPICAL**

Santa Maria, RS  
2023

**Mateus Leonardi**

**ESTABELECIMENTO INICIAL E PRODUTIVIDADE DA CANOLA  
SOBRESSEMEADA A SOJA E SEUS ENTRAVES EM CLIMA  
SUBTROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau em **Doutor em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS  
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001

Leonardi, Mateus  
Estabelecimento inicial e produtividade da canola  
sobressemeada a soja e seus entraves em clima  
subtropical / Mateus Leonardi.- 2023.  
79 p.; 30 cm

Orientador: Arno Bernardo Heldwein  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Brassica napus 2. Sistema de semeadura 3.  
Germinação 4. Produção I. Heldwein, Arno Bernardo II.  
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MATEUS LEONARDI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Mateus Leonardi**

**ESTABELECIMENTO INICIAL E PRODUTIVIDADE DA CANOLA  
SOBRESSEMEADA A SOJA E SEUS ENTRAVES EM CLIMA  
SUBTROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau em **Doutor em Agronomia**.

**Aprovado em 30 de março de 2023:**

---

**Arno Bernardo Heldwein, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Astor Henrique Nied, Dr. (UFSM)**

---

**Diego Nicolau Follmann, Dr. (UFSM)**

---

**Jorge Alberto de Gouvêa, Dr. (EMBRAPA-Trigo)**

---

**Sidinei Zwick Radons, Dr. (UFFS)**

Santa Maria, RS  
2023

Coloque seu coração,  
mente e alma até mesmo  
nas menores coisas que você fizer.  
Esse é o segredo para o sucesso.

(Guilherme Ávila)

**Dedico**

A Deus pela vida.

A minha mãe Eliane e ao meu Pai Paulo.

A minha irmã Paola.

E a minha namorada Mireli.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe Eliane e ao meu pai Paulo, por serem meus exemplos de coragem e determinação, que me incentivaram e batalharam para que pudesse me oferecer um futuro melhor, apoiando nas minhas decisões. À minha irmã Paola pelo amor, confiança, incentivo e apoio em todos os momentos.

À minha namorada Mireli Comoretto Zilch, companheira de todas as horas, força nos momentos difíceis e exemplo de dedicação.

Ao professor Dr. Arno Bernardo Heldwein pela orientação, ensinamentos, companheirismo e contribuição na minha formação acadêmica.

Ao professor Dr. Astor Henrique Nied, amizade e forte incentivo e pela colaboração durante o período de estudo.

À minha colega Dr. Jocélia Rosa da Silva pela amizade e forte incentivo e pela colaboração durante o período de estudo e escrita da tese.

Ao professor Dr. Sidinei Zwick Radons, pela condução dos experimentos em Cerro Largo.

Aos colegas e amigos do Setor de Agrometeorologia do Departamento de Fitotecnia da UFSM, pelos ensinamentos, amizade, auxílio na condução dos experimentos e pelos momentos de descontração.

Aos amigos da casa 80 e Estância do Cinamomo com quem divido os momentos de descontração e lazer.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, pela amizade, momentos de descontração e colaboração na realização do trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade a mim concedida.

Ao CNPq e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho.

À Deus que vem iluminando meu caminho em todos os momentos.

**Meu muito obrigado!**

## RESUMO

# ESTABELECIMENTO INICIAL E PRODUTIVIDADE DA CANOLA SOBRESSEMEADA A SOJA E SEUS ENTRAVES EM CLIMA SUBTROPICAL

AUTOR: Mateus Leonardi  
ORIENTADOR: Arno Bernardo Heldwein

A sobressemeadura consiste em uma técnica onde as sementes são distribuídas a lanço sobre a cultura antecessora, antes do final do seu ciclo, sendo muito utilizada após o cultivo de culturas anuais de verão, possibilitando a germinação e estabelecimento da cultura a ser explorada anteriormente a colheita da cultura em final de ciclo, com isso tem-se um ganho de tempo significativo. A utilização desta prática de semeadura possibilita a intensificação dos sistemas de cultivos, permitindo que se consiga uma intensificação no uso do solo por cultivos agrícolas. Este trabalho teve como objetivo verificar qual a melhor densidade de sobressemeadura e qual o período após o encharcamento do solo em que é possível estabelecer a cultura da canola em sobressemeadura na soja no estado do Rio Grande do Sul. O primeiro estudo foi realizado no ano agrícola de 2019, nas cidades de Santa Maria, Giruá e Cerro Largo e no ano agrícola de 2020, nas cidades de Santa Maria e Cerro Largo. Utilizou-se o delineamento blocos ao acaso, com 4 repetições, sendo utilizadas as densidades de 3 kg ha<sup>-1</sup> (recomendado para a cultura no método em semeadura em linha), 6 kg ha<sup>-1</sup>, 9 kg ha<sup>-1</sup>, sendo também implantada uma testemunha semeada em plantio direto seguindo a recomendação para a cultura imediatamente após a colheita da soja no primeiro ano e as densidades de 3 kg ha<sup>-1</sup>, 4,5 kg ha<sup>-1</sup>, 6 kg ha<sup>-1</sup>, 7,5 kg ha<sup>-1</sup>, 9 kg ha<sup>-1</sup> e testemunha no segundo ano agrícola. Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de canola, foi determinado o estande inicial de plantas, sendo que a partir de densidade de 6 kg ha<sup>-1</sup> foi alcançada a densidade de plantas mais próxima da recomendada para a cultura. Quando as plantas de canola atingiram maturação foi realizada a colheita, sendo mensurados os componentes de rendimento e determinada a produtividade, sendo que as de 4,5 a 6,0 kg ha<sup>-1</sup>, sob condições favoráveis a razoáveis de umidade na camada superficial do solo, podem resultar produtividade de grãos satisfatória. O segundo estudo foi realizado em dois experimentos na casa de vegetação do departamento de fitotecnia da UFSM, onde foram testados 9 tratamentos com 3 repetições (semeadura da canola realizada em 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias após o final do encharcamento, 3 vasos que eram mantidos irrigados e após a semeadura foi aplicada uma lâmina de água de 30 mm e 3 vasos onde não foi realizada nenhum irrigação), obtendo-se como resultado que a sobresemeadura de canola em soja pode ser realizada até dois dias após a ocorrência de precipitações que causem a elevação da umidade do solo até a máxima capacidade de campo

**Palavras-chave:** *Brassica napus*. Sistema de semeadura. Germinação. Produção.

## ABSTRACT

# INITIAL ESTABLISHMENT AND PRODUCTIVITY OF CANOLA OVERSEEDED WITH SOYBEANS AND ITS OBSTACLES IN A SUBTROPICAL CLIMATE

AUTHOR: Mateus Leonardi

ADVISER: Arno Bernardo Heldwein

Overseeding consists of a technique where the seeds are distributed over the previous crop, before the end of its cycle, and is widely used after the cultivation of annual summer crops, allowing the germination and establishment of the crop to be exploited before harvest. Of the crop at the end of the cycle, with this there is a significant gain in time. The use of this sowing practice allows the intensification of cultivation systems, allowing an intensification of soil use by agricultural crops. The objective of this work was to verify which the best sowing density and the period after soaking the soil in which it is possible to establish the canola crop in sowing in soybean in the state of Rio Grande do Sul. The first study was carried out in the 2019 agricultural year, in the municipalities of Santa Maria, Giruá and Cerro Largo and in the 2020 agricultural year, in the municipalities of Santa Maria and Cerro Largo. A randomized block design was used, with 4 replications, at the densities of 3 kg ha<sup>-1</sup> (recommended for the crop in the non-linear sowing method), 6 kg ha<sup>-1</sup>, 9 kg ha<sup>-1</sup>, with the control sown in no-tillage was also implanted following the recommendation for the crop soon after the soybean harvest in the first year and in the densities of 3 kg ha<sup>-1</sup>, 4.5 kg ha<sup>-1</sup>, 6 kg ha<sup>-1</sup>, 7.5 kg ha<sup>-1</sup>, 9 kg ha<sup>-1</sup> and control in the second agricultural year. During the development cycle of the canola plants, the initial plant stand was determined, and from the density of 6 kg ha<sup>-1</sup> the plant density closest to that recommended for the crop was reached. When the canola plants reached control, the harvest was carried out, the yield components were measured and the productivity was determined, being those from 4.5 to 6.0 kg ha<sup>-1</sup>, in conditions subject to conditions of moisture in the surface layer of the soil, which may result in satisfactory grain yield. The second study was carried out in two experiments in the greenhouse of the department of phytotechnics at UFSM, where 9 treatments were tested with 3 replications (canola sowing performed at 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7 days after the end of soaking, 3 pots that were irrigated and after sowing a water depth of 30 mm was applied and 3 pots where no irrigation was performed), resulting in canola over sowing in soybeans can be done for up to two days after heavy rain cause soil moisture to rise to maximum field capacity

**Keywords:** Brassica napus, sowing system, germination, production.



## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

- Figura 1 - Temperaturas mínimas ( $T_{min}$ , °C) e máximas diárias do ar ( $T_{máx}$ , °C) e precipitação pluvial (mm) no período compreendido de 01/03 até 19/09 de 2019, em Cerro Largo (A) e Santa Maria (B), de 2020, em Cerro Largo (C) e Santa Maria (D).....34
- Figura 2 - Armazenamento de água no solo (Armaz), Capacidade armazenamento de água disponível (CAD), 75% CAD – 75% da CAD (75% CAD), Déficit de água no solo (DÉF) e Excesso de água no solo (EXC), em mm, para o ciclo completo da canola nos experimentos de: A - Cerro Largo e Giruá no ano de 2019, B - Santa Maria no ano de 2019, C - Cerro Largo no ano de 2020 e D - Santa Maria no ano de 2020. ....37
- Figura 3 - A) Síliquis de canola congeladas e grãos danificados por geada, B) Síliquis com enchimento de grãos incompleto devido à danos de geada, C) Lavoura no período de final do enchimento de grãos, em Giruá-RS.....39

### ARTIGO 2

- Figura 1– Temperaturas do ar (A e B; em °C), umidade relativa do ar (C e D; em %) e radiação solar global (E e F; MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), no período compreendido de 23/05/2022 até 06/06/2022 (A, C e E) no período de 24/10/2022 até 08/11/2022 (B, D e F), dentro da casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da UFSM, em Santa Maria, RS.....58
- Figura 2 – Estimativa do balanço hídrico (Armaz – Armazenamento de água no solo, CAD – capacidade de água disponível, 75% CAD – 75% da capacidade de água disponível, DÉF – déficit de água no solo, EXC – Excesso de água no solo para o período da sobressemeadura até 45 dias, próximo ao início do florescimento da canola em: A - Cerro Largo e Giruá no ano de 2019, B - Santa Maria no ano de 2019, C - Cerro Largo no ano de 2020 e D - Santa Maria no ano de 2020.....61

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

- Tabela 1 - Densidade média de plantas de canola no estágio V4 (Dens. pl m<sup>-2</sup>), contabilizadas após a sobressemeadura, para diferentes densidades de sementes de canola sobressemeadas na soja no estádio R7 (SO-R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja no município de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019. .... 36
- Tabela 2 - Média da massa de 20 síliquas (M20S) de canola sobressemeada na soja, quando esta estava no estádio R7 (SO-R7), e de canola semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja, nos municípios de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019. .... 38
- Tabela 3 - Média do número de síliquas por planta (NS) da canola sobressemeadas na soja no estádio R7 (SO-R7), nas densidades de sementes de 3 a 9 kg ha<sup>-1</sup> e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja nos municípios de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS em 2019. .... 39
- Tabela 4 - Média do número de grãos por síliquas (NGS) da canola sobressemeadas na soja no estádio R7 (SO-R7), nas densidades de sementes de 3 a 9 kg ha<sup>-1</sup> e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019. .... 40
- Tabela 5 - Média da massa de 1000 grãos (M1000G, em gramas) da canola sobressemeada na soja no estádio R7 (SO-R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019. .... 41
- Tabela 6 - Produtividade média de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) da canola sobressemeada na soja no estádio R7 (SO-R7) e semeada em linhas diretamente no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019. .... 41
- Tabela 7 - Densidade de plantas de canola (Dp; pl m<sup>-2</sup>) em cultivo implantado por sobressemeadura na soja no estádio R7 (SO-R7) com cinco densidades de semente (3 a 9 kg ha<sup>-1</sup>) e em linhas de semeadura direta no solo após a colheita da soja (3 kg ha<sup>-1</sup> SDL), nos municípios de Santa Maria e Cerro Largo, no ano de 2020. .... 43

Tabela 8 - Produtividade média de grãos de canola ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), obtida por sobressemeadura da canola a soja no estádio R7 (SO - R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Santa Maria e Cerro Largo, RS, em 2020. ....44

## **ARTIGO 2**

Tabela 1– Número de plantas de canola emergidas (NPE), contabilizadas no 8º dia após sobressemeadura ao solo em vaso em casa de vegetação em diferentes períodos após o encharcamento do solo, nos períodos experimentais de 23/05 a 06/06/2022 (Exp. 1) e de 24/10 a 09/11/2022 (Exp. 2) e seus respectivos valores percentuais (% PE), em Santa Maria, RS.....55

Tabela 2 – Densidade média de plantas de canola (Dens.;  $\text{pl m}^{-2}$ ), contabilizadas após a sobressemeadura, para diferentes densidades de sementes de canola sobressemeadas na soja no estádio R7 (SO-R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja no município de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019 e de Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2020.....59

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, AGRONÔMICAS E UTILIZAÇÕES DA CANOLA .....	16
2.2	CONTEXTO ATUAL DA CANOLA .....	18
2.3	SEMEADURA E SOBRESSEMEADURA DA CANOLA .....	19
2.4	GERMINAÇÃO.....	22
2.5	DENSIDADE DE SEMEADURA.....	24
2.6	HIPÓTESES.....	26
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1 - ESTABELECIMENTO DA CANOLA SOBRESSEMEADA À SOJA E SUA PRODUTIVIDADE</b> .....	<b>27</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	29
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	31
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
3.4	CONCLUSÃO .....	46
3.5	AGRADECIMENTOS.....	46
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
<b>4</b>	<b>ARTIGO 2 – IMPACTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SOBRE A GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CANOLA SOBRESSEMEADA EM CASA DE VEGETAÇÃO E À CAMPO</b> .....	<b>49</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	51
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	52
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
4.4	CONCLUSÃO .....	62
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>68</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>74</b>
	<b>APÊNDICE A –UMIDADE DO SOLO ATÉ 4 CM DE PROFUNDIDADE COM E SEM IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA DESDE A SOBRESSEMEADURA DA CANOLA À SOJA NO ESTÁDIO (SO-R7) ATÉ O DIA DE REPOSIÇÃO POR PRECIPITAÇÃO DE 29 MM EM SANTA MARIA, RS EM 2020</b> .....	<b>74</b>

<b>APÊNDICE B -FOTOS DEMONSTRANDO A GRANDE VARIABILIDADE ESPACIAL DE DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS NAS PARCELAS.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE C -TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CANOLA, REALIZADO NO LABORATÓRIO DE SEMENTES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, COM AMOSTRA DO MESMO LOTE DE SEMENTES QUE FORAM UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE D –EVOLUÇÃO DA CONTAGEM DO NÚMERO MÉDIO DE PLANTAS NO EXPERIMENTO, A SOBRESSEMEADO NO DIA 30 DE MAIO DE 2022 E B SOBRESSEMEADO NO DIA 02 DE NOVEMBRO DE 2022, EM CASA DE VEGETAÇÃO APÓS DIFERENTES PERÍODOS DO ENCHARCAMENTO DO SOLO, EM SANTA MARIA, RS, EM 2022.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE E -QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PELO TESTE DE REGRESSÃO, PARA AS VARIÁVEIS DENSIDADE MÉDIA DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE RELATIVO A DOSES DE SEMENTE EM SOBRESSEADURA NO ANO DE 2020 EM CERRO LARGO, RS, 2023. ....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE F -QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PELO TESTE DE REGRESSÃO, PARA AS VARIÁVEIS DENSIDADE MÉDIA DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE RELATIVO A DOSES DE SEMENTE EM SOBRESSEADURA NO ANO DE 2020 EM SANTA MARIA, RS, 2023. ....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, após a colheita das lavouras de verão, os produtores dão início à semeadura das culturas de inverno, principalmente cereais, devido fatores econômicos quando há preços favoráveis e, por vezes, pela introdução de uma cultura durante a entressafra de outono. Perante a incerteza de rentabilidade, a semeadura de inverno é imprescindível em função de seus benefícios diretos e indiretos. O estabelecimento pode ser realizado pela incorporação, utilizando semeadoras, ou pela adoção da sobressemeadura, prática que consiste em semear uma cultura antes da colheita da cultura antecessora, podendo o processo ser via terrestre ou aérea.

A sobressemeadura é uma prática tradicional, utilizada principalmente nos cultivos de inverno, visando a rotação de culturas e/ou, principalmente, na formação de pastagens. Independente da cultura em que for realizada, a antecipação no estabelecimento da cobertura do solo permite otimizar em até três semanas as áreas destinadas ao pastejo, melhorando a oferta de alimento aos animais no início do inverno. No entanto, a sobressemeadura demanda maior quantidade de sementes em comparação à semeadura no solo, visto que a semente é depositada sobre o solo ou palhas/folhas e fica exposta a intempéries por maior período comparado a semente incorporada.

Em algumas lavouras, é comum a formação de pastagens após a colheita da safra de verão com culturas de inverno, de sementes que permaneceram em dormência e germinam após a colheita do milho ou da soja. No entanto, a formação de cobertura nestas áreas, geralmente é desuniforme e tardia. Assim, o estado de plantas adequado de uma lavoura de inverno depende da semeadura, processo fundamental para que haja boa produtividade. O momento ambiental adequado de realizar a sobressemeadura é de extrema importância para que se tenha um bom estado de plantas. Nas lavouras de soja a sobressemeadura deve ser realizada quando as folhas da soja começarem a cair, pois elas cobrirão as sementes e formarão um microambiente mais adequado à germinação e desenvolvimento inicial, contando com precipitações pluviométricas pós sobressemeadura.

Muitos produtores têm optado pela sobressemeadura em função das vantagens que a técnica pode proporcionar, destacando-se a velocidade e agilidade na semeadura, economia em mão-de-obra, menores tempo e desgaste de equipamentos. Para culturas com sementes pequenas, como é o caso da canola, o avanço alcançado na tecnologia com a utilização de drones mostra-se muito vantajosa para o processo de sobressemeadura. Além disso, essa técnica reduz a exposição do solo devido à presença de cobertura vegetal quando as condições

meteorológicas forem favoráveis a cultura subsequente implantada no final do ciclo da cultura antecessora.

Na literatura, informações limitadas sobre a sobressemeadura da canola, tais como densidade de semeadura e momento mais adequado para sua realização são aspectos que, em conjunto com as condições ambientais, podem limitar a utilização desta técnica na implantação das lavouras. Assim, o conhecimento e a identificação de novas técnicas de semeadura poderão auxiliar na elaboração e aplicação de estratégias de manejo para cultivos dentro de um sistema de produção. A correta escolha da densidade de semeadura deve ser preconizada para atingir a melhor distribuição possível das plantas na área, reduzindo os espaços livres que poderão ser ocupados por plantas daninhas. Assim, a ampliação da área cultivada com canola na região Central e Planalto do Rio Grande do Sul, como uma opção rentável para os produtores rurais, demanda estudos em série visando definir a densidade de plantas ideal para a obtenção do máximo crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da canola sobressemeada a soja.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A sobressemeadura em culturas possibilita a antecipação da semeadura e estabelecimento da cultura subsequente, resultando ganho de tempo e, conseqüentemente, maior número de cultivos em um sistema intensivo de produção de grãos. Esta prática agrícola também possibilita diminuir as operações com máquinas e maior ciclagem de nutrientes, visto que a cultura subsequente se estabelecerá ainda no final do ciclo da cultura antecessora, cobrindo parcialmente o solo, melhorando sua proteção contra a erosão, desenvolvendo raízes ativas que reduzem a perda de nutrientes por lixiviação no período em que, em um processo de semeadura após a colheita, o solo ficaria desprotegido até que as novas plantas se estabelecerem. Além disso, plantas já estabelecidas no momento da colheita da cultura antecessora aproveitam melhor os nutrientes presentes e daqueles oriundos da decomposição dos restos culturais da antecessora.

A cultura da canola tem potencial para ser uma cultura de sucesso agrônômico e econômico em toda a região Sul. No entanto, a pesquisa deve ser aprofundada, visto que resultados preliminares demonstraram que sobressemeadura na densidade de sementes de 6 kg ha<sup>-1</sup> no estágio fenológico R7 da soja, realizada sob condições adequadas de umidade na camada superficial do solo, em função de precipitações oportunas, é suficiente para obter uma população inicial adequadas plantas (LEONARDI, 2019), mas densidades menores podem ser

também suficientes e por vezes densidades maiores podem ser necessárias. Há também pouca informação científica e tecnológica sobre técnicas alternativas de semeadura desta cultura visando obter benefícios adicionais em um processo de intensificação dos sistemas de produção de grãos. A sobressemeadura de canola à soja poderá ser uma técnica mais econômica e ecologicamente mais adequada, principalmente para períodos mais chuvosos onde há dificuldade de operações mecanizadas nas lavouras.

## 1.2 OBJETIVOS

Definir a melhor faixa de densidade de sementes para a canola sobressemeada da cultura a soja.

Verificar a população de plantas estabelecidas da canola quando sobressemeada a soja.

Definir quanto tempo após uma precipitação que cause saturação do solo a canola ainda tem capacidade de germinação.

Estabelecer condições essenciais para que a sobressemeadura de canola figure como uma técnica vantajosa em relação a semeadura tradicional após a colheita da soja.

Verificar sob que condições agrometeorológicas a sobressemeadura da canola à soja deve ser evitada.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, AGRONÔMICAS E UTILIZAÇÕES DA CANOLA

A canola é uma planta oleaginosa amplamente cultivada no mundo, principalmente em regiões de clima temperado e subtropical. Pertencente à família Brassicaceae, pode ser usada na diversificação dos cultivos de inverno e na geração de renda adicional ao produtor (DALMAGO et al., 2013). *Brassica napus* L. e *Brassica campestris* L. (colza/canola) são consideradas as espécies mais cultivadas que apresentam ciclo anual, hábito de crescimento indeterminado ou determinado, dependendo do melhoramento genético. Similar a outras espécies do gênero Brassica, como o nabo, usadas para produção de massa verde após a colheita da soja, a canola é uma planta que também possui raiz pivotante (THOMAS, 2003). Essa característica agronômica é desejável, visto que o crescimento radicular pode ser superior a 1,4 m de profundidade (THOMAS, 2003) em solos sem impedimentos físicos e químicos, podendo contribuir para a melhora das propriedades físicas do solo. A planta possui caule ereto e herbáceo, com altura variando de 0,5 a 1,3 m, com folhas basais dispostas em formato de roseta, que não são persistentes, enquanto as folhas do ponteiro são ovaladas a oblongas, (GULDEN et al., 2008). Após a elongação do caule as folhas emitidas são menores, amplexicaules e lanceoladas. As flores são agrupadas em racemos, no ápice de caules e ramos, tipicamente caracterizadas por apresentar quatro sépalas amarelas dispostas em forma de cruz. O fruto é do tipo síliquas, com 0,04 a 0,15 m de comprimento, abrigando as sementes que estão dispostas em duas fileiras (GULDEN et al., 2008), mas há hibridações que podem resultar em materiais com comprimento de síliquas de até 0,14 a 0,17 m (HAWKINS et al., 2005).

O termo canola é a marca registrada industrial para *Canadian Oil Low Acid* que, em 1986, passou a ser adotada para atender a uma definição estritamente regulatória em âmbito internacional. Com o programa de melhoramento conduzido no Canadá, a partir da colza conseguiu-se obter genótipos com baixos teores de ácido erúico e glucosinolatos, que presentes no óleo e no farelo, respectivamente, são cumulativamente tóxicos ao serem consumidos (TOMM, 2006). Para atender a definição de canola, os grãos devem conter menos de 2% de ácido erúico no óleo e menos que 30  $\mu\text{mol}$  de glucosinolatos por grama de farelo seco desengordurado, teores que então passaram a ser adotados como aceitáveis para alimentação humana e animal (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2016).

A produção de grãos de canola tem como objetivo principal a produção de óleo para consumo humano, podendo ser utilizado também na produção de biodiesel, além da produção

de farelo de canola, utilizado na alimentação animal (TOMM et al., 2009). Os grãos de canola possuem em torno de 24 a 27% de proteína e em média 38% de óleo (TOMM, 2007), porém, conforme resultados de Rigon et al. (2017) e Melgarejo et al. (2014) o teor de óleo é variável, principalmente com a época de semeadura, devido às condições ambientais de estresse (CHAMPOLIVIER; MERRIEN, 1996), havendo também diferenças entre híbridos (RIGON et al., 2017). O óleo de canola tem a maior proporção de ômega-3, vitamina E, gorduras monoinsaturadas e o menor teor de gordura saturada dentre os óleos vegetais utilizados na dieta humana (EMBRAPA, 2016). O óleo de canola geralmente tem um perfil desejável de baixo teor de ácidos graxos saturados (< 8 %) e alto teor de insaturados, com cerca de 61% de ácidos graxos oleicos insaturados, 21% de ácidos graxos linoleicos insaturados e 11% de ácido linolênico (SHARAFIZADEH et al., 2012). O teor e a qualidade do óleo de canola também dependem do processo utilizado para sua extração dos grãos. Quando extraído a frio por prensagem, o rendimento em óleo é um pouco menor, mas em compensação os compostos nutricionais superiores (ácidos graxos essenciais, antioxidantes naturais, em especial tocoferóis, e esteróis, entre outros componentes bioativos) são preservados, o que resulta em características organolépticas e valor nutricional superiores (PIRAVI-VANAK, 2020).

O farelo de canola é importante subproduto das indústrias de extração do óleo, utilizado na alimentação animal como uma fonte proteica econômica (DE MORI, et. al., 2014). Este farelo é a segunda maior fonte de proteína para alimentação animal produzida no mundo, sendo uma fonte de proteína, principalmente para bovinos e suínos (USDA, 2016). Além disso, o farelo pode ser utilizado para produção de enzimas como fitase que disponibiliza fósforo, xilanase que decompõe a hemicelulose (RAMACHANDRAN et al., 2009) e para obtenção de catalizador na produção de biodiesel (RAO et al., 2011), além de haver estudos recentes para incluir o farelo como alternativa na alimentação humana (CHMIELEWSKA et al., 2021).

Segundo Gazzoni (2009), o óleo produzido no Brasil é destinado principalmente ao consumo humano e ao crescente mercado industrial do biodiesel, incluindo-se na gama de óleos vegetais transesterificados utilizados como fonte de combustível renovável de grande importância nas políticas ambientais mundiais, ao contribuir para a redução da emissão de monóxido de carbono, compostos de enxofre e hidrocarbonetos encontrados nos combustíveis fósseis (CHENG et al., 2010). Entretanto, o aumento da produção de canola e respectivamente de biodiesel há limitações a serem superadas, tais como a redução dos impedimentos burocráticos de exportação e melhorias tecnológicas de produção, processos essenciais para estimular a produção brasileira (DE MORI; et. al., 2014).

## 2.2 CONTEXTO ATUAL DA CANOLA

A produção da canola está concentrada desde latitudes próximas aos trópicos, geralmente com maior disponibilidade térmica dependendo da altitude, até cerca de 55 °N, onde as estações são curtas para o crescimento e com predomínio de clima seco. Na Rússia, Ucrânia, China, áreas mais frias do Canadá e no Continente Europeu há o cultivo de variedades de inverno, geralmente semeadas nos meses de setembro a novembro, visando obter germinação das sementes antes que possa ocorrer congelamento na camada superficial do solo e ou deposição da neve. A produtividade de grãos dessas variedades pode ser de 20 a 30% maior em comparação às cultivadas na primavera. No Canadá, Índia, Estados Unidos e em parte da China, predomina a “canola de primavera”, assim denominada, por serem genótipos que expressam baixa sensibilidade ao fotoperíodo, não necessitam de vernalização e tem ciclo mais curto, com maturação precoce (cerca de 85 dias após a emergência), dependendo do genótipo e das condições meteorológicas (USDA, 2002). No Brasil, as condições ambientais de cultivo, mesmo nos locais mais frios, não atendem ao número de horas de frio requeridas pelos genótipos de inverno. Portanto, utilizam-se apenas genótipos de primavera da espécie *Brassica napus* L (TOMM et al., 2009).

A área semeada com canola no Brasil em 2022 foi de 55,2 mil ha, com produtividade média de 1,743 ton ha<sup>-1</sup>, totalizando 96.200 ton colhidas até 14/12/2022 (CONAB, 2022), o que representa um aumento significativo, tanto em produtividade (24,6%), quanto em área cultivada (41,2%) em relação a 2021 (CONAB, 2022). O Estado do Rio Grande de Sul (RS) continua a se destacar como o maior produtor nacional, com 54,4 mil hectares cultivados e 95 mil toneladas de grãos de canola colhidas no ano de 2022 (CONAB, 2022). Ao longo dos últimos cinco anos, a área cultivada aumentou significativamente no RS passando de 43,3 para 54,4 mil hectares, enquanto em áreas do Estado do Paraná houve decréscimo de 4,8 mil ha no ano de 2017 (CONAB, 2017) para apenas 800 ha no ano de 2022, devido aumento do cultivo do trigo e ocorrência de condições meteorológicas adversas, como geadas e granizos que afetaram a produtividade nas safras passadas. Dados da CONAB (2022) demonstram que a produtividade de canola no Brasil variou de 840 a 1743 kg ha<sup>-1</sup> em 2017 e 2022, respectivamente, devido à ocorrência de condições ambientais adversas e desfavoráveis no desenvolvimento da cultura no Rio Grande do Sul, principalmente no período da colheita.

No Sul do Brasil, a cultura da canola também pode ser incluída como prática conservacionista, associada a sistemas de rotação de culturas, principalmente de cereais para períodos de outono/inverno, onde apresenta bom desenvolvimento e, geralmente, ganho

econômico (KRÜGER et al., 2011, TOMM et al., 2009). Na condição de uma das alternativas importantes para rotação com a cultura do trigo e outros cereais de inverno, auxilia na redução de problemas fitossanitários, devido quebra de ciclos consecutivos de doenças e pragas, melhor cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, dada pela sua capacidade de extração (CASTRO; BOARETTO, 2004), além proporcionar ganhos econômicos ao produtor (TOMM et al., 2009). Para as condições de clima subtropical e temperado ameno como as da região Sul do Brasil ainda há carência de informações detalhadas dos processos e respostas ecofisiológicas dos híbridos utilizados e sua relação com a produtividade de grãos da canola. O conhecimento dessas informações básicas, como os efeitos da soma térmica, temperaturas e condições hídricas extremas e o fator fototérmico na produtividade de grãos (SCHAEFER, 2021; SILVA, 2022) pode auxiliar na adoção de técnicas mais adequadas de manejo da cultura, e resultar em maior eficiência produtiva, especialmente em áreas onde a produtividade das plantas depende da capacidade de adaptação às mudanças ambientais e aos estresses, que podem ocorrer em qualquer período de desenvolvimento ou mesmo em todo o ciclo da cultura.

### 2.3 SEMEADURA E SOBRESEMEADURA DA CANOLA

A implantação de culturas através de sementes tem sido realizada predominantemente com semeadoras em linhas na camada superficial do solo, ou, por vezes a lanço sobre o solo. Para realizar a semeadura da canola em linha, é imprescindível realizar o ajuste específico nas semeadoras convencionais alterando o mecanismo dosador das sementes devido ao pequeno volume das sementes dessa espécie (TOMM et al., 2009). Essa necessidade afeta negativamente a logística no uso continuado das semeadoras, exige a aquisição dos sistemas dosadores de sementes específicos e sua substituição por ocasião da semeadura por pessoa treinada, o que somado a outros fatores, contribui para que o produtor desista da opção pelo cultivo da canola. Além disso, atender com exatidão a pequena profundidade de semeadura requerida para canola é um desafio técnico. As semeadoras devem preferencialmente conter tecnologia de precisão e mecanismos de alocação de sementes com sensores de posição para evitar que as pequenas sementes da canola tenham deposição de profundidade muito heterogênea e, dessa forma, minimizar possível desuniformidade de emergência das plântulas, falhas e heterogeneidade na densidade de plantas, especialmente em terrenos com superfície irregular.

Algumas práticas e técnicas estão sendo estudadas visando o aumento do número de cultivos em determinado ciclo de sucessão e rotação de cultivos em sistemas intensivos de produção de grãos, principalmente durante os cultivos de outono/inverno ou safrinha. A

sobressemeadura é considerada uma opção técnica viável para algumas culturas, geralmente espécies de sementes pequenas, como forma de intensificar os sistemas de produção, permitindo antecipar o estabelecimento das plantas da cultura subsequente antes da colheita da cultura antecessora em final de ciclo (ROSO et al., 1999; LEONARDI, 2019). Da mesma forma, a sobressemeadura ocorre nos ecossistemas naturais, esse processo poderá ser adaptado para as condições do ambiente manejado dos cultivos agrícolas em final de ciclo. As sementes da nova cultura são distribuídas a lanço sobre o solo para germinar e gerar novas plantas que estarão em processo de estabelecimento inicial antes da colheita da cultura em final de ciclo. Essa técnica torna-se mais viável, quando a cultura antecessora ainda poderá proporcionar um certo grau de sombreamento para manter a umidade da camada superficial do solo e, as folhas senescentes possam cobrir as sementes do novo cultivo, melhorando o microclima para o processo de germinação, redução da transpiração e aumento do enraizamento das novas plântulas. Além disso, a técnica da sobressemeadura apresenta vantagens como diminuição dos custos, melhor conservação da estrutura física na camada superficial do solo, estabelecimento de cobertura viva do solo e formação antecipada de raízes ativas, ampliando o tempo de absorção continuada de nutrientes, o que contribui para reduzir a perda de nutrientes por lixiviação (REIS et al., 2001).

Em pastagens, a técnica contribui na melhoria da fertilidade do solo com a incorporação de nitrogênio e matéria orgânica, maior potencial de rebrota da espécie gramínea na primavera e controle de plantas invasoras (ROSO et. al., 1999). Outra vantagem observada é a possibilidade de uso contínuo da pastagem após o término do inverno, intensificando a utilização e maximizando o uso do solo. Outra forma de sobressemeadura, refere-se à implantação das pastagens a partir da distribuição das sementes no final do ciclo de desenvolvimento das culturas anuais de verão, onde o azevém é estabelecido em sobressemeadura em áreas com cultivo da soja. Segundo Machado (2011), no Sul do Brasil a técnica de sobressemeadura de forrageiras é utilizada para melhorar o pasto nativo, principalmente no período de inverno, especialmente em condições limitadas onde o campo nativo possui crescimento lento e alta competição por água e nutrientes com outras espécies desejadas de cultivo.

Da mesma forma, áreas onde há alternância entre a produção de grãos e implantação de pastagens após a safra, têm-se obtido êxito no estabelecimento antecipado do azevém (*Lolium multiflorum* L.) e aveia-preta (*Avena sativa* L.), em sobressemeadura à soja e ao milho na região Centro-Oeste do Brasil. Muitos produtores têm obtido bons estabelecimentos de espécies do gênero *Brachiaria* sobressemeadas em áreas de soja, porém, ainda são limitados os estudos

sobre o uso desta técnica para culturas produtoras de grãos. Lara Cabezas (2004) obteve resultados satisfatórios com sementes de milho revestidas com polímero, sobressemeadas à cultura da soja, bem como Pacheco et al. (2008) alcançaram bons resultados com a sobressemeadura de forrageiras em quatro estádios de desenvolvimento da cultura da soja. Conforme Altmann (2011), deve-se realizar a sobressemeadura entre os estádios de enchimento de grão e maturação da soja. Para Pacheco et al. (2009), a sobressemeadura deve ser realizada com ausência de folhas de soja na superfície do solo, resultando em maior cobertura das sementes sobressemeadas com o material vegetal senescente e maior percentual de emergência das plântulas.

O sucesso da sobressemeadura depende da avaliação dos condicionantes ambientais que ocorrem durante o estabelecimento da cultura, principalmente a precipitação pluvial entre a véspera da sementeira até dez dias após a emergência, a capacidade de germinação e crescimento da planta de cobertura em superfície, grau de desfolhamento da cultura sobressemeada e incidência direta de luz sobre a superfície do solo (PACHECO et al., 2008; PACHECO et al., 2009). Segundo Landers (2007), o sucesso da sobressemeadura depende das condições de tempo chuvoso e maior umidade relativa do ar por alguns dias após o procedimento da técnica. Além das condições meteorológicas, Altmann (2011) destaca que o sucesso da sobressemeadura está relacionado ao estágio de desenvolvimento da soja e espécie sobressemeada. Verifica-se que para diferentes espécies sobressemeadas, à soja entre estádio R6 e R8 são os melhores estádios fenológicos para que haja êxito da técnica (CORREIA; GOMES, 2015). Porém, não há informações sobre o melhor estágio de desenvolvimento da soja para a sobressemeadura da canola visando a produção de grãos. Além disso, muitos produtores optam pela sobressemeadura de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) na soja, visando obter cobertura verde, palhada e melhoria do solo no intervalo entre a colheita da soja e a sementeira dos cereais de inverno. Nesse sentido, a sobressemeadura de canola poderia trazer benefícios, como antecipação da sementeira da cultura subsequente cerca de 60 dias antes que o método tradicional. Dessa forma, em regiões favoráveis ao cultivo da canola no Sul do Brasil, será possível antecipar a sementeira de milho em um sistema de produção intensificado, capaz de gerar cinco safras em dois anos nas regiões com maior soma térmica e, provavelmente, sete safras em três anos nas regiões com menos soma térmica anual. O êxito desse sistema depende do conhecimento das condições que viabilizem a sobressemeadura da canola à soja no outono e o desenvolvimento das técnicas adequadas para realização do processo.

Em experimentos de rotação de culturas de quatro anos (canola-trigo-milho-soja), com 13 combinações de sequências de culturas e quatro repetições, conduzidos em cinco locais do

leste Canadense, Caldwell (2018) verificou que, na maioria dos resultados, a canola em sequência à soja produziu os melhores rendimentos de grãos de todas as combinações de rotações de canola. Assim, pode-se inferir que a sobressemeadura da canola à soja também pode ser mais rentável em um sistema intensivo de produção de grãos com culturas em rotação.

## 2.4 GERMINAÇÃO

A germinação da semente é um processo fisiológico que depende de uma sequência de eventos influenciados por fatores externos, de cunho ambientais e internos, como dormência, inibidores e promotores da germinação. Esses fatores podem agir individualmente ou em conjunto para afetar a germinação (CONE; KENDRICK, 1986). A temperatura, a água, a luz e o oxigênio são considerados fatores fundamentais na germinação, e estudos mostram que eles desempenham um papel crítico nesse processo fisiológico (LABOURIAU, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994; DEMUNER et al., 2008).

Germinação é o processo pelo qual as sementes iniciam o crescimento e se desenvolvem até se tornarem plantas independentes e capazes de se nutrir. De acordo com Nassif et al. (1998), a germinação é caracterizada pela emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, expressando sua capacidade de dar origem a uma plântula normal sob condições atendidas. Borghetti e Ferreira (2004) destacam que a germinação consiste em três fases distintas: embebição (fase I), ativação dos processos metabólicos necessários para o crescimento do embrião (fase II) e na iniciação do crescimento do embrião (fase III).

Para a maioria das espécies cultivadas, o estágio mais crítico do ciclo de cultivo ocorre entre a semeadura e a emergência das plantas, pois a uniformidade e a porcentagem de emergência são essenciais para estabelecer um estande satisfatório na lavoura. A umidade do solo é um dos fatores mais determinantes para o processo de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), devendo estar disponível em níveis adequados para as sementes.

A taxa de absorção de água durante a germinação varia de acordo com diversos fatores, como a espécie, a quantidade de poros presentes no tegumento, a disponibilidade de água, a temperatura, a pressão hidrostática, a área de contato entre a semente e a água, a composição química e a qualidade fisiológica da semente (LABOURIAU, 1983). A entrada de água na semente ocorre por meio dos processos de capilaridade e difusão, seguindo sempre do potencial hídrico maior para o menor. A embebição é um processo puramente físico que depende das características de permeabilidade do tegumento e das propriedades coloidais das sementes, e a hidratação é uma das primeiras consequências desse processo.

A água desempenha uma função importante na ativação dos processos metabólicos que levam à germinação das sementes. Cada espécie, por sua vez, requer um teor específico de umidade para que ocorra a germinação, além de possuir uma capacidade específica de absorção de água que contribui para o estabelecimento das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A quantidade mínima de umidade necessária para a germinação depende da permeabilidade do tegumento e da composição química da semente (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O estresse hídrico, que reduz a disponibilidade de água para as sementes, pode diminuir a germinação, provocando uma redução nas atividades enzimáticas e no desenvolvimento dos meristemas (POPINIGIS, 1985).

Quando em contato com água, as sementes iniciam o processo de hidrólise, exceto aquelas com barreiras físicas. A absorção de água ocorre independentemente do estado fisiológico da semente (quiescente, dormente ou morta) e é crucial para a germinação (BRACCINI et al., 1996). O movimento e a disponibilidade de água afetam todos os processos que contribuem para a germinação, como o desenvolvimento inicial do sistema radicular e a emergência das plântulas, que são influenciados também pelas características osmóticas e texturais do substrato (como o potencial matricial e a textura do solo), bem como pelo tamanho e forma da semente (área de contato solo-semente). A textura do solo afeta tanto a condutividade da água quanto o grau de contato entre semente e solo.

A embebição da semente é influenciada pelo gradiente de potencial hídrico existente entre a semente e o meio externo, além dos fatores mencionados anteriormente. As sementes secas apresentam um potencial hídrico muito reduzido, em média de -200 Mpa, portanto, a limitação da embebição está fortemente relacionada ao baixo teor de umidade disponível no solo (BEWLEY; BLACK, 1994). Potenciais hídricos muito negativos no solo, principalmente no início do processo germinativo, afetam a absorção de água pelas sementes, podendo interromper a sequência de eventos da germinação (MIKUSINSK, 1987). O estresse hídrico geralmente leva à redução na velocidade de germinação das sementes, uma vez que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo abaixo do qual a germinação não ocorre.

De acordo com Khurana e Singh (2001), as diferentes espécies apresentaram respostas germinativas a distintas intensidades luminosas. As sementes que necessitam de luz para germinar são classificadas como fotoblásticas positivas, enquanto as que germinam melhor na ausência de luz são fotoblásticas negativas. Por outro lado, sementes que não sofrem influência luminosa na germinação são chamadas de fotoblásticas neutras (LABOURIAU, 1983; MAYER; POLJAKOFF, 1989).



## 2.5 DENSIDADE DE SEMEADURA

O efeito da densidade de semeadura sobre a competição entre plantas tem sido amplamente pesquisado em todo o mundo em diversas culturas agrícolas, porém, em menor escala na cultura da canola, com algumas pesquisas realizadas na Austrália, Canadá, Irã e EUA. A densidade de semeadura mais apropriada para os genótipos de canola expressar elevado rendimento de grãos é determinada pela avaliação de campo, considerando o ambiente em que a cultura será cultivada. Na Austrália, sementes híbridas maiores e com maior vigor, permitiram o uso de menores densidades de semeadura quando combinadas com herbicidas disponíveis. No entanto, com a rápida evolução da resistência de plantas daninhas a herbicidas, a densidade de semeadura ideal (plantas de cultivo por  $m^{-2}$ ) precisará ser reconsiderada com base no pressuposto de que as plantas daninhas provavelmente estarão presentes na maioria das culturas (TOMM, 2007).

Para Tomm (2007), a densidade de semeadura deve garantir um número de 40 plantas  $m^{-2}$ , visando maior potencial de produtividade, compensando injúrias devido redução da área foliar por pragas e um rápido cobrimento do solo. Porém, produtividades de até 1800 kg  $ha^{-1}$  foram alcançadas com apenas 15 plantas  $m^{-2}$ , evidenciando que a canola tem alta capacidade de compensação de falhas. Resultados semelhantes foram obtidos por Chavarria et al. (2011) e Wang et al. (2015) em que densidades de 40 a 45 plantas  $m^{-2}$ , combinadas com espaçamento entre linhas reduzido, de 0,17 a 0,20 m, foram os melhores para a canola, garantindo maiores índices de área foliar e produtividade de grãos. Por outro lado, o aumento da densidade de plantas pode reduzir a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas do extrato inferior, causando alteração na fotossíntese do dossel e maior senescência foliar (LIU et al., 2016). Já Melgarejo et al. (2014), verificaram que mudanças de densidade e espaçamento podem alterar a morfologia das plantas de canola, confirmando sua capacidade plástica de ocupar espaços.

Em um estudo canadense conduzido por O'Donovan (1994), a densidade de semeadura da canola de aproximadamente 200 plantas  $m^{-2}$  reduziu significativamente a biomassa de plantas daninhas, causando menores danos à produtividade de grãos. Em outro estudo, O'Donovan et al. (2004) confirmaram a necessidade de alta densidade de plantas para manter o rendimento das culturas e reduzir a produção de sementes de plantas daninhas em uma população mista semeada de *Polygonum convolvulus*, *Sinapis arvensis* e *Avena fatua*. No Irã, Hosseini et al. (2004) mostraram que o aumento da densidade de canola de 150 para 270 plantas  $m^{-2}$  provocou redução de 50% na biomassa das plantas daninhas na floração da cultura. Para

Bakhtiari e Saeedipoor (2014), um estudo em série de substituição a densidade de plantas de canola influenciou fortemente na supressão de *Malva parviflora*.

Nos EUA, experiências de campo ao longo de dois anos mostraram que o aumento na densidade de canola de 60 plantas  $m^{-2}$  (densidade de semeadura recomendada) para 200 plantas  $m^{-2}$ , reduziu a biomassa de *Lolium persicum*, a massa de semente e sua fecundidade (HOLMAN et al., 2006). No Canadá, Harker et al. (2003) avaliaram a combinação de alta densidade de semeadura com um genótipo fortemente competitivo, encontrando elevados níveis de supressão de plantas daninhas. No entanto, na Austrália não houve benefício no aumento da taxa de semeadura de canola acima do ideal em relação a taxa recomendada (40 plantas  $m^{-2}$ ) na supressão de plantas daninhas (LEMERLE et al., 2016), embora foram observadas que a produção de sementes de plantas daninhas, na média, dobrou quando a densidade de canola reduziu de 40 para 10 plantas  $m^{-2}$ . Assim, o bom estabelecimento de plantas de canola e o uso de genótipos competitivos são fundamentais para evitar a produção de sementes de plantas daninhas e reduzir os danos causado sobre a produtividade da canola.

Ao avaliar a canola semeada em duas épocas para quantificar a capacidade competitiva com aveia, a supressão de plantas daninhas aumentou foi diretamente proporcional ao aumento da densidade de semeadura da canola, onde as plantas de canola foram menos competitivas no estágio de roseta em relação a floração (DAUGOVISH et al., 2003). Em pesquisa realizada por quatro anos consecutivos avaliando a rotação de canola com trigo em dois locais com uma população mista de espécies de plantas daninhas, a aumento da densidade de semeadura de canola de 100 para 150 plantas  $m^{-2}$  reduziu a biomassa seca das plantas daninhas de 69 para 42  $g m^{-2}$  (BLACKSHAW et al. 2005). Os efeitos positivos da taxa de semeadura resultaram em redução de 38% no banco de sementes de plantas daninhas ao longo dos quatro anos avaliados. Neste período, a produtividade da canola não foi alterada pelo aumento da densidade de semeadura.

A maioria dos estudos demonstram que o aumento na densidade de semeadura pode suprimir a biomassa de plantas daninhas e a produção de sementes, reduzindo perdas na produtividade e na qualidade dos grãos de canola. A supressão de plantas daninhas é considerada uma prática de manejo fácil que requer o uso de sementes de alta qualidade, com necessidade de embasamento experimental para ser recomendado aos agricultores. Além disso, a densidade de semeadura deve ser definida conforme o nível tecnológico da lavoura, visto que a produtividade depende do estande de plantas resultante do processo de semeadura.

## 2.6 HIPÓTESES

A densidade de sementes ideal para obter uma população de plantas adequada e maior produtividade de canola em sobressemeadura à cultura da soja é maior do que a utilizada na semeadura convencional, realizada após a colheita da soja.

Chuvas que umedecem a camada superficial do solo logo após a sobressemeadura de canola à soja poderão ser suficientes para a germinação e o estabelecimento inicial de uma população de plantas recomendada para a cultura da canola.

Há uma condição de umidade do solo e densidade de semeadura ideais, nas quais a canola sobressemeada tem a capacidade de germinar e se estabelecer na população ideal para a cultura.

### 3 ARTIGO 1 - Estabelecimento da canola sobressemeada à soja e sua produtividade

**RESUMO:** A região Sul do Brasil possui um grande potencial para expansão da cultura da canola, principalmente em rotação aos cereais de inverno. Nesse contexto, a sobressemeadura (SS) à soja poderá permitir a intensificação do sistema de produção de grãos, antecipando a semeadura da canola em 20 a 30 dias nas áreas favoráveis ao seu cultivo, especialmente onde o inverno é mais ameno. Assim, objetiva-se avaliar condições ambientais no dossel, a população de plantas estabelecida, os componentes de rendimento e a produtividade da canola sobressemeada antes da maturação fisiológica da soja. Os experimentos foram conduzidos no ano de 2019 em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, no Rio Grande do Sul, com três densidades de sementes (3,0; 6,0; 9,0 kg ha<sup>-1</sup>) e uma testemunha (semeadura em sulcos de 3,0 kg ha<sup>-1</sup> em dois dias após a colheita da soja) e no ano de 2020 em Cerro Largo e Santa Maria, usando cinco densidades de sementes sobressemeadas (3,0; 4,5; 6,0; 7,5; 9,0 kg ha<sup>-1</sup>) e uma testemunha (semeada em sulcos com 3,0 kg ha<sup>-1</sup> até dois dias após a colheita da soja), sendo os tratamentos distribuídos em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. A sobressemeadura foi realizada quando a soja se encontrava no estágio R7 e a canola foi conduzida conforme as recomendações para a cultura. Os resultados de densidade de plantas estabelecidas e de produtividade alcançada permitem inferir que as densidades de sementes de 4,5 a 6,0 kg ha<sup>-1</sup> sobressemeadas sob boas condições de umidade na camada superficial do solo podem resultar em produtividade de grãos similar a testemunha.

**Palavras-chave:** Germinação. *Brassica napus*. Técnica de sobressemeadura. Densidade de sementes. Intensificação de sistemas.

## Establishment of the canola in over-seeded to soybean and its productivity

**ABSTRACT:** The southern region of Brazil has great potential for expanding the canola crop, mainly in rotation with winter cereals. In this context, soybean overseeding (SS) may allow the intensification of the grain production system, anticipating canola sowing by 20 to 30 days in areas favorable to its cultivation, especially where the winter is milder. Thus, the objective is to evaluate environmental conditions in the canopy, the established plant population, the yield components and the productivity of canola sown before physiological maturation of soybean. The experiments were conducted in 2019 in Giruá, Cerro Largo and Santa Maria, in Rio Grande do Sul, with three seed densities (3.0; 6.0; 9.0 kg ha<sup>-1</sup>) and a control (sowing in furrows of 3.0 kg ha<sup>-1</sup> in two days after the soybean harvest) and in the year 2020 in Cerro Largo and Santa Maria, using five densities of overlapped seeds (3.0; 4.5; 6.0; 7.5; 9.0 kg ha<sup>-1</sup>) and a control (sown in furrows with 3.0 kg ha<sup>-1</sup> up to two days after the soybean harvest), with treatments distributed in a randomized block design with four replications. Overseeding was performed when the soybean was in the R7 stage, and the canola was conducted according to the recommendations for the crop. The results of established plant density and achieved productivity allow inferring that seed densities from 4.5 to 6.0 kg ha<sup>-1</sup> over-sown under good moisture conditions in the surface layer of the soil can result in grain productivity similar to the control.

**Keywords:** Germination. *Brassica napus*. Over-seeded technique. Seed density. System intensification.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do setor agrícola está associado ao crescimento da demanda mundial por grãos, porém há limitação ambiental para a expansão de novas fronteiras de cultivo, o que impõe a necessidade em otimizar o uso das áreas agrícolas em exploração. No Sul do Brasil, após a colheita das lavouras de verão, os produtores iniciam a semeadura das culturas de inverno, principalmente de cereais, devido fatores econômicos, quando há preços favoráveis e, pela introdução de uma cultura com foco na proteção do solo, durante a entressafra de outono. Perante a incerteza em obter rentabilidade, devido a baixas produtividades e possíveis condições meteorológicas extremas adversas, a semeadura de inverno é imprescindível em função de seus benefícios diretos e indiretos no sistema de produção. O processo de semeadura pode ser realizado em pós-colheita de verão através da incorporação das sementes na camada superficial do solo, denominada semeadura convencional (SC), utilizando semeadoras, ou pela adoção da sobressemeadura (SS), prática que consiste em semear a lavoura antes da colheita da cultura antecessora, podendo o processo ser via terrestre ou aérea (WILSON et al., 2019).

A sobressemeadura é uma prática tradicional, utilizada principalmente nos cultivos de inverno, visando a rotação de culturas e/ou a formação de pastagens. Independente da cultura sobre a qual for realizada, a antecipação no estabelecimento da cobertura do solo pela cultura sucessora permite adiantar em até três semanas a oferta de plantas forrageiras aos animais no início do inverno (MANFRON et al., 2019). Para a canola, *Brassica napus*, essa técnica pode permitir antecipar a colheita em até 36 dias em relação a semeadura convencional feita após a colheita da soja (LEONARDI, 2019). No entanto, a sobressemeadura demanda maior quantidade de sementes em comparação à semeadura convencional, pois a semente é distribuída sobre a superfície do solo e fica exposta às intempéries e à predação por mais tempo em comparação com semeadura convencional, em que a semente é incorporada na camada superficial do solo (MACHADO et al., 2011).

Comumente após a safra de verão ocorre a formação de pastagens para o período de inverno, muitas vezes advinda da sobressemeadura natural das sementes que permaneceram em dormência no solo. Ela também é realizada para obter com antecipação cobertura verde temporária visando preservar melhor o solo. No entanto, a formação de cobertura nestas áreas, geralmente é desuniforme e tardia (SCHEFFER-BASSO et al. 2009). Assim, o estado de plantas adequado de uma lavoura de inverno depende de como é realizado o procedimento da semeadura, processo fundamental para que haja adequada ocupação do espaço para obter um

dossel de plantas mais uniforme, que se beneficie ao máximo dos recursos ambientais e alcance máxima produtividade.

Muitos produtores têm optado pela sobressemeadura em função das vantagens que a técnica pode proporcionar, destacando-se a velocidade e agilidade na sementeira, economia em mão-de-obra, menores tempo e desgaste de equipamentos. Além disso, essa técnica reduz o tempo de exposição do solo e pode reduzir a lixiviação de nutrientes, devido à presença antecipada de cobertura vegetal quando as condições meteorológicas forem favoráveis a cultura subsequente implantada no final do ciclo da cultura antecessora sobressemeada. A sobressemeadura deve ser realizada no estágio R7 da soja, quando as folhas começarem a cair (LEONARDI, 2019). As folhas senescentes cobrirão parcialmente as sementes e formarão um microambiente mais úmido e adequado à germinação, desde que precipitações pluviométricas logo após a sobressemeadura propiciem condições de umidade na camada superficial do solo favoráveis a germinação e estabelecimento inicial normal das plantas. Mesmo assim, ao realizar sobressemeadura geralmente a densidade de sementes que seria utilizada em sementeiras convencionais pode ser insuficiente para obter um estande desejável, principalmente se as condições ambientais para germinação sobre a superfície do solo e o estabelecimento inicial das plantas não forem favoráveis a esse processo.

As informações na literatura que tratam especificamente do processo da sobressemeadura da canola, densidade de sementes a utilizar e momento mais adequado para sua realização, são fatores que, em conjunto com as condições ambientais, podem limitar a utilização desta técnica na implantação das lavouras (LEONARDI, 2019). Portanto, o conhecimento e a adaptação da técnica de sobressemeadura poderá auxiliar na elaboração e aplicação de estratégias de manejo para cultivos dentro de um sistema intensificado de produção de grãos.

A correta escolha da densidade de sementeira deve ser preconizada para atingir a melhor distribuição possível das plantas na área, reduzindo os espaços livres que poderão ser ocupados por plantas daninhas. Assim, a ampliação da área cultivada com canola na região Central, das Missões e do Planalto do Rio Grande do Sul (RS), como uma opção rentável para os produtores rurais, demanda estudos em série visando definir a densidade de plantas ideal para a obtenção do máximo crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da canola, sem exagerar na densidade de sementes, que são de alto custo.

Na busca de respostas e redução de problemas relacionados a essa técnica de implantação antecipada de lavouras de canola, objetivou-se avaliar como densidades de

sementes de canola em sobressemeadura à soja interferem na densidade e altura de plantas, componentes de rendimento e produtividade final de grãos da canola.

### 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Experimentos foram conduzidos na área de campo do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (lat.: 29°42'S; long.: 53°48'O; alt.: 95m) e nos municípios Santa Maria, Cerro Largo e Giruá no Rio Grande do Sul (RS), inclusos em uma área que abrange as coordenadas de lat. de 27°65' à 29°83'S; long. de 52°30' à 57°08'O; alt. de 74 m à 777 m, de clima subtropical úmido (Cfa), conforme classificação de Köppen (KUINCHTNER; BURIOL, 2001). Em Santa Maria o solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, enquanto Cerro Largo e Giruá, apresentam Latossolos Vermelhos, classificados como Distroférico típico, Aluminoférico húmico e Distrófico húmico (STRECK et al., 2008; EMBRAPA, 2013).

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos dos registros das estações meteorológicas automáticas, do 8° DISME/INMET para Santa Maria, RS, e da Universidade Federal Fronteira Sul de Cerro Largo, para Cerro Largo e Giruá, RS. Para o cálculo da evapotranspiração da cultura e do balanço hídrico sequencial diário utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e descrita por Pereira (2005), calculando-se a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Montheith (ALLEN et. al., 1998), e coeficientes de cultura (Kc) conforme adaptado de Allen et al. (1998).

Previamente, foi realizada amostragem do solo das áreas experimentais para análises físicas e químicas e, posteriormente, a elevação da acidez do solo para o pH 6,0 com gesso agrícola antes da semeadura da cultura antecessora (soja). Os nutrientes fósforo (P), potássio (K) enxofre (S) e boro (B), quando em níveis críticos, foram corrigidos durante a semeadura direta da soja, conforme as recomendações para a cultura da soja e da canola (SBCS, 2016). A adubação química de manutenção para a canola foi realizada na sua totalidade em cobertura, de acordo com a análise de solo, seguindo as indicações do manual de adubação e calagem para a cultura da canola (SBCS, 2016).

As cultivares de soja (cultura antecessora) utilizadas foram definidas junto com os produtores de soja, parceiros de cada local. A semeadura da soja ocorreu no período entre 01 de novembro a 15 de dezembro de 2019 e de 2020, com semeadora de plantio direto com fileiras espaçadas a 0,5 m. Após a emergência das plantas de soja, o controle das plantas daninhas foi realizado com o herbicida glifosato, bem como os demais tratos culturais visando o manejo de



insetos e fungos com inseticidas e fungicidas aplicados de acordo com o recomendado para a cultura. Com isso buscou-se obter boa sanidade e índice de área foliar suficiente para proporcionar as melhores condições agronômicas de cobertura pelas folhas senescentes de soja sobre as sementes de canola sobressemeadas.

A sobressemeadura da canola, genótipo Diamond, foi realizada de forma manual, a lanço, quando a cultura da soja atingiu o estágio de desenvolvimento R7, de acordo com a escala Fehr e Caviness (1977), seguindo os resultados encontrados por Leonardi (2019). Assim, a sobressemeadura ocorreu na segunda quinzena de março nos três locais em 2019 e em 11 de fevereiro e 17 de março em 2020 em 2 locais do RS. Experimentos em outros três locais em 2020 foram perdidos devido a condição de estiagem no RS e problemas de logística devido à pandemia de COVID-19. Portanto, nos dois anos, se obteve informações de campo sob 5 diferentes condições micrometeorológicas e de umidade na camada superficial do solo.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. No ano de 2019 foram testadas diferentes densidades de sobressemeadura (DS) de 3,0, 6,0 e 9,0 kg de semente ha<sup>-1</sup>, nos municípios de Santa Maria-RS, Cerro Largo-RS e Giruá-RS, e no ano de 2020 foram semeadas cinco diferentes densidades de sobressemeadura de 3, 4,5, 6, 7,5 e 9,0 kg de semente ha<sup>-1</sup> nos municípios de Cerro Largo-RS e Santa Maria-RS. Além desses, incluiu-se um tratamento de semeadura direta no solo, realizado posteriormente, logo após a colheita da soja em todos os cinco experimentos. Este último constou como um tratamento extra de canola semeada em linhas (espaçadas em 0,5 m entre si), na densidade de 3,0 kg de semente ha<sup>-1</sup>, representando a forma recomendada para a implantação das lavouras de canola no RS, conforme Tomm (2007). As unidades experimentais tiveram área total de 25 m<sup>2</sup> cada (5 x 5 m) e área útil de 16 m<sup>2</sup>.

A contagem de plantas estabelecidas de canola foi realizada após a colheita da soja, especificamente no estágio V4 das plantas de canola, conforme escala de fenologia de Iriarte e Valetti (2008). A colheita da canola ocorreu de forma manual, na maturação fisiológica (grãos com coloração marrom na porção intermediária da inflorescência), colhendo-se, no ano de 2019, todas as plantas em uma área de 1 x 1 m<sup>2</sup>, na parte central da unidade experimental. No ano 2020 foi colhida toda a área útil da parcela (16 m<sup>2</sup>).

Durante o procedimento de trilha manual foram determinados a massa seca de vinte síliqua (M20S), média do número de grãos por síliqua (NS), média do número de síliquis por planta, massa de mil grãos (M1000G) e a produtividade de grãos (PG).

A PG foi determinada a partir da colheita de todas as plantas do gabarito colocado aleatoriamente na parcela e submetidas à trilha. Após serem separados das impurezas, os grãos foram pesados e posteriormente a massa foi convertida para a unidade de kg ha<sup>-1</sup>.

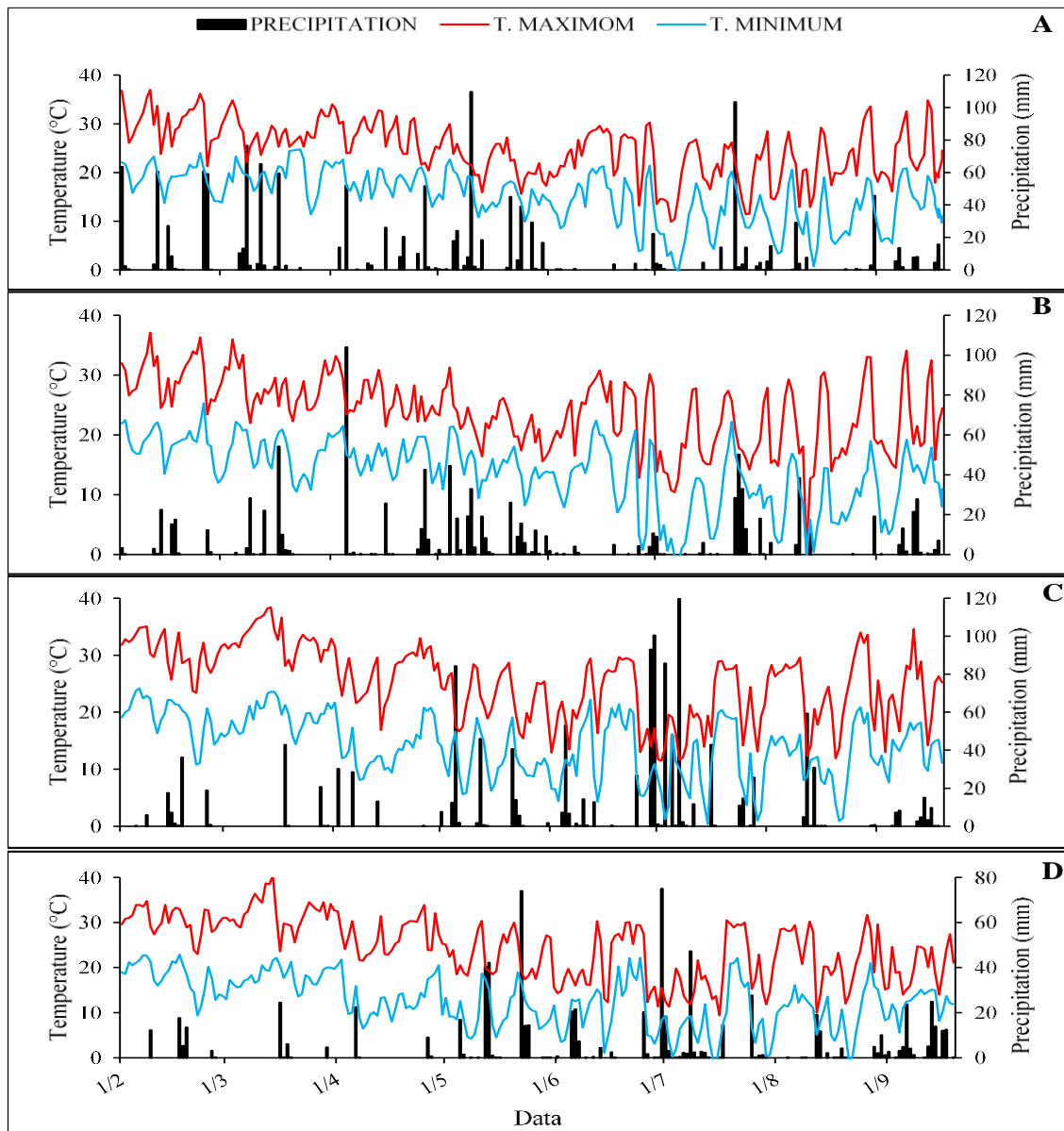
O NS foi determinado a partir da contagem em duas plantas colhidas aleatoriamente por unidade experimental, calculando-se a média entre as duas plantas. O NG foi determinado pela média do número de grãos contabilizado em 20 síliquas. A M20S foi determinada pesando-se 20 síliquas secas em estufa antes da debulha dos grãos, utilizando balança digital de precisão com resolução de três casas decimais (mg). A (M1000G) foi determinada pela pesagem de 4 amostras de 100 grãos e extrapolada a massa de mil grão, com correção da umidade para 10%.

A normalidade dos erros dos dados das variáveis analisadas foi testada pelo teste de Shapiro Wilk e, a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, ambos pelo software Action® 2.5. Os dados então foram submetidos à análise de variância pelo Teste F ( $p < 0,05$ ) com o auxílio do software Sisvar®. Caso significativos, as médias qualitativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2019 as condições meteorológicas durante o período da sobressemeadura até a emergência das plantas não foram favoráveis para o início do ciclo das plantas da canola no experimento localizado em Giruá, RS. A sobressemeadura foi realizada no dia 21 de março de 2019, a semeadura em linha ocorreu logo após a colheita da soja, no dia 02 de abril de 2019, ocorrendo a precipitação pluviométrica de 13,4 mm apenas no dia seguinte (03/04/19) e de 52 mm no dia 05/04/19 (Figura 1), o que garantiu condições plenamente favoráveis para a germinação das sementes e início do estabelecimento das plantas de canola a partir dessa data. Com isso, no experimento de 2019 em Giruá, não houve o esperado ganho de tempo, desejado com o uso da técnica de sobressemeadura, já que em todos os tratamentos a emergência das plantas ocorreu na mesma data, isto é, em 7 de abril de 2019. Situação similar provavelmente ocorreu em Cerro Largo (Figura 1) após o processo de sobressemeadura, que foi realizado na mesma data que em Giruá.

Figura 1 - Temperaturas mínimas ( $T_{min}$ , °C) e máximas diárias do ar ( $T_{máx}$ , °C) e precipitação pluvial (mm) no período compreendido de 01/03 até 19/09 de 2019, em Cerro Largo (A) e Santa Maria (B), de 2020, em Cerro Largo (C) e Santa Maria (D)



Fonte: Estação meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) para Cerro Largo e Giruá; Estação Meteorológica instalada na UFSM pertencente ao 8º DISME/INMET para Santa Maria

O fato da precipitação pluviométrica ter ocorrido apenas 13 dias depois da sementeira e a emergência de plantas ter ocorrido 4 dias após evento de chuva, mostra que a técnica de sementeira requer um planejamento muito rigoroso para que se tenha êxito quando não se realiza irrigação suplementar. A mesma deve, preferencialmente, ser realizada antecedendo precipitações, seguindo informações dos serviços de previsão meteorológica e sem se afastar do estágio fenológico R7 da soja, mesmo que estas sejam apenas

suficientes para umedecer a camada superficial do solo. Em áreas irrigadas, por outro lado, isso não seria problema, sendo possível fazer uma irrigação após a sobressemeadura.

Um ponto importante que deve ser destacado é que, mesmo que seja realizada a sobressemeadura e após não ocorra precipitação, a semente da canola pode resistir no ambiente da superfície do solo, cobertas pelas folhas de soja, por um período e germinar quando as condições de umidade do solo passam a ser mais favoráveis. No presente estudo essas condições foram verificadas com uma precipitação de 13,4 mm, ocorrida 13 dias após a sobressemeadura em Giruá (RS) e em Cerro Largo (RS), no ano de 2019.

A contagem de plantas de canola, não apresentou diferença significativa entre os diferentes tratamentos de densidade de sobressemeadura em Giruá (Tabela 1). O tratamento de 6 kg ha<sup>-1</sup> apresentou a maior densidade média de plantas, a qual foi de apenas 6 plantas por m<sup>2</sup> abaixo da indicada por Tomm (2007) de 40 plantas por m<sup>2</sup> para a cultura da canola no Rio Grande do Sul (RS) e apenas 4 plantas por m<sup>2</sup> abaixo da testemunha, que foi semeada seguindo a recomendação de 3 kg ha<sup>-1</sup> de sementes em de canola em linha após a colheita da soja. Já na densidade de 3 kg ha<sup>-1</sup> em sobressemeadura, foram contadas em média 42% de plantas a menos do que nas contagens de plantas do tratamento testemunha com 3 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no tratamento de 9 kg ha<sup>-1</sup>, o número de plantas contado foi de 32% inferior do que no tratamento testemunha com 3 kg ha<sup>-1</sup>. Os valores de densidade de plantas não apresentaram diferença significativa entre todos os tratamentos, provavelmente devido à alta variabilidade espacial (CV = 39,3%) observada em Giruá, mas os três tratamentos de sobressemeadura ficaram com densidade de plantas numericamente abaixo do recomendado para a cultura da canola no RS.

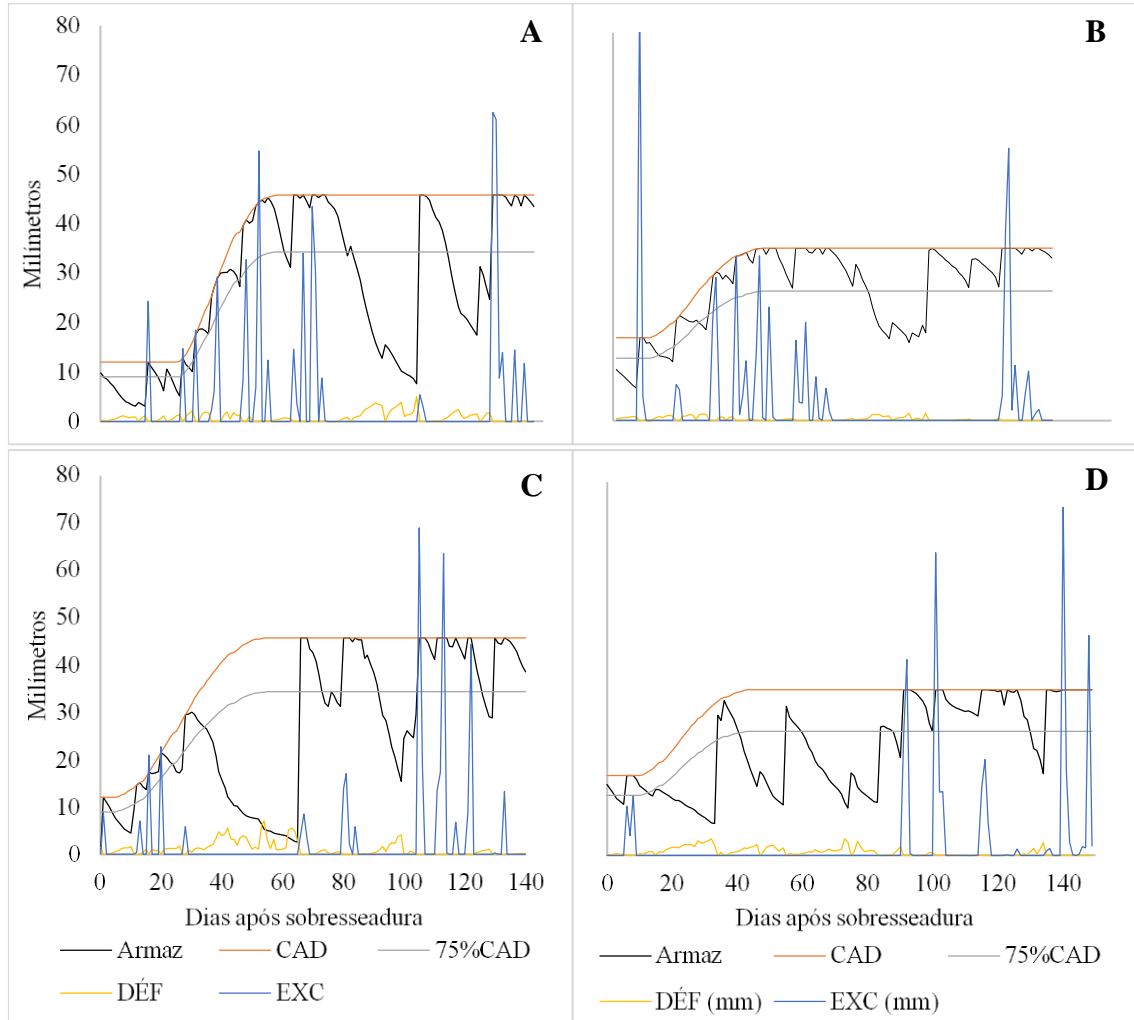
Tabela 1 - Densidade média de plantas de canola no estágio V4 (Dens. pl m<sup>-2</sup>), contabilizadas após a sobresemeadura, para diferentes densidades de sementes de canola sobresemeadas na soja no estágio R7 (SO-R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja no município de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019.

Tratamento	Giruá	Cerro Largo	Santa Maria
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	22,25 ns	14,50 ns	7,50 b
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	34,00 ns	21,00 ns	22,50 a
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	26,00 ns	16,50 ns	29,50 a
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	38,25 ns	20,75 ns	30,25 a
Média	30,1	18,2	22,4
CV (%)	39,29	25,23	26,45

\*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. ns: Médias não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

Em Cerro Largo também não foi verificada diferença significativa de densidade de plantas estabelecidas entre as densidades de sobresemeadura testadas, porém o estabelecimento de plantas foi menor do que em Giruá-RS (Tabela 1), obtendo-se no máximo 52% (tratamentos de 6 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7); testemunha) da densidade de 40 plantas por m<sup>2</sup> desejada e apenas pouco mais de 1/3 da desejada no tratamento de 3 kg ha<sup>-1</sup>, quando em sobresemeadura. Em Santa Maria o tratamento com menor estabelecimento de plantas também foi o de 3 kg ha<sup>-1</sup> em sobresemeadura. Nesse caso, o número de plantas estabelecidas foi significativamente menor do que nos demais tratamentos, sendo as maiores médias obtidas nos tratamentos de 9 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7) e o da testemunha (3 kg ha<sup>-1</sup> (SDL)), com cerca de 75 % de plantas estabelecidas em relação a densidade desejada (40 plantas m<sup>-2</sup>), que não diferiram do uso de 6 kg ha<sup>-1</sup> em sobresemeadura. O que pode explicar a população de plantas abaixo da desejada e a heterogeneidade nos três experimentos de 2019 foi possivelmente, a precipitação pluviométrica insuficiente, e/ou em momento não ideal após a sobresemeadura, o que acarretou déficit hídrico deficiente na camada superficial do solo (Figuras 2A e 2B).

Figura 2 - Armazenamento de água no solo (Armaz), Capacidade armazenamento de água disponível (CAD), 75% CAD – 75% da CAD (75% CAD), Déficit de água no solo (DÉF) e Excesso de água no solo (EXC), em mm, para o ciclo completo da canola nos experimentos de: A - Cerro Largo e Giruá no ano de 2019, B - Santa Maria no ano de 2019, C - Cerro Largo no ano de 2020 e D - Santa Maria no ano de 2020.



Fonte dos dados utilizados: Estação meteorológica principal de Santa Maria do 8º DISME/INMET, instalada na UFSM e estação meteorológica automática da UFFS, *Campus Cerro Largo*, RS.

A massa de 20 siliques (P20S) não diferiu significativamente entre as plantas de canola oriundas dos diferentes tratamentos nos três locais (Tabela 2). O tratamento para o município de Giruá em que se obteve a maior massa média foi o de DS de 6 kg ha<sup>-1</sup> seguido pelos tratamentos de 9 kg ha<sup>-1</sup>, 3 kg ha<sup>-1</sup> na SDL e 3 kg ha<sup>-1</sup>. Em Cerro Largo os valores foram em média 29 % superiores aos de Giruá, mas também sem diferenças significativas entre os tratamentos, sendo a diferença entre os tratamentos de maior valor, em 3 kg ha<sup>-1</sup> (SDL), e menor valor, em 9 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7), com apenas 0,137g diferença. Em Santa Maria os valores de P20S foram em média 40 % maiores que em Giruá, sem diferenças significativas entre os tratamentos. A diferença média entre o tratamento de maior valor, em 9 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7), e menor valor, em 3 kg ha<sup>-1</sup> (SDL), foi pequena (0,349 g), mas de certa forma se mostrou inversa a de Cerro Largo

em relação aos tratamentos, o que permite inferir que qualquer diferença de P20S entre tratamentos é totalmente ao acaso e não houve influência das diferenças de densidade de plantas, verificada em Santa Maria sobre essa variável.

A massa média das síliquis pode ser afetada por estresses ambientais e pela adubação, principalmente a nitrogenada (Kaefer et al. 2014). A massa de 20 síliquis em todos os tratamentos foi mais baixo da ocorrida em Santa Maria devido a ocorrência de geada em 7 de julho de 2019 (Figura 1), que causou danos nos grãos e síliquis em Cerro Largo e, principalmente em Giruá, na região das Missões do RS, quando a canola estava do estágio de enchimento de grãos. A geada causou o congelamento da síliquis (Figura 3A) e, conseqüentemente, a planta provavelmente reduziu drasticamente ou sessou o enchimento de grãos, que ficaram parcialmente chochos (Figura 3B).

Tabela 2 - Média da massa de 20 síliquis (M20S) de canola sobressemeada na soja, quando esta estava no estágio R7 (SO-R7), e de canola semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja, nos municípios de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019.

	Giruá	Cerro Largo	Santa Maria
Tratamento	M20S (g)	M20S (g)	M20S (g)
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1,425 ns	1,910 ns	1,858 ns
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1,482 ns	1,817 ns	1,924 ns
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1,442 ns	1,800 ns	2,207 ns
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	1,428 ns	1,937 ns	2,101 ns
Média	1,4	1,9	2,0
CV (%)	6,38	17,04	23,56

ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro

Figura 3 - A) SÍLIQAS de canola congeladas e grãos danificados por geada, B) SÍLIQAS com enchimento de grãos incompleto devido à danos de geada, C) Lavoura no período de final do enchimento de grãos, em Giruá-RS.



Fonte: Autor (2019)

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para a variável número de síliquis por planta nos três locais (Tabela 3). Esta variável demonstra que as plantas tiveram desenvolvimento semelhante quando comparadas as práticas da sobressemeadura e da semeadura convencional em linhas após a colheita da soja. Em todos os tratamentos, dentro de cada local, as plantas se desenvolveram de forma semelhante, mas em média o NS em Santa Maria foi 28,6% maior que em Giruá e 7,76% maior que em Cerro Largo. Krüger et al. (2011), obtiveram 186 síliquis por planta para a densidades de 40 plantas  $m^{-2}$ , sendo o resultado muito próximo ao encontrado no tratamento de 6  $kg\ ha^{-1}$  (SO-R7) em Giruá.

Tabela 3 - Média do número de síliquis por planta (NS) da canola sobressemeadas na soja no estágio R7 (SO-R7), nas densidades de sementes de 3 a 9  $kg\ ha^{-1}$  e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja nos municípios de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS em 2019.

	Giruá	Cerro Largo	Santa Maria
Tratamento	NS	NS	NS
3 $kg\ ha^{-1}$ (SO-R7)	157,6 ns	130,0 ns	330,2 ns
6 $kg\ ha^{-1}$ (SO-R7)	181,6 ns	118,5 ns	262,0 ns
9 $kg\ ha^{-1}$ (SO-R7)	153,5 ns	130,5 ns	278,7 ns
3 $kg\ ha^{-1}$ (SDL)	120,5 ns	132,0 ns	216,7 ns
Média	153,3	127,7	271,9
CV (%)	19,54	46,08	28,61

ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro

O número de síliquis por planta é afetado pela densidade de plantas e índice de área



foliar (CHAVARRIA, 2011), porém ao confrontar a densidade de plantas com o respectivo NS, não foi possível estabelecer essa relação. Portanto, o maior ou menor NS obtido nos diferentes locais possivelmente foi determinado pelas condições ambientais. O NS é afetado pelas condições meteorológicas durante o subperíodo de plântulas e de botões florais (ZHOU E LIN, 1995), sendo muito afetada pela disponibilidade água no solo (Figuras 2C e 2D).

O número médio de grãos por síliqua (NGS) não apresentou diferenças significativas do fator densidade nos três locais com experimentos em 2019 (Tabela 4). O número de grãos por síliqua está diretamente ligado com a polinização das flores, que pode ser afetada por fatores como condições meteorológicas e atividade efetiva de polinizadores (HALINSKI, 2018), embora 70 a 80 % dos grãos fixados seja decorrente de autopolinização (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2016).

Tabela 4 - Média do número de grãos por síliquis (NGS) da canola sobressemeadas na soja no estágio R7 (SO-R7), nas densidades de sementes de 3 a 9 kg ha<sup>-1</sup> e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019.

	Giruá	Cerro Largo	Santa Maria
Tratamento	NG/S	NG/S	NG/S
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	18,8 ns	16,4 ns	15,6 ns
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	20,8 ns	22,8 ns	16,9 ns
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	20,6 ns	17,1 ns	19,2 ns
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	20,0 ns	14,6 ns	19,2 ns
Média	20,0	17,7	17,7
CV (%)	6,87	31,55	14,55

ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

O fato da sobressemeadura ter valores que não diferiram da testemunha mostra que a polinização ocorreu de forma satisfatória e que a densidade de plantas, em função da densidade de sementes e do processo de semeadura não interferiu no NGS. Mesmo que o NG foi baixo, próximo ao menor valor, dentro da faixa normal para os diferentes genótipos, de 15 a 40 grãos por síliqua (GUIMARÃES et al., 2022), poderia ainda assim proporcionar um potencial produtivo satisfatório, dependendo das condições favoráveis ao enchimento de grãos, o que poderia ser explicado pela M1000G.

Para a variável massa de 1000 grãos (M1000G) não se obteve diferença significativa entre tratamentos para os três locais dos experimentos em 2019. Porém, em Giruá os valores M1000G foram cerca de 50 % menores que em Cerro Largo e Santa Maria, visto que em Giruá as condições micrometeorológicas foram mais favoráveis a danos por geada. Portanto, o menor

peso de 20 sîliquas (P20S) em Giruá, RS (tabela 2) se explica pelo menor enchimento de grãos, devido ao dano mais acentuado por geada em Giruá do que em Cerro Largo e em Santa Maria (tabela 5).

Tabela 5 - Média da massa de 1000 grãos (M1000G, em gramas) da canola sobressemeada na soja no estádio R7 (SO-R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019.

Tratamento	Giruá, RS	Cerro Largo, RS	Santa Maria, RS
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1,207 ns	3,038 ns	3,147 ns
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1,537 ns	3,108 ns	3,340 ns
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1,577 ns	2,937 ns	3,230 ns
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	1,817 ns	2,865 ns	3,027 ns
Média	1,5	2,9	3,1
CV (%)	19,54	28,56	29,99

ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro

Na produtividade de grãos em Giruá não houve diferença significativa entre tratamentos (Tabela 6). Os baixos valores de produtividade nesse experimento (620 a 711 kg ha<sup>-1</sup>) também podem ser atribuídos aos danos causados pela ocorrência de geada quando as plantas se encontravam no estádio de enchimento de grãos (Figura 1), afetando negativamente a M1000G (Tabela 5). O enchimento de grãos foi afetado negativamente e a canola não expressou seu máximo potencial produtivo nesse local.

Tabela 6 - Produtividade média de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) da canola sobressemeada na soja no estádio R7 (SO-R7) e semeada em linhas diretamente no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019.

Tratamento	Giruá	Cerro Largo	Santa Maria
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	647,85 ns	781,06 b	828,06 ns
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	680,72 ns	1262,23 a	1079,69 ns
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	620,26 ns	1564,12 a	825,76 ns
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	711,37 ns	1544,71 a	1062,65 ns
Média	665,0	1288,0	949,0
CV (%)	12,65	26,81	29,48

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

No experimento em Cerro Largo houve diferença significativa dos tratamentos 6 e 9 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7) e 3 kg ha<sup>-1</sup> (SDL), que não diferiram entre si, em relação ao tratamento de 3 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7). Neste município o experimento era localizado na parte alta do relevo em área com formato convexo, menos favorável ao acúmulo ou circulação de ar frio, em uma mesorregião onde as condições para formação de geadas são menos prováveis devido a maior umidade do ar e a proximidade ao rio Ijuí. Assim, a ocorrência de geada provavelmente foi menos intensa, causando menores danos e, conseqüentemente, menor interferência na produtividade. Com isso a produtividade média do experimento em Cerro Largo foi de 1.371 kg ha<sup>-1</sup>, valor próximo da produtividade média no estado do RS para o ano de 2019 que foi de 1359 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019), apesar da densidade média de plantas ter sido apenas de aproximadamente 45,5 % da ideal 40 plantas m<sup>-2</sup>. O tratamento em que se obteve maior valor numérico de produtividade foi o de 9 kg ha<sup>-1</sup> de semente de canola sobressemeada, ou seja, muito semelhante a testemunha semeada em linha após a colheita da soja (3 kg ha<sup>-1</sup> (SDL)). Com média de densidade de apenas 14,5 plantas m<sup>-2</sup>, no tratamento com menos semente em sobressemeadura (3 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7)), em Cerro Largo obteve-se produção de grãos significativamente menor do que nos demais tratamentos.

Por sua vez, em Santa Maria, mesmo com densidade de plantas significativamente menor (média de apenas 7,5 plantas m<sup>-2</sup>), não houve diferença significativa na produtividade de grãos do tratamento 3 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7) em relação aos demais tratamentos. Em valores numéricos, no entanto, nesse tratamento de sobressemeadura foram produzidos 234,6 kg de grãos de canola a menos por hectare do que no tratamento testemunha, semeado no solo após a colheita da soja, o que representa um decréscimo de 22%. Nesse caso, a provável explicação é a maior variabilidade espacial de distribuição das plantas quando se tem baixa densidade (CV = 29,5%).

No ano de 2020, os experimentos instalados nos municípios de Santa Maria e de Cerro Largo, foram afetados pelas condições de déficit hídrico no início do ciclo, em função da estiagem generalizada ocorrida no RS (Figura 1). Além da estiagem, provavelmente as altas temperaturas máximas do ar registradas e a respectiva baixa umidade relativa do ar durante o dia (Figura 1), decorrentes, da antecipação da semeadura para março em Cerro Largo e para fevereiro em Santa Maria em relação a recomendação no zoneamento agroclimático para a canola (MAPA, 2021), também contribuíram para afetar negativamente o estabelecimento das plantas.

Em Santa Maria a maior contagem de plantas estabelecidas de canola após a colheita da soja foi encontrada no tratamento de sobressemeadura com densidade de sementes de 9 kg ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> (SO-R7), alcançando média de 25,4 pl m<sup>-2</sup> (1/3 menor que o número ideal), não diferindo significativamente dos tratamentos 3 kg ha<sup>-1</sup> (SDL), 6kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7) e 7,5 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7) (Tabela 7). Estes 4 tratamentos foram superiores estatisticamente aos com densidades de 3 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7) e 4,5 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7), em que se estabeleceram respectivamente cerca de 52% e 37% plantas a menos do que o tratamento de 9 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7), não diferindo entre si. Verifica-se que, mesmo com a realização de irrigação suplementar deficitária desde a sobressemeadura (total de 12 mm em 5 dias), foi insuficiente para manter a umidade em nível adequado para o estabelecimento inicial da canola (Apêndice A), não sendo possível evitar a redução da densidade inicial de plantas estabelecidas em Santa Maria, RS. Mesmo assim, os resultados obtidos indicam tendência de que, conforme há aumento da quantidade de semente sobressemeada há aumento do número de plantas estabelecidas, apesar do déficit de água na camada superficial do solo (Figuras 2C e 2D).

Tabela 7 - Densidade de plantas de canola (Dp; pl m<sup>-2</sup>) em cultivo implantado por sobressemeadura na soja no estádio R7 (SO-R7) com cinco densidades de semente (3 a 9 kg ha<sup>-1</sup>) e em linhas de semeadura direta no solo após a colheita da soja (3 kg ha<sup>-1</sup> SDL), nos municípios de Santa Maria e Cerro Largo, no ano de 2020.

Tratamento	Dp (pl m <sup>-2</sup> )	
	Santa Maria, RS	Cerro Largo, RS
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	12,25 b	12,25 b
4,5 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	15,87 b	15,25 b
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	20,50 a	22,50 a
7,5 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	21,00 a	16,00 b
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	22,25 a	13,25 b
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	25,37 a	19,25 a
Média	19,5	16,4
CV (%)	37,36	25,19

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

Embora abaixo dos valores recomendados para a cultura da canola, que é de 40 pl m<sup>-2</sup> (TOMM, 2007), os valores de densidade de plantas obtidos em Santa Maria, RS, em 2020 por sobressemeadura da canola na soja ainda poderiam ser considerados satisfatórios, desde que não houvesse grande variabilidade espacial, tendo em vista a capacidade que a canola possui para compensar, em parte, as falhas de plantas estabelecidas, pois apresenta alta plasticidade fenotípica (SCHAEFER, 2021). No entanto, devido ao déficit hídrico e consequente com a menor taxa de crescimento inicial, ocorreram falhas de ocupação do espaço exposto a radiação solar pela área foliar produzida (Apêndice B), o que possivelmente contribuiu para aumentar o CV dessa (Tabela 7) e das demais variáveis avaliadas para Santa Maria nesse ano.

No município de Cerro Largo, as densidades 9 e 6 kg ha<sup>-1</sup> resultaram em maior densidade de plantas estabelecidas (Tabela 7), evidenciando o efeito adverso da precipitação insuficiente para prover a umidade adequada na camada superficial do solo para os processos de germinação e estabelecimento inicial das plantas, sem qualquer irrigação. Dessa forma, infere-se que a técnica de sobressemeadura carece de maior quantidade de sementes para o melhor estabelecimento da cultura sob condições adversas de umidade disponível abaixo da camada de folhas senecidas. Embora nestes dois tratamentos tenham-se obtido as maiores densidades de plantas, estas ficaram muito abaixo do recomendado por Tomm (2007), que sugere buscar distribuição de sementes uniforme que forneça a população de 40 plantas por metro quadrado.

A maior produtividade de grãos no município de Santa Maria em 2020, foi obtida no tratamento com densidade de sobressemeada de 4,5 kg ha<sup>-1</sup>, alcançando-se cerca de 2/3 da produtividade média da canola no Sul do Brasil, apesar de ser conduzido antecipadamente, fora da época recomendada no zoneamento, sob condições regionais de seca e calor excessivo no período dos primeiros 25 dias após a sobressemeadura. Com o tratamento de 6 kg ha<sup>-1</sup>, obteve-se uma produtividade de grãos de 981,6 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 8), não diferindo significativa do tratamento com sobressemeadura de 4,5 kg ha<sup>-1</sup>. Entre os tratamentos de 3, 7,5 e 9 kg ha<sup>-1</sup>, bem como no tratamento de 3 kg ha<sup>-1</sup> semeado em linha após a colheita da soja (SDL), a produtividade obtida foi similar entre si e significativamente menor que nos tratamentos de 4,5 e 6 kg ha<sup>-1</sup> (SO-R7), chegando a uma redução de até 40% na comparação do tratamento de sobressemeadura de 3 kg ha<sup>-1</sup> ao tratamento de 4,5 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 8 - Produtividade média de grãos de canola (kg ha<sup>-1</sup>), obtida por sobressemeadura da canola a soja no estádio R7 (SO - R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja em Santa Maria e Cerro Largo, RS, em 2020.

	Santa Maria	Cerro Largo
Tratamento	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	639,8 b	702,2 ns
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	777,4 b	726,7 ns
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	780,4 b	792,5 ns
7,5 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	829,8 b	748,6 ns
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	981,6 a	734,6 ns
4,5 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	1068,4 a	795,0 ns
Média	846,3	750,0
CV (%)	20,55	21,92

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

No município de Cerro Largo, RS não se obteve diferença significativa de produtividade entre os diferentes tratamentos avaliados em 2020. A diferença entre o menor valor, obtido com 3 kg ha<sup>-1</sup> em SO-R7, para o maior, obtido com 4,5 kg ha<sup>-1</sup> também em SO-R7, foi de apenas 92,8 kg, sendo a média de produtividade grãos de 750 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados corroboram em parte com os resultados obtidos nesse mesmo ano em Santa Maria, RS, provavelmente por quê o déficit hídrico nos primeiros 25 dias após a data da sobressemeadura, incluindo a semeadura em linha no solo após a colheita da soja (Apêndice A), levou a uma redução significativa na densidade de plantas estabelecidas (Tabela 7). Também ocorreu um lento desenvolvimento e crescimento inicial das plantas que conseguiram se estabelecer e se manter vivas até a diminuição do estresse hídrico, o que ocorreu cerca de 35 dias após a sobressemeadura.

A produtividade média de grãos de canola obtida nos tratamentos de 4,5 e 6 Kg ha<sup>-1</sup>, em Santa Maria, ficou abaixo da produtividade média obtida da safra de 2020 no Brasil, que alcançou 1580 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2020), mas pode ser considerada satisfatória, visto que a técnica de sobressemeadura demanda menor custo e menor investimento em máquinas no momento da implantação, principalmente por ser realizada a lanço e o suprimento de nutrientes se resume a aplicação de boro e sulfato de cálcio anterior a semeadura da soja e apenas adubação nitrogenada em cobertura à canola. Além disso, as sobressemeaduras nos dois locais foram realizadas antecipadamente em cerca de um mês em relação ao início da época de semeadura indicada no Zoneamento Agroclimático para a cultura da canola no RS, sendo esperada uma produtividade menor do que a média histórica (DALMAGO et. al., 2008).

Além do menor investimento em adubação e menor custo para a operação de sobressemeadura a lanço em relação a semeadura direta no solo após a colheita da soja, a antecipação de implantação poderá permitir que em dois anos agrícolas se consiga colher cinco safras de grãos ao realizar 5 diferentes cultivos em sucessão/rotação. Nesse sentido, como exemplo dessa opção de intensificação dos sistemas de produção, poderia ser testado realizar semeadura de soja (outubro/ início de novembro) - canola precoce (SDL em final de fevereiro/março) - milho super precoce (agosto) - soja (final dezembro) - trigo (junho). Essa prática é difícil de ser estabelecida em condições normais de cultivo, quando todas as semeaduras das culturas são realizadas só após a colheita das antecessoras.

No caso de produtores que possuem infraestrutura estabelecida para realizar irrigação por aspersão, que garantiria as condições de umidade no solo para o estabelecimento inicial da canola sobressemeada à soja, aumentam as chances de se ter êxito em produtividade na

intensificação do sistema de produção de grãos na propriedade, com grande probabilidade de retorno econômico em todas as safras.

### 3.4 CONCLUSÃO

A densidade de plantas estabelecidas e produtividade grãos de canola alcançada permitem inferir que a densidade de sementes sobressemeadas de 4,5 a 6,0 kg ha<sup>-1</sup>, sob condições favoráveis de umidade na camada superficial do solo, podem resultar em produtividade de grãos similar a semeadura direta em linhas no solo após a colheita da soja.

A técnica da sobressemeadura da canola a soja no estágio R7 ainda carece de aprimoramentos, principalmente a garantia de umidade adequada na camada superficial do solo, para antecipar a implantação antecipada da cultura da canola em condições de clima subtropical úmido no sul Brasil, especialmente se o objetivo for intensificar sistemas de cultivo plurianuais com rotação de culturas.

A técnica de sobressemeadura de canola em soja tem potencial de se tornar uma alternativa viável para cultivo antecipado de inverno.

### 3.5 AGRADECIMENTOS

À CAPES pelas bolsas de doutorado de dois autores (Mateus e Jocélia); ao CNPQ pela bolsa de produtividade em pesquisa de um autor; à EMBRAPA-Trigo, à UFFS-Cerro Largo, à UFFS-Erechim, ao IFFar-São Vicente do Sul e ao IFFar-Santo Ângelo pela parceria institucional; aos produtores rurais engenheiros agrônomos Ari Brum de Giruá, Bronildo José Wenzel de Cerro Largo, RS pela cedência de áreas cultivadas com soja para a implantação de experimentos de sobressemeadura.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, **Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

CANOLA COUNCIL OF CANADA, **The History of Canola**. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/the-history-of-canola/>>. Acesso em 17 de dezembro de 2022.

CHAVARRIA, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200008>.

- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. 1º levantamento, safra 2019/20, Brasília, v. 7, n. 1, 2019.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. 12º levantamento, safra 2019/20, Brasília, v. 1, n. 1, 2020.
- DALMAGO, G. A. et al. Zoneamento agroclimático para a canola no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 74 p. ISSN 1676-4544.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, v. 3, 2013. 342 p. ISBN 978-85-7035-198-2.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Iowa State University. **Cooperative Extension Service Special Report**, v. 80, 1977.
- GUIMARÃES, C. G. et al., Canola no Cerrado: performance de híbridos para incorporação no sistema de cultivo sob irrigação. In: Embrapa Agroenergia-Artigo em anais de congresso. In: Encontro de Pesquisa e Inovação da Embrapa Agroenergia, 6., 2020, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- HALINSKI, R. et al. Influence of wild bee diversity on canola crop yields. **Sociobiology**. v. 65, p. 751–759, 2018.
- IRIARTE, L. B. et al. **Cultivo de Colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA. 2008. 156 p.
- KAEFER, J. E. et al. Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 4, p. 273-280, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000400005>.
- KRÜGER, C. A. M. B. et al. Plant Arrangement in the Expression of Yield Components of Canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1448-1453, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100005>.
- KUINCHTNER, A; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia. Naturais e Tecnológicas**, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509835337>.
- LEONARDI, Mateus. **Produtividade da canola sobressemeada à soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/19617>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.
- MACHADO, L. A. Z. et al. Integração Lavoura-Pecuária Floresta. **Identificação e Implantação de Forrageiras na Integração Lavoura Pecuária** (Documentos, 111). Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 57 p.



MANFRON, A. C. A. et al. Sobressemeadura, uma alternativa entre safras para alimentação animal e palhada, **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 29, n. 172, p. 19-24, 2019.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Portarias: Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de canola, em sistema de cultivo de sequeiro, no Estado do Rio Grande do Sul.** Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rio-grande-do-sul/word/PORTN497CANOLADESEQUEIRORS.pdf>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>.

SBCS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

SCHAEFER, P. E. **Manejo de canola em terras baixas: características do dossel, interceptação da radiação e produtividade de grãos.** 2021. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23379?show=full>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

SCHEFFER-BASSO, S. M. et al. Paspalum e Adesmia: importantes forrageiras dos Campos Sulinos. **Campos Sulinos**, 163 p., 2009.

STRECK et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008, 222 p.

THORNTWHAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatology**, v. 8, n. 1, p. 104, 1955. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p.

ZHOU, W.; LIN, X. Effects of waterlogging at different growth stages on physiological characteristics and seed yield of winter rape (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**, v. 44, n. 2, p. 103-110, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00075-5](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00075-5).

WILSON, M. L. et al. Comparing Methods for Overseeding Winter Rye into Standing Soybean. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2134/age2019.04.0023>.

#### 4 ARTIGO 2 – Impacto da disponibilidade hídrica sobre a germinação e desenvolvimento da canola sobressemeada em casa de vegetação e à campo

**RESUMO:** A sobressemeadura é uma técnica que consiste na distribuição a lanço de sementes da cultura subsequente antes do final do ciclo da cultura antecessora que ainda está no campo em final de desenvolvimento. Este trabalho teve como objetivo avaliar a germinação de sementes de canola sobressemeadas ao solo em vaso em diferentes períodos após o início da drenagem do excesso de água do solo previamente saturado, bem como nas condições de lavoura, em sobressemeadura à soja. Conduziram-se dois experimentos em vaso em casa de vegetação, sendo o 1º de 23/05 a 06/06/2022 e o 2º de 24/10 a 09/11/2022. Nos cinco experimentos a campo a canola foi sobressemeada em 21/03/2019 em Giruá e Cerro Largo, 28/03/2019 em Santa Maria, 11/02/2020 em Cerro Largo e 17/03/2020 em Santa Maria, observando-se a densidade de plantas no estágio V4, 20 dias após a colheita da soja. Nos vasos os nove tratamentos, constando de sete diferentes teores de umidade na camada superficial do solo obtido por um tempo de drenagem decorrido do final da saturação, sendo para isso a saturação do solo realizada aos 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 dias antes da sobressemeadura (SS). Portanto, os teores de umidade do solo são relativos aos tratamentos de tempo de espera para realizar a sobressemeadura (SS) da canola realizada em 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias após o final do encharcamento, além de dois tratamentos referência sem saturação prévia do solo. Nos vasos realizou-se a contagem diária das plantas emergidas até o número contado atingir a mesma contagem do dia anterior. Os tratamentos dos experimentos a campo foram: 3,0; 6,0 e 9,0 kg de sementes ha<sup>-1</sup> sobressemeada (SS) em em 2019 em Santa Maria-RS (SM), Cerro Largo-RS (CL) e Giruá-RS, e em 2020 foram SS 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 kg de sementes ha<sup>-1</sup> forma de SS, sendo incluído também um tratamento testemunha referência de semeadura diretamente no solo com 3,0 kg ha<sup>-1</sup> da forma convencional em linhas espaçadas 0,5 m entre si. Os resultados permitem inferir que a sobressemeadura de canola em soja pode ser realizada preferencialmente desde dois dias antes até dois dias após realizar irrigação ou a ocorrência de precipitações suficientes para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo.

**Palavra-chaves:** *Brassica napus* L. Condição para sobressemeadura. Tempo para semeadura.

## **Impact of water availability on the germination and development of canola over-seeded in the greenhouse and the field**

**ABSTRACT:** Overseeding is a technique that consists of broadcasting seeds from the subsequent crop before the end of the cycle of the predecessor crop that is still in the field at the end of development. The objective of this work was to evaluate the germination of canola seeds sown in potted soil at different times after the beginning of drainage of excess water from the previously saturated soil, as well as under crop conditions, in soybean oversowing. Two greenhouse experiments were conducted, the first from 23-May to 06-Jun of 2022 and the second from 24-Oct to 09-Nov of 2022. In the five field experiments, canola was over-seeded on 21-Mar of 2019 in Giruá and Cerro Largo, 28-Mar of 2019 in Santa Maria, 11-Feb of 2020 in Cerro Largo, and 17-Mar of 2020 in Santa Maria, observing if the density of plants in the V4 stage, 20 days after the soybean harvest. In the vases, the nine treatments, consisting of seven different moisture contents in the superficial layer of the soil obtained by a drainage time elapsed from the end of saturation, being for this the soil saturation carried out at 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 day before sowing (SS). Therefore, the soil moisture contents are relative to the waiting time treatments to carry out the overseeding (SS) of canola carried out at 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days after the end of soaking, in addition to two reference treatments without prior soil saturation. The number of emerged plants was counted daily in the vases until the number counted reached the same count as the previous day. The treatments of the field experiments were: 3.0; 6.0 and 9.0 kg of seeds ha<sup>-1</sup> sown (SS) in 2019 in Santa Maria-RS (SM), Cerro Largo-RS (CL) and Giruá-RS, and in 2020 were SS 3.0; 4.5; 6.0; 7.5 and 9.0 kg of seeds ha<sup>-1</sup> SS form, also including a reference treatment of sowing directly into the soil with 3.0 kg ha<sup>-1</sup> in the conventional way in rows spaced 0.5 m apart. The results allow us to infer that canola oversowing on soybeans can be carried out preferably from two days before to two days after irrigation or the occurrence of sufficient precipitation to raise soil moisture to field capacity.

**Keywords:** *Brassica napus* L. Condition for over-seeded. Time for seeding.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A denominação “canola” é destinada a cultivares da colza inicialmente desenvolvidas no Canadá a partir do melhoramento genético desta espécie oleaginosa da família das Brassicas, nas quais são garantidos que níveis de ácido erúxico e de glucosinolatos nos grãos se apresentem abaixo do nível crítico para a alimentação. Se apresenta como alternativa atraente para os produtores, principalmente por ser uma cultura de inverno, não competindo assim com o principal cultivo anual brasileiro de verão, a soja, e devido ao seu alto valor como commodity que está vinculado ao preço da soja no mercado brasileiro (EMBRAPA, 2016).

Segundo Dossa et al. (2014), o principal fator de entrave ao aumento da área de cultivo da canola no Brasil ainda é o econômico, sendo o custo elevado das sementes, que são importadas de outros países, e dos equipamentos, que são específicos para o uso na cultura da canola, os que contribuem de forma acentuada para abdicar da adoção do seu cultivo. Assim, os produtores ainda preferem optar pela escolha de culturas com as quais já possuem alguma experiência, sem a necessidade de adaptar máquinas, mesmo não sendo as mais indicadas.

Um dos pontos chaves para o sucesso agrônômico e econômico com a cultura da canola é a germinação da semente e o estabelecimento inicial das plantas. Por possuir sementes pequenas, exige muito cuidado em qualquer dos possíveis processos de semeadura para que se tenha um estande adequado de plantas para maximizar a exploração dos recursos ambientais relacionados à produtividade final de grãos (TOMM, 2007). Neste contexto, a germinação das sementes de canola quando são espalhadas pela técnica de sobressemeadura ao solo em cultivos e estará mais sujeita a estresses e à ação mais severa de fatores adversos que podem reduzir sua germinação e o número de plantas estabelecidas.

A germinação das sementes e o estabelecimento inicial das plantas são caracterizados pela emissão das raízes, que apenas se completa quando o teor de água atinge o valor mínimo para que ocorra a ativação dos processos metabólicos promotores do crescimento do eixo embrionário (TAMBELINI; PEREZ, 1998). O processo germinativo depende do movimento que a água realiza através dos tecidos envoltórios da semente e a hidratação das sementes depende diretamente de três fatores, em que podem ser citadas: a diferença do potencial hídrico entre o meio e a semente e depois da radícula; a composição do material de reserva da semente; e a temperatura do ambiente. Esses são os principais fatores que influenciam diretamente a velocidade de embebição e, conseqüentemente, a velocidade de germinação das sementes (BEWLEY; BLACK, 1994).

A resposta germinativa ao estresse hídrico varia consideravelmente entre diferentes espécies de sementes, desde as muito sensíveis até as mais resistentes. Em geral, o estresse hídrico pode reduzir tanto a taxa de germinação quanto a velocidade de germinação (BEWLEY; BLACK, 1994). Ávila et. al. (2007) concluíram que potenciais osmóticos mais negativos resultaram em uma redução significativa tanto na germinação das sementes quanto no crescimento das plântulas. Conforme Medeiros Filho et. al. (2000), uma etapa altamente crítica do ciclo da cultura ocorre durante o período entre a semeadura e o estabelecimento das plântulas. Neste estágio, é comum observar que o número de sementes que germinam em laboratório não é confirmado no campo, o que pode resultar em deficiência de plantas e redução na produtividade. Além disso, em condições de restrição hídrica, o crescimento da parte aérea das plântulas é mais afetado do que o crescimento radicular (SANTOS et. al., 2012).

Nesse contexto, a técnica de sobresemeadura de canola em soja requer maior números de estudos básicos e detalhamentos para que se possa definir melhor quando e com que densidade de semente, para obter os maiores índices germinativos e o estabelecimento inicial das plantas desejado. A canola tem a capacidade de germinar quando sobresemeada na cultura da soja logo após ou pouco antes da ocorrência de precipitações pluviométricas, o que ocorre devido à umidade remanescente retida na camada superficial do solo, ao entrar em contato com a semente que a absorve, dando início ao processo germinativo ou pelo umedecimento proporcionado pela chuva se esta ocorrer logo após a distribuição das sementes (LEONARDI, 2019). Uma questão a ser melhor esclarecida é quanto tempo após a ocorrência de chuva a sobresemeadura ainda pode ser viável para obter o estabelecimento de uma população de plantas de canola suficiente para não afetar negativamente a produtividade de grãos, da mesma forma que definir qual a densidade de sementes a ser utilizada a campo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a germinação de sementes de canola sobresemeadas ao solo em diferentes períodos de tempo após a finalização da saturação do solo em vaso sob condições de casa de vegetação, bem como sob condições de campo sobre soja, quando esta inicia a senescência das folhas.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, localizada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria (SM), situado na Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul (latitude: 29° 43' 23''S, longitude: 53° 43' 15''W e altitude: 95 m). O clima de SM é classificado como do tipo

fundamental Cfa, sendo descrito como “subtropical úmido, sem estação seca definida” (KUINCHTNER; BURIOL, 2001), considerando a classificação climática de Köppen. Foram conduzidos dois períodos experimentais, sendo o primeiro realizado entre 23 de maio a 6 de junho de 2022 e o segundo realizado entre 24 de outubro e 9 de novembro de 2022. A casa de vegetação possuía abertura e fechamento das janelas zenitais e laterais automática, sendo essa abertura programada para ocorrer quando a temperatura interna alcançasse 20 °C. Com um total de duas janelas laterais e duas zenitais, a casa de vegetação possui uma área total de 240,80 m<sup>2</sup>, sendo ocupados 50 m<sup>2</sup> em cada um dos experimentos.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. A metodologia e as avaliações realizadas ao longo dos dois experimentos foram similares. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de 20 L, preenchido com solo fertilizado e com pH corrigido conforme recomendações do manual de adubação e calagem para a cultura da canola no RS e SC (SBCS, 2016). O cultivar empregado nos dois experimentos foi o híbrido de canola Diamond.

Os vasos foram submetidos ao encharcamento total por imersão durante 24 horas para simular uma precipitação que saturou o solo e após foram acondicionados em posição sorteada na casa de vegetação, onde permaneceram drenando o excesso de água e expostos a evaporação de água na superfície do solo do vaso. Assim, para poder proceder a sobressemeadura na mesma data para todos os tratamentos, a cada 24 horas retiravam-se três vasos com solo saturado por imersão e acondicionavam-se outros três vasos, durante um período de sete dias. Obteve-se, assim, 7 tratamentos com diferentes teores de umidade na camada superficial do solo, obtidos pelos diferentes tempos de espera após o encharcamento. Estes corresponderam então aos tratamentos com semeadura da canola realizada em 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias após o final do encharcamento. Além desses sete tratamentos, também foi realizada a semeadura em 3 vasos que eram irrigados com 10 milímetros diariamente até a sobressemeadura e após a sobressemeadura foi aplicada uma lâmina de água de 30 mm, considerado como referência 1 (RSS1), sendo que estes vasos foram mantidos úmidos durante todo o período do experimento, bem como a semeadura de 3 vasos onde não houve nenhuma aplicação de água sete dias antes ou após a semeadura (RSS2). Com isso obteve-se um experimento com 9 tratamentos, 3 repetições e um total de 27 unidades experimentais.

Por estarem previamente armazenadas em câmara seca e fria, as sementes utilizadas não necessitaram superação de dormência, apresentando poder germinativo de 90% em primeira contagem de análise de germinação em laboratório (Apêndice C). A semeadura no primeiro experimento foi realizada no dia 30 de maio de 2022 e no segundo experimento no dia 02 de

novembro de 2022, acondicionando 50 sementes de canola sobre a superfície do solo dos vasos. Foi então realizada a cobertura destas sementes com folhas de soja senescentes para se simular a condição de sobressemeadura da canola em uma lavoura de soja. Após, realizou-se a contagem das plantas emergidas diariamente até que o número de plantas atingisse a mesma contagem do dia anterior.

O monitoramento da umidade relativa (%) e da temperatura do ar (°C) dentro da casa de vegetação foram registradas através da instalação de *dataloggers* ITLOG-90 próximos aos vasos e a radiação solar foi utilizada da Estação Meteorológica instalada na UFSM pertencente ao 8º DISME/INMET para Santa Maria.

Também foram conduzidos cinco experimentos em condições de cultivo a campo nos anos de 2019 e 2020, sendo sobressemeada a canola, genótipo Diamond, lançando-se as sementes de forma manual, sobre a cultura da soja no estágio de desenvolvimento R7 (LEONARDI, 2019), considerando a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977). No ano de 2019 foram testadas as densidades de sementes em sobressemeadura de 3,0; 6,0 e 9,0 kg ha<sup>-1</sup>, nos municípios de Santa Maria-RS, Cerro Largo-RS e Giruá-RS, e no ano de 2020 foram sobressemeadas cinco densidades de sementes (3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 kg ha<sup>-1</sup>) em Cerro Largo-RS e Santa Maria-RS. Em todos cinco experimentos foi incluído um tratamento testemunha (T), na forma semeadura convencional mecanizada direta no solo, realizada posteriormente, logo após a colheita da soja em linhas espaçadas em 0,5 m entre si e densidade de 3,0 kg de semente ha<sup>-1</sup>, tomando como referência a recomendação para a implantação das lavouras de canola no RS. Assim, em cada local instalaram-se as unidades experimentais com área total de 25 m<sup>2</sup> cada (5 x 5 m) e área útil de 16 m<sup>2</sup>, distribuídas no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições

As sobressemeaduras foram realizadas nas datas de 21/03/2019 em Giruá, RS, de 21/03/2019 e 17/03/2020 em Cerro Largo, RS e de 28/03/2019 e 11/02/2020 em Santa Maria, RS.

Para caracterizar as condições hídricas do solo em cada um dos locais durante o período de condução, foram utilizados os balanços hídricos sequenciais diários (BHS), os quais foram calculados seguindo a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e descrita por Pereira (2005), calculando-se a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Motheith (ALLEN et. al., 1998), e coeficientes de cultura (Kc) conforme adaptado de Allen et al. (1998).

Os dados obtidos de densidade de plantas estabelecidas, nos dois estudos, foram então submetidos à análise de variância pelo Teste F ( $p < 0,05$ ) com o auxílio do software Sisvar®. Caso significativos, as médias qualitativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de plantas de canola emergidas diferiram significativamente nos dois experimentos. No primeiro experimento, realizado em maio, os tratamentos em que a semeadura foi realizada 3, 2 e 1 dia após a retirada do excesso hídrico foram os tratamentos nos quais se obtiveram os maiores valores de germinação, sendo superiores a 80% de germinação (Tabela 1) das 50 sementes sobressemeadas. Estes tratamentos também não diferiram do tratamento em que foi realizada a irrigação após a semeadura, em que se obteve 96% de germinação, valor similar ao obtido em laboratório de análises de sementes (Apêndice C e D).

Tabela 1 – Número de plantas de canola emergidas (NPE), contabilizadas no 8º dia após sobressemeadura ao solo em vaso em casa de vegetação, com semeaduras em diferentes períodos após o encharcamento do solo, nos períodos experimentais de 23/05 a 06/06/2022 (Exp. 1) e de 24/10 a 09/11/2022 (Exp. 2) e seus respectivos valores percentuais (% PE), em Santa Maria, RS.

Tratamento	Exp. 1		Exp. 2	
	NPE	% PE	NPE	% PE
Sem irrigação	0,0 e	0,0	0,0 d	0,0
7 dias após Encharcamento	17,3 d	34,6	2,3 d	4,6
6 dias após Encharcamento	21,0 d	42,0	5,3 d	10,6
5 dias após Encharcamento	25,7 c	51,4	8,3 c	16,6
4 dias após Encharcamento	34,0 b	68,0	12,3 c	24,6
3 dias após Encharcamento	41,7 a	83,4	27,0 b	54,0
2 dias após Encharcamento	43,7 a	87,4	30,7 b	61,4
1 dias após Encharcamento	46,7 a	93,4	41,7 a	83,4
Irrigação após semeadura	48,0 a	96,0	44,7 a	89,4
Média	30,9	-	19,1	-
CV (%)	9,60	-	13,28	-

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

No experimento para o tratamento de 1 dia após o excesso hídrico, da mesma forma que com irrigação diária iniciada logo após a sobressemeadura, obtiveram-se valores médios de germinação maiores que o do teste realizado no lote de sementes no laboratório de análise de sementes da UFSM, em que se obteve o valor de 90% de germinação (Apêndice C e D).



Segundo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) 45/2013 (MAPA, 2013), que regulariza as taxas germinativas de sementes no Brasil, pode-se considerar como uma germinação satisfatória para a cultura da canola, quando sementes analisadas que atingem valores superiores a 80 % de germinação. Portanto, pode-se concluir que os tratamentos semeados 3, 2 e 1 dias após a retirada do excesso hídrico e o tratamento que recebeu a irrigação apenas após a semeadura obtiveram valores superiores ao valor mínimo exigido pelo MAPA em laboratório (MAPA, 2013).

Cabe inferir que os tratamentos com sobressemeadura 7, 6, 5, e 4 dias de semeadura após o excesso hídrico em vasos, se fossem realizados a campo, poderiam possibilitar o estabelecimento de estandes de plantas relativamente satisfatórios, mesmo não obtendo os percentuais de germinação preconizados pelo MAPA, principalmente se a densidade de sementes sobressemeadas fosse aumentada proporcionalmente. Além disso, tendo em vista que as sementes de canola que não iniciaram o processo de germinação, podem iniciar esse processo assim que as condições para a germinação se tornassem favoráveis. Estas sementes iniciam o processo germinativo, mas eventualmente com menor capacidade de estabelecimento se não houver mais reposição posterior de umidade na camada superficial do solo.

Leonardi (2019), ao testar a sobressemeadura de canola em soja a campo, verificou que as sementes de canola germinaram após a ocorrência de precipitação 14 dias após a sobressemeadura. Cabe ressaltar que se esse período entre a semeadura até a germinação de todas as sementes viáveis for relativamente longo, pode causar desuniformidade de plantas estabelecidas na lavoura e, conseqüentemente, maiores problemas no momento da colheita por desuniformidade de maturação (KAPPES, 2012). No entanto, devido a capacidade plástica das plantas de canola (KRÜGER et al., 2011; BANDEIRA et al., 2013; GOUVÊA et al., 2019), as plantas emergidas posteriormente tem menor capacidade de competição com as plantas anteriormente emergidas.

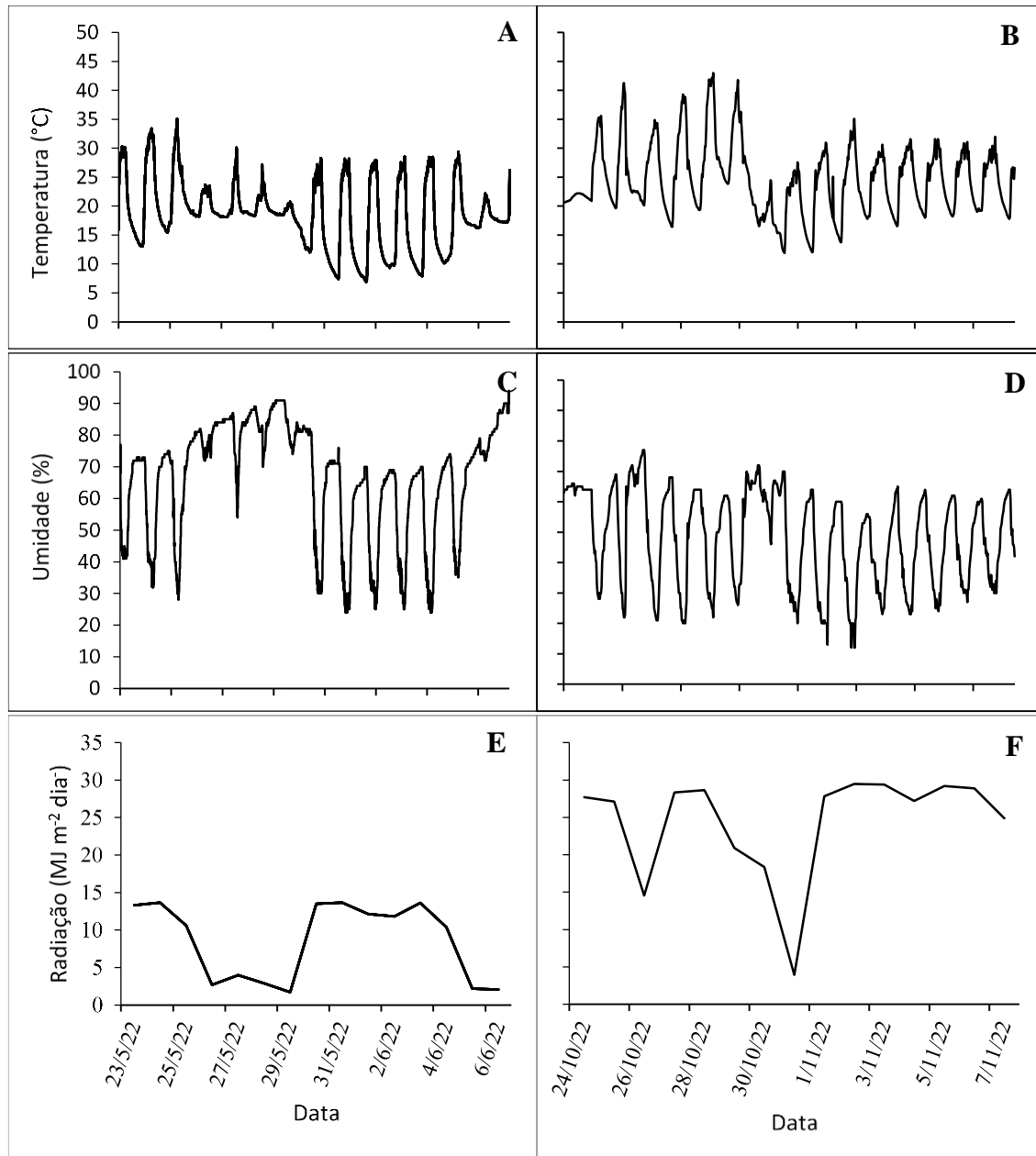
Com uma densidade de cerca de 15 plantas por metro quadrado, correspondente a 38% da ideal recomendada para cultivos no RS (TOMM, 2007), pode-se obter produtividade similar a densidade de 45 plantas por metro quadrado, conforme verificado por Malgarejo et al. (2014), que obtiveram cerca de 1800 kg ha<sup>-1</sup> para essas densidades de plantas. Nesse contexto, pelo menos na época de final de outono, aqui representada pela data de sobressemeadura de 30/05/2022, é possível ter êxito em obter uma densidade plantas satisfatória ao realizar a sobressemeadura 5 a 6 dias após saturação do solo, principalmente se a densidade de sementes de 3 kg ha<sup>-1</sup> recomendada para semeadura convencional (TOMM, 2007) for aumentada para 4 a 6 kg ha<sup>-1</sup>. Isso é possível por quê nessa época do ano geralmente a densidade de fluxo de

radiação solar global, déficit de saturação do ar e, conseqüentemente, a evaporação na superfície de solo úmido são menores do que em março ou abril.

No segundo experimento se obteve valores acima dos 80% de germinação no tratamento em que a sobresemeadura foi realizada 1 dia após a retirada da saturação do solo (Tabela 1), juntamente com o tratamento em que a irrigação foi realizada após a sobresemeadura.

No experimento 2 em vasos apenas nos tratamentos 1 dia após o excesso hídrico e no irrigado após semeadura obtiveram-se contagens maiores que 80%. Essa constatação pode ser explicada pelas diferenças das condições micrometeorológicas na casa de vegetação (Figura 1). A umidade relativa do ar no primeiro experimento no período de 7 dias que antecederam a realização da semeadura se manteve próximo aos 90% e a temperatura média do ar próximo aos 20 °C, enquanto no segundo experimento a umidade relativa do ar variou diariamente entre os valores de 30 a 80% e a temperatura média do mesmo período de 7 dias ficou próxima dos 25 °C. Este fato, aliado a maior disponibilidade de radiação solar em novembro do que em maio, pode ter acarretado maior evaporação da água da camada superficial do solo dos vasos do segundo experimento e com isso a germinação e o estabelecimento inicial de plantas foram menores nos tratamentos do segundo experimento. Portanto, pode-se inferir que as diferenças estão associadas as condições de radiação solar, UR e temperatura do ar, que provavelmente causaram uma evaporação mais acentuada na camada superficial do solo após retirada do excesso d'água, impondo, em menos dias, um ambiente nada favorável à sobrevivência das plântulas.

Figura 1 - Temperaturas do ar (A e B; em °C), umidade relativa do ar (C e D; em %) e radiação solar global (E e F; MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), no período compreendido de 23/05/2022 até 06/06/2022 (A, C e E) no período de 24/10/2022 até 08/11/2022 (B, D e F), dentro da casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da UFSM, em Santa Maria, RS.



Fonte: Autor (2023)

Em estudos com eucalipto, Suiter e Lisbão (1973) verificaram que a absorção de umidade pelas sementes varia com o teor de umidade do ar do ambiente em que estas estavam expostas, sendo a absorção de umidade pelas sementes mais acentuada nos diferentes valores de umidade relativa acima de 60%. Infere-se, dessa forma, que as sementes de canola sobresemeadas a lanço em dossel de plantas de soja com folhas senescentes (estágio R7) tem

condições favoráveis à germinação sobre a superfície úmida de um solo, principalmente se ocorrer chuva ou irrigação logo após a deposição das sementes.

A densidade média de plantas (DP) de canola, obtida como resultado de sobressemeadura à soja a campo nos anos de 2019 e 2020 (Tabela 2), demonstram que não houve diferença significativa no ano de 2019 para experimentos realizados em de Cerro Largo, RS e Giruá, RS.

Tabela 2 – Densidade média de plantas de canola ( $\text{pl m}^{-2}$ ), para diferentes densidades de sementes de canola sobressemeadas na soja no estágio R7 (SO-R7) e semeada diretamente em linhas no solo (SDL) logo após a colheita da soja no município de Giruá, Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2019 e de Cerro Largo e Santa Maria, RS, em 2020.

Tratamento	Giruá 2019	Cerro Largo 2019	Santa Maria 2019	Santa Maria 2020	Cerro Largo 2020
3 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	22,25 ns	14.50 ns	7.50 b*	12,25 b	12,25 b
4,5 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	-	-	-	15,87 b	15,25 b
6 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	34,00 ns	21.00 ns	22.50 a	20,50 a	22,50 a
7,5 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	-	-	-	21,00 a	16,00 b
9 kg ha <sup>-1</sup> (SO-R7)	26,00 ns	16.50 ns	29.50 a	25,37 a	19,25 a
3 kg ha <sup>-1</sup> (SDL)	38,25 ns	20.75 ns	30.25 a	22,25 a	13,25 b
Média	30,12	18.18	22.43	19,53	16,41
CV (%)	39.29	25.23	26.45	37,36	25,19

\*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. ns: Médias não apresentaram diferenças significativas si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

A diferença de densidade de plantas de canola em Cerro Largo em relação a Giruá em 2019 foi de 40%. É possível supor que em Cerro Largo uma parcela das sementes teve maior contato com a superfície do solo e com umidade remanescente no solo, mas tenham absorvido água e iniciado a germinação, não o bastante para completar o processo de gerar uma plântula, não resistindo até ocorrer a precipitação em 03 de abril, diferente de Giruá onde a superfície do solo estava mais seca e o processo germinativo não foi iniciado.

Carvalho e Nakagawa (2000) afirmam que a germinação é um processo irreversível, pode ser considerada como um dos estádios mais críticos durante o ciclo da vida da planta. Borghetti e Ferreira (2004) explicam que após começado o processo germinativo, este não pode ser mais paralisado, apenas a velocidade de germinação pode ser retardada e uma das principais causas deste atraso é a falta de umidade, Braccini et al. (1996) e Moterle et al. (2006) também relataram atraso na germinação de sementes ocasionado pelo déficit hídrico. A velocidade do

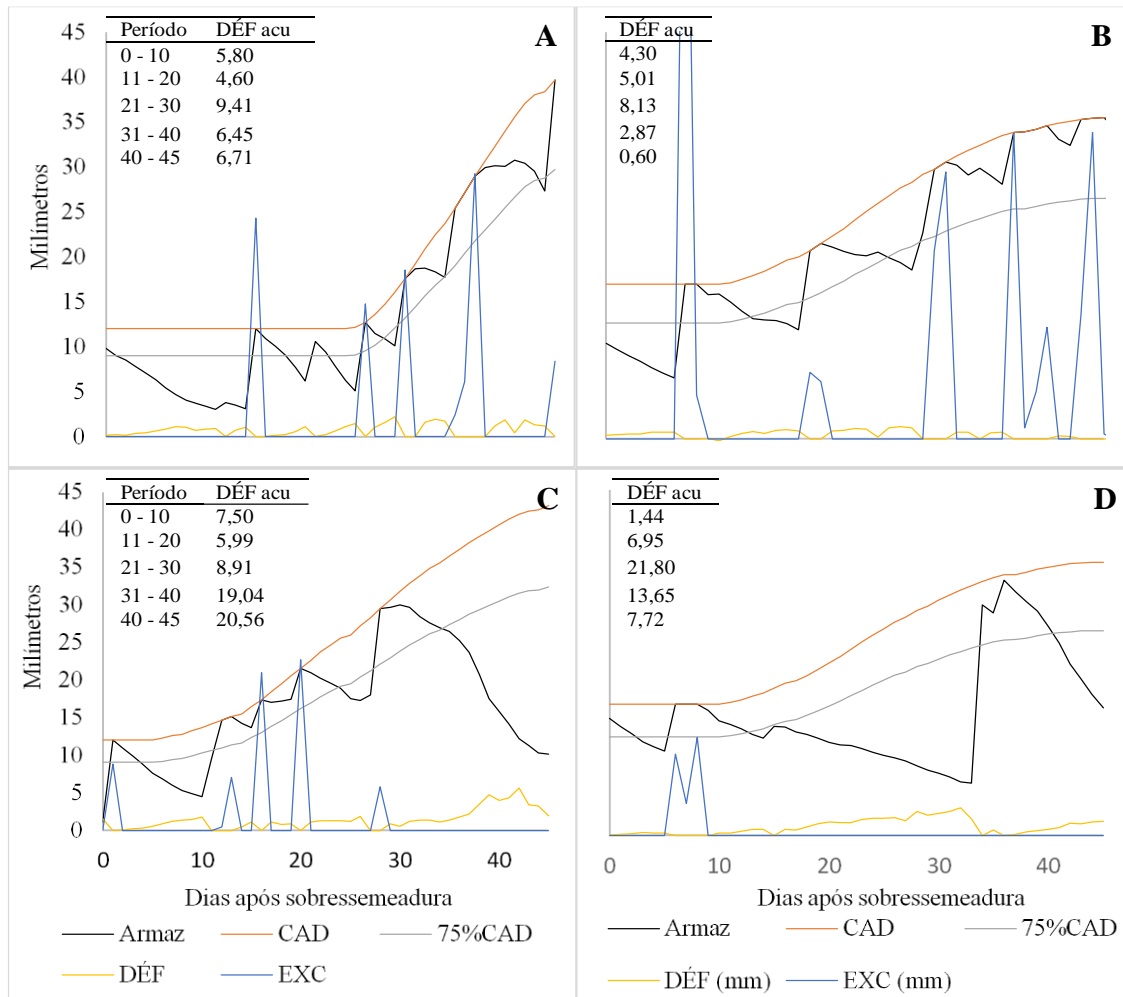
processo germinativo mais lento pode ter exposto as sementes a fatores prejudiciais, como é o caso de fungos presentes no solo, insetos entre outros.

No ano de 2019 apenas o tratamento  $3 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes sobressemeadas se diferenciou para menos dos demais tratamentos no experimento de Santa Maria, RS (Tabela 2). No ano de 2020, os dois tratamentos com menor densidade de sementes em Santa Maria resultaram nas menores medias de plantas estabelecidas, enquanto em Cerro Largo as menores medias de plantas por metro quadrado foram obtidas nos tratamentos de 3,0, 4,5 e  $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 2).

Em 2019, no geral, foram observadas melhores medias de plantas estabelecidas por metro quadrado que no ano de 2020, embora todos os locais ficaram com DP abaixo do recomendado por Tomm (2007) e Chavarria et al. (2011), que é de 40 plantas por  $\text{m}^{-2}$  para a cultura da canola no Rio Grande do Sul (RS).

Ao comparar a disponibilidade de água no solo entre os anos de estudo, verificou-se que no ano de 2019 o déficit hídrico acumulado no período da semeadura até o início do florescimento foi de 33,0 mm em Giruá e Cerro Largo e de 20,9 mm para Santa Maria. No ano de 2020 observou-se que o somatório do déficit hídrico para o mesmo período desde a sobressemeadura até os 45 dias após a SS foi 1,88 vezes maior na cidade de Cerro Largo e de 2,46 vezes maior na cidade de Santa Maria do que em 2019, sendo o somatório do déficit hídrico de 62,0 e 51,6 mm, respectivamente (Figura 2), o que indicou uma condição de forte estiagem.

Figura 2 - Estimativa do balanço hídrico (Armaz – Armazenamento de água no solo, CAD – capacidade de água disponível, 75% CAD – 75% da capacidade de água disponível, DÉF – déficit de água no solo, EXC – Excesso de água no solo para o período da sobressemeadura até 45 dias, próximo ao início do florescimento da canola em: A - Cerro Largo e Giruá no ano de 2019, B - Santa Maria no ano de 2019, C - Cerro Largo no ano de 2020 e D - Santa Maria no ano de 2020.



Fonte

dos dados utilizados: Estação meteorológica principal de Santa Maria do 8º DISME/INMET, instalada na UFSM e estação meteorológica automática da UFFS, Campus Cerro Largo, RS.

Ao considerar o déficit hídrico acumulado até a contagem das plantas no estágio V4, realizado após a colheita da soja, verificou-se que os menores valores de DP podem ter como causa principal a baixa disponibilidade hídrica, principalmente no ano de 2020. Este resultado vai ao encontro do obtido por Santos et al. (2012), de que há influência das disponibilidades hídricas e dos teores de água disponíveis sobre a germinação e o crescimento de plântulas de canola.

A cultura da canola é sensível ao déficit hídrico em todo o ciclo de desenvolvimento. Deste modo durante o seu cultivo é de extrema importância ter cuidado com o manejo correto da umidade do solo, com medidas para que esta não se reduza a níveis críticos para cultura, devido ao fato da umidade do solo estar diretamente ligada ao crescimento do sistema radicular

e da área foliar, favorecendo a permanência das folhas por mais tempo (MENDONZA et al., 2016). Souza et al. (2010) afirmam que a falta de precipitação pode ocasionar a não se obter êxito na germinação, além de causar redução do desenvolvimento da planta e da produção.

#### 4.4 CONCLUSÃO

A sobresemeadura de canola em soja pode ser realizada até três dias após a ocorrência de chuvas que elevem a umidade do solo até sua capacidade de campo, dependendo das condições meteorológicas. No entanto, os melhores resultados de emergência são alcançados quando a sobresemeadura é realizada antes desse período de chuvas, permitindo um tempo adequado para germinação e estabelecimento das plantas.

A canola é uma cultura altamente suscetível ao déficit hídrico na fase de germinação até a início da floração. A falta de água disponível no solo pode resultar em um baixo ou nenhum estande de plantas.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, **Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ÁVILA, M. R. et al. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100014>.

BANDEIRA, T. P.; CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O. Desempenho agrônômico de canola em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p.1332-1341, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000004>.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p. ISBN: 978-1-4899-1002-8.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222. ISBN: 8536303832.

BRACCINI, A. L. et al. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.10-16, 1996.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. FUNEP, Jaboticabal. 2000. 588 p. ISBN: 978-85-7805-090-0.

CHAVARRIA, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200008>.

DOSSA, A. A. et al. O que dificulta o aumento da área de canola no Brasil?. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 1., 2014, Passo Fundo. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 5 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Definição e histórico de Canola**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/definicao.htm>. Acesso: 23 de janeiro de 2023

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Iowa State University. **Cooperative Extension Section Special Report**, v. 80, 1977.

GARCIA, A. et al. **Instalação da lavoura de soja: Época, Cultivares, Espaçamento e População de Plantas**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10 p. (Circular Técnica, 51). ISSN: 1516-7860.

GOUVEA, J. A. et al. A plasticidade de componentes do rendimento de grãos em canola. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE BIODIESEL, 7., 2019, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis, SC: CRBTIB, 2019. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1137726/1/2019-PA-VI-PF-Arranjo-Plasticidade-comp-Gouvea-Resumo.pdf>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

KAPPES, C. et al. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em pré-colheita. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 9-18, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000100002>.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Plant Arrangement in the Expression of Yield Components of Canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1448-1453, 2011.

KUINCHTNER, A; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia. Naturais e Tecnológicas**, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

LEONARDI, Mateus. **Produtividade da canola sobressemeada à soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/19617>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Instrução Normativa Nº 45**, de 17 de setembro de 2013. Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy\\_of\\_INN45de17desetembrode2013.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf)>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

MEDEIROS FILHO, S. et al. Efeito do osmocondicionamento no vigor de sementes de sorgo. **Ciência Agrônoma**, v. 31, n. 1-2, p. 33-42, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300003>.



MELGAREJO, M. A. et al. Características agronômicas da canola em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DA CANOLA, 1, 2014. **Anais** [...], Passo Fundo, RS: Embrapa, 2014.

MENDONÇA, J. A. et al. Canola (*Brassica napus* L.). Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2016. 32 p. (Série Produtor Rural, nº 61). Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/publicacoes-a-venda/serie-produtor-rural?page=1>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

MOTERLE, L. M. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 169-176, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000400008>.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>.

SANTOS, A. et al. Disponibilidades hídricas do substrato na qualidade fisiológica de sementes de canola com diferentes teores de água. **Agrarian**, v. 5, n. 18, p. 356-364, 2012. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1639>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

SBCS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

SOUZA, R. A. F. et al. Produção de grãos de canola em função de épocas de semeadura em dois anos de cultivo. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, **Anais** [...]. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2010, p. 1454-1458.

SUITER FILHO, W.; LISBÃO JUNIOR, L. Influência da Umidade Relativa nas Características Umidade, Germinação, Vigor e Peso Específico das Sementes de *Eucalyptus saligna* SM. IPEF, **Piracicaba**, n. 6, p. 39-53, 1973.

TAMBELINI, M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 226-232, 1998

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatology**, v. 8, n. 1, p. 104, 1955. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois capítulos contemplados nessa tese buscaram esclarecer diferentes dúvidas relacionadas a técnica de sobressemeadura da canola na soja, sendo esta uma alternativa buscada para fomentar a semeadura desta oleaginosa tão importante mundialmente, no Brasil. No Artigo 1, foram geradas informações acerca de qual densidade de sementes em sobressemeadura proporciona os melhores estendes de plantas, bem como a maior produtividade da canola em sobressemeadura.

Os resultados obtidos no Artigo 1 mostram que a técnica de sobressemeadura, quando realizada de forma adequada, não tem influência sobre os componentes de rendimento, mesmo utilizando diferentes densidades de sementes, sendo influenciados pelas condições meteorológicas no período de desenvolvimento da cultura. As variações meteorológicas, principalmente o aumento da temperatura do ar e a diminuição da disponibilidade hídrica, afetam negativamente a fase reprodutiva dos híbridos de canola (ROSA et al., 2022). Tomm et al. (2008) afirmam que as características genéticas próprias de cada híbrido regem o desenvolvimento da cultura e as mesmas respondem de maneira distinta em cada ambiente e condições meteorológicas. Fagundes et al. (2010) colocam que a canola que é cultivada no Brasil são oriundas de híbridos de primavera, apresentado baixa sensibilidade ao fotoperíodo e a fase vegetativa e o florescimento sofrem grandes interferências da temperatura do ar. Edwards e Hertel (2011) concluíram que a uma temperatura do ar de 20 °C a canola emite uma folha nova no período de seis a dez dias, sendo que se a temperatura for elevada, superior ou igual a 27 °C, esse tempo é reduzido para apenas quatro dias, afirmando assim, que a temperatura do ar tem influência direta na duração da fase vegetativa, no florescimento e conseqüentemente na duração do ciclo da cultura.

O experimento realizado em Giruá, RS, em 2019 teve como objetivo avaliar o sucesso da técnica de sobressemeadura de canola. No entanto, as condições meteorológicas durante o período de sobressemeadura não favoreceram a emergência das plantas, pois as chuvas ocorreram apenas 13 dias após a implantação. A emergência das plantas ocorreu quatro dias após a chuva, o que mostra que a técnica de sobressemeadura requer um rigoroso planejamento para ser bem-sucedida. Em Giruá o experimento não apresentou diferença significativa na densidade de plantas entre os diferentes tratamentos de densidade de semeadura, sendo que o tratamento de 6 kg ha<sup>-1</sup> apresentou o maior número de plantas. Em Santa Maria, também para o ano de 2019, o único tratamento que diferiu dos demais foi 3 kg ha<sup>-1</sup>, que obteve os menores valores de densidade de plantas.

Em 2020, os experimentos em Santa Maria e Cerro Largo foram afetados por condições de déficit hídrico devido a uma estiagem generalizada no RS, que também causou temperaturas do ar mais altas e ar mais seco, intensificando as condições que normalmente já ocorrem no período da sobressemeadura realizada em fevereiro para Santa Maria e março em Cerro Largo. Em Santa Maria, a maior contagem de plantas de canola estabelecidas foi encontrada no tratamento de sobressemeadura com densidade de sementes de  $9 \text{ kg ha}^{-1}$ . No entanto, mesmo com irrigação suplementar de 12 mm, houve redução na densidade inicial de plantas e aumento na densidade de sementes levou a um aumento no número de plantas estabelecidas. Em Cerro Largo, os tratamentos que resultaram no maior número de plantas estabelecidas por área foram  $9$  e  $6 \text{ kg ha}^{-1}$ , mas também ficaram abaixo do recomendado de 40 plantas por  $\text{m}^{-2}$ , ideal para a cultura. Portanto, nos anos de 2019 e 2020 todos os tratamentos de sobressemeadura tiveram densidade de plantas abaixo do recomendado para o cultivo de canola no RS, que segundo Tomm (2007) deve ser de 40 por metro quadrado.

De acordo com os resultados apresentados no Artigo 1, as maiores produtividades de grãos de canola obtidas no ano de 2019 foram na densidade de  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  e para o ano de 2020 na densidade de  $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$ . A densidade que resultou em maior produtividade no ano de 2019 foi oriunda da sobressemeadura do dobro da quantidade de semente recomendada para a cultura da canola por Tomm (2007), que é de  $3 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes de canola na semente realizada com semente em linha. Explica que deve ser tomado o devido cuidado com a regulação da semente, visto que no processo de distribuição das sementes podem ocorrer danos, se os equipamentos não forem adequados, devido à baixa quantidade de sementes a ser semeadas e o tamanho da mesma, danos estes que são minimizados pela técnica de sobressemeadura, que é realizado a lanço. No ano de 2020 a maior produtividade foi obtida no tratamento de sobressemeadura de  $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$ , mais próximo do recomendado por Tomm (2007) e abaixo da quantidade de sementes de diferentes espécies de plantas para cobertura do solo recomendada por Pacheco (2008), que em seus estudos recomenda que a quantidade de sementes utilizadas na sobressemeadura deve ser quatro vezes maior que a quantidade utilizada na semente em linha no solo.

No Artigo 2, os resultados obtidos no primeiro experimento em vaso demonstram que os tratamentos semeados 3, 2 e 1 dias após o encharcamento e o tratamento que recebeu irrigação após a semente obtiveram valores de germinação superiores ao mínimo exigido pelo MAPA em laboratório. Tratamentos com semente 7, 6, 5 e 4 dias após o encharcamento em vasos, podem permitir o estabelecimento de estandes de plantas relativamente satisfatórios. No entanto, um período relativamente longo entre a semente e a germinação de todas as

sementes viáveis pode causar um estabelecimento desuniforme das plantas na lavoura, levando a maiores problemas durante a colheita devido ao amadurecimento desigual (KAPPES, 2012). Ao mesmo tempo que, devido à plasticidade das plantas de canola, as plantas emergentes têm menor capacidade de competição com plantas previamente emergidas. Com uma densidade de cerca de 15 plantas por metro quadrado, é possível obter produtividade semelhante à obtida com uma densidade de 45 plantas por metro quadrado (TOMM, 2007; CHAVARRIA et al. 2011). Na segunda data de sobressemeadura em vaso na casa de vegetação, valores acima de 80% de germinação foram obtidos apenas no tratamento onde a sementeira foi realizada um dia após o encharcamento e no tratamento onde a irrigação foi realizada após a sementeira. A diferença entre os experimentos pode ser atribuída diferenças nas condições micrometeorológicas, que foram mais favoráveis no primeiro experimento.

No estudo a campo a densidade média de plantas (DP) da canola estabelecidas por sobressemeadura a soja nos anos de 2019 e 2020 não apresentou diferença significativa em 2019 para os experimentos conduzidos em Cerro Largo, RS, e Giruá, RS. Apenas o tratamento de 3 kg ha<sup>-1</sup> de sementes em Santa Maria foi significativamente menor do que os demais. Em 2020, os dois tratamentos com menor densidade de sementes em Santa Maria resultaram nas menores densidades médias de plantas, enquanto em Cerro Largo, as menores densidades médias de plantas foram obtidas nos tratamentos de 3,0, 4,5 e 7,5 kg ha<sup>-1</sup>. Em geral, em 2019, foram observadas densidades médias de plantas por metro quadrado maiores do que em 2020, embora em todas as localidades ocorresse DP abaixo do recomendado por Tomm (2007) e Chavarria et al. (2011), que é de 40 plantas por m<sup>-2</sup> para canola no Rio Grande do Sul.

Comparando a disponibilidade hídrica do solo entre os anos de estudo, observou-se déficit hídrico em 2019 e 2020, com déficit mais expressivo em 2020, o que pode ter sido a principal causa de menor DP. A canola é sensível ao déficit hídrico ao longo seu ciclo de desenvolvimento e o manejo adequado da umidade do solo é fundamental para o seu cultivo. A falta de chuva pode dificultar a germinação, reduzir o estabelecimento inicial das plantas e afetando negativamente a produção.

Ao analisar os dois estudos, pode ser evidenciado que a técnica de sobressemeadura tem grande potencial para ser utilizada pelo produtor, visto que a mesma pode proporcionar uma produtividade semelhante a produtividade da canola semeada em linha após a colheita da soja. Outro ponto a salientar é que se a canola for sobressemeada em solo sem umidade, as sementes permanecem sobre o solo, por pelo menos 13 dias, até que ocorram condições ideais para a germinação e a quantidade de sementes a ser utilizada no processo de sobressemeadura deve ficar na faixa de 4,5 a 6 kg ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTMANN, N. **Sobressemeadura: aérea de pastagens**. Relatório da Atividade, SINDAG (Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola). 2009.
- BAKHTIARI, Z., SAEEDIPOOR, S., Evaluating the effects of competition among different densities of mallow (*Malva parviflora*) using replacement series method on the yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.). **International Journal of Biosciences**. V. 4, p. 78-86, 2014.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. Ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BLACKSHAW, R. E. et al. Combining agronomic practices and herbicides improves weed management in wheat-canola rotations within zero-tillage production systems. **Weed Science**, v. 53, p. 528-535, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-211R>.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. P. 209-222. ISBN: 8536303832.
- BRACCINI, A. L. et al. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 1, p. 10-16, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000200007>.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA, **The History of Canola**. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/the-history-of-canola/>>. Acesso em 17 de dezembro de 2022.
- CALDWELL, C. **Canola works well in canola-wheat-corn-soybean rotation**. Canola Digest Science Edition. Disponível em: <<https://canoladigest.ca/science-edition-2018/canola-works-well-in-canola-wheat-corn-soybean-rotation/>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p. ISBN: 978-85-7805-090-0.
- CASTRO, A. M. C. e BOARETTO, A. E. Teores e acúmulo de nutrientes em função da população de plantas de canola. **Scientia Agraria**, v. 5, p. 95-101, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v5i1.1103>
- CHAMPOLIVIER, L.; MERRIEN, A. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. oleifera on yield, yield components and seed quality. **European Journal of Agronomy**. v. 5, p. 153–160, 1996. DOI: 10.1016/S1161-0301(96)02004-7.
- CHAVARRIA, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de sementeira. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200008>.

CHENG, L. et al. Study on membrane reactors for biodiesel production by phase behaviors of canola oil methanalysis in batch reactors. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 6663-6668, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.095>.

CHMIELEWSKA, A. et al. Canola/rapeseed protein – nutritional value, functionality and food application: a review. **Critical Reviews In Food Science and Nutrition**. v. 61, n. 22, p. 3836-3856, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1809342>.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. 12º Levantamento, safra 2019/20, Brasília, v. 1, n. 1, 2020.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. 2º Levantamento, Safra de 22/23, Brasília, v. 10, n. 2, 2022.

CONE, J. W.; KENDRICK, R. E. **Photocontrol of seed germination**. In: KENDRICK, R.E.; KRONENBERG, G. H. M. Photomorphogenesis in plants. Dordrecht: M. Nijhoff, p. 187-203, 1986.

CORREIA, N. M.; GOMES, L. J. P. Sobressemeadura de soja com *Urochloa ruziziensis* e a cultura do milho em rotação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p.1017-1026, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100004>

DALMAGO, G. A. et al. Filocrono e número de folhas de canola em diferentes condições ambientais. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 573-581, 2013.

DAUGOVISH, O. et al. Modeling competition between wild oat (*Avena fatua* L.) and yellow mustard or canola. **Weed Science**. V. 51, n.1, p. 102-109, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0102:MCBWOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0102:MCBWOA]2.0.CO;2).

DE MORI, C. et al. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/988475>>. Acesso em: 23 de julho de 2018.

DEMUNER, V. G. et al. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Erythrina verna* (Leguminosae, Papilionoideae). **Museu de Biologia Professor Mello Leitão**, n. 24, p. 101-110, 2008.

EDWARDS, J.; HERTEL, K. **Crescimento e desenvolvimento da canola**. New South Wales: Department of Primary Industries, 2011, 96 p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2013. 342 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Definição e histórico de Canola**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2016. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/definicao.htm>. Acesso em 26 de outubro 2017.

FAGUNDES, J. D. et al. Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, 2010, v. 69, n. 2, p. 449-507. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200030>.

GAZZONI, D. L. et al. Balanço energético da cultura da canola para a produção de biodiesel. **Espaço Energia**, v. 1, n. 11, p. 25–28, 2009.

GULDEN, R. H. et al. The Biology of Canadian Weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, n. 5, p. 951-996, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4141/CJPS07203>.

HARKER, K. N. et al. Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (*Brassica napus*). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 83, p. 433-440, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4141/P02-073>.

HAWKINS, G. P. Et al. Identification of RAPD markers linked to pod length in *Brassica napus* L. canola. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 85, n. 4, p. 803-808, 2005. DOI: <https://doi.org/104141/P04-017>.

HOLMAN, J. D. Et al. Persian darnel (*Lolium persicum*) fecundity response to spring wheat, canola, and sunflower interference. **Weed Technology**, n. 20, p 430 -437, 2006.

HOSSEINI, N.M. et al. **Effects of plant density and nitrogen fertilizer on the competitive ability of canola (*Brassica napus* L.) with weeds**. In: 6<sup>th</sup> EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control 47 Lillehammer, Norway, 8e10 March 2004. European Weed Research Society, Doorwerth, 2004.

KAPPES, C. et al. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em pré-colheita. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 9-18, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000100002>.

KHURANA, E.; SINGH, J. S. Ecology of Seed and Seedling Growth for Conservation and Restoration of Tropical Dry Forest: A Review. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p. 39-52, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892901000042>.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Plant Arrangement in the Expression of Yield Components of Canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1448-1453, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100005>.

LANDERS, J. N. **Tropical crop–livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience**. FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, **Rome**, v. 5, p. 9, 2007.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Washington, 1983. 149 p.

LARA CABEZAS, W. A. R. Sobressemeadura com sementes de milho revestidas no Triângulo Mineiro-MG: estudo preliminar. **Revista Plantio Direto**, v. 13, n. 79, p. 16-18, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100004>.

LEMERLE, D., et al. Seeding rate and cultivar effects on canola (*Brassica napus*) competition with volunteer wheat (*Triticum aestivum*). **Crop Pasture Science**, v. 67, n. 8, p. 857-863, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP16159>.

LEONARDI, Mateus. **Produtividade da canola sobressemeada à soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/19617>>. Acesso em 26 de outubro 2017.

LIU, L. et al. Fine root distributions in oilseed and pulse crops. **Crop Science**, v. 50, n. 1, p. 222-226, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.03.0156>.

MACHADO, L. A. Z. **Sobressemeadura de forrageiras: aumento da disponibilidade de pasto e palha**. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903519/1/ArtigoRPDzago.pdf>>. Acesso em 26 de outubro 2017.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, 1989. 270 p.

MELGAREJO, M. A. et al. Características agronômicas da canola em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 1., 2014, Passo Fundo. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa, 2014. 5 p.

MIKUSINSK, O. M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 103-108. 1987.

NASSIF, S. M. L. et al. **Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes**. Instituto de Pesquisas Estudos Florestais, 1998.

O'DONOVAN, J. T. Canola (*Brassica rapa*) plant density influences tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) interference, biomass, and seed yield. **Weed Science**, v. 42, n. 3, p. 385-389, 1994.

O'DONOVAN, J. T. et al. Crop seeding rate influences the performance of variable herbicide rates in a canola-barley-canola rotation. **Weed Technology**, v.18, p.733-741, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-03-168R>.

PACHECO, L. P. et al. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700005>.

PACHECO, L. P. et al. Emergência e crescimento de plantas de cobertura em função da profundidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 305-314, 2009.

PIRAVI-VANAK, Z. **Cold pressed canola oil**. In: Cold Pressed oils: Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality and Applications, Academic Press, 2020, chapter 38, p. 429-437.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1985. 289 p.



RAMACHANDRAN, S. et al. Oil cakes and their biotechnological applications - A review. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 10, p. 2000-2009, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.08.002>.

RAO, B. V. K. et al. Carbon-based solid acid catalyst from de-oil canola meal for biodiesel production. **Catalysis Communications**, v. 14, n. 1, p. 20-26, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2011.07.011>.

REIS, V. M. et al. Biological nitrogen fixation associated with tropical pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, n. 9, p. 837-844, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1071/PP01079>.

RIGON, C. A. G. et al. Características fenométricas e rendimento de grãos em canola em função de épocas de semeadura. Simpósio Brasileiro de Canola, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 305-312.

ROSA, W. B. et al. Caracteres fenométricos e desempenho agrônômico de canola em diferentes épocas de semeadura. Phenometric characteristics and agronomic performance of canola at different sowing times. **Brazilian Journal of Development**, 2022, v. 8, n. 5, p. 34002-34018. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n5-091>.

ROSO, C. et al. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 28, n. 3, p. 459-467, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000300004>.

SCHAEFER, P. E. **Manejo de canola em terras baixas: características do dossel, interceptação da radiação e produtividade de grãos**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23379?show=full>>. Acesso em 26 de maio 2020.

SHARAFIZADEH, M. et al. **Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity yield of canola hybrid seed (Hyola 401)**. Disponível em: <[http://www.thefreelibrary.com/Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity...-a0304466633](http://www.thefreelibrary.com/Effect+of+planting+date+and+planting+pattern+on+quality+and+quantity...-a0304466633)>. Acesso em 06 de outubro de 2017.

SILVA, J. R. **Produtividade da canola em função das condições agrometeorológicas no Rio Grande do Sul**. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2022. Disponível em: <[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26802/TES\\_PPGAGRONOMIA\\_2022\\_SILVA\\_JOC%C3%89LIA.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26802/TES_PPGAGRONOMIA_2022_SILVA_JOC%C3%89LIA.pdf?sequence=1)>. Acesso em 26 de maio 2020.

THOMAS, P. Canola growers' manual. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <[http://www.canolacouncil.org/canola\\_growers\\_manual.aspx](http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx)>.

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, v. 15, n. 94, p. 4-8, 2006.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p.

TOMM, G. O. et al. **Desempenho de genótipos de canola (*Brassica napus* L.) no Nordeste do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 15 p.

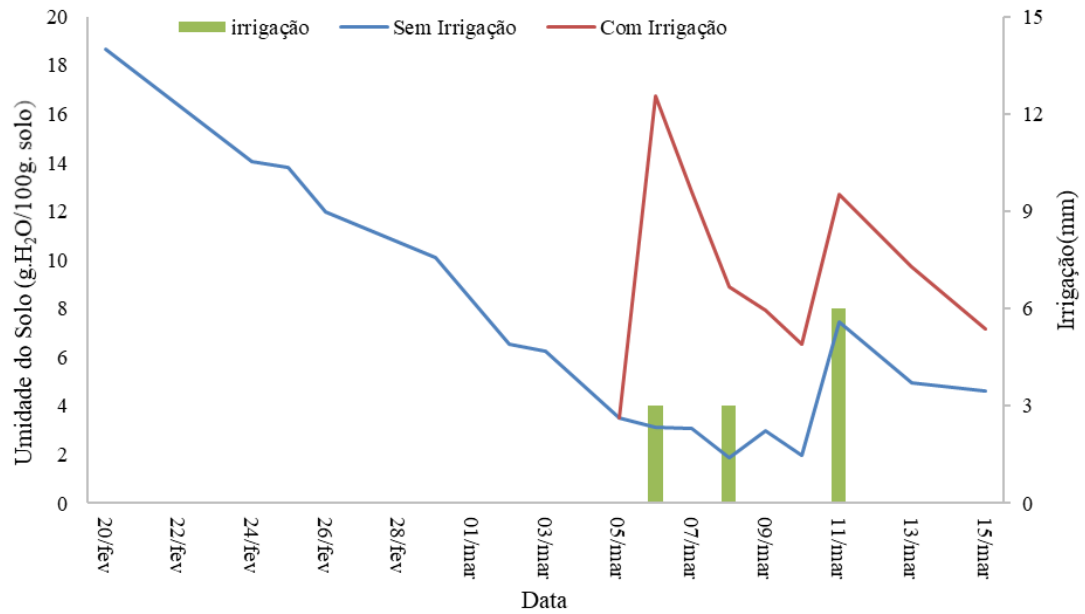
TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009, 41 p.

USDA. **Oilseeds: World markets and trade.** Washington, 2002. 27 p. (Circular series FOP 11-02).

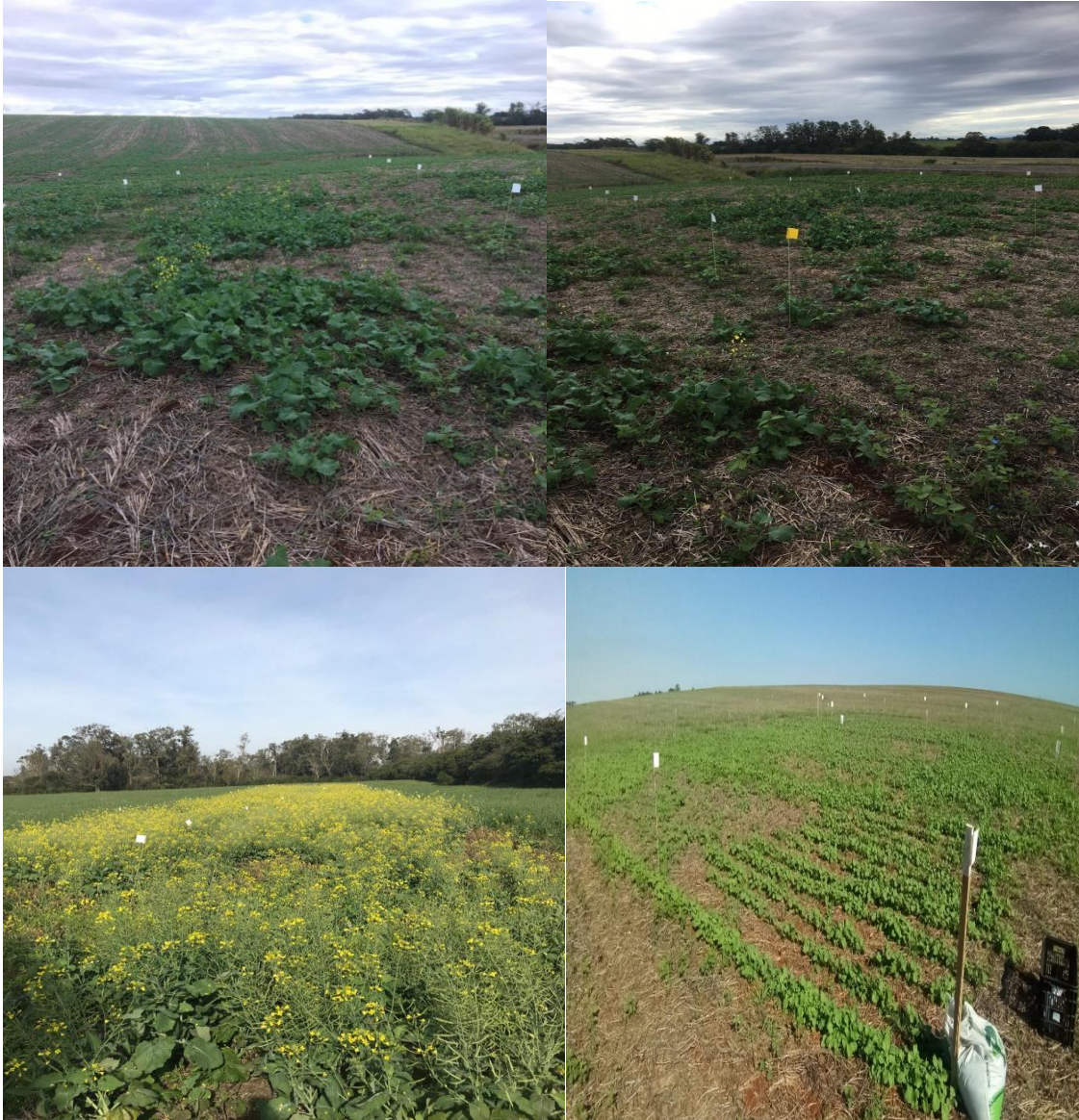
WANG, R. et al. Effect of wide-narrow row arrangement and plant density on yield and radiation use efficiency of mechanized direct-seeded canola in Central China. **Field Crops Research**, v. 172, p. 42-52, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.12.005>.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – UMIDADE DO SOLO ATÉ 4 CM DE PROFUNDIDADE COM E SEM IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA DESDE A SOBRESSEMEADURA DA CANOLA À SOJA NO ESTÁDIO (SO-R7) ATÉ O DIA DE REPOSIÇÃO POR PRECIPITAÇÃO DE 29 MM EM SANTA MARIA, RS EM 2020



**APÊNDICE B - FOTOS DEMONSTRANDO A GRANDE VARIABILIDADE ESPACIAL DE DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS NAS PARCELAS.**



**APÊNDICE C - TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CANOLA,  
REALIZADO NO LABORATÓRIO DE SEMENTES DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA MARIA, COM AMOSTRA DO MESMO LOTE DE SEMENTES QUE  
FORAM UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS**



Universidade Federal de Santa Maria  
Departamento de Fitotecnia  
Laboratório de Análises de Sementes  
RENASEM RS-01089/2006  
Prédio 77 - Campus Universitário - UFSM - (55) 3220-8773  
97105-900 - Santa Maria - RS



Resultado da análise de: **CANOLA (*Brassica napus*)**

Lote:

Requerente: **Arno Bernardo Heldwein**

Endereço: **Departamento de Fitotecnia, UFSM - Santa Maria - RS - CEP: 97105-900**

Data do recebimento da amostra: **27/05/2022**

**RESULTADO DA ANÁLISE - VIGOR**

Nº da Amostra	556/2022
Primeira Contagem da Germinação (%)	90
Envelhecimento Acelerado (%)	- N -
Teste de Frio (%)	- N -
Teste de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	- N -

OBSERVAÇÕES:

- 0 -

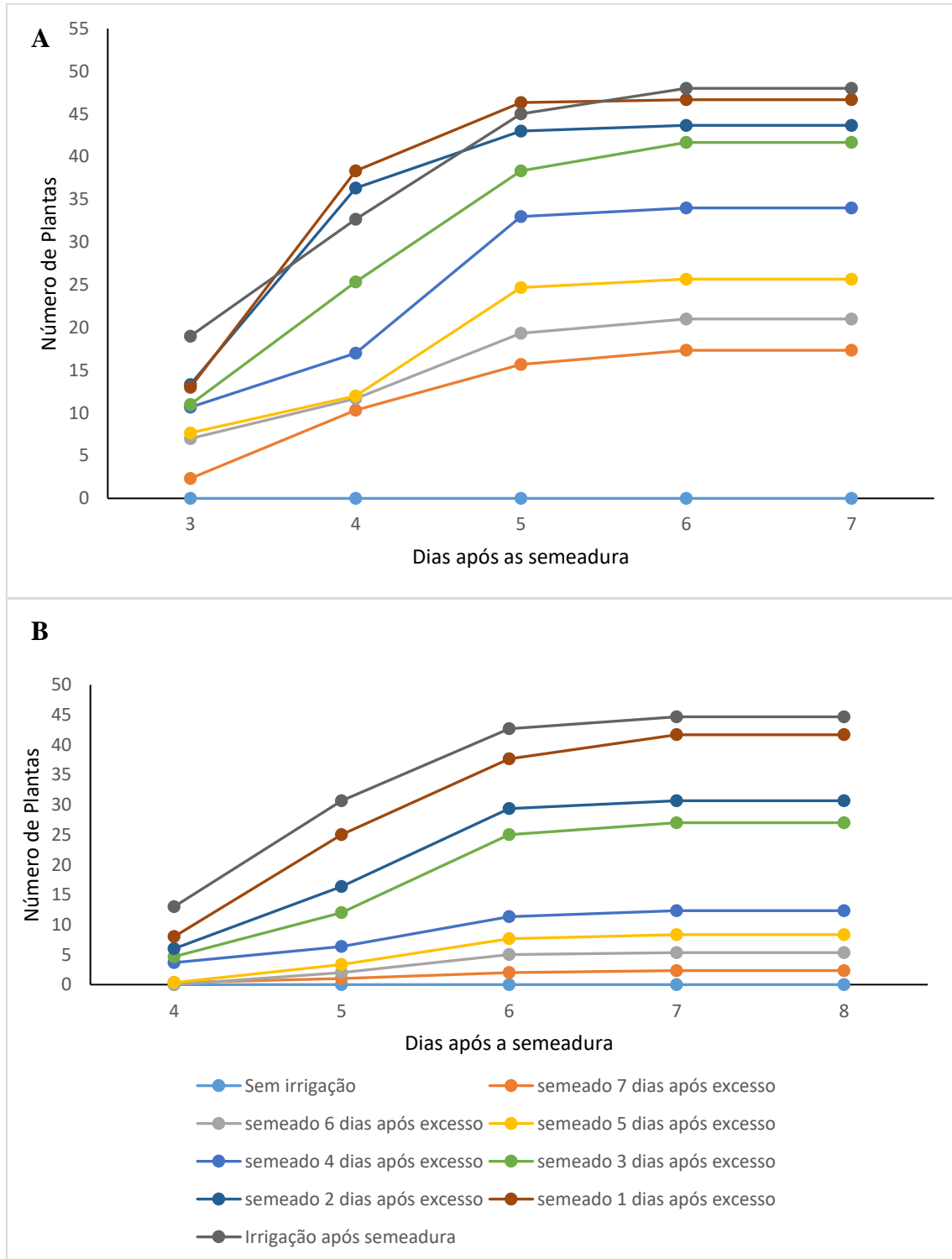
Santa Maria, sexta-feira, 3 de junho de 2022

Assinado digitalmente por NILSON MATHEUS MATTIONI  
RENASEM RS-01884/2010 CREA RS 162494  
Data: 03/06/2022 10:50:27

F3-0A-4F-A4-05-78-F8-F6-0D-F4-8B-FD-F1-91-D3-3C

Para autenticar, acesse [www.ufsm.br/sementes](http://www.ufsm.br/sementes), em "Autenticar" informe a sequência acima.

**APÊNDICE D – EVOLUÇÃO DA CONTAGEM DO NÚMERO MÉDIO DE PLANTAS NO EXPERIMENTO, A SOBRESSEMEADO NO DIA 30 DE MAIO DE 2022 E B SOBRESSEMEADO NO DIA 02 DE NOVEMBRO DE 2022, EM CASA DE VEGETAÇÃO APÓS DIFERENTES PERÍODOS DO ENCHARCAMENTO DO SOLO, EM SANTA MARIA, RS, EM 2022.**



**APÊNDICE E - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PELO TESTE DE REGRESSÃO, PARA AS VARIÁVEIS DENSIDADE MÉDIA DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE RELATIVO A DOSES DE SEMENTE EM SOBRESSEADURA NO ANO DE 2020 EM CERRO LARGO, RS, 2023.**

FV	DENSIDADE MÉDIA DE PLANTAS				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
DOSE	4	247,700	61,925	3,343	0,0466 *
BLOCO	3	68,950	28,983	1,241	0,3381 ns
Erro	12	222,300	18,525		
Total corrigido	19	538,950			
CV (%)	25,24			Número de observações:20	
Média geral	17,05				
FV	PRODUTIVIDADE				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
DOSE	3	18909,856	4727,464	0,157	0,9560 ns
BLOCO	4	16793,856	5597,764	0,186	0,9038 ns
Erro	12	360874,057	30072,838		
Total corrigido	19	396577,207			
CV (%)	23,39			Número de observações:20	
Média geral	741,48				

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio do erro; Fc = Fator calculado; Pr > Fc = P valor; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE F - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PELO TESTE DE REGRESSÃO, PARA AS VARIÁVEIS DENSIDADE MÉDIA DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE RELATIVO A DOSES DE SEMENTE EM SOBRESSEADURA NO ANO DE 2020 EM SANTA MARIA, RS, 2023.**

FV	DENSIDADE MÉDIA DE PLANTAS				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
DOSE	4	857,750	214,437	4,237	0,0083 *
BLOCO	7	1456,700	208,100	4,237	0,0032 *
Erro	20	1417050	50,608		
Total corrigido	39	3731,500			
CV (%)	36,96			Número de observações:40	
Média geral	19,25				
FV	PRODUTIVIDADE				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
DOSE	4	686845,329	171711,332	4,251	0,0119 *
BLOCO	5	329855,329	65971	1,633	0,1971 ns
Erro	20	807931,233	40396,561		
Total corrigido	19	538,950			
CV (%)	23,39			Número de observações:30	
Média geral	741,48				

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio do erro; Fc = Fator calculado; Pr > Fc = P valor; CV = coeficiente de variação