

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

Leidiana da Rocha

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE  
CANOLA EM SOLO COM EXCESSO HÍDRICO NATURAL**

Santa Maria, RS  
2018

**Leidiana da Rocha**

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CANOLA EM  
SOLO COM EXCESSO HÍDRICO NATURAL**

Dissertação 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 **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS  
2018

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.

da Rocha, Leidiana  
CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE  
CANOLA EM SOLO COM EXCESSO HÍDRICO NATURAL / Leidiana  
da Rocha.- 2018.  
90 p. ; 30 cm

Orientador: Arno Bernardo Heldwein  
Coorientador: Evandro Zanini Righi  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2018

1. Brassica napus L. 2. Planossolos 3. Drenagem  
superficial 4. Produtividade I. Heldwein, Arno Bernardo  
II. Righi, Evandro Zanini III. Título.

---

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Leidiana da Rocha. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: leidi-r1@hotmail.com

**Leidiana da Rocha**

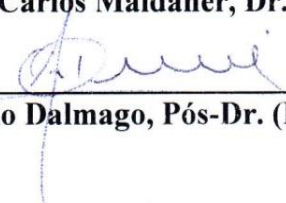
**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CANOLA EM SOLO COM EXCESSO HÍDRICO NATURAL**

Dissertação 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 **Mestre em Agronomia**.

**Aprovado em 23 de fevereiro de 2018:**

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

  
\_\_\_\_\_  
**Ivan Carlos Maldaner, Dr. (IFFar)**

  
\_\_\_\_\_  
**Genei Antonio Dalmago, Pós-Dr. (Embrapa Trigo)**

Santa Maria, RS  
2018

## DEDICATÓRIA

*A toda minha família, especialmente aos meus pais Alveri e Ofélia, os quais me proporcionaram tudo para que esta etapa da minha vida fosse concluída. Dedico também ao Professor Evandro Zanini Righi “In Memoriam”, e agradeço por todo apoio e orientação, tanto pessoal quanto acadêmica, tornando-se um exemplo de pessoa batalhadora que levarei por toda a vida. Gratidão Professor, saudades eternas.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida e a oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

Aos meus pais Alveri L. da Rocha e Ofélia T. Faccin da Rocha, que sempre me incentivaram e batalharam para que pudesse me oferecer um futuro melhor, apoiando nas minhas decisões.

Aos meus irmãos e à toda a minha família pelo apoio, compreensão e amor.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de aprendizado durante o curso de Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos, possibilitando dedicação integral a realização desse trabalho.

Ao professor Evandro Zanini Righi (*in memoriam*), pela orientação, ensinamento, confiança e contribuição para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao professor Arno Bernardo Heldwein, pela paciência e por ter assumido minha orientação neste trabalho, exemplo de profissional e ser humano.

Ao professor Astor Henrique Nied, e à EMBRAPA Trigo Passo Fundo pelo auxílio e colaboração.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pela ajuda nos trabalhos de campo.

Aos colegas e amigos do Setor de Agrometeorologia do Departamento de Fitotecnia da UFSM, Adriana Amarante, Daniella Salvadé, Cadmo O. J. G. dos Santos, Gabriel Brixner, Silvane I. Brand, Mateus Bortoluzzi, Andressa Puhl, Alessandra Wezs, Samuel Kovaleski, Junior C. Somavilla, Jocélia Rosa, Mateus Leonardi, Edinei F. da Rocha, Bruno O. Milanese pela amizade, auxílio na condução dos experimentos e pelos momentos de descontração.

A minha amiga, Francilene Tartaglia, que mesmo longe, sempre esteve à disposição para me ajudar.

Aos meus amigos em geral, pela amizade, apoio e momentos de descontração durante a realização desse trabalho.

Meu muito obrigado!

## EPÍGRAFE

*“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade a qual seu futuro trabalho pertencer.”*

(Albert Einstein)

## RESUMO

### CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CANOLA EM SOLO COM EXCESSO HÍDRICO NATURAL

AUTORA: Leidiana da Rocha  
ORIENTADOR: Arno Bernardo Heldwein

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de genótipos de canola, cultivados em solo que apresenta baixa drenagem natural. O estudo foi realizado nos anos agrícolas de 2016 e 2017, no campo experimental da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Utilizou-se o delineamento blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 2 x 4, sendo os fatores, drenagem superficial do solo (com e sem uso de drenos) e híbridos de canola (Hyola 433, Hyola 76, Alht B4 e Diamond), com quatro repetições. Determinou-se a altura de plantas, número de folhas, área foliar, duração dos subperíodos e do ciclo de desenvolvimento das plantas, condutância estomática foliar, taxa fotossintética, componentes de rendimento de grãos, produtividade, teor de óleo e de proteína dos grãos. Verificou-se que o excesso hídrico no solo provocou redução da população, da altura, da área foliar e da massa seca da parte aérea e das raízes das plantas de canola. O uso de drenos diminuiu os efeitos adversos do excesso hídrico, possibilitando um melhor estabelecimento, crescimento e desenvolvimento das plantas. O excesso hídrico mais alto decorrente da ausência de drenos afetou negativamente o desenvolvimento da canola, aumentando a soma térmica necessária para completar os subperíodos de S-E, E-IF e encurtando o subperíodo de enchimento dos grãos. Os componentes de rendimento mais afetados pelo excesso hídrico decorrente da ausência de drenos foram o número de síliquas por planta e a massa seca das síliquas, mas a variável mais determinante da produtividade de grãos de genótipos de canola em locais com excesso hídrico foi o número de grãos por síliqua. A baixa disponibilidade de radiação solar no final da fase reprodutiva atrasou a maturação dos grãos e prolongou esse subperíodo. A diminuição do excesso hídrico pela utilização de drenos diminuiu seus efeitos adversos na taxa de fotossíntese, na condutância estomática das plantas e na produtividade de grãos da canola. O híbrido Diamond pode ser considerado um material genético promissor a ser cultivado nos locais com excesso hídrico, desde que pelo menos se utilizem drenos superficiais.

**Palavras-chave:** *Brassica napus* L. Planossolos. Drenagem superficial. Produtividade.



## ABSTRACT

### GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF CANOLA IN SOIL WITH NATURAL WATER SURPLUS

AUTHOR: Leidiana da Rocha  
ADVISOR: Arno Bernardo Heldwein

This work aimed to evaluate the growth, development and productivity of canola genotypes grown in soil that presents poor natural drainage. The study was carried out in the years 2016 and 2017 in the farming field at the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil. A random block design was used, with plots subdivided in factorial scheme 2 x 4, being the factors, soil drainage (with and without use of drains) and canola hybrids (Hyola 433, Hyola 76, Alht B4 and Diamond), with four replications. It was assessed the height, number of leaves and leaf area of plants, sub-periods and total crop cycle, stomatal conductance, leaf photosynthetic rate, yield components, productivity, and grain oil and protein content. Soil water surplus causes reduction of plant population, height, leaf area and dry mass of shoots and roots of canola. The use of drains decreases adverse effects of water surplus, allowing a better establishment, growth and development of plants. The higher water surplus resulted from the absence of drains, affects negatively the development of canola, increasing the thermal time needed to complete the S-E, and E-IF sub-periods and shortening the grain filling sub-period. The most affected yield components by water surplus due to the absence of drains are the number of siliques per plant and the dry mass of the siliques, but the most determinant variable of grain productivity is the number of grains per silique. The low availability of solar radiation at the end of the reproductive phase slows the maturation of grain and extends this sub-period. Reducing the water surplus by the use of drains decreases its adverse effects on the plant photosynthetic rate and stomatal conductance and grain productivity of canola. The “Diamond” hybrid can be considered a promising genetic material to be grown in areas with water surplus, since surface drains are used.

**Keywords:** *Brassica napus* L. Planossoils. Surface drainage. Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Vista frontal (A) de uma unidade experimental no tratamento com solo drenado e vista lateral (B) do experimento com o tratamento sem o uso de drenos, em um Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico. Santa Maria – RS, 2018..... 22
- Figura 2 – Principais estádios fenológicos avaliados a campo nos anos de 2016 e 2017, em Santa Maria, RS: A: semeadura (S); B: emergência (E); C: início da formação de roseta (IFR); D: surgimento do botão floral (SBF); E: alongação do botão floral (EBF); F: início da floração (IF); G: plena floração (PF); H: final da floração (FF) e I: colheita (C). Santa Maria – RS, 2018. .... 28
- Figura 3 - Temperatura máxima mensal do ar ( $T_{m\acute{a}x}$ , A), temperatura mínima mensal do ar ( $T_{m\acute{i}n}$ , B) na área experimental, no período de maio a outubro 2016 e de abril a outubro de 2017 e respectivas temperaturas do ar normais (N) de 1961 a 1990, na área experimental. Santa Maria – RS, 2018..... 32
- Figura 4- Chuva total mensal de maio a outubro de 2016 e de abril a outubro de 2017 e as respectivas normais de 1961 a 1990 na área experimental. Santa Maria – RS, 2018. .... 34
- Figura 5- Radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ , MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) e temperatura máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ , °C) e mínima do ar ( $T_{m\acute{i}n}$ , °C) ocorridas durante os subperíodos do ciclo de desenvolvimento da canola (I: semeadura-emergência; II: emergência-início da floração; III: início da floração-final da floração e IV: final da floração-colheita), nos anos agrícolas de 2016 (A) e 2017 (B), em função dos meses do ano. Santa Maria – RS, 2018. .... 36
- Figura 6 – Armazenamento de água diário em função do balanço hídrico sequencial diário durante o período de 24/05/2016 até 11/10/2016 (A) e durante o período de 13/04/2017 a 02/10/2017 (B) para um Argissolo Vermelho distrófico arênico cultivado com canola. Santa Maria, RS, 2018..... 37
- Figura 7 – Correlação entre a massa seca total de raízes (MSR, g) e a área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) de plantas de canola cultivadas em solo com excesso hídrico no ano agrícola de 2016. Santa Maria – RS, 2018..... 42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Altura média de planta (AP, cm), número de folhas por planta (NF) e área foliar (AF, cm <sup>2</sup> pl <sup>-1</sup> ) de canola em função de presença ou não de drenos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.....	39
Tabela 2 – Altura média de planta (AP, cm), número de folhas por planta (NF) e área foliar (AF, cm <sup>2</sup> ) de quatro genótipos de canola, em dois anos agrícolas, 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	40
Tabela 3 - Massa seca de raízes (MSR, g planta <sup>-1</sup> ), em função de diferentes genótipos de canola e da presença ou não de drenos, no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018. ....	41
Tabela 4 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia), dos subperíodos de desenvolvimento semeadura – emergência (S-E) e emergência-início da floração (E-IF), de quatro diferentes genótipos de canola nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, 2018. ....	43
Tabela 5 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia) dos subperíodos de desenvolvimento entre semeadura – emergência (S-E) e emergência-início da floração (E-IF) da canola, em função de diferentes condições hídricas do solo decorrentes do uso ou não de drenos no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018.....	44
Tabela 6 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia), do subperíodo de desenvolvimento início da floração-final da floração (IF-FF) de quatro genótipos de canola, nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.....	45
Tabela 7 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia), do subperíodo de desenvolvimento final da floração - colheita (FF-C), em função de dreno e híbridos de canola nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.....	46
Tabela 8 – Duração, em soma térmica acumulada total (STa total; °C dia) no ciclo de desenvolvimento (semeadura-colheita) de quatro híbridos de canola em função do uso ou não de drenos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.....	47
Tabela 9 - Taxa fotossintética (TF, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) das plantas da canola em função de drenos e de genótipos aos 59, 65 e 66 dias após a semeadura no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018. ....	48
Tabela 10 - Taxa fotossintética (TF, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) aos 79 dias após a semeadura (DAS) e condutância estomática foliar (CE, mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) aos 59, 66 e 76 DAS da cultura da canola em função de dreno ou não do excesso de água na camada superficial do solo, no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.....	49
Tabela 11 - Condutância estomática foliar (CE, mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) da cultura da canola em função diferentes genótipos aos 59 dias após a emergência (DAS), no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.....	50
Tabela 12 - Taxa fotossintética (TF, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) de quatro diferentes genótipos de canola aos 91, 97 e 104 dias após a emergência (DAS), no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	51

Tabela 13 - Condutância estomática foliar (CE, mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) aos 91 DAS e taxa fotossintética (TF, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) aos 104 e 131 dias após a semeadura (DAS) da cultura da canola, em função de drenos, no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	51
Tabela 14 - Condutância estomática foliar (CE, mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) da cultura da canola em função diferentes genótipos aos 91, 96 e 97 dias após a semeadura (DAS), no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	52
Tabela 15 - Massa seca da parte aérea (MSPA, g planta <sup>-1</sup> ), número de siliques por planta (NS) e massa de 20 siliques (M20S) de canola em função da presença ou não de drenos, nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	53
Tabela 16 - Média do número de siliques por planta (NS), em função presença ou não de drenos, para quatro diferentes genótipos de canola no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	54
Tabela 17 - Massa seca de 20 siliques (M20S, g) produzida por quatro diferentes genótipos de canola nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	54
Tabela 18 – Número de grãos por síliqua (NG) e massa de cem grãos (MCG, em g) de canola em função do uso ou não de drenos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	55
Tabela 19 – Número de grãos por síliqua (NG) em função interação entre os fatores drenagem do solo e genótipos de canola no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018. ....	56
Tabela 20 - Número de grãos por síliqua (NG) de canola em função de diferentes genótipos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	56
Tabela 21 - Produtividade de grãos (PG, kg ha <sup>-1</sup> ) de quatro genótipos de canola em função do fator drenagem do solo nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018. ....	58
Tabela 22 - Teor de óleo (TO, %) e teor de proteína (TP,%) de grãos de quatro genótipos de canola em função da utilização ou não de drenos, no ano agrícola de 2016 em Santa Maria, RS. Santa Maria, RS, 2018. ....	59
Tabela 23 - Rendimento de óleo RO (kg ha <sup>-1</sup> ) de quatro genótipos de canola no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018. ....	60
Tabela 24 – Rendimento de óleo RO (kg ha <sup>-1</sup> ) de canola em função da utilização ou não de drenos no solo no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018. ....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1	CENÁRIO ATUAL DA CANOLA .....	15
2.2	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E AGRONÔMICAS DA CANOLA .....	16
2.3	FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO E O DESENVOLVIMENTO DA CANOLA.....	17
2.4	INFLUÊNCIA DO EXCESSO HÍDRICO NO SOLO PARA AS PLANTAS.....	19
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E IMPLANTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS ...	21
3.2	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO .....	24
3.3	AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO.....	27
3.4	AVALIAÇÕES FENOLÓGICAS.....	27
3.5	AVALIAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS .....	30
3.6	COMPONENTES DE RENDIMENTO DE GRÃOS E PRODUTIVIDADE.....	30
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>31</b>
4.1	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	31
4.2	BALANÇO HÍDRICO DO SOLO .....	37
4.3	VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DA CANOLA .....	38
4.4	VARIÁVEIS FENOLÓGICAS.....	42
4.5	VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS .....	47
4.6	COMPONENTES DE RENDIMENTO DE GRÃOS E PRODUTIVIDADE.....	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A inserção da canola no sistema de rotação de culturas no Brasil é uma alternativa viável e promissora que traz consigo vários benefícios que garantem auxiliar na sustentabilidade do sistema de produção agrícola do país. Sua utilização reduz a ocorrência de problemas fitossanitários de leguminosas, como a soja e o feijão, e das gramíneas, como o milho, o trigo, entre outros cereais de inverno, contribuindo para a estabilidade e a qualidade da produção de grãos. Além disso, apresenta importante papel sócio-econômico com o plantio da safra de inverno, ocupando áreas ociosas, empregando trabalhadores e gerando renda para o agricultor. Também possibilita a produção de óleo vegetal no inverno, destinado tanto para a produção de biodiesel quanto para o consumo humano (TOMM, 2007).

O Brasil apresenta áreas de alto potencial produtivo e clima favoráveis para o cultivo da canola, principalmente na região Sul, onde atualmente se concentra a maior produção nacional da cultura (CONAB, 2017). No estado do Rio Grande do Sul seu cultivo se destaca na sucessão às culturas de verão, como a soja e o milho, além de rotação com as culturas de inverno como o trigo, centeio, aveia, cevada e triticale, que em alguns anos por condições meteorológicas/sanitárias ruins ou de preços baixos no mercado podem ser deficitárias. No entanto, seu cultivo não depende apenas das condições climáticas, mas também de condições edáficas adequadas para seu crescimento e desenvolvimento.

Nas regiões onde o principal cultivo é o arroz irrigado, como em grandes áreas da região central, oeste, leste e sul do Rio Grande do Sul predominam, os solos que apresentam baixa drenagem natural e/ou lençol freático muito próximo à superfície, resultando em períodos relativamente longos de saturação do solo, o que acaba sendo intensificado no período de inverno devido à diminuição do processo de transpiração das plantas e da evaporação da água no solo. Dessa forma, grande parte da área de cultivo de arroz neste período do ano apresenta-se em estado de pousio, sem a implantação de nenhuma cultura.

O cultivo da canola no inverno pode ser uma alternativa dentro do sistema de produção do arroz, pois, além de inseri-la em um sistema de sucessão de culturas para essas áreas, não compete com a cultura principal e é uma ótima opção de renda para os agricultores nesse período, otimizando a mão-de-obra e a utilização de máquinas e equipamentos disponíveis nas propriedades nessa época do ano. É necessário também destacar os benefícios econômicos e a importância ambiental que a canola exerceria nesse sistema de produção agrícola, pois ajudaria a interromper o ciclo de algumas doenças, controlar a infestação de

algumas plantas invasoras, além de melhorar a estrutura do solo também nessas áreas (TOMM et al., 2009).

De acordo com Tomm et al. (2009), solos com grande probabilidade de encharcamento durante o ciclo de cultivo da canola, como áreas de baixada e de várzeas em parte não utilizadas no inverno no RS, devem ser evitados. Estas condições reduzem a produtividade média das lavouras, pois a canola não tolera solo encharcado por períodos prolongados. Porém, ainda não se tem conhecimento de genótipos utilizados no Brasil que apresentam tolerância a solos que apresentam baixa drenagem natural.

As indicações técnicas recomendam evitar o cultivo da canola em áreas de lavoura propensas à inundação, pelo fato de ser considerada uma cultura relativamente sensível ao encharcamento do solo, podendo sofrer redução de até 50% no rendimento de grãos, devido à restrição do desenvolvimento radicular. No entanto, trabalhos realizados na China tem mostrado que a cultura da canola é passível de ser inserida como alternativa em áreas cujo principal cultivo é o arroz irrigado, embora a canola seja uma cultura sensível ao excesso hídrico (BOEM et al., 1996). Porém, no Brasil não se tem muitas informações sobre o desempenho dos genótipos utilizados quando cultivadas em áreas que apresentam excesso de umidade no solo (PERBONI et al., 2012).

Sendo assim, uma alternativa ao uso de áreas que apresentam alto teor de umidade, é a realização de drenagem artificial do solo, que atualmente é viabilizada por meio de semeadoras em camalhões. Outra forma de minimizar o problema e possibilitar a inserção da canola nessas áreas com menores custos é a utilização de genótipos que apresentem tolerância ao excesso de umidade no solo e que se desenvolvam nessas condições sem perdas significativas de produtividade.

Ainda são limitadas as alternativas de cultivos de inverno nas regiões produtoras de arroz irrigado que possam fazer parte do sistema de produção agrícola, além de proporcionar melhorias na estruturação do solo e no manejo fitossanitário. Dessa forma, é imprescindível desenvolver estudos sobre a possibilidade de inserir o cultivo da canola nessas regiões. Diante deste contexto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de diferentes genótipos de canola em solo com baixa drenagem natural, com e sem a utilização de drenos, em dois anos com precipitação distinta.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CENÁRIO ATUAL DA CANOLA

A canola é a terceira oleaginosa mais produzida no mundo e é responsável por 15% da produção de óleo vegetal comestível, além de ser destinada a produção de biodiesel e seu subproduto, o farelo na forma de torta, ser utilizado na ração animal (TOMM, 2007).

A expansão desta cultura está vinculada primeiramente à qualidade nutricional e ao conteúdo do óleo de seus grãos (35% a 48%), bem como ao seu elevado teor proteico, que varia de 24% a 27%. O perfil lipídico do óleo de canola é composto por uma pequena quantidade de gorduras saturadas (7%), e elevado teor de ácidos graxos essenciais (11%) como o ácido alfa-linoléico (Ômega-3), o que o leva a ter uma maior qualidade nutricional quando comparado aos óleos de soja, girassol e milho (IRIARTE; VALETTI, 2008; REDA; CARNEIRO, 2007).

De acordo com dados disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), a União Européia é o maior produtor e consumidor mundial de canola, com aproximadamente 20 milhões de toneladas produzidas, seguida do Canadá com 18,5 milhões de toneladas e da China que produz 13,5 milhões de toneladas.

No Brasil, a área semeada na safra de 2017 foi de 48,1 mil ha, computando um aumento de 1,3% em relação à safra de 2016, onde os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul são os maiores produtores do grão no país, sendo responsáveis por 100% da produção nacional dos últimos dois anos.

O Rio Grande do Sul é o estado maior produtor com aproximadamente de 90% do total da área semeada e o estado do Paraná com os restantes 10%. Porém, a produtividade média de 871 kg ha<sup>-1</sup>, corresponde a uma queda de 42,5% em relação ao ano anterior que foi de 1.514 kg ha<sup>-1</sup>. Essa queda significativa na produtividade se deu ao fato de que no Paraná a semeadura mais precoce resultou em maior exposição da canola às intempéries adversas do inverno do que as demais culturas, pois algumas geadas ocorridas nesse ano foram suficientes para abortar floradas, o que resultou em perda de produtividade.

No Rio Grande do Sul, a canola já vinha sendo uma das culturas mais afetada pelo clima nessa safra, desde as chuvas no período de semeadura da cultura, estiagem na fase vegetativa e geadas na floração. Além disso, quando as lavouras estavam prontas para serem colhidas, ocorreram chuvas intensas que causaram a abertura e debulha das síliquas, acarretando em perda de grãos e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade que até então



ainda poderia ser satisfatória, apesar de todos os problemas ao longo do desenvolvimento. Houve casos de produtores que abandonaram as lavouras, perdendo 100% de todo investimento (CONAB, 2017).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E AGRONÔMICAS DA CANOLA

A canola é uma planta oleaginosa pertencente à família Brassicaceae e ao gênero *Brassica*, sendo *Brassica napus* L. e *Brassica campestris* L. as duas espécies atualmente mais cultivadas no mundo. Foi desenvolvida no Canadá a partir do melhoramento genético da colza, durante os anos de 1958 a 1974, cujo objetivo principal foi obter teores de ácido erúico e de glucosinolatos reduzidos, compostos estes presentes no óleo e potencialmente tóxicos para o consumo humano (TOMM, 2006). Atualmente, os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteínas e, em média 40 a 45% de óleo, elevada quantidade de ômega-3, vitamina E, gorduras mono-insaturadas e o menor teor de gordura saturada de todos os óleos vegetais (TOMM et al., 2009; SHARAFIZADEH et al., 2012).

Para ser comestível, o óleo dos grãos deve possuir um teor de ácido erúico menor que 2% e menos de 30  $\mu\text{mol}$  de glucosinolatos por grama de farelo seco desengordurado. O óleo é seu principal produto, considerado de alta qualidade nutricional por apresentar baixos níveis de gordura saturada (7%) e altos teores de gorduras insaturadas (93%), como o ácido oleico (ômega 9), o linoleico (ômega 6) e o linolênico (ômega 3), os quais oferecem proteção contra o risco de coronariopatias (SHARAFIZADEH et al., 2012).

Além do óleo comestível a canola também é utilizada para fabricação de biodiesel e produção de farelo. O biodiesel é obtido após o processo de transesterificação do óleo, sendo uma fonte de combustível renovável e de grande importância para o ambiente, por reduzir a emissão de monóxido de carbono, compostos de enxofre e hidrocarbonetos, em comparação ao diesel fóssil (CHENG et al., 2010).

É uma cultura de ciclo anual com hábito de crescimento indeterminado. Possui sistema radicular pivotante, com ramificação lateral significativa (THOMAS, 2014). O caule é herbáceo, ereto, com porte variável de 0,5 a 1,7 m de altura. As folhas inferiores da planta são pecioladas e formam a roseta. Após a elongação do caule, as folhas emitidas são lanceoladas e amplexicaules (GULDEN et al., 2008). As flores, agrupadas em racemo, são pequenas e amarelas, formadas por quatro pétalas dispostas em forma de cruz, seis estames e o pistilo. A duração do período de floração varia de acordo com o material genético.

O fruto é uma sâmara cilíndrica e deiscente, em média com 6 cm de comprimento e 4 mm de espessura. As sementes, dispostas em fila simples no interior das sâmaras, são esféricas com 1 a 2 mm de diâmetro e sua coloração varia do marrom ao preto quando maduras (GULDEN et al., 2008).

O farelo de canola é um importante subproduto das indústrias de processamentos de sementes, sendo usado principalmente para alimentação animal, pois possui 33% de proteína. Ele é utilizado também para a produção de enzimas como a fitase, que disponibiliza fósforo, e xilanase, que decompõe a hemicelulose (RAMACHANDRAN et al., 2009). Recentemente, o farelo de canola também está sendo usado para obtenção de catalizador para produção de biodiesel (RAO et al., 2011).

### 2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO E O DESENVOLVIMENTO DA CANOLA

A fenologia das culturas agrícolas é influenciada por diferentes fatores ambientais, dentre eles a temperatura do ar, o fotoperíodo, a disponibilidade hídrica e a nutrição mineral, são os que determinam a duração de cada fase de desenvolvimento do ciclo (TAIZ; ZEIGER, 2013). A fase vegetativa da canola é composta pelos subperíodos delimitados entre a germinação, a emergência, a formação de roseta e surgimento dos botões florais, enquanto que a fase reprodutiva se divide entre o surgimento do botão floral, alongação do ramo floral, floração, formação de sâmaras e maturação fisiológica (IRIARTE; VALETTI, 2008).

A temperatura do ar é o fator mais importante para determinar a duração dos subperíodos fenológicos da canola. O desenvolvimento da canola é ótimo com temperaturas do ar próximas dos 20 °C, enquanto as condições de temperatura do ar superiores a 27 °C causam esterilidade dos grãos de pólen (MORRISON, 1993; THOMAS, 2014).

O ciclo da canola é acelerado quando ocorre aumento na temperatura do ar, existindo uma correlação linear negativa entre o aumento da temperatura do ar e a duração do ciclo das plantas de canola. O subperíodo de início da floração ao final da floração é o de maior sensibilidade (LUZ et al., 2012). A fase de floração é a mais sensível às altas temperaturas do ar, visto que temperaturas do ar iguais ou superiores a 27 °C ocasionam abortamento floral (BATTISTI et al., 2013), podendo reduzir o potencial produtivo da cultura. Foraji et al. (2009) afirmam que há uma relação negativa entre o aumento na temperatura do ar e a produtividade da canola, principalmente nas fases de floração até de enchimento de grãos.

Observaram que a cada acréscimo de 1 °C na temperatura média diária nessas fases, a produtividade de grãos foi reduzida, em média, em 320,5 kg ha<sup>-1</sup>.

O fotoperíodo é caracterizado pela soma do comprimento do dia aos dois crepúsculos com intensidade luminosa suficiente para sensibilizar as plantas o suficiente para influenciar no início da floração. Ele interfere no desenvolvimento das plantas, fazendo com que aquelas consideradas sensíveis ao fotoperíodo respondam de forma diferente quando ocorre variação diária do mesmo. Para a cultura da canola foi verificado que o acréscimo de seis horas de fotoperíodo sobre o fotoperíodo natural reduziu de 3 a 40% a duração da fase vegetativa e que quanto mais curto for o ciclo da cultura até a fase de maturação, menor será o número de grãos por área (GOMEZ; MIRALLES, 2011). Um aumento na duração do dia reduz o ciclo de desenvolvimento da espécie *Brassica napus* L., sendo que, o acréscimo de 12 para 14 horas no fotoperíodo ocasiona redução de 40% no tempo entre a emergência e o aparecimento dos botões florais, porém fotoperíodos abaixo de 12 horas não tem influência na cultura (NANDA et al., 1996).

Também existe interação entre temperatura do ar e fotoperíodo que rege o desenvolvimento da espécie *Brassica napus* L., onde a combinação de curtos fotoperíodos com altas temperaturas do ar retarda o desenvolvimento, porém longo fotoperíodo com altas temperaturas do ar acelera o ciclo (NANDA et al., 1996).

Quanto à necessidade hídrica, a canola é considerada uma cultura pouco exigente em água, necessitando em torno de 455 mm durante o seu ciclo (DOGAN et al., 2011). No entanto, níveis muito baixos de água no solo limitam sua extração pelas raízes, acelerando o ciclo de desenvolvimento das plantas (KAMKAR et al., 2011).

Em condições de excesso hídrico no solo tem-se uma menor concentração de gases, o que culmina em baixas concentrações de oxigênio, tornando-o um fator limitante para o desenvolvimento das plantas, pois as raízes precisam ter acesso ao oxigênio. Solos com alta microporosidade possuem conseqüentemente grande retenção de água, como é o caso dos solos argilosos por exemplo. Nesses locais, os efeitos do excesso hídrico podem ser potencializados, comprometendo ainda mais o transporte de oxigênio para as raízes (TAIZ; ZEIGER, 2013).

## 2.4 INFLUÊNCIA DO EXCESSO HÍDRICO NO SOLO PARA AS PLANTAS

A disponibilidade de água no solo é um dos principais fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento e crescimento das culturas agrícolas. De todos os recursos que a planta necessita para o seu crescimento e desenvolvimento, a água é o mais importante, pois além de ser o maior constituinte celular, executa funções vitais nas plantas. Age como solvente e meio transportador de nutrientes minerais e substâncias orgânicas, contribui para atenuar o efeito adverso das flutuações de temperatura do ar do ambiente, além de ser responsável pela manutenção da turgescência e expansão das células, o que contribui para o crescimento, manutenção da forma e estrutura dos tecidos tenros (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A distribuição das espécies vegetais na superfície terrestre depende mais da disponibilidade hídrica, do que qualquer outro fator ambiental (SAIRAM et al., 2008). No entanto, a saturação de água no solo é um problema para o desenvolvimento de plantas não adaptadas a esta condição, pois dificulta a entrada de oxigênio no solo, o que reduz ou paralisa as trocas gasosas entre a planta e a atmosfera e, conseqüentemente, reduz a respiração e o crescimento das raízes. Não havendo respiração radicular, a planta cessa suas atividades fisiológicas e entra em colapso, podendo morrer com o passar do tempo (LIAO; LIN, 2001). Isso ocorre em áreas que apresentam uma baixa drenagem natural do solo, períodos longos com excesso de chuva, uso inadequado da irrigação ou onde o lençol freático se apresenta próximo a superfície.

O excesso hídrico no solo é um fator externo, sendo considerado um estresse abiótico que interfere negativamente no desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas e seu efeito é potencializado quando o lençol freático permanece próximo da superfície após a semeadura e estabelecimento das culturas (AHMED et al., 2013).

O excesso hídrico do solo é caracterizado pela ocupação dos espaços porosos do solo pela água, criando regiões de anaerobiose, devido ao consumo do oxigênio pelos microrganismos aeróbicos, que com o tempo são substituídos pelos anaeróbicos, criando um ambiente de redução e acúmulo de  $\text{CO}_2$  (CAMARGO et al., 1999; PONNAMPERUMA, 1972). Nesse cenário ocorrem limitações graves às espécies não adaptadas ao excesso de água, como o suprimento inadequado de oxigênio às raízes, o acúmulo de íons minerais reduzidos, produto do metabolismo anaeróbico (JACKSON; COLMER, 2005), desequilíbrio hormonal, senescência precoce de folhas e posterior morte das plantas (RODRÍGUEZ-GAMIR et al., 2011). Outra limitação às culturas é a deficiência de nitrogênio no solo, devido ao uso do mesmo para a respiração anaeróbica (CAMARGO et al., 1999).

O acúmulo de íons minerais tóxicos ocorre durante a respiração anaeróbica, quando a matéria orgânica é oxidada e componentes do solo são reduzidos, ocasionando acúmulo de íons como  $Mn_2^+$ ,  $Fe_2^+$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$ ,  $N_2O$ ,  $NO_2^-$ , que absorvidos em grandes quantidades pelas plantas causam toxidade as mesmas (PONNAMPERUMA, 1972).

A falta de oxigênio no solo compromete a respiração radicular, prejudicando a síntese de ATP e inibindo a atividade metabólica das raízes, o que ocasiona redução do crescimento radicular e posteriormente da parte aérea do vegetal (LIAO; LIN, 2001). Também compromete a absorção de nutrientes e água, o que ocasiona murcha das plantas (AHMED et al., 2013; LOOSE et al., 2017), mesmo com água disponível no solo. Com o metabolismo radicular reduzido, ocorre acúmulo de amido em folhas, devido possivelmente ao comprometimento do transporte no floema (WAMPLE; DAVIS, 1983).

Outra consequência da deficiência de oxigênio no solo é o fechamento dos estômatos, ocasionado pela produção extra de ácido abscísico pelas folhas (ZHANG; ZHANG, 1994). O fechamento estomático reduz as trocas gasosas, influenciando a fotossíntese e causando aumento do potencial de água nas folhas (LIAO; LIN, 2001).

A fim de evitar todos esses efeitos prejudiciais do excesso de água no solo, as plantas desenvolvem estruturas anatômicas e morfológicas (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008), como a formação de aerênquima e produção de raízes adventícias (ARMSTRONG et al., 1991; JACKSON, 1990; ZHOU et al., 2014; LOOSE et al., 2017), além de mudanças fisiológicas, como o fechamento estomático, buscando compensar as baixas concentrações de oxigênio.

As raízes adventícias surgem na base do caule das plantas e aumentam em número com a duração do estresse em detrimento das raízes originais (CHEN et al., 2002). Seu principal mediador é o etileno endógeno (DREW et al., 1979; CHRISTIANSON et al., 2010). O aerênquima se desenvolve no córtex radicular, devido ao aumento das concentrações endógenas de etileno que causa morte de algumas células, formando cavidades intercelulares preenchidas de ar (TAIZ; ZEIGER, 2013; CAMPBELL; DREW, 1983), o que possibilita a chegada de oxigênio e a retirada de gás carbônico nos tecidos.

O fechamento estomático é uma resposta comum ao estresse hídrico, evitando a perda excessiva de água pela planta para a atmosfera. A falta de  $O_2$  no solo paralisa o metabolismo radicular, fazendo com que a planta não consiga absorver água, mesmo ela estando disponível no solo, fazendo com que as folhas percam a turgescência (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Estudos realizados por Zhou e Lin (1995) e Boem et al. (1996) na China concluíram que o excesso de umidade no solo pode causar a degradação da clorofila, senescência precoce,

aumento na produção de etileno pelas folhas e redução da taxa fotossintética para alguns genótipos de canola. Concluíram ainda que, os estádios de maior sensibilidade da cultura são o de plântula, seguido pela fase de botão floral e o de formação das siliquas, sendo que os efeitos ainda permaneceram após a retirada do estresse, resultando em significativa redução de rendimento de grãos. Também concluíram que um período de três dias sob solo encharcado é suficiente para reduzir a produtividade da canola. No entanto, no Brasil são cultivados genótipos diferentes daqueles estudados na China e pouco se sabe sobre a tolerância da canola ao excesso de água no solo.

Nos estudos realizados por Perboni et al. (2012), que objetivaram identificar genótipos tolerantes ao encharcamento do solo a partir da fluorescência da clorofila, concluiu-se que o genótipo Hyola 420 foi mais tolerante ao encharcamento no solo dentre os materiais testados. Porém, sendo este o único estudo com canola submetida ao excesso hídrico no solo, ainda existe forte carência de estudos no Brasil que avaliem os efeitos do excesso de umidade do solo para a cultura da canola em condições de campo.

Sendo assim, para que seja possível recomendar genótipos que possam ser utilizadas em áreas com excesso de umidade do solo é necessário a realização de estudos que comprovem a tolerância dessa espécie para essa condição de ambiente, pois na região sul do Brasil ainda existe uma grande área de solos excessivamente úmidos não cultivados por outras culturas no inverno.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E IMPLANTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

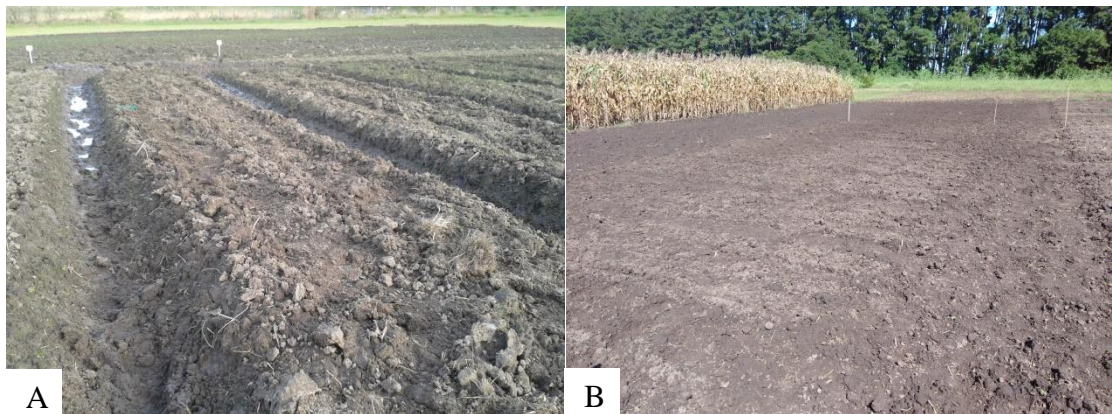
O experimento foi conduzido em condições de campo no ano agrícola de 2016 e repetido no ano de 2017 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada na Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul (29° 43' 23" S; 53° 43' 15" W; 95 m). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida, de acordo com a classificação de Köppen (HELDWEIN et al., 2009), com um regime pluviométrico isoigro e média anual de 1712 mm (BURIOL et al., 2006). Os invernos são úmidos e possibilidade de ocorrer geadas de abril a setembro. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico (SiBCS, 2013). O local do experimento é caracterizado pela ocorrência de

lençol freático superficial, o qual aflora na superfície durante o inverno e/ou em períodos chuvosos.

Inicialmente foi realizada a coleta de amostras de solo na área a fim de fazer a análise química completa do mesmo e assim realizar as devidas aplicações de calcário e fertilizantes. O preparo do solo foi de forma convencional, com aração e gradagens, visando uniformizar a área.

Para a instalação dos tratamentos com drenos artificiais, utilizou-se uma encanteiradora automotriz para confeccionar canteiros com cerca de 0,20 m de altura, 1,0 m de largura e 5,0 m de comprimento (Figura 1A). Já para o tratamento sem dreno foi realizada a semeadura sem outra operação mecânica após a preparação solo com aração e gradagem (Figura 1B).

Figura 1 - Vista frontal (A) de uma unidade experimental no tratamento com solo drenado e vista lateral (B) do experimento com o tratamento sem o uso de drenos, em um Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico. Santa Maria – RS, 2018.



Fonte: Arquivo pessoal

De acordo com a análise química do solo foi necessário corrigir o pH com  $4 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário calcítico PRNT de 80%, aplicado 90 dias antes da semeadura da canola. Em ambos os anos a adubação de base foi de  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 5-30-15 mais  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de enxofre na forma de sulfato de amônia, aplicado junto a primeira parcela da adubação nitrogenada de cobertura, com base em estimativa de rendimento de grãos de  $1.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . A adubação de cobertura foi dividida em 2 vezes, sendo a primeira realizada quando as plantas apresentaram 4 folhas verdadeiras, aplicando-se  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia, e a segunda quando as plantas se encontravam em estágio de surgimento do botão floral, aplicando outros  $60 \text{ kg ha}^{-1}$

de ureia. Na semeadura o adubo foi disposto abaixo das sementes e na adubação de cobertura foi distribuído paralelamente às linhas de plantas.

Foram semeados 4 híbridos de canola: Hyola 433, Hyola 76, Diamond e Alht B4, sendo estes materiais cedidos pela EMBRAPA Trigo de Passo Fundo todos de ciclo precoce. No ano de 2016 a semeadura foi realizada em 24/05 e no ano de 2017 a semeadura foi realizada no dia 13/04. Como as semeaduras foram realizadas de forma manual e a distribuição de sementes foi superior a quantidade indicada, realizou-se o desbaste de plantas emergidas em excesso, visando estabelecer um estande definitivo de aproximadamente 40 plantas  $m^{-2}$ . O espaçamento utilizado foi de 0,4 m entre linhas e 0,06 m entre plantas, totalizando uma população de aproximadamente 400.000 plantas  $ha^{-1}$ .

Tanto no ano de 2016 quanto no ano 2017 foi realizada uma capina manual visando manter a cultura livre de competição com plantas daninhas. Além disso, em cada ano foi necessário fazer uma aplicação de inseticida na fase vegetativa para o controle de vaquinhas (*Diabrotica speciosa* L).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas no espaço com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 2, sendo os fatores genótipos de canola (Hyola 433, Hyola 76, Diamond e Alht B4) e drenagem do solo (solo com drenos e solo sem drenos), totalizando 32 unidades experimentais. Os níveis do fator drenagem do solo foram consideradas como parcelas principais dentro de cada bloco e os níveis do fator genótipo de canola foram casualizados em subparcelas dentro de cada parcela principal. Cada unidade experimental constou de 1 m de largura x 5 m de comprimento, totalizando 5  $m^2$ , com 3 linhas de semeadura, espaçadas em 0,4 m entre linhas e 0,06 m entre plantas. No entanto, foi considerada como a área útil de cada parcela somente a linha central de plantas, o que correspondeu a 2  $m^2$ , e as demais linhas de plantas utilizadas como bordadura.

A colheita foi realizada manualmente quando os grãos mudaram da coloração verde para a coloração marrom na porção intermediária da inflorescência do ramo principal, colhendo-se todas as plantas da área útil. Estas plantas foram cortadas e enleiradas em um galpão fechado, até atingirem baixo teor de umidade. Posteriormente foi procedida a avaliação dos componentes de rendimento de grãos conforme Tomm (2007), seguido da trilha manual e a separação das impurezas.



### 3.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO

Os dados diários de chuva, temperatura mínima e máxima do ar, velocidade do vento e radiação solar foram obtidos da Estação Meteorológica Automática de Santa Maria e os dados de umidade relativa do ar da Estação Meteorológica Convencional, devido a falhas nos dados da estação automática, ambas pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada a 50 m da borda Norte do experimento. Os dados históricos mensais de chuva, temperatura máxima e mínima do ar em Santa Maria foram obtidos na publicação de dados normais do INMET do período de 1961 e 1990, com objetivo de fazer a comparação com os anos de execução do estudo.

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , mm dia<sup>-1</sup>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, adaptada por Allen et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408 S (Q - G) + \frac{y \cdot 900 u_2 (e_s - e)}{T + 273}}{S + y (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

em que:

$Q$  = saldo de radiação (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

$G$  = fluxo de calor no solo (considerado igual a 5% do  $Q$ ; MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

$y$  = constante psicométrica (0,066 kPa °C<sup>-1</sup>);

$u_2$  = velocidade média do vento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>);

$e_s$  = pressão de saturação de vapor do ar (kPa);

$e$  = pressão parcial de vapor no ar (kPa);

$T$  = temperatura média diária do ar (°C);

$S$  = Tangente à curva de saturação de vapor do ar (kPa °C<sup>-1</sup>).

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ , mm dia<sup>-1</sup>) foi calculada conforme a equação a seguir:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (2)$$

em que:

Kc é o coeficiente da cultura, que foi considerado variável de acordo com o estágio de desenvolvimento da canola, para o qual utilizou-se os valores de Kc de 0,35 da emergência ao estágio de formação de roseta e também a partir da maturação fisiológica dos grãos e de 1,15 do início ao final da floração (ALLEN et al., 1998). Nos subperíodos de formação da roseta a início da floração e final da floração a maturação fisiológica os valores diários foram interpolados em função da soma térmica nesse subperíodo.

Para caracterizar as condições hídricas do solo foram calculados balanços hídricos sequenciais (BHS) diários durante o período de condução dos experimentos nos anos 2016 e 2017, com o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) descrito por Pereira (2005). Utilizou-se a adaptação de Dourado Neto et al. (1999) para ponderar a variação diária da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) ao longo do ciclo, em função do crescimento radicular da cultura em profundidade.

A equação abaixo, proposta por Dourado Neto et al. (1999), utilizada para determinar a CAD, é uma função sigmoideal, na qual o valor de F assumido para canola foi 0,80, o mesmo utilizado por Maldaner (2012) para a cultura do girassol. Considerou-se uma CAD inicial ( $CAD_{in}$ ) de 23,4 mm para a profundidade de 100 mm e uma CAD final ( $CAD_f$ ) de 46,8 mm para a profundidade de 200 mm:

$$CAD_n = CAD_{in} + \left( \frac{CAD_f - CAD_{in}}{2} \right) \left\{ 1 - \cos \left[ \left( \pi^{\left( \frac{1}{F} \right)} \cdot \frac{ST_n}{ST} \right)^F \right] \right\} \quad (3)$$

em que:

$ST_{(n)}$  é o valor de soma térmica do dia “n” em °C dia;

ST é o valor de soma térmica necessária para atingir a  $CAD_f$ , definida quando as plantas atingiram o estágio de início da floração, em °C dia.

Foi considerada a profundidade radicular da canola de 0 a 200 mm (ROCHA, 2015) e assumido que a umidade do solo abaixo de 75% da CAD implicou em deficiência hídrica no solo para a cultura.

A soma térmica acumulada foi calculada utilizando-se as três temperaturas cardinais da cultura. A temperatura base foi considerada como de 5°C (LUZ et al., 2012; NANDA et al., 1996), temperatura ótima, 21°C (MORRISON, 1993) e a temperatura base superior, 27°C (BATTISTI et al., 2013; MORRISON, 1993).

O armazenamento de água no solo (ARM, em mm) foi ajustado para considerar o crescimento do sistema radicular da cultura, pois o aprofundamento da raiz a expõe ao contato

com solo mais úmido (assumido na CC) e, assim, o valor do armazenamento (ARM) do BHS passou a ter uma nova computação, por meio da seguinte equação:

$$\text{ARM} = \left[ \text{CAD} \cdot e^{\left(\frac{\text{Neg.Ac.}}{\text{CAD}}\right)} \right] \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\text{PROF}_n - \text{PROF}_{n-1}}{\text{PROF}_{n-1}} \right) \right] \quad (4)$$

em que:

Neg.Ac. = é o negativo acumulado do balanço hídrico sequencial da cultura, calculado a partir da diferença entre a chuva e a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), se este valor for menor que 0 mm;

PROF<sub>n</sub> = profundidade do sistema radicular no dia “n” em mm;

PROF<sub>n-1</sub> = profundidade do sistema radicular no dia “n-1” em mm;

A profundidade do sistema radicular no dia “n” foi calculada com a equação sigmoideal de Dourado Neto et al. (1999), descrita na sequência:

$$\text{PROF}_n = \text{PROF}_{in} + \left( \frac{\text{PROF}_f - \text{PROF}_{in}}{2} \right) \left\{ 1 - \cos \left[ \left( \pi^{\left(\frac{1}{F}\right)} \cdot \frac{\text{ST}_n}{\text{ST}} \right)^F \right] \right\} \quad (5)$$

em que:

PROF<sub>n</sub> é a profundidade radicular do dia “n” (mm);

PROF<sub>in</sub> é a profundidade inicial considerada de 100 mm;

PROF<sub>f</sub> é a profundidade final efetiva da canola, considerada de 200 mm.

O excedente de água no solo (EXC) foi determinado por meio das seguintes condições:

- Se ARM < CAD, o EXC = 0
- Se ARM = CAD, o EXC = (P-ET<sub>o</sub>) - Δ ARM

A capacidade de campo (CC) foi estimada em coluna de areia a 10 kPa e o ponto de murcha permanente (PMP) estimado em psicrômetro (WP4) a 1500 kPa, ambos em laboratório.

### 3.3 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO

Nos experimentos dos dois anos (2016 e 2017) foram realizadas as avaliações de altura de plantas (AP), contagem do número de folhas (NF) e área foliar (AF) de duas plantas identificadas em cada unidade experimental. A AP foi determinada com régua graduada, medindo-se do colo do caule até a região apical do ramo principal. O NF foi determinado através da contagem das folhas em cada planta. A AF foi estimada medindo-se a largura (L) de cada folha com uma régua milimetrada, aplicando-se em seguida a fórmula  $AF = 0,88735 L^2 + 0,93503 L$ , sendo que a soma da área de todas as folhas permitiu obter a área foliar total da planta (TARTAGLIA et al., 2016). A área foliar e o número de folhas foram mensurados no estágio de início da floração. A altura final de plantas foi mensurada no final da floração, quando não havia mais flores no ramo principal.

No ano de 2016 foram coletadas aleatoriamente três plantas por parcela em apenas um dos blocos para realizar a determinação da massa seca das raízes das plantas, a fim de verificar se teria diferença da massa seca de raízes entre os tratamentos. A coleta das raízes foi realizada com o auxílio de pás de corte, onde se tirou um bloco de solo contendo todas as raízes. Na sequência foi realizada a lavagem das mesmas e submetidas à secagem em estufa por 72 horas a temperatura de 60°C e posteriormente realizada a pesagem da massa seca.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, utilizando os testes Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, para cada variável. Os dados que não atenderam as pressuposições da análise de variância foram transformados via Box Cox no programa Action (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Novamente estes foram submetidos à análise de variância e quando verificado efeito significativo os mesmos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

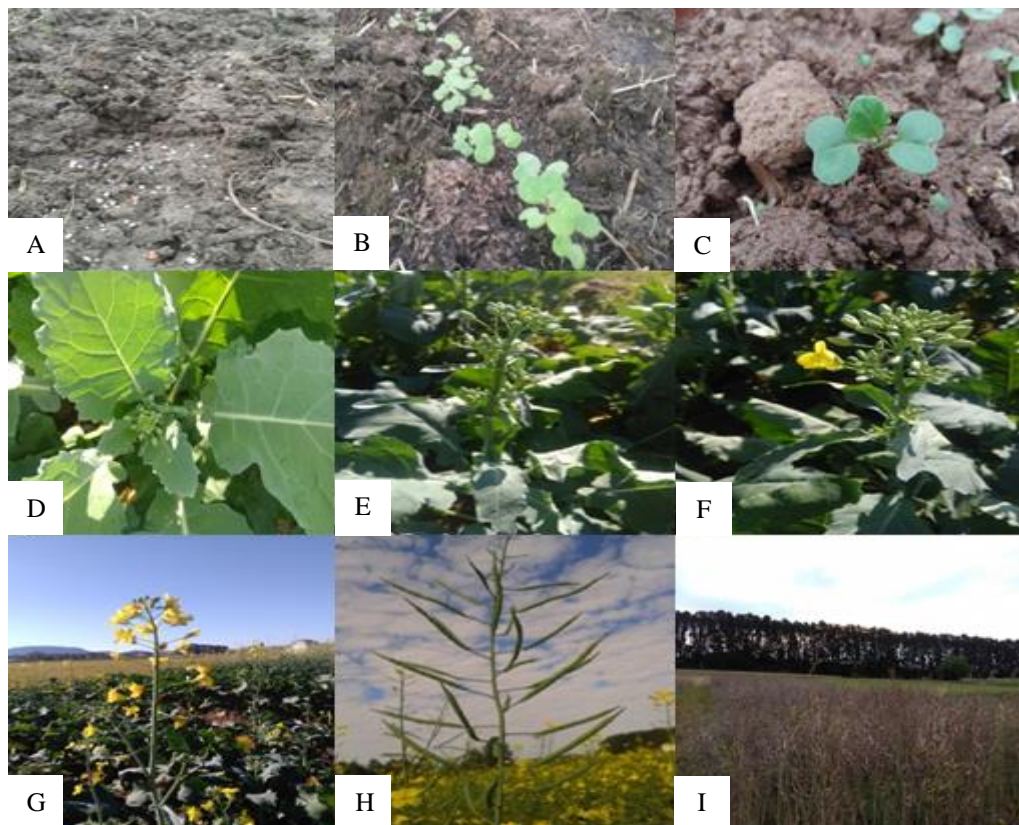
### 3.4 AVALIAÇÕES FENOLÓGICAS

As avaliações fenológicas foram realizadas em duas plantas marcadas em cada unidade experimental, que permaneceram identificadas com um fitilho do início do estágio vegetativo até a colheita das plantas. Anotou-se a data de semeadura (S) e diariamente as datas de ocorrência dos principais estádios fenológicos da cultura, como emergência das plântulas (E), início da formação de roseta (IFR), surgimento do botão floral (SBF),

elongação do botão floral (EBF), início da floração (IF), plena floração (PF), final da floração (FF) e colheita (C), seguindo a escala descrita por Iriarte e Valetti (2008).

O estágio de E foi caracterizado quando mais de 50% das plântulas apresentavam suas duas folhas cotiledonares emergidas e totalmente expandidas (Figura 2B). A FR foi caracterizada pela emissão da primeira folha verdadeira (Figura 2C). O SBF foi caracterizado pela visualização dos botões florais no centro da roseta foliar (Figura 2D). A EBF foi caracterizada pelo crescimento do ramo principal contendo os botões florais visíveis (Figura E). O IF foi caracterizado pela abertura total da primeira flor do ramo principal (Figura 2F), a PF foi definida como momento em que mais de 50% dos botões florais da haste principal estivessem abertos (Figura G), o FF foi caracterizado pela queda da última flor no ramo principal (Figura 2H) e a colheita pela mudança da coloração verde para marrom das siliquis e dos grãos entre o terço central e o terço superior da haste principal (Figura 2I).

Figura 2 – Principais estádios fenológicos avaliados a campo nos anos de 2016 e 2017, em Santa Maria, RS: A: semeadura (S); B: emergência (E); C: início da formação de roseta (IFR); D: surgimento do botão floral (SBF); E: alongação do botão floral (EBF); F: início da floração (IF); G: plena floração (PF); H: final da floração (FF) e I: colheita das plantas (C). Santa Maria – RS, 2018.



Fonte: Arquivo pessoal.

A duração dos principais subperíodos de desenvolvimento S-E, E-SBF, SBF-IF, IF-FF, FF-C foram calculados pelo método da soma térmica diária descrito por Rosa et al. (2009), utilizando-se as três temperaturas cardinais, em que foi considerado a temperatura basal inferior para a cultura da canola como 5°C (LUZ et al., 2012; NANDA et al., 1996), a temperatura ótima para desenvolvimento da cultura como 21°C (MORRISON, 1993) e a temperatura basal superior do ar para o desenvolvimento da canola como 27°C (MORRISON, 1993; BATTISTI et al., 2013), conforme as seguintes equações:

$$STd = (T_{\text{méd}} - T_b).1 \text{ dia, quando } T_b < T_{\text{méd}} \leq T_{\text{Tot}}; \quad (6)$$

$$STd = \left\{ (T_{\text{Tot}} - T_b) \cdot \left[ \left( \frac{T_b - T_{\text{méd}}}{T_b - T_{\text{Tot}}} \right) \right] \right\} \cdot 1 \text{ dia, quando } T_{\text{Tot}} < T_{\text{méd}} \leq T_b; \quad (7)$$

se  $T_{\text{méd}} < T_b$ , então  $T_{\text{méd}} = T_b$

se  $T_{\text{méd}} > T_b$ , então  $T_{\text{méd}} = T_b$

em que:

STd = soma térmica diária (°C dia);

T<sub>méd</sub> = temperatura média diária do ar (°C);

T<sub>b</sub> = Temperatura base inferior para a cultura (°C);

T<sub>B</sub> = Temperatura base superior para a cultura (°C);

T<sub>tot</sub> = Temperatura ótima para a cultura (°C).

A soma térmica acumulada (ST<sub>a</sub>, °C dia) foi calculada por meio da seguinte equação:

$$ST_a = \sum_n^1 .STd \quad (8)$$

em que:

“n” é a duração em dias do subperíodo de desenvolvimento,

STd é soma térmica diária (°C)

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias dos tratamentos, aplicando os testes Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, para cada variável. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância e quando verificado efeito significativo os mesmos foram comparados pelo teste de Skot-Knot a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3.5 AVALIAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS

Foram avaliadas a taxa fotossintética (TF) e a condutância estomática foliar (CE), ambas determinadas em 4 folhas em cada tratamento. As determinações foram realizadas no terço final do limbo foliar (incluindo a nervura central), em folhas totalmente expandidas, sem danos por doenças, perfurações ou outros danos. Para tanto, utilizou-se um sistema portátil de medição de fotossíntese (IRGA - Infrared Gas Analyzer, equipamento LCi-SD Portable Photosynthesis System) no horário entorno das 13:00, no qual ocorre maior incidência de radiação solar em dias sem nuvens.

No ano de 2016 foram realizadas seis avaliações, nos dias 22/07, 28/07, 29/07, 08/08, 11/08 e 18/08, aos 59, 65, 66, 76, 79 e 86 dias após a semeadura (DAS), respectivamente. Em 2017 foram realizadas as avaliações nos dias 06/07, 13/07, 18/07, 19/07, 26/07 e 22/08 datas correspondentes aos 84, 91, 96, 97, 104 e 131 DAS, respectivamente.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias dos tratamentos, Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, em cada variável. Os dados que não atenderam as pressuposições da análise de variância foram transformados pelo procedimento Box Cox no programa Action (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância e quando verificado efeito significativo os mesmos foram comparados pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3.6 COMPONENTES DE RENDIMENTO DE GRÃOS E PRODUTIVIDADE

Nos dois anos agrícolas em estudo foi determinada a produtividade de grãos (PG), o número de síliquas por planta (NS), o número de grãos por síliqua (NG), massa seca de 20 síliquas (M20S), massa de cem grãos (MCG) com 10% de umidade e massa seca da parte aérea (MSPA).

O teor de óleo (TO) e o teor de proteína (TP) dos grãos e rendimento de óleo (RO) foram determinados somente para o ano de 2016 devido à baixa produtividade de grãos ocorrida em 2017, o que acarretou em quantidade insuficiente de grãos para realizar as análises de todos os tratamentos.

A PG foi determinada a partir da colheita de todas as plantas da área útil da parcela e submetidas à trilha. Após serem separados das impurezas, os grãos foram pesados e

posteriormente a massa foi convertida para  $\text{kg ha}^{-1}$ , com correção da umidade para 10%. Em ambos os anos, apesar de terem ocorrido falhas na emergência de plantas nas parcelas cujo tratamento era o sem a utilização de dreno, devido o acúmulo de água na superfície do solo pelas chuvas, foram colhidas somente as plantas que ainda restavam na fileira central da parcela.

O NS foi determinado a partir da contagem das mesmas em duas plantas colhidas aleatoriamente por unidade experimental, calculando-se a média entre as duas plantas. Para o NG foi determinado pela média do número de grãos em 20 síliquas. A M20S foi determinada pesando-se 20 síliquas, secas em estufa, com balança digital de precisão com resolução de três casas decimais. A MCG foi determinada pela pesagem de cem grãos, com correção da umidade para 10%.

A MSPA foi determinada colhendo-se duas plantas por unidade experimental no dia da colheita das parcelas, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a  $60^{\circ}\text{C}$  por quatro dias. Após a secagem, foram pesadas em balança de precisão com resolução de três casas decimais.

Para realizar as determinações do TO e TP foram separados e pesados 100 gramas de grãos em cada tratamento, com quatro repetições cada, totalizando 32 amostras, as quais foram analisadas via metodologia NIR no laboratório da EMBRAPA Trigo de Passo Fundo. O RO ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi obtido por meio da equação  $(\text{TO} \times \text{PG})/100$ .

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias dos tratamentos, via Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, pelo programa Action (EQUIPE ESTATCAMP, 2014) para cada variável. Os dados que não atenderam a esses pressupostos foram transformados via Box Cox no programa Action (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Posteriormente foram submetidos à análise de variância e quando verificado efeito significativo os mesmos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

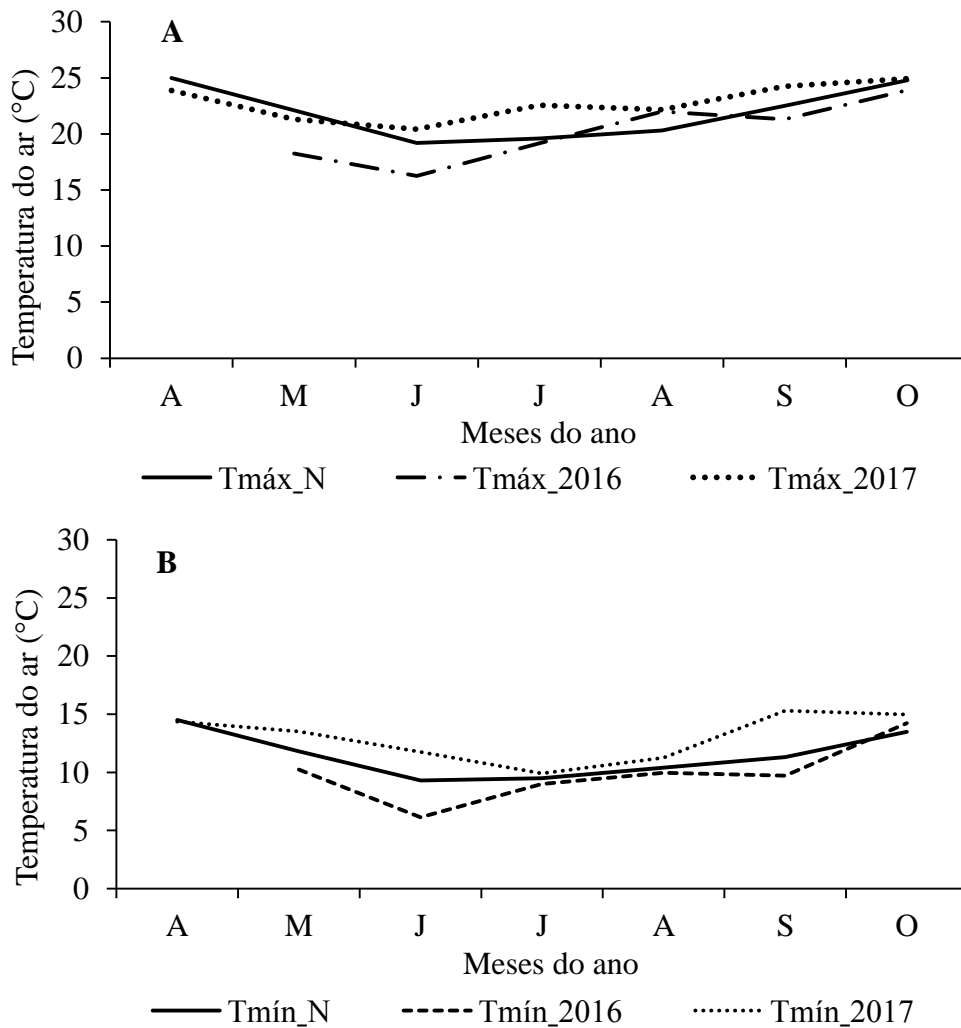
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS**

As temperaturas máximas ( $T_{\text{máx}}$ ) e mínimas ( $T_{\text{mín}}$ ) mensais do ar tiveram variação distinta entre os anos de 2016 e 2017 durante a execução dos experimentos e também em relação aos valores normais climatológicos (Figura 3A e 3B).



Figura 3 - Temperatura máxima mensal do ar ( $T_{\text{máx}}$ , A), temperatura mínima mensal do ar ( $T_{\text{mín}}$ , B) na área experimental, no período de maio a outubro 2016 e de abril a outubro de 2017 e respectivas temperaturas do ar normais (N) de 1961 a 1990, na área experimental. Santa Maria – RS, 2018.



Em 2016 as  $T_{\text{máx}}$  do ar foram inferiores à temperatura máxima normal do ar nos meses de maio e junho e superiores à normal nos meses julho e agosto, ao contrário de 2017. Em 2017 as temperaturas máximas do ar permaneceram superiores à temperatura máxima normal do ar de junho a outubro, durante boa parte do período do ciclo de desenvolvimento da cultura (Figura 3A). No entanto, para os meses de abril e maio de 2016 e setembro e outubro de 2017 pode-se considerar que não houve variação significativa em comparação à normal.

As temperaturas mínimas mensais do ar ( $T_{\text{mín}}$ ) seguiram a mesma tendência das máximas para ambos os anos. Em 2016 ficaram abaixo das normais para o período, porém em 2017 foram superiores em relação ao ano de 2016, principalmente, aos valores normais

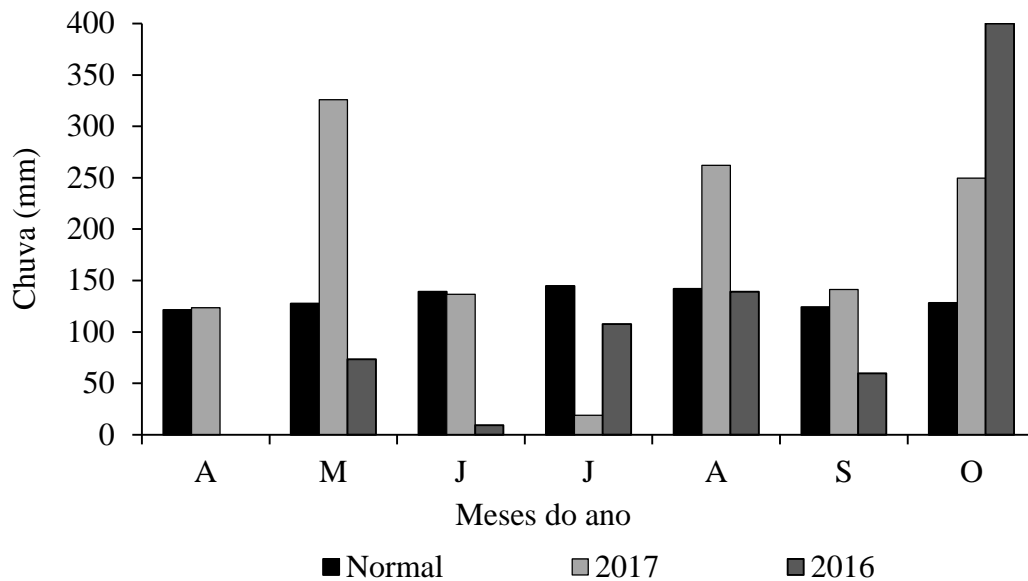
climatológicos da temperatura mínima do ar. Pode-se considerar também que para os meses de julho e agosto as temperaturas mínimas do ar seguiram a temperatura mínima normal do ar em ambos os anos (Figura 3B).

As chuvas foram muito variáveis e distintas durante os anos em que foram realizados os experimentos. No ano de 2016 choveu um total de 382,8 mm durante o período experimental, sendo que nos meses de maio, junho, julho e setembro as chuvas mensais ficaram muito abaixo das chuvas normais, enquanto no mês de outubro elas ficaram bem acima da normal climatológica (Figura 4). No ano de 2017, durante a condução do experimento, choveu um total de 987,0 mm, sendo similar à normal climatológica mensal para a região nos meses de abril, junho e setembro, porém, nos meses de maio, agosto e outubro a precipitação pluviométrica foi bem acima dos valores normais e no mês de julho bem abaixo dos valores normais esperados (Figura 4).

Em 2016 houve apenas dois períodos prolongados de chuvas, entre o dia 05/07 a 14/07, totalizando nove dias consecutivos de chuva em que as plantas se encontravam em final do estágio de roseta/surgimento do botão floral e do dia 28/08 ao dia 06/09, período em que as plantas se encontravam no estágio de plena floração. Em 2017 houve muitas sequências de dias chuvosos e com grandes valores acumulados. O primeiro ocorreu de 20/04 a 26/04, período de estabelecimento da cultura. Ocorreram várias outras sequências de dias chuvosos ao longo do ciclo, mais precisamente entre 08/05 e 14/05, 18/05 e 31/05, 07/06 e 10/06, 08/08 e 13/08 e 11/09 e 17/09, quando as plantas se encontravam, respectivamente, nos estádios de roseta, botão floral, início da floração, plena floração e maturação dos grãos.

Dessa forma, o ano de 2017 teve maiores eventos contínuos de chuvas, o que resultou em um maior número e um maior período de saturação do solo em todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, principalmente nos estádios de emergência e roseta, considerados críticos para as plantas. Dessa forma, houve a morte de um número significativo de plantas nos tratamentos em que não foi realizada a drenagem do solo.

Figura 4- Chuva total mensal de maio a outubro de 2016 e de abril a outubro de 2017 e as respectivas normais de 1961 a 1990 na área experimental. Santa Maria – RS, 2018.



No ano de 2016, como a semeadura foi realizada mais tardiamente, a cultura da canola foi submetida a temperaturas do ar maiores do que em 2017 na época da floração, que iniciou na segunda semana de agosto. No ano de 2017, as temperaturas máximas do ar foram maiores do que 2016, principalmente na fase da floração, que iniciou na segunda semana de junho, devido à semeadura do primeiro experimento ter sido realizada na metade do mês de abril (Figura 5A e 5 B).

No ano de 2016, as  $T_{mín}$  do ar ficaram, na maior parte do período, próximas a  $10^{\circ}\text{C}$ , sendo que nos meses de junho e julho inclusive houve uma sequência de dias em que as temperaturas mínimas diárias chegaram próximas a  $0^{\circ}$ , porém somente em dois dias houve formação de geada (Figura 5A). Nesses períodos as plantas estavam, respectivamente, nos estádios de emergência e surgimento do botão floral, não se verificando danos por frio em qualquer órgão das plantas.

No ano de 2017, as  $T_{mín}$  do ar, durante boa parte do período de condução do experimento, permaneceram em torno de  $15^{\circ}\text{C}$ , com a ocorrência de quatro eventos de geada no mês de junho e julho (Figura 5B). Nesses períodos de geada as plantas se encontravam, respectivamente, nos estádios de botão floral e início da floração. Notou-se que quando a geada ocorreu na fase vegetativa, não houve efeito prejudicial visível nas plantas, porém quando ocorreu na fase reprodutiva, estágio inicial de formação de síliqua (um a dois cm), as

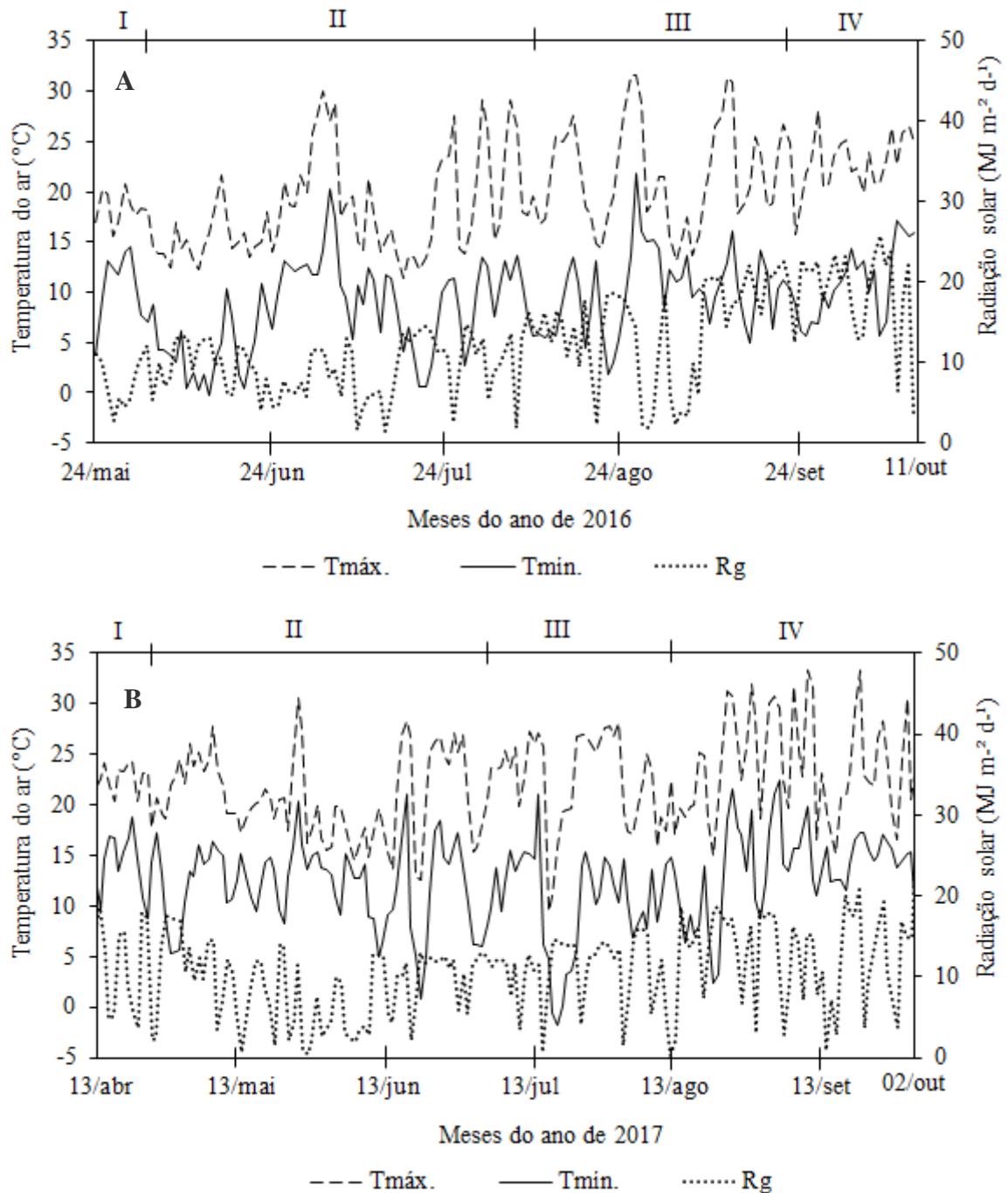
poucas siliquas que estavam com este tamanho escureceram e abortaram aproximadamente dois dias após a geada.

A geada atingiu as plantas no período de floração, que segundo Dalmago et al. (2010) é de grande sensibilidade na canola, pois causa redução no número de siliquas por planta, bem como no número de grãos por síliqua, podendo levar as plantas a morte. No entanto, os danos por geada no experimento não foram significativos, visto que as geadas ocorreram após pelo menos 3 dias com as plantas sob temperaturas do ar em torno de 10°C, o que possibilitou a aclimação da cultura ao frio (DALMAGO et al., 2010) e provavelmente por que as demais siliquas do rácimo, formadas antes (maiores) ou após a geada, não foram afetadas.

Em vários dias observou-se também a ocorrência de alta amplitude térmica e que a temperatura máxima atingiu valores superiores a 30°C, o que possivelmente tenha exercido um efeito negativo no desenvolvimento da canola, principalmente quando esta se encontrava no período de floração. Estas temperaturas altas podem ter interferido na produtividade de grãos, pois temperaturas do ar acima de 27°C são limitantes para a cultura, por prejudicarem a polinização (LUZ, 2012), podendo causar aborto de órgãos reprodutivos.

Apesar de em 2017 terem ocorridos com mais frequência dias nublados ou encobertos, nesse ano a incidência de radiação solar sobre a cultura foi 12,8 % maior, com 2005,2 MJ m<sup>-2</sup> (Figura 5B), do que em 2016, com 1777,2 MJ m<sup>-2</sup> (Figura 5A), provavelmente porque em 2017 o ciclo total da cultura foi mais longo do que no ano de 2016. No ano de 2017 a semeadura foi realizada na metade do mês de abril, 41 dias de antecedência em relação ao ano anterior, o que levou a exposição das plantas por um período mais prolongado de temperaturas do ar menores. Além disso, no ano de 2017 a média diária de disponibilidade de radiação solar global foi 20,6 e 37,1 % menor nos subperíodos IF-FF e FF-C, respectivamente, o que pode ter retardado (ou prolongado) os processos de enchimento dos grãos e de perda de umidade pelos grãos, atrasando a maturação.

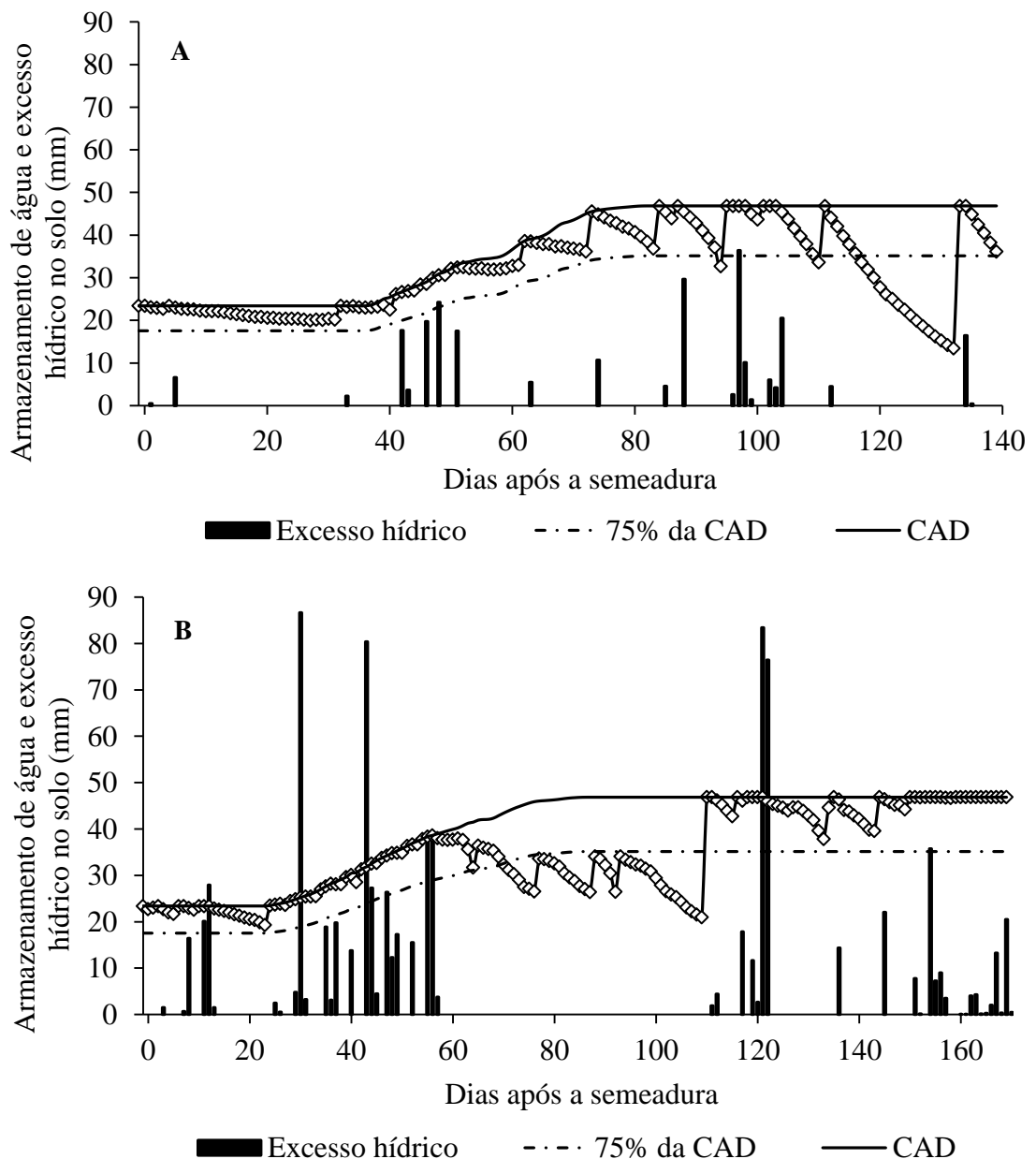
Figura 5- Radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ , MJ  $m^{-2} d^{-1}$ ) e temperatura máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ ,  $^{\circ}C$ ) e mínima do ar ( $T_{mín}$ ,  $^{\circ}C$ ) ocorridas durante os subper dios do ciclo de desenvolvimento da canola (I: semeadura-emergência; II: emergência-início da flora o; III: início da flora o-final da flora o e IV: final da flora o-colheita), nos anos agrícolas de 2016 (A) e 2017 (B), em fun o dos meses do ano. Santa Maria – RS, 2018.



## 4.2 BALANÇO HÍDRICO DO SOLO

As condições hídricas do solo foram bastante distintas nos dois anos agrícolas em que foram realizados os experimentos. Tanto em 2016 quanto em 2017, a semeadura foi realizada quando o solo se encontrava entre a capacidade máxima de armazenamento de água (CAD) e 75% da CAD, sendo que após a semeadura ocorreram vários eventos de saturação do solo.

Figura 6 – Armazenamento de água diário em função do balanço hídrico sequencial diário durante o período de 24/05/2016 até 11/10/2016 (A) e durante o período de 13/04/2017 a 02/10/2017 (B) para um Argissolo Vermelho distrófico arênico cultivado com canola. Santa Maria, RS, 2018.



Em 2016 cinco dias após a semeadura houve grandes acumulados de chuva, o que resultou em saturação do solo. O excesso seguinte ocorreu aos 40 dias depois da semeadura quando então o solo permaneceu cinco dias em condição de saturação (Figura 6A). Outro período em que o solo permaneceu sob excesso foi dos 90 aos 105 DAS, quando as plantas se encontravam na fase de floração. Na maioria dos dias desse período experimental a umidade do solo permaneceu entre a CAD e 75% da CAD. Apenas no final do ciclo ocorreu um período em que as plantas ficaram 20 dias sob umidade do solo abaixo de 75% da CAD. Um período de excesso hídrico seguido de um período de seca pode submeter a planta a um estresse hídrico mais intenso devido ao seu sistema radicular reduzido limitar a absorção de água em um menor volume de solo. Nessa condição, provavelmente a planta destina mais energia para produção de raízes, em detrimento do crescimento da parte aérea (Figura 6A).

Em 2017 houve uma sequência maior de dias em que o solo permaneceu saturado. O primeiro período de excesso ocorreu oito dias após a semeadura, ainda no período de emergência das plântulas. Houve vários dias subsequentes de saturação até os 60 DAS, sendo que a partir desta data até 110 DAS não houve eventos de chuva a ponto de saturar o solo e a umidade do solo foi decrescendo, ficando abaixo de 75% da CAD, caracterizando um certo estresse hídrico durante boa parte da fase de floração das plantas, principalmente nos últimos 10 dias, o que pode ter acelerado o final desse subperíodo. Posteriormente ocorreram novos eventos de saturação por períodos prolongados até o final do ciclo da cultura (Figura 6B).

#### 4.3 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DA CANOLA

Tanto no ano agrícola de 2016 quanto no de 2017, as variáveis altura média de planta (AP, em cm), número de folhas por planta (NF) e área foliar (AF, em cm<sup>2</sup>) não apresentaram interação significativa entre os níveis do fator drenagem do solo e o fator genótipos de canola. Houve diferença significativa entre os níveis do fator drenagem do solo para as variáveis AP e NF, somente no ano agrícola de 2017, enquanto que a AF apresentou diferença entre os tratamentos em ambos os anos estudados (Apêndices A e B).

O tratamento sem dreno apresentou as menores médias para todas as variáveis analisadas, devido aos prováveis estresses provenientes dos excessos hídricos no solo que ocorreram ao longo do ciclo, o que afetou o crescimento das plantas (Tabela 1).

A não utilização de drenagem do solo provocou uma redução na AP de 11,3% no ano de 2016 e de 42,4% no ano de 2017. O número de folhas por planta também foi afetado no

cultivo sem dreno com uma redução de 14% e 50,9% para os anos de 2016 e 2017, respectivamente. Destaca-se que a AF foi a variável que apresentou maior redução entre os tratamentos em ambos os anos estudados, com cerca 52,3% e 83,3% a menos de área foliar em comparação ao tratamento com uso de drenos para o ano de 2016 e 2017, respectivamente.

Além da diferença das médias entre os tratamentos para todas as variáveis, observou-se acentuada redução das médias também entre os anos no tratamento sem dreno, isso porque em 2017, ano com maior frequência e totais acumulados de chuva, as plantas permaneceram mais tempo sob condição de solo saturado, o que evidencia que o excesso hídrico inibe o crescimento da parte aérea na cultura da canola, diferentemente do que ocorre na cultura do arroz cultivado sob lâmina d'água.

Redução de até 50% na altura de plantas de canola, quando submetida ao excesso hídrico do solo, também foi registrada por Zhou et al. (2014), o que ratifica o efeito prejudicial do excesso hídrico no solo ao crescimento da canola. Esse fato se deve provavelmente à baixa porosidade do solo e pela ausência de estruturas que auxiliem na difusão de oxigênio no sistema radicular, restringindo seu crescimento e consequentemente o crescimento e desenvolvimento da parte aérea das plantas (VOESENEK et al., 1999).

Tabela 1 - Altura média de planta (AP, cm), número de folhas por planta (NF) e área foliar por planta (AF, cm<sup>2</sup>) de canola em função de presença ou não de drenos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	AP (cm)		NF		AF (cm <sup>2</sup> )	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Com dreno	116,1 a	101,5 a	30,0 a	22, 6 a	10.608,4 a	12.081,7 a
Sem dreno	103,0 a	58,5 b	25,8 a	11,1 b	5.056,0 b	2.027,4 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Ao comparar os valores das mesmas variáveis, porém entre os diferentes genótipos de canola estudados (Tabela 2), nota-se que tanto a AP quanto a AF não apresentaram diferença significativa entre os híbridos no ano de 2017, diferentemente de 2016, em que se destaca o híbrido Alht B4, por apresentar as maiores médias para estas duas variáveis.

Em 2016, o híbrido Hyola 433 foi o que apresentou menor média para a variável NF por planta, ao contrário de 2017, em que juntamente com o híbrido Hyola 76, foi o genótipo que emitiu mais folhas. No ano de 2017 o menor número de folhas por planta foi apresentado



pelo híbrido Diamond seguido do híbrido Alht B4, porém essas diferenças não se refletiram em área foliar proporcional, mostrando haver diferentes estratégias na compensação do baixo número de folhas por maior expansão da área do limbo foliar.

Tabela 2 – Altura média de planta (AP, cm), número de folhas por planta (NF) e área foliar por planta (AF, cm<sup>2</sup>) de quatro genótipos de canola, em dois anos agrícolas, 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	AP (cm)		NF		AF (cm <sup>2</sup> )	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Alht B4	122,87 a	79,35 a	34,12 a	14,12 b	12.377,06 a	8.084,21 a
Hyola 76	107,71 b	81,45 a	32,37 a	20,5 a	8.408,62 b	5.784,42 a
Diamond	106,78 b	79,97 a	27,00 a	9,69 c	5.496,83 c	7.361,95 a
Hyola 433	100,84 b	79,06 a	18,09 b	23,00 a	5.046,41 c	6.987,68 a

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Variáveis como a área foliar e número de folhas nas plantas são importantes a serem consideradas na determinação da produtividade final das culturas agrícolas, devido ao fato que quase o total da massa seca produzida pelas plantas é proveniente dos fotoassimilados produzidos pelas folhas, onde o dióxido de carbono, juntamente com água e radiação solar são transformados em carboidratos. Maior NF e AF de alguns genótipos em relação a outros pode ser indicativo de superioridade produtiva, pois há maior capacidade da planta aproveitar a energia solar e de assimilação do dióxido de carbono, proporcionando à planta mais energia para produção e manutenção de maior número de estruturas reprodutivas.

Em 2016, ano de menor total acumulado de precipitação pluvial, ocorreu maior emissão de folhas e produção de AF do que em 2017. A diferença se refletiu positivamente na produção de grãos, demonstrando a grande importância e contribuição da AF. Além disso, estudo realizado por Berry e Spink (2006) demonstrou grande contribuição de outros órgãos que não as folhas, como ramos florais e síliquis, na produção de fotoassimilados utilizados no enchimento dos grãos.

A utilização dos drenos no solo possibilitou às plantas atingirem maior AP, NF e AF, onde principalmente a AP contribuiu para que as plantas atingissem maior produção de fotoassimilados no período final de enchimento de grãos, pois boa parte da fotossíntese após o final da floração é realizada pelos ramos florais e síliquis (BERRY; SPINK, 2006), visto que

as folhas da roseta iniciam o processo de senescência nessa fase de desenvolvimento da cultura. Maior AF na fase vegetativa pode significar maior capacidade de produção de fotoassimilados pelas folhas para o desenvolvimento das estruturas reprodutivas, embora o enchimento de grãos se dê significativamente a partir dos fotoassimilados produzidos nos caules e siliquas (BERRY; SPINK, 2006).

Genótipos que apresentam maior AF e NF na fase vegetativa podem não exatamente apresentar maiores produtividades de grãos ou de óleo, visto que isso pode caracterizar apenas maiores gastos de energia pelas plantas, porém podem apresentar uma melhor competição por luz nessa fase. Talvez, maior número de ramos laterais e maior altura desses ramos possam melhor se relacionar com a produtividade de grãos e de óleo, visto que são eles os responsáveis pela produção de fotoassimilados no estágio de enchimento de grãos.

Em relação aos resultados de massa seca de raízes (MSR, g), os dados coletados somente no ano de 2016, mostraram interação significativa entre os níveis do fator drenagem do solo e genótipos de canola (Apêndice C). A ausência de drenos afetou negativamente a MSR, o que resultou em uma redução significativa de 59,2% e 53,2% para os híbridos Alht B4 e Hyola 76, respectivamente, (Tabela 3). No entanto, para os híbridos Diamond e Hyola 433 não houve diferença significativa entre os tratamentos.

No cultivo drenado, os híbridos Alht B4 e Hyola 76 desenvolveram mais raízes, conseqüentemente acumularam mais massa seca de raízes do que os híbridos Diamond e Hyola 433, uma diferença de aproximadamente 63,6%. Os híbridos Alht B4 e Hyola 76 também apresentaram maiores médias de MSR do que os demais genótipos na condição sem dreno, porém, não houve diferença significativa entre eles.

Tabela 3 - Massa seca de raízes (MSR, g), em função de diferentes genótipos de canola e da presença ou não de drenos, no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

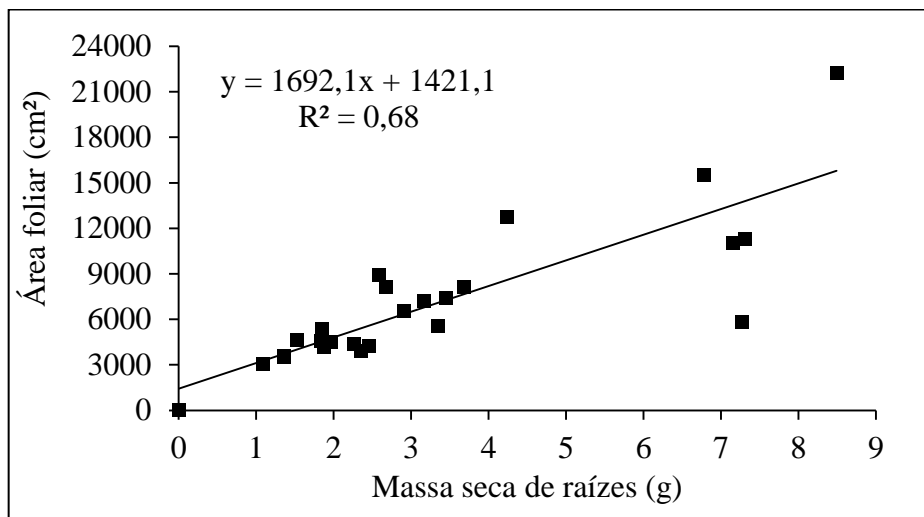
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	6,091 Aa	2,139 Ba	2,799 Ba	7,478 Aa
Sem dreno	2,485 Ab	1,608 Aa	1,589 Aa	3,498 Ab

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Observou-se moderada correlação positiva entre a massa seca total de raízes (MSR) com a área foliar das plantas (AF), com  $R^2=0,68$  (Figura 6). Esses dados comprovam o quanto a falta de oxigênio no solo compromete a respiração radicular, prejudicando a síntese de ATP

e inibindo a atividade metabólica das raízes, o que ocasiona redução do crescimento e desenvolvimento do sistema radicular e posteriormente da parte aérea do vegetal (LIAO; LIN, 2001).

Figura 7 – Correlação entre a massa seca total de raízes (MSR, g) e a área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) de plantas de canola cultivadas em solo com excesso hídrico no ano agrícola de 2016. Santa Maria – RS, 2018.



#### 4.4 VARIÁVEIS FENOLÓGICAS

Em ambos os anos agrícolas os fatores isolados genótipos de canola e drenagem do solo tiveram influência sobre a duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia) dos subperíodos de desenvolvimento correspondentes a semeadura-emergência (S-E) e emergência-início da floração (E-IF), (Apêndices D e E).

Em 2016 as condições hídricas do solo após a semeadura da canola foram mais favoráveis à emergência, sem a ocorrência de longo e intenso período de excesso de água no solo, como o ocorrido no ano seguinte, o que contribui para uma maior homogeneidade no tempo de emergência entre os genótipos e uma antecipação desse evento em relação ao ano de 2017. Os híbridos Hyola 76 e Hyola 433 emergiram posteriormente aos híbridos Alht B4 e Diamond (Tabela 4).

Em 2017 houve um atraso de emergência das plântulas de canola em relação ao ano anterior devido a maior ocorrência de dias chuvosos, o que ocasionou maior período de excesso hídrico no solo após a semeadura até a emergência das plantas. Ocorreu significativa

variação entre os genótipos, destacando-se o híbrido Diamond que precisou acumular somente 97,7 °C dia para emergir, enquanto o Hyola 433, o Hyola 76 e o Alht B4 emergiram com 111,1, 122,2 e 125,2 °C dia acumulados, respectivamente.

Esse efeito do excesso hídrico no aumento da duração dos subperíodos de desenvolvimento também foi observado no subperíodo da emergência ao início da floração (E-IF). No ano de 2016 as plantas permaneceram menos tempo e apresentaram menos soma térmica na fase vegetativa em relação ao ano de 2017. Em ambos os anos os híbridos Diamond e Hyola 433 foram os primeiros genótipos a florescerem.

Tabela 4 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia), dos subperíodos de desenvolvimento sementeira – emergência (S-E) e emergência-início da floração (E-IF), de quatro genótipos de canola nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, 2018.

Genótipos	STa S-E (°C dia)		STa E-IF (°C dia)	
	2016	2017	2016	2017
Hyola 76	75,5 a	122,2 a	485,3 a	937,1 a
Hyola 433	75,4 a	111,1 b	433,4 b	737,8 b
Alht B4	63,5 b	125,2 a	507,2 a	896,0 a
Diamond	63,4 b	97,7 c	439,4 b	663,1 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Houve também influência do fator drenagem do solo sobre os subperíodos de S-E e E-IF no ano de 2017 (Apêndice E). No tratamento com dreno o tempo necessário para as plântulas emergirem foi menor do que no tratamento sem dreno. Além disso, foi observado que nas parcelas sem a utilização de drenos, houve grande quantidade de falhas no estande de plantas, devido ao acúmulo de água na superfície do solo. A mesma tendência foi observada para o subperíodo de E-IF (Tabela 5), em que as plantas localizadas no tratamento sem dreno permaneceram mais tempo na fase vegetativa com STa de 860,1 °C dia, enquanto que no tratamento com dreno o acúmulo de ST para esse subperíodo foi de 756,9 °C dia, perfazendo uma diferença significativa de 13,2 %. Maior tempo que as plantas permanecem nesse subperíodo de desenvolvimento pode não ser benéfico, pois pode representar apenas gastos energéticos desnecessários para manutenção e crescimento da planta, visto que não se sabe ao certo qual a contribuição dos fotoassimilados produzidos antes da floração no enchimento de grãos (BERRY; SPINK, 2006).

Tabela 5 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia) dos subperíodos de desenvolvimento entre semeadura – emergência (S-E) e emergência-início da floração (E-IF) da canola, em função de diferentes condições hídricas do solo decorrentes do uso ou não de drenos no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	STa S-E (°C dia)	STa E-IF (°C dia)
Com dreno	108,1 b	756,9 b
Sem dreno	120,0 a	860,1 a

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Em relação à duração do subperíodo de início da floração-final da floração (IF-FF) não ocorreu interação significativa entre os níveis dos fatores estudados e nem diferença entre os tratamentos com e sem dreno nos dois anos agrícolas. Houve apenas diferença entre os genótipos no ano de 2016 (Apêndices D e E), onde somente o híbrido Hyola 76 diferiu dos demais genótipos avaliados, permanecendo mais tempo nesse subperíodo de desenvolvimento (Tabela 6). Esse resultado não é desejável, visto que maior duração deste subperíodo apresenta uma correlação negativa com a produtividade final de grãos (KRÜGER et al., 2014), pelo fato de que a partir do início da floração a interceptação da radiação solar é realizada pelas camadas de flores expostas, as quais passam a absorver e refletir grande parte da radiação solar direta (BERRY; SPINK, 2006). Consequentemente, há diminuição da interceptação da radiação solar direta pelos tecidos verdes e assim, reduz a capacidade das plantas de produzir fotoassimilados suficientes para formar e manter as estruturas reprodutivas, podendo ocasionar menor produção de siliquas e grãos por área de cultivo.

É importante destacar também a influencia negativa de muitos dias chuvosos durante o período de floração das plantas na produtividade de grãos, visto que este é um período considerado muito sensível da canola ao excesso hídrico no solo, além de prejudicar a polinização das flores, que é realizada principalmente por abelhas, ocasionando aborto dessas estruturas. Além disso, em dias chuvosos a radiação solar diária incidente é menor devido a maior nebulosidade.

Tabela 6 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia), do subperíodo de desenvolvimento início da floração-final da floração (IF-FF) de quatro genótipos de canola, nos anos agrícolas de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	STa IF-FF (°C dia) 2016
Hyola 76	334,1 a
Diamond	290,1 b
Hyola 433	282,8 b
Alht B4	281,5 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Houve interação significativa entre os fatores no subperíodo correspondente ao final da floração-colheita (FF-C) nos dois anos estudados (Apêndices D e E). Em 2016 o híbrido Hyola 433 apresentou maior STa para esse subperíodo, tanto para o tratamento com dreno quanto para o tratamento sem dreno, quando comparado aos demais genótipos, ao contrário do híbrido Diamond que apresentou a menor média de soma térmica acumulada para ambos os tratamentos (Tabela 7).

Em 2017, de modo geral, observa-se maiores valores de STa em relação ao ano anterior, para todos os genótipos em ambos os tratamentos, sendo que no tratamento com dreno tem-se maior duração desse subperíodo do que no tratamento sem o uso de drenos. O híbrido Diamond apresentou menor STa no tratamento com dreno, enquanto que no tratamento sem dreno o híbrido Alht B4 teve menor duração desse subperíodo de desenvolvimento.

A redução no período de formação e enchimento de grãos pode resultar em redução na produtividade de grãos e no rendimento de óleo, visto que as plantas tem menor tempo para produzir fotoassimilados para formar e encher os grãos. Estudos apontam que maiores produtividades de grãos podem ser alcançadas com o aumento no período entre o final da floração e a maturação fisiológica dos grãos (BERRY; SPINK, 2006; KRÜGER et al., 2014), o que daria mais tempo para as plantas deslocarem fotoassimilados para os grãos, consequentemente resultaria em um aumento de sua massa.

Segundo Berry e Spink (2006), essa possível necessidade de maior tempo durante a fase de enchimento de grãos é devido a menor eficiência no uso da radiação solar pelas plantas, relacionada ao fato de que são necessários quase o dobro de fotoassimilados para produzir um grama de grãos oleaginosos quando comparado a outras estruturas da planta

(SINCLAIR; WIT, 1945), além de que as siliques, que são os principais órgãos fotossintetizantes nesse período, possuem em torno de 50% da capacidade fotossintética das folhas (MAJOR, 1975). Desta forma, genótipos que apresentam como característica maior período de enchimento de grãos são desejadas, visto que conseguiriam, teoricamente, produzir grãos de maior tamanho e massa, além de possivelmente maior teor de óleo. No entanto, a radiação solar diária disponível em 2017 foi de apenas 62,9% daquela disponível em 2016 nesse subperíodo, o que pode ser a causa do prolongamento do mesmo.

Tabela 7 - Duração, em soma térmica acumulada (STa, °C dia), do subperíodo de desenvolvimento final da floração - colheita (FF-C), em função de dreno e híbridos de canola nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

		STa FF-C (°C dia)			
		2016			
		Hyola 76	Hyola 433	Alht B4	Diamond
Com dreno		386,9 Ba	501,2 Aa	418,1 Ba	295,3 Ca
Sem dreno		331,5 Bb	420,2 Ab	351,8 Bb	300,9 Ba
		2017			
Com dreno		621,2 Aa	704,7 Aa	725,7 Aa	387,0 Ba
Sem dreno		542,3 Aa	564,2 Aa	344,7 Bb	504,3 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A duração do ciclo de desenvolvimento da cultura da canola foi bastante distinta entre os anos estudados e em ambos houve interação significativa entre os níveis dos fatores (Apêndice D e E). No ano de 2016 a não utilização de drenos provocou uma redução no ciclo de todos os genótipos, exceto o híbrido Diamond, que se destacou pelo menor acúmulo de ST para completar o seu ciclo nas duas condições hídricas do solo, além de necessitar menor soma térmica em solo drenado, resposta inversa a dos outros genótipos em relação aos tratamentos sem drenos (Tabela 8).

Em 2017 ocorreu aumento na duração do ciclo de todos os genótipos, em relação ao ano de 2016, mesmo com a antecipação da semeadura, principalmente por que os subperíodos de S-E e E-IF tiveram aumento significativo (Tabela 4). O híbrido Diamond foi o único genótipo que apresentou diferença entre os tratamentos, com STa total de 1478,2 °C dia no solo com uso de drenos e 1825,2 °C dia sem drenos, uma considerável diferença de 347,0 °C dia e a mesma resposta que em 2016 a esse fator. No tratamento com dreno o híbrido

Diamond foi o que precisou de menor STa para completar ciclo, enquanto os demais não se diferenciaram entre si. No tratamento sem dreno os genótipos não apresentaram diferença significativa de ciclo entre si.

Tabela 8 – Duração, em soma térmica acumulada total (STa total; °C dia) no ciclo de desenvolvimento (semeadura-colheita) de quatro híbridos de canola em função do uso ou não de drenos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

STa Total (°C dia)				
2016				
	Hyola 76	Hyola 433	Alht B4	Diamond
Com dreno	1280,2 Aa	1280,1 Aa	1269,3 Aa	1068,7 Bb
Sem dreno	1228,5 Ab	1225,3 Ab	1204,9 Ab	1113,3 Ba
2017				
Com dreno	1951,8 Aa	1892,5 Aa	1888,6 Aa	1478,2 Bb
Sem dreno	1979,1 Aa	1799,8 Aa	1979,9 Aa	1825,2 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Em resumo, pode-se inferir que a falta de drenos e conseqüentemente o aumento do excesso hídrico decorrente de chuvas frequentes, como no ano de 2017, tem influência na duração dos subperíodos de S-E, E-IF e FF-C, bem como no ciclo total de desenvolvimento da canola, havendo diferença de resposta entre genótipos. A ausência de drenos artificiais em solos que apresentam baixa drenagem natural diminui a duração do subperíodo de FF-C, o que pode reduzir significativamente a produção e o acúmulo de fotoassimilados. No entanto, em anos chuvosos, como o de 2017, as plantas de canola necessitaram de maior soma térmica para completarem esse subperíodo e alcançarem a maturação dos grãos, o que provavelmente é uma resposta da planta a outro fator ecofisiológico, como menor insolação e o estresse devido ao excesso constante que pode ter causado algum distúrbio fisiológico.

#### 4.5 VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS

No ano de 2016 a taxa fotossintética (TF) medida no período do meio dia aos 59, 65 e 66 dias após a semeadura (DAS) foi influenciada pela interação dos fatores de estudo nas três datas de avaliação e aos 79 DAS a TF foi influenciada somente pelo fator isolado drenagem



do solo (Apêndice F). A condutância estomática foliar (CE) não apresentou interação significativa entre os fatores em nenhuma das datas avaliadas, porém foi influenciada pelos fatores isolados (dreno e genótipos de canola) aos 59 DAS e somente pelo fator dreno aos 66 e 76 DAS (Apêndice G).

Aos 59 DAS a não utilização de drenos reduziu significativamente em 36,6% a TF do híbrido Hyola 76 e em 14,5% do híbrido Alht B4 quando comparados ao cultivo com dreno, porém, nos demais genótipos o uso de dreno não influenciou significativamente na TF (Tabela 9). No sistema com dreno os genótipos não apresentaram diferença significativa entre si. No entanto, no cultivo sem dreno o híbrido Hyola76 foi o único genótipo que se diferenciou dos demais materiais com a menor média de TF.

Tabela 9 - Taxa fotossintética (TF,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) das plantas da canola em função de drenos e de genótipos aos 59, 65 e 66 dias após a semeadura no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

		TF aos 59 DAS ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
		Alht B4	Diamond	Hyola 76	Hyola 433
Com dreno		21,04 Aa	19,47 Aa	20,91 Aa	21,33 Aa
Sem dreno		18,00 Ab	17,66 Aa	13,26 Bb	19,79 Aa
		TF aos 65 DAS ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
		Alht B4	Diamond	Hyola 76	Hyola 433
Com dreno		22,62 Ba	22,47 Ba	26,07 Aa	27,99 Aa
Sem dreno		24,38 Aa	21,17 Ba	19,44 Bb	24,84 Aa
		TF aos 66 DAS ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
		Alht B4	Diamond	Hyola 76	Hyola 433
Com dreno		24,91 Ba	31,53 Aa	28,68 Aa	28,57 Aa
Sem dreno		25,70 Aa	25,37 Ab	27,11 Aa	21,54 Bb

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Aos 65 DAS o único genótipo que sofreu influência dos tratamentos com e sem dreno foi o híbrido Hyola 76, apresentando uma redução significativa na TF no tratamento não drenado. No tratamento com dreno os híbridos Hyola 76 e Hyola 433 tiveram maiores valores TF, enquanto os híbridos Diamond e Alht B4 apresentaram menores médias. No tratamento sem dreno o híbrido Hyola 433 também apresentou maior TF juntamente com o Alht B4.

As médias de TF aos 66 DAS foram significativamente diferentes entre os tratamentos para os híbridos Diamond e Hyola 433, enquanto que para os demais não ocorreu diferença. No tratamento com dreno somente o híbrido Alht B4 diferiu dos demais, apresentando menor valor de TF. Porém, no tratamento sem dreno o híbrido Hyola 433 foi o único genótipo que se diferiu dos demais, com menor valor de TF.

No ano de 2016, a TF aos 79 DAS apresentou diferença significativa somente entre os níveis do fator drenagem do solo, sendo que as plantas cultivadas em solo com o uso de drenos apresentaram maiores valores de TF quando comparadas ao cultivo sem drenos. O mesmo é observado para a condutância estomática foliar (CE) aos 59, 66 e 76 DAS, em que há uma redução significativa de CE no cultivo sem a utilização de drenos (Tabela10).

Tabela 10 - Taxa fotossintética (TF,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) aos 79 dias após a semeadura (DAS) e condutância estomática foliar (CE,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) aos 59, 66 e 76 DAS da cultura da canola em função de dreno ou não do excesso de água na camada superficial do solo, no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

	TF ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	CE ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		
	79 DAS	59 DAS	66 DAS	76 DAS
Com dreno	27,22 a	0,89 a	1,06 a	1,06 a
Sem dreno	25,61 b	0,58 b	0,78 b	0,88 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Aos 59 DAS houve ainda influência dos genótipos na CE, sendo que o híbrido Hyola 76 diferiu dos demais com a maior média entre os quatro genótipos (Tabela 11), o que é de certa forma surpreendente por ter apresentado a menor média de TF no cultivo sem a utilização de drenos (Tabela 11).

Tabela 11 - Condutância estomática foliar (CE, mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da cultura da canola em função diferentes genótipos aos 59 dias após a semeadura (DAS), no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	CE (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
	59 DAS
Hyola 76	0,95 a
Alht B4	0,74 b
Diamond	0,63 b
Hyola 433	0,61 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

No ano de 2017 não ocorreu interação significativa entre os níveis do fator genótipos e os níveis do fator drenagem do solo, tanto para a condutância estomática foliar quanto para a taxa fotossintética, em todos os dias de avaliações no período do meio dia, porém houve influência dos fatores isolados para ambas as variáveis (Apêndices H e I).

Verificou-se diferença significativa de TF entre os genótipos aos 91, 97 e 104 DAS (Tabela 12). Aos 91 DAS os valores de TF foram maiores para os híbridos Alht B4 e Hyola 433, diferenciando-se do Hyola 76 e do Diamond. Aos 97 DAS os quatro genótipos apresentaram TF menor que aos 91 DAS, mesmo assim os híbridos Alht B4, Hyola 433 e Hyola 76 apresentaram TF maior que o híbrido Diamond, para esta data de avaliação. Aos 104 DAS os híbridos Hyola 433 e Hyola 76 tiveram maior CE, diferentemente dos híbridos Alht B4 e Diamond, os quais apresentaram menores valores de CE sem se diferenciarem entre si.

Nas três datas de avaliações, o híbrido Diamond apresentou os menores valores de TF. Isso pode ser pelo fato de possuir menor duração de ciclo em relação aos outros genótipos, estando em estágio de desenvolvimento mais avançado as plantas poderiam estar com suas folhas com menor atividade fotossintética nesse período, passando assim a realizar a maior parte da fotossíntese nos caules e nas siliquis (MAJOR; CHARNETSKI, 1976), órgãos das plantas menos eficientes e nas quais não foram realizadas medições. Também é possível que simplesmente fatores genéticos da planta estejam influenciando na atividade fotossintética, como por exemplo a espessura da lâmina foliar, teor de clorofila e funcionamento celular (MARENCO et al., 2006).

Tabela 12 - Taxa fotossintética (TF,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de quatro diferentes genótipos de canola aos 91, 97 e 104 dias após a emergência (DAS), no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	TF ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		
	91 DAS	97 DAS	104 DAS
Alht B4	27,85 a	21,36 a	19,44 b
Hyola 433	27,73 a	20,99 a	22,71 a
Hyola 76	24,02 b	20,45 a	22,94 a
Diamond	23,17 b	17,3 b	18,10 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

As plantas cultivadas em solo não drenado tiveram redução de 22% nas médias de condutância estomática foliar aos 91 DAS, em relação ao tratamento com dreno. Além disso, a não utilização de drenos no ano de 2017 também influenciou negativamente na taxa fotossintética aos 104 e aos 131 DAS, com uma redução de 11,8% e 17,2%, respectivamente (Tabela 13).

Tabela 13 - Condutância estomática foliar (CE,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) aos 91 DAS e taxa fotossintética (TF,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) aos 104 e 131 dias após a semeadura (DAS) da cultura da canola, em função de drenos, no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	CE ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	TF ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	91 DAS	104 DAS	131 DAS
Com dreno	0,73 a	22,10 a	18,80 a
Sem dreno	0,57 b	19,49 b	15,56 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Os genótipos apresentaram diferença significativa para a variável CE aos 91, 96 e 97 DAS (Tabela 14). O híbrido Diamond teve menor CE em todas as datas avaliadas. Aos 91 DAS os híbridos Alht B4 e Hyola 76 não diferiram entre si, enquanto o Hyola 433 teve maior CE para esta data. Aos 96 DAS o único genótipo que diferiu dos demais foi o híbrido Alht B4, apresentando maior CE. Aos 97 DAS os híbridos Alht B4 e Diamond foram os genótipos que apresentaram maior e menor valor de CE, respectivamente, enquanto os híbridos Hyola 76 e Hyola 433 não apresentaram diferença significativa entre si.

Considerando o conjunto de dados das três datas pode-se inferir que o híbrido Diamond tem a menor CE (Tabela 14), da mesma forma que tem a menor TF se consideradas as medições feitas aos 91, 97 e 104 DAS em 2017 (Tabela 12), o que permite inferir que esse genótipo é mais sensível ao excesso hídrico que os demais estudados, em anos mais chuvosos.

O híbrido Alht B4 tende a ter maior CE que os demais sob estresse, visto que sob condição de ausência de drenos sempre foi igual ou superior às demais em 2016 e em 2017 teve CE maior em dois dos três dias de medição com diferença entre os genótipos.

Tabela 14 - Condutância estomática foliar (CE, mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da cultura da canola em função diferentes genótipos aos 91, 96 e 97 dias após a semeadura (DAS), no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	CE (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		
	91 DAS	96 DAS	97 DAS
Hyola 433	0,76 a	0,49 b	0,53b
Alht B4	0,69 b	0,71 a	0,73 a
Hyola 76	0,66 b	0,55 b	0,59 b
Diamond	0,51 c	0,43 b	0,39 c

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

#### 4.6 COMPONENTES DE RENDIMENTO DE GRÃOS E PRODUTIVIDADE

As médias de massa seca da parte aérea (MSPA), número de siliques por planta (NS) e massa de 20 siliques (M20S), não apresentaram interação significativa entre os fatores drenagem do solo e diferentes genótipos de canola. No entanto, houve diferença significativa entre os níveis do fator drenagem do solo (Apêndices A e J).

De modo geral, a não utilização de drenagem do solo acarretou em redução das médias de todas as variáveis avaliadas, onde somente no ano de 2016 a M20S não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A MSPA das plantas teve redução de 26,1 % no ano de 2016 e de 44,7% no ano de 2017 quando as plantas foram cultivadas sem uso de drenos. O número de siliques por planta (NS) foi reduzido em 29,9% e 50,3% nos anos de 2016 e 2017, respectivamente, e a M20S no ano de 2016 não reduziu significativamente, enquanto que no ano de 2017 sofreu redução de 27,3%, em relação ao tratamento com uso de drenos (Tabela 15).

Verificou-se que todas as variáveis sofreram redução quando as plantas ficaram submetidas ao excesso hídrico por falta de drenos superficiais, principalmente a MSPA e o NS no ano de 2017. Estes resultados devem-se ao fato de que a abstenção de O<sub>2</sub> às raízes, resultante do excesso hídrico mais intenso neste ano, pode prejudicar rapidamente o crescimento das plantas, levando a reduções significativas na produção de massa seca da parte aérea das plantas (DREW, 1997).

Tabela 15 - Massa seca da parte aérea por planta (MSPA, g), número de siliquas por planta (NS) e massa de 20 siliquas (M20S) de canola em função da presença ou não de drenos, nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018

	MSPA (g)		NS		M20S (g)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Com dreno	22,671 a	21,405 a	170,0 a	144,6 a	2,170 a	1,522 a
Sem dreno	16,741 b	11,836 b	120,8 b	71,9 b	2,010 a	1,106 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

No ano de 2017 houve interação significativa entre os níveis do fator drenagem do solo e genótipos de canola para a variável número de siliquas por planta (Apêndice J). As plantas cultivadas no solo drenado apresentaram maiores médias de NS do que as que estavam no solo não drenado (Tabelas 15 e 16) e não houve diferença entre os genótipos em solo drenado (Tabela 16). Somente para o híbrido Diamond não ocorreu diferença significativa entre os níveis do fator drenagem do solo porque produziu mais siliquas que os demais genótipos nos tratamentos sem dreno, indicando que esse componente de rendimento de grãos não foi significativamente afetado pela falta de drenagem, o que indica certa tolerância desse genótipo ao excesso hídrico em termos de abortamento de siliquas. Já para os híbridos Hyola 433, Alht B4 e H 76 a produção de siliquas por planta cultivada em solo não drenado foi de 74,5, 65,9 e 39,0% inferior comparada aos cultivados sobre canteiros.

Conforme Mousavi; Sam-Daliri; Bagheri (2011), tanto o número de siliquas por plantas quanto o de grãos por siliquas depende da nutrição carbonada proveniente da atividade fotossintética das folhas, que neste caso foi negativamente afetada pela redução da produção da massa seca da parte aérea da planta decorrente do encharcamento do solo não drenado, como mostrado anteriormente, e em parte é explicado pela redução da TF e da CE (Tabelas 9, 10 e 12).

Tabela 16 - Média do número de siliquis por planta (NS), em função presença ou não de drenos, para quatro diferentes genótipos de canola no ano agrícola de 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	NS (2017)			
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	136,5 Aa	135,8 Aa	175,8 Aa	130,5 Aa
Sem dreno	46,5 Bb	117,0 Aa	44,8 Bb	79,5 Ab

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A M20S apresentou também diferença significativa entre os genótipos estudadas tanto no ano de 2016 quanto no ano de 2017 (Tabela 17). Em 2016 os híbridos Alht B4 e Hyola 76 apresentaram maiores médias de massa seca de siliquis, sendo que os demais híbridos não apresentaram diferença significativa entre si. Porém, em 2017 os híbridos Hyola 76 e Diamond foram os genótipos com menor massa de siliquis, com cerca de 45,3% a menos que o híbrido Hyola 433, o qual apresentou maior média seguida do híbrido Alht B4. Exceto o híbrido Hyola 433, todos apresentaram redução da massa seca de 20 siliquis no ano 2017 em relação ao ano 2016 (Tabela 17), sendo a principal redução causada pela ausência de drenos (Tabela 14).

Tabela 17 - Massa seca de 20 siliquis (M20S, g) produzida por quatro diferentes genótipos de canola nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	M20S (g)	
	2016	2017
Alht B4	2,386 a	1,417 b
Hyola 76	2,161 a	1,01 c
Diamond	1,996 b	1,00 c
Hyola 433	1,837 b	1,829 a

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Para as variáveis NG e MCG houve diferença significativa entre solo drenado e não drenado somente no ano de 2017 (Apêndice K), sendo que as plantas que estavam no solo não drenado apresentaram as menores médias para ambas as variáveis analisadas (Tabela 18). Esses resultados se explicam pelos prolongados e frequentes períodos com excesso hídrico ou

alto teor de umidade no solo dos 30 aos 57 DAS e após os 110 DAS no ano de 2017 em que as precipitações pluviométricas foram maiores em relação ao ano anterior.

Esse resultado confirma àquele encontrado por Xu et al. (2015), os quais observaram que ao aplicar uma lâmina de água acima do solo, o que possibilitou a eliminação total do oxigênio do solo, o excesso hídrico de 7 dias no estágio de floração provocou uma redução de 24,3% no número de grãos por síliqua. No caso atual, os eventos de excesso hídrico ocorreram naturalmente, devido às chuvas, havendo muitas vezes conservação de uma lâmina de água na superfície do solo sem dreno, fazendo com que o uso de dreno impactasse de forma positiva no NG.

Tabela 18 – Número de grãos por síliqua (NG) e massa de cem grãos (MCG, em g) de canola em função do uso ou não de drenos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	NG		MCG (g)	
	2016	2017	2016	2017
Com dreno	15,6 a	12,7 a	0,359 a	0,312 a
Sem dreno	15,1 a	8,6 b	0,321 a	0,237 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Em 2016, o número de grãos por síliquis (NG) apresentou interação significativa entre os níveis do fator drenagem do solo e genótipos de canola, sendo que o híbrido Diamond foi o único genótipo que não apresentou redução significativa do número de grãos quando cultivado em solo não drenado e os demais híbridos não apresentaram diferença entre si na condição de ausência de drenagem (Tabela 19). Mesmo assim, o híbrido Diamond apresentou um número de grãos por síliqua maior que os demais genótipos no tratamento sem dreno nesse ano.

Os híbridos Hyola 433 e Hyola 76 foram os genótipos que apresentaram menores médias de NG e os híbridos Diamond e Alht B4 tiveram as maiores médias no nível com dreno, diferença essa atribuída ao fator genético dos materiais. No nível sem dreno somente o híbrido Diamond, com maior média de NG, diferenciou-se dos demais genótipos, o que demonstra ser uma característica que pode ser considerada nesse material como de certa tolerância a condição de excesso hídrico no solo, embora tenha produzido um NG significativamente menor na ausência de drenos em relação ao tratamento com drenos.



Tabela 19 – Número de grãos por siliqua (NG) em função interação entre os fatores drenagem do solo e genótipos de canola no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

	NG (2016)			
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	17,3 Aa	24,1 Aa	11,6 Ba	14,2 Ba
Sem dreno	13,4 Ba	16,9 Ab	11,7 Ba	12,8 Ba

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Em ambos os anos houve diferença significativa entre os genótipos para a variável NG por siliqua, sendo que para o ano de 2016 o híbrido Diamond teve maior média (Tabela 20). No ano 2017, juntamente com os híbridos Hyola 433 e Alht B4 apresentou as maiores médias de número de grãos por siliqua, diferentemente do híbrido Hyola 76 que produziu menor número de grãos por siliqua. O maior NG apresentado pelo híbrido Diamond nos dois anos e nas duas condições de drenagem lhe confere uma característica genética superior aos demais híbridos cultivados em um solo naturalmente mal drenado (Tabela 20). Nesse contexto, pode-se inferir uma vantagem do híbrido Diamond, pois o NG tem correlação positiva com a produtividade de grãos no tratamento com dreno (Apêndice M).

Tabela 20 - Número de grãos por siliqua (NG) de canola em função de diferentes genótipos nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	NG	
	2016	2017
Hyola 433	11,7 b	13,7 a
Alht B4	15,4 b	12,7 a
Hyola 76	13,5 b	8,6 b
Diamond	20,5 a	17,3 a

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A produtividade final de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) apresentou interação significativa entre os tratamentos com e sem drenagem do solo e os níveis do fator genótipos de canola (Alht B4, Diamond, Hyola 433 e Hyola 76), tanto para o ano agrícola de 2016, quanto para o ano de 2017 (Apêndice K). Percebe-se que para todos os materiais genéticos estudados a PG foi

inferior no tratamento sem o uso de drenos, em relação ao tratamento com dreno, nos dois anos de estudo (Tabela 21).

Quando os genótipos foram comparados entre si no tratamento com dreno, no ano de 2016 somente o híbrido Diamond diferenciou-se dos demais, produzindo 1423,27 kg ha<sup>-1</sup>, sendo o genótipo que apresentou maior média de produtividade de grãos. No ano de 2017 além do híbrido Diamond que produziu 915,95 kg ha<sup>-1</sup>, o híbrido Hyola 76 também apresentou maior média de produtividade nesse tratamento, porém cerca de 35,0 kg ha<sup>-1</sup> a menos que o Diamond, enquanto os híbridos Hyola 433 e Alht B4 tiveram as menores produtividade de grãos, com cerca de 43 e 45 % de redução em relação ao híbrido Diamond, respectivamente.

No tratamento sem dreno para o ano de 2016, o híbrido Alht B4 apresentou menor média, diferentemente do Diamond, que teve a maior produtividade final de grãos, enquanto os demais genótipos não apresentaram diferença entre si. No ano de 2017 não houve diferença significativa entre os genótipos para o tratamento sem dreno e todos os híbridos tiveram produtividade menor do que no tratamento com dreno, mostrando que em anos chuvosos a produtividade de canola em solos mal drenados tende a zero se não forem realizadas práticas de mitigação do problema, independente do genótipo usado.

A não utilização de drenos provocou uma queda significativa de 74,7% na produtividade de grãos do híbrido Alht B4, 50,5% no Diamond, 45,0% no Hyola 76 e 45,0% no Hyola 433, no ano de 2016. No ano de 2017, a redução da produtividade de grãos no tratamento sem dreno foi ainda maior, com cerca de 81,5% para o Alht B4, 87,7% Diamond, 85,9% para Hyola 433 e 82,0% para Hyola 76 e mesmo com drenos a PG diminuiu em relação ao ano de 2016.

A principal hipótese para explicar a menor PG no cultivo sem dreno foi a redução na população de plantas visivelmente observada, que ocorreu devido às chuvas frequentes e constantes após a semeadura, comprometendo a emergência e o estabelecimento inicial das plantas no sistema sem dreno. Da mesma forma, o intenso e quase que contínuo excesso hídrico no subperíodo de FF-C também comprometeu a produtividade final de grãos. Conforme Zhou et al. (1997) o número de siliques por planta e sementes por síliqua são reduzidas significativamente, dando um decréscimo de 21,3 e 12,5% de rendimento de grãos, quando o excesso hídrico ocorreu nos estádios de plântula e alongação da haste, respectivamente. Posteriormente Zhou et al. (2014) verificaram que o excesso hídrico no solo reduz a PG de canola principalmente pela redução no teor de oxigênio do solo, restringindo o crescimento da parte aérea e posteriormente comprometendo os componentes de rendimento

de grãos, podendo reduzir a PG em até 50% quando comparado ao sistema com boa drenagem. Verifica-se, porém que nos dois anos de experimentação as reduções de PG dos quatro híbridos foram em geral maiores que os verificados por Zhou et al. (2014).

A menor PG do tratamento sem dreno e a não diferença entre os materiais deve-se também ao fato de que uma vez que as plantas são afetadas pelo excesso hídrico não conseguem mais expressar todo seu potencial genético, o que se expressou nos resultados de rendimento final de grãos, principalmente no ano de 2017. Por outro lado, no tratamento com dreno, o híbrido Diamond apresentou média de PG superior aos demais nos dois anos agrícolas estudados, comprovando um maior potencial genético para produtividade, mostrando-se mais adaptada às condições edafoclimáticas de Santa Maria – RS, mesmo em anos chuvosos como o de 2017.

Tabela 21 - Produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) de quatro genótipos de canola em função do fator drenagem do solo nos anos agrícolas de 2016 e 2017. Santa Maria, RS, 2018.

	PG (2016, kg ha <sup>-1</sup> )			
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	898,56 Ba	1423,27 Aa	1139,19 Ba	1127,13 Ba
Sem dreno	227,10 Cb	927,47 Ab	625,79 Bb	557,60 Bb
	PG (2017, kg ha <sup>-1</sup> )			
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	506,81 Ba	915,95 Aa	526,00 Ba	780,27 Aa
Sem dreno	93,75 Ab	112,72 Ab	74,29 Ab	140,43 Ab

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A análise da variância apontou interação significativa entre os níveis dos fatores avaliados para as variáveis teor de óleo (TO) e teor de proteína (TP), enquanto que para o rendimento de óleo (RO) houve influencia dos fatores isolados (Apêndice L). O teor de óleo (TO) foi reduzido quando as plantas de canola foram cultivadas em condições de excesso hídrico, sem o uso de drenos, para os híbridos Diamond, Hyola 433 e Hyola 76, enquanto que o híbrido Alht B4 não apresentou alteração. Ao contrário, o teor de proteína (TP) teve maior percentagem no tratamento sem dreno em 2016 (Tabela 22). Salienta-se que a PG de 2017 não foi suficiente para proceder as análises de TO e TP.

A média geral para o TO nos grãos produzidos em 2016 foi de 46,0%. O uso de dreno possibilitou uma média de 46,7% enquanto que o cultivo sem dreno a média foi de 45,3%,

evidenciando uma possível tendência do excesso hídrico a reduzir o TO dos grãos na canola. Entre os genótipos, o híbrido Hyola 76 apresentou maior TO nos dois tratamentos, com e sem dreno.

O TO obtido nos grãos está acima da média nacional, que segundo Tomm et al. (2009) se encontra próximo de 38%. Porém, segundo Melgarejo et al. (2014), o TO em canola é variável em função da época de semeadura, sendo crescente com semeadura realizada até início de abril, ocorrendo redução seguindo uma função quadrática com o atraso na semeadura após abril. Krüger (2011), trabalhando com diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura, também encontrou grande variação (desde 16,6 até 37,4%) no teor de óleo na canola semeada na terceira semana do mês de maio no município de Augusto Pestana, RS.

Vários estudos mostram alterações no conteúdo total de óleo e de proteína nos grãos devido à influência de fatores ambientais e estresses abióticos. Rotundo (2009) constatou que o déficit hídrico durante a fase de enchimento de grãos em soja, aumenta a concentração de proteína e diminui a concentração de óleo. A redução no TO no caso da canola pode estar relacionada ao estresse causado pelo excesso hídrico, que limita o crescimento das plantas, provoca redução nas taxas de fotossíntese e no acúmulo de massa seca de raízes e parte aérea, bem como afeta o metabolismo secundário, resultando em menor teor de óleo dos grãos (MELGAREJO et al., 2014).

A redução do teor em óleo parece estar relacionada também às condições térmicas durante o período de excesso hídrico. Cannell e Belford (1980) verificaram uma redução de rendimento de óleo em 17 % quando o excesso hídrico aplicado entre janeiro e março ocorreu sob uma temperatura média do ar de apenas 6 °C.

Tabela 22 - Teor de óleo (TO, %) e teor de proteína (TP,%) de grãos de quatro genótipos de canola em função da utilização ou não de drenos, no ano agrícola de 2016 em Santa Maria, RS. Santa Maria, RS, 2018.

	TO (%)			
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	44,86 Ca	46,97 Ba	47,00 Ba	47,89 Aa
Sem dreno	44,66 Ca	45,43 Bb	44,74 Cb	46,55 Ab
	TP (%)			
	Alht B4	Diamond	Hyola 433	Hyola 76
Com dreno	17,78 Aa	16,87 Bb	17,58 Ab	17,64 Ab
Sem dreno	17,92 Ca	18,21 Ca	18,86 Aa	18,44 Ba

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O Rendimento de óleo RO ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi afetado tanto pelo fator genótipo (Tabela 23), quanto pelo fator drenagem do solo (Tabela 23) no ano de 2016. Mesmo não sendo o genótipo que apresentou maior TO, o híbrido Diamond apresentou o maior rendimento de óleo. Como o RO é uma função da PG e do TO dos grãos e como houve diferença significativa, porém não muito acentuada do TO entre os genótipos, os resultados de RO derivam principalmente dos resultados da PG.

Tabela 23 - Rendimento de óleo RO ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de quatro genótipos de canola no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

Genótipos	RO ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Diamond	545,09 a
Hyola 433	407,72 b
Hyola 76	399,57 b
Alht B4	252,34 c

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A não utilização de drenos influenciou no rendimento de óleo, reduzindo-o em 49,5% em relação ao tratamento com dreno (Tabela 24). Neste caso o estresse causado pelo excesso de água às plantas reduziu tanto o teor de óleo quanto a produtividade de grãos, resultando, conseqüentemente, em menor rendimento de óleo. Maior RO é o principal objetivo a ser alcançado na cultura da canola, visto que o óleo é a fração comercial mais importante, tanto para o consumo humano, quanto para a fabricação de biodiesel. Genótipos que atinjam elevados TO e PG são desejáveis, visto que resultam em maiores RO.

Tabela 24 – Rendimento de óleo RO ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de canola em função da utilização ou não de drenos em um Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico (SiBCS, 2013), no ano agrícola de 2016. Santa Maria, RS, 2018.

Condição do solo	RO ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Com dreno	536,67 a
Sem dreno	265,69 b

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não se diferenciam pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

## 5 CONCLUSÕES

O excesso hídrico no solo provoca redução do crescimento das plantas de canola, diminuindo sua altura, área foliar e massa seca da parte aérea e das raízes.

O uso de drenos diminui os efeitos adversos do excesso hídrico nas plantas de canola, possibilitando um melhor estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da cultura em anos chuvosos e/ou áreas onde o excesso hídrico ocorre naturalmente no solo.

Em solo naturalmente mal drenado, o excesso hídrico no subperíodo de semeadura-emergência e na fase de plântula, por períodos prolongados, compromete o estande e o estabelecimento inicial da cultura da canola.

O excesso hídrico decorrente da ausência de drenos afeta negativamente o desenvolvimento da canola, aumentando a soma térmica necessária para completar os subperíodos de S-E, E-IF e encurta o subperíodo de enchimento dos grãos entre o final da floração e a colheita.

Os componentes de rendimento de grãos mais afetados pelo excesso hídrico decorrente da ausência de drenos em solos mal drenados naturalmente são o número de síliquas e a massa seca de síliquas.

O componente de rendimento com maior determinação da produtividade de grãos de genótipos de canola em locais com excesso hídrico é o número de grãos por síliqua.

A baixa disponibilidade de radiação solar no final da fase reprodutiva, correspondente ao final de floração-colheita, atrasa a maturação dos grãos e prolonga esse subperíodo.

A diminuição do excesso hídrico pela utilização de drenos diminui seus efeitos adversos na taxa de fotossíntese, na condutância estomática das plantas e na produtividade de grãos e no rendimento em óleo da canola.

O híbrido Diamond pode ser considerado o material genético mais promissor a ser cultivado em locais com excesso hídrico em comparação aos demais testados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, F. et al. Waterlogging tolerance of crops: breeding, mechanism of tolerance, molecular approaches, and future prospects. **BioMed Research International**, v. 2013, p.1-10, 2013.
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 56).
- ARMSTRONG, W. et al. Root adaptation to soil waterlogging. **International Scientific Journal Aquatic Botany**, v.39, p.57-73, 1991.
- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.313-339, 2008.
- BATTISTI, R. et al. Dinâmica floral e abortamento de flores em híbridos de canola e mostarda castanha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.174-181, 2013.
- BERRY, P. M.; SPINK, J. H. A physiological analysis of oilseed rape yields : Past and future. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.381-392, 2006.
- BOEM, F. H. G.; LAVADO, R. S.; PORCELLI, C. A. Note on the effects of winter and spring waterlogging on growth, chemical composition and yield of rapeseed. **Field Crops Research**, v.47, p.175-179, 1996.
- BURIOL, G. A. et al Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.11, n.4, p.89-97, 2006.
- CAMARGO, F. A. de O.; SANTOS, G. de A. ; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.171-180, 1999.
- CAMPBELL, R.; DREW, M. C. Electron microscopy of gas space (erenchyma) formation in adventitious roots of *Zea mays* L. subjected to oxygen shortage. **Planta**, v.157, p.350-357, 1983.
- CANNELL, R. Q.; BELFORD, R. K. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Journal of the Food and Agriculture**, v. 31, p. 963-965, 1980.
- CHEN, H.; QUALLS, R. G.; MILLER, G. Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. **Journal Environmental and Experimental Botany**, v.48, p.119-128, 2002.
- CHENG, L. et al. Study on membrane reactors for biodiesel production by phase behaviors of canola oil methanolysis in batch reactors. **Bioresource Technology**, v.101, p.6663-6668, 2010.
- CHRISTIANSON, J. A. et al. Global gene expression responses to waterlogging in roots and leaves of cotton ( *Gossypium hirsutum* L.). **Journal Plant & Cell Physiology**, v.51, n.1, p.21-37, 2010.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 5 - Safra 2017/18, n. 2 – **Segundo levantamento**. Brasília, DF, p. 105 , 2017.

DALMAGO, G. A. et al. Aclimação ao frio e dano por geada em canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.9, p.933-943, 2010.

DOGAN, E. et al. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. **Journal Agricultural Water Management**, v.98, p.1403-1408, 2011.

DOURADO-NETO, D. et al. Balance hídrico cíclico y secuencial: estimación de almacenamiento de água em El suelo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.3, p.537-546,1999.

DREW, M. C. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia; **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 48, p. 223-250, 1997.

DREW, M. C.; JACKSON, M. B.; GIFFARD, S. Ethylene-promoted adventitious rooting and development of cortical air spaces (aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in *Zea mays* L. **Planta- An International Journal of Plant Biology**, v.147, p.83-88, 1979.

EQUIPE ESTATCAMP. **Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade**, São Carlos - SP, Brasil, 2014. URL <http://www.portaction.com.br/>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FORAJI, A. et al. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. **Journal Agricultural Water Management**, v.96, p.132-140, 2009.

GOMEZ, N. V.; MIRALLES, D. J. Factors that modify early and late reproductive phases in oilseed rape (*Brassica napus* L.): Its impact on seed yield and oil content. **Industrial Crops and Products**, v.34, p.1277-1285, 2011.

GULDEN, R. H.; WARWICK, S. I.; THOMAS, A. G. The biology of Canadian Weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v.88, n.5, p951-996, 2008.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.38, p.43-58, 2009.

IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E. **Cultivo de Colza**. 1.ed. – C.A. de Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária – INTA, 156 p., 2008.

JACKSON, M. B. Hormones and developmental change in plants subjected to submergence or soil waterlogging. **Aquatic Botany**, v.38, p.49-72, 1990.

JACKSON, M. B.; COLMER, T. D.; Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany**, Oxford Journals, v.96, n.4, p.501-505, 2005.



- KAMKAR, B. et al. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. **Journal Agricultural Water Management**, v.98, p.1005-1012, 2011.
- KRÜGER, C. A. M. B. **Arranjo de plantas e seus efeitos na produtividade de grãos e teor de óleo em canola**. 2011. 89 f. Tese (Doutorado de Doutorado)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2011.
- KRÜGER, C. A. M. B. et al. Relações de variáveis ambientais e subperíodos na produtividade e teor de óleo em canola. **Ciência Rural**, v.44, n.9, p.1671-1677, 2014.
- LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council ROC (B)**, v.25, n.3, p.148-157, 2001.
- LOOSE, L. et al. SUNFLOWER EMERGENCE AND INITIAL GROWTH IN SOIL WITH WATER EXCESS. **Engenharia Agrícola**, v. 37, p. 644-655, 2017.
- LUZ, G. L da. et al. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, 2012.
- MAJOR, D. J. Stomatal frequency and distribution in rape. **Canadian Journal of Plant Science**, v.55, p.1077-1078, 1975.
- MAJOR, D. J.; CHARNETSKI, W. A. Distribution of <sup>14</sup>C-labeled assimilates in rape plants. **Crop Science**, v.16, n.4, p.530-532, 1976.
- MALDANER, I. C. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol na região Central do Rio Grande do Sul**. 2012. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2012.
- MARENCO, R.A. et al. Hydraulically based stomatal oscillations and stomatal patchiness in *Gossypium hirsutum*. **Functional Plant Biology**, v.33, n.12, p. 1103-1113, 2006.
- MELGAREJO A., M. A. et al. Características agronômicas e teor de óleo da canola em função da época de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.9, p.934-938, 2014.
- MORRISON, M.J. Heat stress during reproduction in summer rape. **Canadian Journal of Botany**, v.71, p.303-308, 1993.
- MOUSAVI, S.J.; SAM - DALIRI, M.; BAGHERI, H. Study of planting density on some agronomic traits of rapeseed three cultivar (*Brassica napus* L.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.5, p.2625 - 2627, 2011.
- NANDA, R. et al. Phenological development of *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B. napus* and *B. carinata* grown in controlled environments and from 14 sowing dates in the field. **Field Crops Research**, n.46 p.93-103, 1996.
- PERBONI, A. T. et al. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of flooding in canola hybrids. **Journal Biologia**, v.67, n.2, p.338-346, 2012.

- PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972.
- RAMACHANDRAN, S. et al. Oil cakes and their biotechnological applications - A review. **Bioresource Technology**, v.98, n.10, p.2000-2009, 2009.
- RAO, B. V. K. et al. Carbon-based solid acid catalyst from de-oiled canola meal for biodiesel production. **Catalysis Communications**, v.14, n.1, p.20-26, 2011.
- REDA, S.Y.; CARNEIRO, P.I.B. Óleos e gorduras: Aplicações e Implicações. **Revista Analytica**, v. 10, n. 27, p. 60- 67, 2007.
- ROCHA, L. **Condutância estomática e taxa fotossintética em canola cultivada em solo com dreno e sem dreno**. 2015. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2015.
- RODRÍGUEZ-GAMIR, J. et al. Root signalling and modulation of stomatal closure in flooded citrus seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.49, p.636-645, 2011.
- ROSA, H. T. et al. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1374-1382, 2009.
- ROTUNDO J. L. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. **Field Crops research**, v. 110, p. 147–156, 2009.
- SAIRAM, R. K. et al. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, v.52, n.3, p.401-412, 2008.
- SHARAFIZADEH, M. et al. Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity yield of canola hybrid seed (hayola 401). **The Free Library, American-Eurasian Network for Scientific Information**, p. 4-8, jun., 2012.
- SiBCS (Sistema brasileiro de classificação de solos), 3ª edição, Embrapa solos , 353 p, 2013.
- SINCLAIR, T.R.; DE WIT, C. T. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. **Science**, v.189, 565–567, 1975.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. [tradução: Armando Molina Divan Junior et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira, 5. Ed., Porto Alegre, RS: Artmed. 918 p. 2013.
- TARTAGLIA, F. de L. et al. Modelos não destrutivos para determinação da área foliar em canola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.6, p., 551-556, 2016.
- THOMAS, P. **The growers' manual: Canola Council of Canada**, 2014. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/crop-development/growth-stages/>>. Acesso em 24 de maio de 2017.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

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

TOMM, G. O. et al. Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul, Embrapa Trigo. **Documentos Online**, **113**, Passo Fundo, RS, 15 p, 2009. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do113.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm)>.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para a produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p. (Embrapa Trigo. Sistema de produção, 4).

TOMM, G.O. Cultivo de Canola. Embrapa Trigo. **Sistemas de produção**, série 3 Passo Fundo, RS, 40p 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Canola/CultivodeCanola/>>

VOESENEK, L. A. C. J. et al. The lack of Aerenchyma and high rates of loss of oxygen radially from the root of the base contribute to intolerance flooding *Brassica napus* L. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.26, n.1, p.87-93, 1999.

XU, M. et al. The effect of waterlogging on yield and seed quality at the earlyflowering stage in *Brassica napus* L. **Field Crops Research**, v.182, p.238-245, 2015.

ZHANG, J.; ZHANG, X. Can early wilting of old leaves account for much of the ABA accumulation in flooded pea plants? **Journal of Experimental Botany**, v.45, n.9, p.1335-1342, 1994.

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, p.103-110, 1995.

ZHOU, X. et al. A comparison of screening methods to identify waterlogging tolerance in the field in *Brassica napus* L. during plant ontogeny. **Plos One**, v.9, n.3, p.1-9, 2014.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS ALTURA MÉDIA DE PLANTA (AP, cm), NÚMERO DE FOLHAS POR PLANTA (NF), ÁREA FOLIAR (AF, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) E MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA, g planta<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G), NO ANO AGRÍCOLA DE 2016. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2016)			
		AP	NF	AF	MSPA
Bloco	3	64,68 <sup>ns</sup>	67,62 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	18,55 <sup>ns</sup>
Dreno	1	1355,25 <sup>ns</sup>	147,7 <sup>ns</sup>	4,15*	281,3*
Erro 1	3	272,83	76,85	0,3	27,66
Genótipos (G)	3	704,99*	415,33*	1,37*	10,28 <sup>ns</sup>
D x G	3	113,7 <sup>ns</sup>	10,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	31,77 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	58,7	37,56	0,1	28,71
Total	31	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	15,08	31,42	6,29	26,69
CV 2 (%)	-	6,99	21,97	3,73	27,19

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE B - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS ALTURA MÉDIA DE PLANTA (AP, cm), NÚMERO DE FOLHAS POR PLANTA (NF), ÁREA FOLIAR (AF, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) E MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA, g planta<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G), NO ANO AGRÍCOLA DE 2017. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2017)			
		AP	NF	AF	MSPA
Bloco	3	3010,04 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	376,37 <sup>ns</sup>	165,01 <sup>ns</sup>
Dreno (D)	1	14787,7*	4,04*	8941,13*	732,48*
Erro 1	3	1005,9	0,22	186,6	42,69
Genótipos (G)	3	9,06 <sup>ns</sup>	1,03*	95,79 <sup>ns</sup>	13,13 <sup>ns</sup>
D x G	3	607,53 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	47,85 <sup>ns</sup>	56,61 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	384,58	0,08	86,41	20,14
Total	31	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	39,67	17,66	29,78	39,31
CV 2 (%)	-	24,53	11,05	20,26	27

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE C - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL MASSA SECA DE RAÍZES (MSR, g planta<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G), NO ANO AGRÍCOLA DE 2016. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	QM (2016)	
	GL	MSR
Dreno (D)	1	32,62*
Erro 1	4	0,74
Genótipo (G)	3	17,84*
D X G	3	4,42*
Erro 2	12	0,93
Total	23	-
CV 1 (%)	-	24,8
CV 2 (%)	-	27,9

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A DURAÇÃO, EM SOMA TÉRMICA ACUMULADA (STa, °C dia) DOS SUBPERÍODOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANOLA, SEMEADURA - EMERGÊNCIA (S-E), EMERGÊNCIA - INÍCIO DA FLORAÇÃO (E-IF), INÍCIO DA FLORAÇÃO - FINAL DA FLORAÇÃO (IF-FF), FINAL DA FLORAÇÃO - COLHEITA (FF-C) E SOMA TÉRMICA ACUMULADA NO CICLO TOTAL (STa TOTAL, °C dia) EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS (G) DE CANOLA NO ANO AGRÍCOLA DE 2016. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2016)				
		S-E	E-IF	IF-FF	FF-C	STa TOTAL
Bloco	3	0,03 <sup>ns</sup>	2043,92 <sup>ns</sup>	184,88 <sup>ns</sup>	480,98 <sup>ns</sup>	1271,92 <sup>ns</sup>
Dreno (D)	1	0,0003 <sup>ns</sup>	5240,32 <sup>ns</sup>	492,98 <sup>ns</sup>	19429,13*	7956,91 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	0,23	3012,43	876,02	1306,87	985,77
Genótipos (G)	3	384,41*	10241,21*	4967,56*	36285,59*	49834,2*
D x G	3	0,19 <sup>ns</sup>	24,92 <sup>ns</sup>	1238,93 <sup>ns</sup>	2890,35*	5210,63*
Erro 2	18	0,09	2027,35	1238,93	810,04	825,51
Total	31	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	0,7	11,77	9,96	9,62	2,6
CV 2 (%)	-	0,43	9,66	11,85	7,57	2,38

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação



**APÊNDICE E - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A DURAÇÃO, EM SOMA TÉRMICA ACUMULADA (°C dia) DOS SUBPERÍODOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANOLA, SEMEADURA - EMERGÊNCIA (S-E), EMERGÊNCIA - INÍCIO DA FLORAÇÃO (E-IF), INÍCIO DA FLORAÇÃO - FINAL DA FLORAÇÃO (IF-FF), FINAL DA FLORAÇÃO - COLHEITA (FF-C) E SOMA TÉRMICA ACUMULADA NO CICLO TOTAL (STa TOTAL, °C dia), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E GENÓTIPOS DE CANOLA (G), NO ANO AGRÍCOLA DE 2017. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2017)				
		S-E	E-IF	IF-FF	FF-C	STa TOTAL
Bloco	3	51,9 <sup>ns</sup>	26487,12*	47941,56 <sup>ns</sup>	117188,5 <sup>ns</sup>	18107,04 <sup>ns</sup>
Dreno (D)	1	1148,4*	85212,24*	21215,10 <sup>ns</sup>	5049,1 <sup>ns</sup>	27420,69 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	65,28	1673,24	12583,06	21946,99	57606,8
Genótipos (G)	3	1247,29*	134234,94*	20223,9 <sup>ns</sup>	51073,2 <sup>ns</sup>	159332,35*
D x G	3	138,28 <sup>ns</sup>	14363,89 <sup>ns</sup>	8336,73 <sup>ns</sup>	84021,09*	86031,79*
Erro 2	18	85,61	20803,35	13829,45	17946,32	23744,61
Total	31	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	7,08	5,06	29,72	26,97	12,9
CV 2 (%)	-	8,11	17,84	31,15	24,39	8,33

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE F - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TAXA FOTOSSINTÉTICA (TF,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G), AOS 59, 65, 66, 76, 79, E 86 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS) DA CULTURA DA CANOLA, NO ANO AGRÍCOLA DE 2016. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2016)					
		59 DAS	65 DAS	66 DAS	76 DAS	79 DAS	86 DAS
Dreno (D)	1	98,56*	43,47 <sup>ns</sup>	97,54*	11,19 <sup>ns</sup>	20,54*	6,01 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	3,64	10,66	7,88	6,11	2,6	1,09
Genótipos (G)	3	17,5*	31,49*	24,4*	4,65 <sup>ns</sup>	6,57 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>
D x G	3	16,09*	24,66*	27,67*	8,21 <sup>ns</sup>	6,68 <sup>ns</sup>	5,28 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	4,13	7,64	7,53	7,63	5,56	5,5
Total	31	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	10,08	13,82	10,52	9,4	6,11	4,04
CV 2 (%)	-	10,73	11,7	10,29	10,53	8,93	9,05

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE G - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA FOLIAR (CE, mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DOS DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA, AOS 59, 65, 66, 76, 79, E 86 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS), NO ANO AGRÍCOLA DE 2016. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2016)					
		59 DAS	65 DAS	66 DAS	76 DAS	79 DAS	86 DAS
Dreno (D)	1	0,77*	0,12 <sup>ns</sup>	0,61*	0,24*	0,04 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	0,04	0,13	0,05	0,01	0,11	0,002
Genótipos (G)	3	0,20*	0,11 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
D x G	3	0,11 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	0,04	0,16	0,04	0,03	0,08	0,003
Total	31	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	27,64	34,11	26,36	12,65	39,72	8,06
CV 2 (%)	-	27,63	37,2	22,66	18,35	33,69	10

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE H - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TAXA FOTOSSINTÉTICA (TF,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G), AOS 84, 91, 96, 97, 104 E 131 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS), NO ANO AGRÍCOLA DE 2017. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2017)					
		84 DAS	91 DAS	96 DAS	97 DAS	104 DAS	131 DAS
Dreno (D)	1	67,13 <sup>ns</sup>	40,56 <sup>ns</sup>	30,55 <sup>ns</sup>	26,57 <sup>ns</sup>	54,65*	83,88*
Erro 1	6	27,52	31,85	6,98	9,77	7,04	3,4
Genótipos (G)	3	4,44 <sup>ns</sup>	47,84*	20,22 <sup>ns</sup>	27,46*	46,38*	25,43 <sup>ns</sup>
D x G	3	3,63 <sup>ns</sup>	12,09 <sup>ns</sup>	16,64 <sup>ns</sup>	17,7 <sup>ns</sup>	5,57 <sup>ns</sup>	8,43 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	5,84	8,79	7,04	10,55	5,52	11,49
Total	31	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	21,15	21,49	12,79	15,61	12,76	10,74
CV 2 (%)	-	9,74	11,54	12,84	16,22	11,3	19,73

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE I - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA FOLIAR (CE, mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G), AOS 84, 91, 96, 97, 104 E 131 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS), NO ANO AGRÍCOLA DE 2017. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM (2017)					
		84 DAS	91 DAS	96 DAS	97DAS	104 DAS	131 DAS
Dreno (D)	1	0,000 <sup>ns</sup>	0,18*	0,012 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	0,01	0,008	0,01	0,01	0,013	0,003
Genótipos (G)	3	0,007 <sup>ns</sup>	0,08*	0,11*	0,15*	0,002 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
D x G	3	0,009 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	0,016	0,02	0,01	0,04	0,01	0,006
Total	31	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	16,57	14,69	21,62	22,05	27,13	18,91
CV 2 (%)	-	20,68	24,28	24,51	36,09	23,28	26,81

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE J - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA (NS), MASSA DE 20 SÍLIQUA (M20S, g) E COMPRIMENTO DE SÍLIQUA (CS, cm), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G) NOS ANOS AGRÍCOLAS DE 2016 E 2017. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM			
		2016		2017	
		NS	M20S	NS	M20S
Bloco	3	1184,13 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	8311,78 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Dreno (D)	1	19330,69*	0,22 <sup>ns</sup>	42267,78*	1,38*
Erro 1	3	769,63	0,05	5033,5	0,07
Genótipos (G)	3	5704,21 <sup>ns</sup>	0,44*	4989,09 <sup>ns</sup>	1,24*
D x G	3	698,5 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	14159,34*	0,08 <sup>ns</sup>
Erro 2	18	2096,29	0,13	761,18	0,13
Total	31	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	19,08	11,64	37,83	20,45
CV 2 (%)	-	31,48	17,28	25,48	27,57

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE K - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA (NG), MASSA DE CEM GRÃOS (MCG, g) E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS (PG, kg ha<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G) NOS ANOS AGRÍCOLAS DE 2016 E 2017. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM					
		2016			2017		
		NG	MCG	PG	NG	MCG	PG
Bloco	3	5,78 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	28131,33 <sup>ns</sup>	40,08*	0,01 <sup>ns</sup>	273848,12 <sup>ns</sup>
Dreno (D)	1	2,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	2531671,89*	136,12*	0,04*	2663060,4*
Erro 1	3	16,61	0,005	24723,9	3,7	0,003	38042,5
Genótipos (G)	3	113,9*	0,004 <sup>ns</sup>	502538,3*	76,91*	0,02 <sup>ns</sup>	97263,2*
D x G	3	43,95*	0,004 <sup>ns</sup>	12521,8 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	65133,5*
Erro 2	18	7,87	0,001	34635,01	13,14	0,009	19149,4
Total	31	-	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	26,62	22,42	18,16	18,12	21,83	49,53
CV 2 (%)	-	18,33	15,75	21,5	34,12	35,16	35,14

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação

**APÊNDICE L - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS TEOR DE ÓLEO NOS GRÃOS (TO, %), RENDIMENTO DE ÓLEO (RO, kg ha<sup>-1</sup>) E TEOR DE PROTEÍNA NOS GRÃOS (TP, %), EM FUNÇÃO DE DRENOS (D) E DIFERENTES GENÓTIPOS DE CANOLA (G) NO ANO AGRÍCOLA DE 2016. SANTA MARIA, RS, 2018.**

FV	GL	QM		
		TO	RO	TP
Bloco	3	0,31 <sup>ns</sup>	6124,95 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Dreno (D)	1	14,23*	587425,02*	6,35*
Erro 1	3	0,11	5569,48	0,05
Genótipos (G)	3	8,24*	114426,25*	0,68*
D X G	3	1,46*	1201,26 <sup>ns</sup>	0,61*
Erro 2	18	0,13	7574,48	0,04
Total	31	-	-	-
CV 1 (%)	-	0,73	18,6	1,27
CV 2 (%)	-	0,8	21,69	1,15

\* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. QM = quadrado médio do erro; CV = coeficiente de variação



**APÊNDICE M - PRODUTIVIDADE DE GRÃOS (PG, kg ha<sup>-1</sup>) EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQA (NG síliqa<sup>-1</sup>) DE CANOLA, NOS ANOS AGRÍCOLAS DE 2016 (A) E 2017 (B). SANTA MARIA, RS, 2018.**

