

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ECOFISIOLOGIA DA CANOLA HYOLA 61 SOB
VARIÇÕES NO ARRANJO DE PLANTAS**

TAIANE PETTENON BANDEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2013

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ECOFISIOLOGIA DA CANOLA HYOLA 61 SOB
VARIÇÕES NO ARRANJO DE PLANTAS**

TAIANE PETTENON BANDEIRA

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior

Co-orientador: Gilberto Omar Tomm

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2013



FAMV - Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária

PPGAgro - Agronomia



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Ecofisiologia da canola *Hyola 61* sob variações no arranjo de plantas ”

Elaborada por

Taiane Pettenon Bandeira

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: 27/03/2013
Pela Comissão Examinadora

Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

Dr. Gilberto Omar Tomm
Embrapa Trigo

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

Dra. Cleusa Adriane Menegassi Binachi Kruger
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio
Grande do Sul.

Dr. Mauro Antônio Rizzardi
FAMV/UPF

CIP – Catalogação na Publicação

B214e Bandeira, Taiane Pettenon

Ecofisiologia da Canola Hyola 61 sob variações no
arranjo de plantas / Taiane Pettenon Bandeira. – 2013.
90 f. : il., color. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
de Passo Fundo, 2013.

Orientação: Prof. Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas

Júnior.

Coorientação: Gilberto Omar Tomm.

1. Botânica. 2. Canola. 3. Grãos – Cultivo.
4. Semeadura. 5. Ecofisiologia. I. Lamas Júnior, Geraldo
Luiz Chavarria, orientador. II. Tomm, Gilberto Omar,
coorientador. III. Título.

CDU: 58

Catálogo: Bibliotecária Daniele Rosa Monteiro - CRB 10/2091

Agradecimentos

Aos meus pais Elvio e Mara e irmão Anderson, pela educação, conselhos, compreensão, afeto e amor, mas também por estarem sempre juntos comigo nos momentos bons e ruins de minha vida, apoiando-me e me indicando o melhor caminho a traçar. Agradeço à vocês pais, por terem me feito uma mulher simples, humilde e honesta, à vocês o meu maior apreço, amo vocês.

Ao Professor Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior pela compreensão, paciência e dedicação em seus ensinamentos.

Ao pesquisador Dr. Gilberto Omar Tomm e demais funcionários da Embrapa Trigo, por colaborarem na disponibilização de materiais e realização dos experimentos de campo.

A bolsa ofertada pela CAPES para realização do mestrado.

Aos colegas do mestrado, amigos e amigas que sempre fizeram parte da minha vida.

Aos demais professores do PPGAgro, secretária Mari e coordenação em geral.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 8 |
| 2.1 Importância econômica da canola | 8 |
| 2.1.1 Mercado internacional | 8 |
| 2.1.2 Mercado interno | 9 |
| 2.1.3 Utilização da canola | 10 |
| 2.2 Classificação botânica | 11 |
| 2.3 Origem | 12 |
| 2.4 Ecofisiologia da canola | 13 |
| 2.4.1 Fatores ambientais | 13 |
| 2.4.2 Características morfológicas | 15 |
| 2.4.3 Organogênese | 17 |
| 2.4.3.1 Semeadura a emergência | 17 |
| 2.4.3.2 Emergência a roseta | 18 |
| 2.4.3.3 Roseta a início do crescimento do caule | 18 |
| 2.4.3.4 Início do crescimento do caule a início da floração | 19 |
| 2.4.3.5 Início da floração ao fim da floração | 19 |
| 2.4.3.6 Fim da floração a início da maturação | 20 |
| 2.4.4 Exigências da cultura | 20 |
| 2.4.5 Aspectos relacionados ao período reprodutivo da cultura | 22 |
| 2.4.6 Manejo cultural: arranjo de plantas | 24 |
| 2.4.7 Componentes do rendimento | 25 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 Local e clima | 25 |
| 3.2 Histórico da área | 26 |
| 3.3 Delineamento experimental | 27 |
| 3.4 Instalação e condução do ensaio | 27 |
| 3.5 Variáveis avaliadas | 29 |
| 3.5.1 Variáveis estimadas no período reprodutivo da cultura | 30 |
| 3.5.1.1 Início do florescimento | 30 |
| 3.5.1.2 Pleno florescimento | 32 |
| 3.5.1.3 Maturação dos grãos | 32 |
| 3.6 Análise estatística dos resultados | 35 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 4.1 Início do florescimento | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.1 Variáveis relacionadas ao índice de área foliar | 36 |
| 4.1.2 Clorofila | 41 |
| 4.2 Pleno florescimento | 45 |
| 4.2.1 Fluorescência..... | 45 |
| 4.3 Maturação dos grãos..... | 47 |
| 4.3.1 Parâmetros fisiológicos..... | 47 |
| 4.3.2 Componentes do rendimento e rendimento de grãos..... | 52 |
| 5 CONCLUSÕES | 65 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |
| APÊNDICES | 75 |
| ANEXOS..... | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Ilustração de uma planta de canola e seus respectivos ramos: primário, secundário, terciário e quaternário. Passo Fundo, RS, 2013..... | 34 |
| 2 | Área foliar total (A), número de folhas por planta (B) e índice de área foliar de uma planta (C) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013..... | 37 |
| 3 | Diâmetro de haste (A) e o índice de área foliar de uma planta (B) de canola, em função da população de plantas, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013..... | 38 |
| 4 | Estimativa do teor de clorofila <i>b</i> terço inferior (A), clorofila total terço inferior (B) e médias das três partes de clorofila <i>b</i> (C) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013..... | 43 |
| 5 | Estimativa do teor de clorofila <i>a</i> no terço mediano (A) e clorofila total no terço mediano (B) de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013..... | 44 |
| 6 | Rendimento quântico de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013..... | 46 |
| 7 | Rendimento de grãos por planta (A), rendimento biológico aparente por planta (B) e rendimento de palha por planta (C) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013..... | 50 |
| 8 | Rendimento biológico aparente por planta (A) e rendimento de palha por planta (B) de canola, em função da população de plantas, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013..... | 51 |
| 9 | Rendimento de palha por planta de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013..... | 52 |
| 10 | Número de ramos secundários (A), número de ramos terciários (B), número de ramos quaternários (C), número | |

| | | |
|----|--|----|
| | de síliquas nos ramos secundários (D), número de síliquas nos ramos terciários (E) e o número de síliquas por planta (F) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013..... | 55 |
| 11 | Número de ramos terciários (A), número de ramos quaternários (B), número de síliquas no ramo primário (C), número de síliquas nos ramos secundários (D) número de síliquas nos ramos terciários (E) e número de síliquas nos ramos quaternários (F) de canola, em função da população de plantas, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013..... | 57 |
| 12 | Número de síliquas por planta, safra 2012 (A), número de grãos por planta, safra 2012 (B) e número de grãos por planta, safra 2011 (C) de canola, em função da população de plantas. Passo Fundo, RS, 2013..... | 58 |
| 13 | Número de síliquas nos ramos terciários (A), número de síliquas por planta (B) e massa de mil grãos (C) de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013..... | 61 |
| 14 | Rendimento de grãos safra 2011 (A) e 2012 (B) de canola, em função do espaçamento entre fileiras (A) e população de plantas (B). Passo Fundo, RS, 2013..... | 63 |

ECOFISIOLOGIA DA CANOLA HYOLA 61 SOB VARIAÇÕES NO ARRANJO DE PLANTAS

TAIANE PETTENON BANDEIRA¹

RESUMO - A adequação do arranjo espacial (população e espaçamento) em canola é de extrema relevância, por constituir instrumento de manejo para melhor aproveitamento de luz, água, nutrientes e aumentar o rendimento de grãos da cultura. O objetivo desse estudo foi quantificar a variação de arranjo espacial sobre os aspectos relacionados à fisiologia e a morfologia do híbrido de canola Hyola 61, e seus reflexos na expressão dos componentes do rendimento e rendimento de grãos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como parcelas, os espaçamentos (17, 34, 51 e 68 cm), e como subparcelas, as populações (15, 30, 45 e 60 plantas m⁻²), em dois anos consecutivos (2011 e 2012). As variáveis avaliadas foram: estatura de planta, diâmetro de haste, número de folhas, área foliar total, área foliar unitária, índice de área foliar, teor de clorofila *a*, *b* e total no terço superior, mediano e basal da planta, fluorescência instantânea da clorofila *a*, rendimento quântico e energia luminosa fotossinteticamente ativa no terço superior, mediano e inferior da planta, rendimento biológico aparente, rendimento de palha, rendimento de grãos e índice de colheita por planta, número de siliquis no ramo primário, secundários, terciários e quaternários,

¹Eng. Agr., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

número de síliquas por planta, número de ramos secundários, terciários e quaternários, número de grãos por planta, massa de mil grãos e rendimento de grãos. As variáveis índice de área foliar, rendimento biológico aparente por planta, rendimento de palha por planta, número de ramos terciários e quaternários, número de síliquas nos ramos secundários, terciários e quaternários, número de grãos por planta e o número de síliquas por planta, diferiram significativamente quanto ao fator população de plantas nas safras 2011 e 2012. O arranjo adequado para obtenção de máximo rendimento de grãos é o de 17 cm e 45 plantas m⁻².

Palavras-chave: *Brassica napus* (L.), população, espaçamento, aspectos fisiológicos, rendimento de grãos.

ECOPHYSIOLOGY OF CANOLA HYOLA 61 VARIATIONS IN THE ARRANGEMENT OF PLANTS

ABSTRACT - The adequacy of the spatial arrangement (population and spacing) in canola is extremely important because it constitutes an instrument of management for better utilization of light, water, nutrients and increase the yield of the crop. The aim of this study was to quantify the variation of spatial arrangement on aspects related to the physiology and morphology of the hybrid canola Hyola 61, and its effects on the expression of yield components and grain yield. The experimental design was a randomized block design with split plots, having as main plots, the spacings (17, 34, 51 and 68 cm), and as subplots populations (15, 30, 45 and 60 plants m⁻²), in two consecutive years (2011 and 2012). The variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf area unit, leaf area index, chlorophyll a, b and total in the upper, middle and lower plant fluorescence instant chlorophyll a, quantum yield and photosynthetic light energy in the upper, middle and basal plant, biological yield, straw yield, grain yield and harvest index per plant, number of pods on the primary branch, secondary, tertiary and quaternary , number of pods per plant, number of secondary branches, tertiary and quaternary number of grains per plant, thousand grain weight and grain yield. The variables leaf area index, biological yield per plant, straw yield per plant, number of tertiary and quaternary branches, number of pods in secondary branches, tertiary and quaternary number of grains per plant and number of pods per plant differed significantly as the population

factor of crop plants in 2011 and 2012. The appropriate arrangement to obtain maximum yield is 17 cm to 45 plants m⁻².

Key words: *Brassica napus* (L.), population, spacing, physiological, yield.

1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L.) é uma das oleaginosas mais importantes mundialmente, sendo uma das principais fontes de óleo vegetal comestível e energia renovável, através da fabricação de biodiesel (TEN et al., 2009). O óleo de canola é considerado um alimento saudável, rico em ômega-3 (ácido linolênico), vitamina E, gorduras monoinsaturadas e baixos teores de gorduras saturadas (EMBRAPA, 2013).

Os principais produtores de canola, a nível mundial, são a União Europeia, Canadá e a China (CONAB, 2012). No Brasil, as áreas de canola se concentram principalmente no Rio Grande do Sul e Paraná, mas também com algumas lavouras no Mato Grosso do Sul e Santa Catarina. O maior produtor de grãos é o Rio Grande do Sul, principalmente devido ao clima mais favorável, ao cultivo, as pesquisas e aos esforços de empresas para a cultura, terem sido iniciadas e se mantido fortes neste estado. A média de produtividade foi em torno de 1.287 kg ha⁻¹ na safra 2011/2012 e 1.082 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013 (EMBRAPA, 2013).

Muitas plantas floríferas produzem frutos deiscentes, que abrem durante a maturação para a dispersão de sementes. Esta característica é um dos principais problemas no cultivo da canola (ROMKAEW et al., 2008) o que causa grande impacto na produtividade e assim, torna-se foco de significativa investigação. A canola, além de apresentar a deiscência natural de suas siliquis, é uma espécie que possui desuniformidade na maturação, ou seja, em uma

mesma planta pode-se encontrar estágio de floração e frutificação (síliquas verdes e maduras). Esta desuniformidade é maior em plantas com ciclo mais longo, ou em virtude da emissão de novas flores quando a planta está se recuperando de danos por geada. Estas, geralmente estão associadas a plantas com elevada estatura e um maior comprimento dos ramos laterais (TOMM, 2007).

A demanda brasileira por óleo de canola e oleaginosas, alternativas para a produção de biodiesel, pelo cultivo da canola fez crescer o incentivo à pesquisa da mesma. No entanto, informações técnico-científicas referentes ao seu manejo são limitadas, muitos produtores rurais estão apenas iniciando o seu cultivo e são necessárias informações mais precisas e específicas para cada região de práticas de manejo (TOMM, 2007). Dessa forma, aspectos relacionados ao seu período reprodutivo, fisiologia e morfologia da cultura têm recebido grande atenção e são escassos na literatura brasileira, uma vez que modificações no espaço ocupado pela planta, refletem diretamente na expressão de características de interesse agrônomo, tais como o número de ramos e síliquas em uma planta, podendo acarretar maior uniformidade e assim reduzindo perdas por deiscência antecipada ou natural da colheita.

A modificação no arranjo espacial de plantas via espaçamento entre fileiras e população de plantas pode ser alternativa para se alcançar maior rendimento de grãos em canola (KRUGER et al., 2011). No entanto, as culturas somente expressam o seu elevado potencial produtivo (produção de grãos e de folhas) quando se reduz os fatores de estresse, e aumenta a interceptação de radiação solar, o

que justifica a necessidade do ajuste adequado do dossel em virtude da espécie, da cultivar, e dos demais fatores que podem contribuir em sua expressão morfológica (ARGENTA et al., 2001).

Diferentes arranjos de plantas modificam e aumentam o índice de área foliar propiciando um aumento na capacidade da planta de aproveitar a energia solar para a realização da fotossíntese, influenciando no aumento da formação de síliquas e grãos pra cultura, o que maximiza o rendimento de grãos.

O objetivo do presente estudo foi quantificar a variação da população e o espaçamento sobre os aspectos relacionados à fisiologia e a morfologia do híbrido de canola Hyola 61, e seus reflexos na expressão dos componentes do rendimento e do rendimento de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANOLA

A canola é uma espécie oleaginosa de grande importância econômica, pois o óleo de seus grãos apresenta inúmeras aplicações na área industrial, principalmente para produção de biodiesel e óleo comestível para humanos (TOMM, 2007). É a terceira oleaginosa mais cultivada no mundo, precedida apenas pela soja e a palma (CONAB, 2012). Seu cultivo comercial concentra-se em regiões temperadas, principalmente em latitudes superiores a 35° (MCCLINCHEY & KOTT, 2008).

2.1.1 Mercado internacional

A área colhida de canola, para a safra 2011/12, foi estimada em 34,11 milhões de ha, e para safra 2012/2013 em 34,63 milhões de ha, segundo o USDA/fevereiro de 2013. O rendimento de grãos para as safras 2011/2012 e 2012/2013 foi de 1.805 e 1.713 kg ha⁻¹, respectivamente. A produção, importação e exportação em milhões de t para a safra 2011/2012 foi de 61,56, 12,92 e 12,96, respectivamente, e para safra 2012/2013 foi estimado em 59,30, 11,09 e 11,11, respectivamente (EMBRAPA, 2013).

Atualmente, os principais produtores de canola a nível mundial são a União Européia, o Canadá, a China e a Índia. A União Européia é composta por 27 países, com uma produção, consumo e

importação de grãos em mil t na safra 2011/12 de 19.080, 23.159 e 3.762 respectivamente. Para safra 2012/2013 a estimativa para produção, consumo e importação de grãos em mil t é na ordem de 18.800, 22.465 e 3.400. O Canadá foi o segundo maior produtor de grãos na safra 2011/2012, estimada em 14.610 mil t e consumo de 6.396 mil t e na safra 2012/2013 a produção foi de 13.310 mil t e consumo de 7.303 mil t. Na safra 2011/2012 a China obteve uma produção de 13.430 mil t, consumo de 14.720 mil t e importação de 2.622 mil t. Já, na safra 2012/2013, a produção foi de 12.600 mil t, consumo de 16.650 mil t e importação de 1.800 mil t. A Índia ocupou a quarta posição, com produção de 6.500 mil t na safra 2011/2012 e em 2012/2013 de 6.700 mil t, além de um consumo de 7.551 mil t e 6.875 mil t, respectivamente nas duas safras (EMBRAPA, 2013).

O consumo de óleo de canola foi estimado em 23.746 mil t na safra 2011/2012, exportação de 3.974 mil t e importação de 3.961 mil t. Na safra 2012/2013 o consumo, exportação e importação giraram em torno de 23.738 mil t, 3.745 mil t e 3.509 mil t, respectivamente (EMBRAPA, 2013).

2.1.2 Mercado interno

As áreas de canola no Brasil se concentram principalmente no Rio Grande do Sul e Paraná, mas também com algumas lavouras no Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina. A produção no Brasil para a safra 2011/2012, é estimada em torno de 52 mil t, e rendimento de 1226 kg ha⁻¹. O Rio Grande do Sul é o principal

produtor dessa cultura, com área semeada na safra 2011/2012 de 33.500 ha e safra 2012/2013 de 28.685 ha. O rendimento estimado no Rio Grande do Sul foi de 1.287 kg ha⁻¹ na safra 2011/2012 e na safra 2012/2013 de 1.082 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2013).

A cultura apresentou diminuição de área semeada em 2012 (17,6%), em relação à safra anterior de 2011. A redução da área em 4.815 ha (14,4%) em 2012 foi ocasionada principalmente pela continuação do déficit hídrico que ocorreu no verão. Já em 2011 o rendimento foi limitada devido à ocorrência de precipitações muito acima da normal, o que proporcionou condições favoráveis à doença causada pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* (EMBRAPA, 2012).

O mercado interno de grãos teve um período de negócios sinalizado por grandes alterações, com os preços elevados nas principais regiões produtoras. Os preços do grão de canola, relativos ao mês de julho/2012, pagos aos produtores no Centro Sul, foram, em média, R\$ 63,26/60 kg de grãos, um elevado aumento em relação à safra anterior que foi de R\$ 40,95/60 kg (CONAB, 2012).

2.1.3 Utilização da canola

A canola se insere nos sistemas de produção de grãos, no período de estação fria, como ótima alternativa para rotação. Por ser uma espécie oleaginosa, seu grão contém óleo, e este pode ser direcionado para a fabricação de biodiesel (EL-NAKHLAWY & BAKHASHWAIN, 2009), ou destinado para a alimentação humana,

sendo um dos óleos mais saudáveis e de alta qualidade nutricional, comparado a outros óleos vegetais consumidos atualmente, como, óleo de soja e dendê, por exemplo. Este óleo é rico em Ômega-3 (ácido linolênico, que reduz triglicerídeos no homem), vitamina E (excelente antioxidante para diminuir radicais livres), gorduras mono-insaturadas (reduzem colesterol ruim no sangue - LDL) e menor teor de gorduras saturadas (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012).

Dos grãos de canola além de óleo, usado para consumo humano ou para a produção de biodiesel se extrai o farelo que possui de 34 a 38% de proteínas, sendo um excelente suplemento protéico na formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves (EMBRAPA, 2013). As folhas e o caule da canola fornecem forragem de alta qualidade, em consequência de sua baixa fibra e um alto teor de proteína (WIEDENHOEFT & BHARTON, 1994). O grão da canola apresenta em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 38% de óleo, variação em função do tipo de híbrido. O teor médio de óleo encontrado nos grãos produzidos no Brasil, esta na faixa de 38% (EMBRAPA, 2013).

2.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

A canola pertence à família Brassicaceae, anteriormente classificada como Cruciferae do gênero *Brassica* e da espécie *Brassica napus* (L.). Espécies como o repolho, couve, nabo e crambe, por exemplo, fazem parte da mesma família (EMBRAPA, 2013).

Atualmente são duas espécies cultivadas e adaptadas (*Brassica napus* L. e *Brassica campestris* L.). A primeira é resultante do cruzamento natural entre *Brassica oleracea* (L.) e *Brassica campestris* (L.), sendo esta fértil e realiza autofecundação. Já a espécie *Brassica campestris* (L.) é estéril e realiza fecundação cruzada. O número de cromossomos da espécie *Brassica napus* (L.) é de $2n=38$, *Brassica campestris* (L.) $2n=20$ e *Brassica oleracea* (L.) $2n=18$ (KIMBER & MCGREGOR, 1995).

2.3 ORIGEM

Tradicionalmente, a espécie Colza não é apropriada como uma fonte de alimento para humanos ou animais devido à presença de duas substâncias tóxicas que ocorrem naturalmente, ácido erúico e glucosinolatos. No entanto, por volta de 1960, começaram estudos em programas de melhoramento em vários países, principalmente no Canadá, na qual pesquisadores tinham interesse em reduzir estas substâncias nestas espécies (EMBRAPA, 2013).

Em 1974, pesquisadores canadenses lançaram a variedade de canola (Tower), com menos de 2% de ácido erúico e menos de 30 micromoles de glucosinolatos por grama de matéria seca no grão e uma menor concentração de gorduras saturadas, alcunhada com o nome de canola. Assim, a canola, mostrou-se com uma melhor palatabilidade e digestibilidade (SANTOS et al., 2001).

2.4 ECOFISIOLOGIA DA CANOLA

2.4.1 Fatores ambientais

Os fatores ambientais podem interferir de maneira expressiva no desenvolvimento de uma cultura. Segundo Thomas (2003) para a cultura da canola, a variável ambiental mais importante na regulação do seu crescimento e desenvolvimento é a temperatura do ar. O valor ótimo de temperatura para seu desenvolvimento é cerca de 20°C, com limites extremos entre 12 e 30°C (ROBERTSON et al., 2002). Segundo Embrapa (2013), na fase vegetativa temperaturas em torno de 13 e 22°C são ideais para a cultura, e em sua fase reprodutiva temperaturas na faixa de 20°C são excelentes para uma boa absorção de nutrientes, água e formação das estruturas reprodutivas masculinas e femininas.

Na região Sul do Brasil, temperaturas muito baixas e com ocorrência de geadas podem afetar negativamente a canola e comprometer a produção de grãos, dependendo do estágio de desenvolvimento em que ela se encontra. Os danos maiores ocorrem principalmente no início do ciclo de desenvolvimento das plantas e por ocasião no final do florescimento e início do enchimento de grãos (EMBRAPA, 2013). A morte de plântulas é verificada com maior intensidade no estágio cotiledonar com temperaturas abaixo de -3 e -4°C (DALMAGO et al., 2010), porém sua sensibilidade à geada permanece até três folhas expandidas (verdadeiras).

JinLing (1997) observou que baixas temperaturas do ar reduzem o número de grãos, por prejudicar a germinação dos grãos de pólen. McClinchey & Kott (2008) verificaram que no período de florescimento e enchimento de grão, temperaturas muito baixas podem causar abortamento de flores e retenção de clorofila nos grãos, formando grãos verdes, que afetam negativamente a qualidade e a produção dos grãos.

Temperaturas elevadas, associadas à baixa disponibilidade de água no solo, nas fases de floração e formação do grão, induzem o encurtamento de ciclo, com diminuição no rendimento e teor de óleo dos grãos (POTTER et al., 1999). O estresse hídrico é um dos fatores ambientais que mais limitam o crescimento e a produtividade das culturas (NOROUZI et al., 2008).

Segundo Norouzi et al. (2008), as necessidades em água aumentam com a idade da planta, atingindo valores máximos, próximo da floração. Ao longo do processo de maturação das sementes as necessidades de água vão progressivamente diminuindo. É importante que o solo tenha umidade adequada na época de semeadura para a obtenção de emergência rápida e homogênea. O reduzido tamanho da semente e a sua elevada necessidade de água na fase de embebição requer a semeadura em solos com adequado teor de umidade. Assim, após a fase de emergência, a floração é o período mais crítico em que a falta de água poderá afetar negativamente o desenvolvimento da cultura e a produção de grão.

Na Austrália a canola é cultivada em áreas que recebem 325-700 mm de precipitação pluvial anual. Essas áreas normalmente

recebem a maior parte de suas chuvas durante os meses de inverno frio e úmido, muitas vezes recebendo 65 a 75% de sua precipitação anual entre maio e outubro. Assim a canola é geralmente semeada no final do outono ou início do inverno (abril-junho) e colhida no final da primavera e início do verão (novembro-dezembro). A floração ocorre em agosto-setembro e o enchimento de grãos ocorre em outubro e novembro (POTTER et al., 1999).

As plantas de canola são sensível ao acamamento. Ventos fortes e população de plantas excessiva podem contribuir para acentuar o problema. Uma planta acamada restringe a entrada de luz, reduzindo a fotossíntese, e origina um ambiente mais úmido no interior do dossel, propiciando o desenvolvimento de doenças, além de dificultar o procedimento de colheita (LOURENÇO & PALMA, 2006).

2.4.2 Características morfológicas

A canola é uma planta herbácea, anual, de clima temperado. O ciclo da cultura varia de 107 a 160 dias dependendo de cada cultivar. As cultivares de outono (inverno) exigem vernalização para que ocorra o florescimento. No Brasil, utilizam-se somente cultivares de primavera, que não exigem vernalização e fotoperíodos longos, embora a semeadura se dê no outono, e o inverno não seja rigoroso (TOMM, 2007).

O sistema radicial da canola é do tipo aprumado ou pivotante, com poucas ramificações, no entanto, com raízes

secundárias bem desenvolvidas. A haste é ereta, ramificada, glabra e verde. A espécie *Brassica napus* (L.) pode chegar a 1,5 m de altura e *Brassica campestris* (L.) a 1,0 m de altura. As ramificações laterais dependem de aspectos ligados à genética da planta, da população de plantas e das condições ambientais de desenvolvimento das plantas. A tonalidade verde das plantas varia em função das cultivares, desde tons verde-azulados, verde-escuro e verde-arroxeados. As folhas são glabras, mais ou menos recortadas, superiores codiformes, inferiores lobuladas e alternadas no caule (BAIER et al., 1988).

No período reprodutivo da canola, tem-se a formação de flores, que são hermafroditas, de coloração amarela, com quatro pétalas e quatro sépalas, dispostas em racemo simples na extremidade do caule principal e em cada uma das ramificações. Os órgãos florais são formados por um pistilo e quatro estames longos e dois curtos, sendo estes últimos estéreis. A floração ocorre de baixo para cima. A auto-fecundação predomina numa dada população, podendo a fecundação cruzada, nemófila e entemófila, atingir 30% das flores. O período de floração prolonga-se normalmente por mais de três semanas (LOURENÇO & PALMA, 2006).

O fruto da canola é uma síliqua, capsular seco, alongado com cerca de 5 a 7 cm de comprimento e 3 a 4 mm de espessura. Geralmente, apresentam deiscência, ou seja, as sementes são lançadas no solo com facilidade quando maduras e antes mesmo de ser realizada a colheita, o que pode acarretar grandes perdas de produção (LIU et al., 2005).

As sementes são formadas por um embrião e dois cotilédones, sendo ovóides e quase esféricas com 1 a 2 mm de diâmetro. Apresentam-se de 20 a 30 sementes por síliqua e aderem alternadamente a duas rupturas longitudinais e opostas separadas por um falso septo longitudinal. O peso de mil sementes varia de 4 a 6 gramas. A cor varia de verde, amarela, castanho e preta na fase de maturação (LOURENÇO & PALMA, 2006).

2.4.3 Organogênese

A organogênese ou estádios fenológicos da canola envolve diferentes fases de desenvolvimento, considerando desde a germinação à completa maturidade das síliquas, sendo a duração de cada estágio dependente da cultivar e das condições ambientais. Cada estágio permite definir os principais tipos de manejos aplicados para a cultura da canola, e assim estabelecer qual o momento ideal de máxima eficiência fotossintética, expressando em seu rendimento final. A seguir tem-se a descrição dos principais estádios fenológicos da canola, formas de manejo e fatores ambientais que mais interferem nos mesmos.

2.4.3.1 Semeadura a emergência

Este período pode ter a duração de 4 a 20 dias dependente de cada cultivar e principalmente das temperaturas e umidade disponível. Problemas com dormência neste período são raros, porém

em condições desfavoráveis para a germinação, como grandes variações de temperatura, ou temperaturas do solo maiores que 20°C (GULDEN et al., 2000), baixa disponibilidade de água, exposição prolongada a escuridão e ao suprimento de oxigênio as sementes podem adquirir a dormência secundária (PEKRUN et al., 1998). A dormência secundária pode ser afetada por baixas temperaturas (2 a 4°C). Este tipo de dormência é dependente de cada genótipo (GULDEN et al., 2000).

Uma maior proporção de germinação ocorre em profundidades rasas devido a alterações de quebra de dormência, temperatura e exposição à luz. Solos arenosos, com baixa capacidade de retenção de água, tendem a induzir uma maior proporção de sementes de canola dormentes do que os solos argilosos, que têm capacidade alta de retenção de água (PEKRUN et al., 1998).

2.4.3.2 Emergência a roseta

Curto período da fase cotiledonar, desde a emergência até ao aparecimento da primeira folha verdadeira.

2.4.3.3 Roseta a início do crescimento do caule

Determinado pelo aparecimento da primeira folha verdadeira e termina com o surgimento do primeiro entrenó. Durante este período, formam-se seis ou mais folhas verdadeiras e se verifica um grande desenvolvimento do sistema radicial.

2.4.3.4 Início do crescimento do caule a início da floração

Esta fase vai desde o surgimento do primeiro entrenó visível até à abertura da primeira flor. Esta fase começa 3 a 4 meses após a semeadura.

2.4.3.5 Início da floração ao fim da floração

Observa-se de 15 a 60 dias após o início do desenvolvimento do caule e se processa de baixo para cima. Devido seu hábito de crescimento indeterminado, a fase de floração e o desenvolvimento das silíquas ocorre em simultâneo rendimento (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012).

O período de florescimento da canola é uma característica desejável, devido grande período que varia de 25 a 55 dias, compensando perdas por fatores climáticos como a geada no início do florescimento. Porém, geadas mais tardias como no final do período de florescência e início de enchimento de grãos podem acarretar em perdas significativas no rendimento (TOMM, 2007).

A espécie *Brassica napus* (L.) pode florescer de setembro a janeiro (inverno Europeu), enquanto outras espécies de Brassicas começam em agosto. Porém, a floração pode variar com as condições ambientais e de cultivo (RIEGER et al., 1999).

2.4.3.6 Fim da floração a início da maturação

Corresponde às fases finais de enchimento do grão e à maturação fisiológica das sementes. Nesta fase temos o escurecimento dos grãos em tons de marrom a preto. Perdas de grãos são comuns nesta fase, devido a deiscência natural das síliquas de canola, o que pode acarretar em perdas de até 70% (COLTON & SYKES, 1992).

2.4.4 Exigências da cultura

A canola tem sido cultivada com sucesso em solos com pH entre 5,0 a 8,0 (COLTON & SYKES, 1992). O pH do solo tem pouco efeito sobre a produção de canola, exceto em solos muito ácidos, porém a toxicidade do manganês e alumínio podem afetar o rendimento (POTTER et al., 1999).

Esta cultura tem uma maior necessidade de nitrogênio, fósforo e enxofre do que cereais e outras culturas. A canola tem aproximadamente 40 a 50 kg de nitrogênio (30% a mais do que o trigo), 8 kg de fósforo e de 10 kg de enxofre por tonelada dos grãos produzidos (COLTON & SYKES, 1992).

O nitrogênio desempenha um papel fundamental no crescimento das plantas, aumento de clorofila, síntese protéica, atividade fotossintética e proporciona o aumento da produção de flores e síliquas (YASARI & PATWARDHAN, 2006). Além disso, Al- Barrak (2006) relata que a aplicação de nitrogênio além de aumentar o rendimento de grãos, influencia uma série de caracteres,

tais como o número de ramos por planta, peso total da planta e o índice de área foliar.

O ajuste da dose de nitrogênio deve ser feito em função do teor de matéria orgânica do solo e do potencial de rendimento da lavoura, o qual depende principalmente de adequada população de plantas, das condições climáticas e da adubação. Solo seco pode favorecer perdas de N por volatilização de amônia, que é maior na forma amídica de fertilizantes, como a ureia. O excesso de chuva pode favorecer perda de nitrato por lixiviação (TOMM, 2007). O período ideal de aplicação de nitrogênio é na fase de quatro folhas expandidas verdadeiras.

A deficiência de N reduz a produtividade da canola, porém doses excessivas alongam a fase vegetativa, podendo aumentar a suscetibilidade a patógenos, diminuir o teor de óleo e promover a queima das folhas (TOMM, 2007).

O fósforo é necessário para as plantas principalmente durante seu crescimento executando uma série de funções, como no processo de fotossíntese e na utilização de carboidratos (SHAH et al., 2004). A resposta à fertilização fosfatada é influenciada pelo desenvolvimento radicial da planta (TOMM, 2007).

O enxofre é um dos nutrientes mais exigentes pela cultura da canola. Uma de suas funções principais além de aumentar a produção, é elevar o teor de óleo nos grãos de canola. Para obtenção de altos rendimentos, a mesma necessita de quantidades de S aproximadamente de 20 kg ha^{-1} para produzir uma tonelada de grãos, dessa forma o teor de enxofre deverá ser maior que 10 mg dm^3 . Se as

quantidades de enxofre no solo forem menores, sugere-se aplicar na semeadura, aproximadamente 20 kg de S ha⁻¹. A deficiência de enxofre em canola causa alta taxa de abortamento de flores, síliquas pequenas, mal formadas, apresentando engrossamento (TOMM, 2007).

2.4.5 Aspectos relacionados ao período reprodutivo da cultura

Um período vegetativo longo em canola pode aumentar as reservas de fotoassimilados que poderão ser translocados para os grãos. Já, uma fase reprodutiva maior, o que é caracterizada nessa cultura, pode incrementar o tempo de translocação de fotoassimilados para o enchimento de grãos (KRÜGER, et al., 2011).

Estudos têm mostrado que o índice de colheita (IC) de uma cultura é marcadamente influenciado pela população de plantas, disponibilidade de água e nutrientes e temperatura na estação de crescimento (DURÃES et al., 2002). Segundo os mesmos autores, sendo o IC uma medida da eficiência do transporte de fotoassimilados para o grão, teoricamente, o maior IC observado por uma cultivar demonstra maior eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica (grãos).

O IC em canola varia de 20 a 35%, em comparação com uma média relativamente estável de 40% para o trigo. Estes valores variam muito, em parte, devido à data de semeadura e períodos de estresse que alteram o rendimento de grãos (HOCKING & STAPPER, 2001).

O índice de área foliar é um dos principais parâmetros para obtenção de um rendimento elevado em canola. Este índice começa a diminuir logo após o início da floração e, no florescimento pleno. No entanto, as folhas ainda permanecem desempenhando função importante. No início do amadurecimento das siliquis, o caule é o responsável pela maior parte da fotossíntese, enquanto as folhas dão uma pequena contribuição (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012).

A fase de roseta é caracterizada pelo início do aumento no índice de área foliar e, no final dessa fase, a cultura está chegando à máxima área foliar, que é alcançada na fase de botão, quando a cultura está com 30 a 60% da sua massa seca total (ALFAZL et al., 2010).

Plantas de *Brassica napus* (L.) geralmente desenvolvem mais folhas e maiores do que o de *Brassica rapa* (L.) e têm um maior índice de área foliar, de 3,0 a 6,0, e de 3,5 para *Brassica rapa* (L.) (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012). Alguns autores consideram um índice de área foliar de 3 a 5 para a máxima produção de matéria seca na cultura da canola (BASRA et al., 2003; AHMAD et al., 2006).

O número de folhas em uma planta de canola é uma característica morfológica que limita sua produtividade. Uma planta de canola pode produzir de nove a trinta folhas na haste principal, dependendo da variedade e das condições de crescimento (CHAVARRIA et al., 2011). A importância da distribuição das folhas para o alcance de altos rendimentos esta vinculada à melhoria na interceptação de radiação solar (ARGENTA et al., 2001), de forma

que as folhas são as estruturas vegetais mais importantes para a atividade fotossintética e para nutrir o crescimento da planta.

2.4.6 Manejo cultural: arranjo de plantas

O manejo cultural da planta de canola principalmente relacionado ao arranjo de plantas é um aspecto de extrema relevância, devido sua desuniformidade na maturação. O arranjo de plantas representa a distribuição de plantas por área, e pode ser obtido via espaçamento entre fileiras e da distância entre plantas na linha (ARGENTA et al., 2001). Sabe-se, que a modificação do arranjo de plantas determina alteração do espaço ocupado pela mesma, tanto no solo quanto aéreo.

Uma população de plantas adequada, ajustada a um espaçamento, varia com as características de cada genótipo, pode-se modificar e aumentar o índice de área foliar propiciando um aumento na capacidade da planta de aproveitar a energia solar para a realização da fotossíntese. Com população e espaçamento adequados na cultura da canola, pode-se também aumentar a quantidade de matéria seca por planta e diminuir a competição da mesma entre si e com plantas daninhas. Este incremento influencia significativamente no número de síliquas por planta, número de grãos, quantidade de óleo nos mesmos e no rendimento de grãos da cultura (LUCCHESI, 1987).

2.4.7 Componentes do rendimento

Os componentes ligados diretamente ao rendimento de grãos em canola são: o número de síliquas por planta, número de grãos por síliqua, massa de um grão e o número de plantas por unidade de área (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012). No entanto, há componentes que influenciam indiretamente o rendimento, como o número de ramos primários, secundários e terciários, e o comprimento dos ramos. Em canola, o principal componente do rendimento é o número de flores que se traduzem em síliquas. O número de síliquas é um fator de extrema importância, pois determina a produção de grãos de canola (GAN et al., 2004).

A produção de grãos é o produto da interação entre genótipos e ambiente (PAHLAVANI et al., 2007). Em determinados locais, características da planta favorável ao máximo rendimento de grãos, são de interesse para produtores de canola (CHONGO & MCVETTY, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E CLIMA

O experimento foi conduzido a campo, em área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, localizada no município de Passo Fundo-RS, nos anos agrícolas de 2011 e 2012. O local dos

experimentos situou a 28°13' de latitude e 52°23' de longitude em área com altitude aproximada de 687 metros.

O clima da região do experimento, segundo a classificação de Köppen, é Cfa - clima subtropical úmido, caracterizando-se por apresentar chuvas durante todos os meses do ano, com média anual de precipitação de 1787 mm ano⁻¹, com tendência de maiores precipitações nas estações do outono e inverno. Os meses de janeiro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, com temperatura superior a 30°C, enquanto que junho e julho são os meses mais frios, com temperaturas inferiores a 22°C (EMBRAPA, 2006).

3.2 HISTÓRICO DA ÁREA

As áreas na qual foi realizada a semeadura de canola tem boas características físicas, químicas e adequada drenagem do solo. A área de 2011 apresentou como cultura antecessora a soja, no verão, e o trigo, no inverno. A área de 2012 teve como cultura antecessora a soja, no verão, e azevém, no inverno.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico. O resultado da análise de solo (ANEXO D) apresenta com problemas de alumínio, na camada de 0-10 cm nos dois anos avaliados, embora tendo sido submetidas ao tratamento com calcário. Os valores de nitrogênio, fósforo e potássio estavam adequados, necessitando doses para satisfazer a demanda da cultura para a semeadura. Além disso, os teores de enxofre de 15 mg dm⁻³ na

camada de 0-10 cm estão adequados para a cultura que necessita valores maiores que 10 mg dm^{-3} .

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (ANEXO E) com quatro repetições, no arranjo de tratamentos de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos espaçamentos entre fileiras (17, 34, 51, 68 cm) e as subparcelas pelas populações de plantas (15, 30, 45 e 60 plantas m^{-2}), perfazendo 64 subparcelas (ANEXO F e G).

As subparcelas foram constituídas de cinco metros de comprimento e largura variável em função do espaçamento entre fileiras (136, 204, 204, 272 cm, respectivamente para os espaçamentos de 17, 34, 51 e 68 cm). O espaçamento entre parcelas foi de 0,5 m e entre blocos foi de 1 m. A dimensão total do experimento foi de 42,54 metros de comprimento por 23 metros de largura.

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO ENSAIO

A semeadura no ano de 2011 foi efetuada em 19 de abril, com aplicação de adubação de base de 300 kg ha^{-1} da fórmula 5-25-25 de N-P₂O₅-K₂O e adubação de cobertura de $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$, conforme recomendação de análise de solo, no estágio de quatro folhas verdadeiras (V4). A emergência das plantas ocorreu em 30 de abril. No ano de 2012, a semeadura deu-se mais tardiamente no dia 08

de maio. A adubação de base foi com 300 kg ha⁻¹ da formula 5-20-20 de N-P₂O₅-K₂O e 100 kg de N ha⁻¹ de cobertura no estádio V4, segundo recomendação de análise de solo. A emergência ocorreu em 25 de maio.

Na semeadura utilizou-se semeadora de parcelas experimentais, da marca Sêmima, modelo com nove linhas a qual permitiu a montagem de sulcador para colocação do adubo separado das sementes. As linhas foram ajustadas aos diversos espaçamentos para semear o híbrido de canola Hyola 61, que apresenta resistência poligênica à canela-preta, ciclo médio (123 a 155 dias), adaptação a diferentes ambientes, maior rendimento, poder germinativo de 90% e massa de mil sementes de 4,8 g.

A dessecação da área ocorreu uma semana antes da semeadura, aplicando-se 2 L ha⁻¹ de herbicida Glifosato. Além disso, foram efetuados controle da traça, principal praga para a família das Brassicaceae, com aplicação de 200 mL ha⁻¹ de Metamidofós no ano de 2011. Na safra de 2012 foram aplicados 2 L ha⁻¹ de Glifosato na semeadura, além de 1,5 L ha⁻¹ de inseticida Clorpirifos, para controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa* L.) no período vegetativo da cultura. Também foram efetuados controle de *Lolium multiflorum* (L.) com aplicação do herbicida Setoxidim, na dose de 1 L ha⁻¹, e no início da floração aplicação do inseticida Tiame toxam e Lambda-cialotrina, na dose de 200 mL ha⁻¹ para controle de lagarta.

Na condução dos experimentos, efetuaram-se desbastes para ajustar a população desejada, sendo realizados quando as plantas apresentavam de quatro a cinco folhas verdadeiras. Além disso,

controlaram-se plantas daninhas com capina manual principalmente, de nabiça (*Raphanus sativus* L.), espécie da mesma família da canola e altamente competidora por nutrientes, água e luminosidade.

Na safra de 2012, devido a grande escassez de água (ANEXO C) ocorrida para na semeadura das plantas, o estande inicial foi prejudicado, sendo necessário à realização de transplante de plantas, para obtenção da população desejada.

3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS

Foram coletados dados meteorológicos de temperatura mínima e máxima do ar, do período de execução do experimento, da estação meteorológica da Embrapa Trigo, de Passo Fundo-RS, localizada a aproximadamente 1000 metros de distância da área experimental. Assim, realizou-se o cálculo dos graus-dia (GD) e a soma térmica acumulada (ST) no ciclo da cultura, pelas equações: $GD = ((T_M + T_m) / 2 - T_b)$ e $ST = \sum(GD)$ (Arnold, 1960), em que T_M é a temperatura máxima do ar, T_m a temperatura mínima do ar e T_b é a temperatura base requerida para o crescimento da canola ($T_b = 5^\circ\text{C}$) (DALMAGO et al., 2008). O GD e a ST foram computados da emergência a colheita.

3.5.1 Variáveis estimadas no período reprodutivo da cultura

3.5.1.1 Início do florescimento

Nos dias três de agosto de 2011 e 14 de agosto de 2012, escolheu-se quatro plantas por subparcela, sendo estas as mais representativas, nas linhas centrais de cada subparcela, na qual foi estimada as variáveis: estatura de planta (EP), diâmetro de haste (DH), número de folhas por planta (n folhas), área foliar total por planta (AFT), área foliar unitária (AFU) e índice de área (IAF).

A variável EP foi estimada da superfície do solo até o ápice da última flor mais alta da planta, com a utilização de uma trena e unidade expressa em cm. A variável DH foi estimada 15 cm distante da superfície do solo, unidade expressa em cm, com utilização do equipamento paquímetro. A variável n folhas, foi estimada pela contagem do número total de folhas por planta. A variável AFT foi estimada o comprimento do limbo foliar de todas as folhas em uma planta e unidade expressa em cm². A variável AFU foi estimada o comprimento do limbo foliar de todas as folhas em uma planta, realizando-se posteriormente a média para uma folha e unidade expressa em cm². A variável IAF foi estimada pela metodologia proposta por Chavarria et al. (2011).

A metodologia proposta por Chavarria et al. (2011), foi efetuada com coleta aleatoriamente de 250 folhas com dimensões variadas ao longo de todas as parcelas. Nestas foram medidas o comprimento e a largura do limbo foliar e medidas as suas respectivas

áreas foliares, através de integrador de área foliar e estabelecida uma correlação entre estes parâmetros. Assim, os resultados do modelo de correlação indicaram que o comprimento foi o parâmetro que estimou melhor a área foliar do híbrido Hyola 61, e dessa forma, para os anos de 2011 e 2012 mediu-se apenas o comprimento do limbo foliar de cada planta escolhida nas subparcelas.

Nos dias cinco de agosto de 2011 e 17 de agosto de 2012, escolheu-se dez plantas por subparcela, sendo estas as mais representativas, nas linhas centrais de cada subparcela, na qual foi estimada as variáveis: clorofila *a* terço superior - Clo *a* (S), clorofila *a* terço mediano - Clo *a* (M), clorofila *a* terço inferior - Clo *a* (I), clorofila *b* terço superior - Clo *b* (S), clorofila *b* terço mediano - Clo *b* (M), clorofila *b* terço inferior - Clo *b* (I), clorofila total terço superior - Clo T (S), clorofila total terço mediano - Clo T (M), clorofila total terço inferior - Clo T (I), média dos terços de clorofila *a* - M Clo *a*, média dos terços de clorofila *b* - M Clo *b* e a média dos terços de clorofila total - M Clo T.

As variáveis foram avaliadas em terços da planta (superior, mediano e inferior). De cada terço, foi escolhida uma folha, sendo esta a mais fotossinteticamente ativa (mais de 70% de sua área foliar na cor verde-escura. A medição foi realizada com o equipamento Clorofilômetro (Marca: Falker, Modelo: ClorofiLog), para obtenção das unidades de absorvância (índice ICF) de clorofila *a*, *b* e total. Com a estimativa dos valores de absorvância da clorofila *a*, *b* e total, em cada terço da planta, realizou-se também a média entre os terços para obtenção das variáveis M Clo *a*, M Clo *b* e M Clo T.

3.5.1.2 Pleno florescimento

Nos dias 17 de agosto de 2011 e 22 de agosto de 2012, escolheu-se três plantas por subparcela, sendo estas as mais representativas, nas linhas centrais de cada subparcela, na qual foi estimada as variáveis: fluorescência instantânea da clorofila *a* terço superior - Ft (S), fluorescência instantânea da clorofila *a* terço mediano - Ft (M), fluorescência instantânea da clorofila *a* terço inferior - Ft (I), rendimento quântico terço superior - QY (S), rendimento quântico terço mediano - QY (M), rendimento quântico terço inferior - QY (I), radiação fotossinteticamente ativa terço superior - PAR (S), radiação fotossinteticamente ativa terço mediano - PAR (M) e radiação fotossinteticamente ativa terço inferior - PAR (I).

As variáveis foram avaliadas em terços da planta (superior, mediano e inferior), com a utilização do equipamento Fluorômetro (Marca: PSI, Modelo: Fluorpen FP 100).

3.5.1.3 Maturação dos grãos

Nos dias 12 de outubro de 2011 e 09 de outubro de 2012, escolheu-se cinco plantas por subparcela, sendo estas as mais representativas, nas linhas centrais de cada subparcela, na qual foi estimada as variáveis:

- a) Parâmetros fisiológicos: rendimento biológico aparente por planta (RBA), rendimento de palha por planta (RP), rendimento de grãos por planta (RGP) e o índice de colheita (IC).
- b) Componentes do rendimento: número de ramos secundários por planta (NRS), número de ramos terciários por planta (NRT), número de ramos quaternários por planta (NRQ), número de síliquas no ramo primário (NS1), número de síliquas nos ramos secundários (NS2), número de síliquas nos ramos terciários (NS3), número de síliquas nos ramos quaternários (NS4), número de síliquas por planta (NSP) e o número de grãos por planta (NGP). Na figura 1, mostra a ilustração de uma planta de canola, identificando o que é um ramo primário, secundário, terciário e quaternário.

As plantas coletadas no campo, apresentavam com 30% dos grãos na cor marrom. Dessa forma, as plantas foram armazenadas em estufa durante dois dias, na temperatura de 60°C, e após, retirada do material, determinou-se a massa das mesmas, para obtenção do RBA (g).

Através do RBA, separou-se a massa seca da planta, dos grãos, obtendo-se o RP (g) e o RGP (g). Posteriormente foi realizado o cálculo do IC (%), que consta da relação entre o rendimento de grãos pelo rendimento biológico aparente, estimando a eficiência da partição de fotoassimilados que foram direcionados aos grãos.

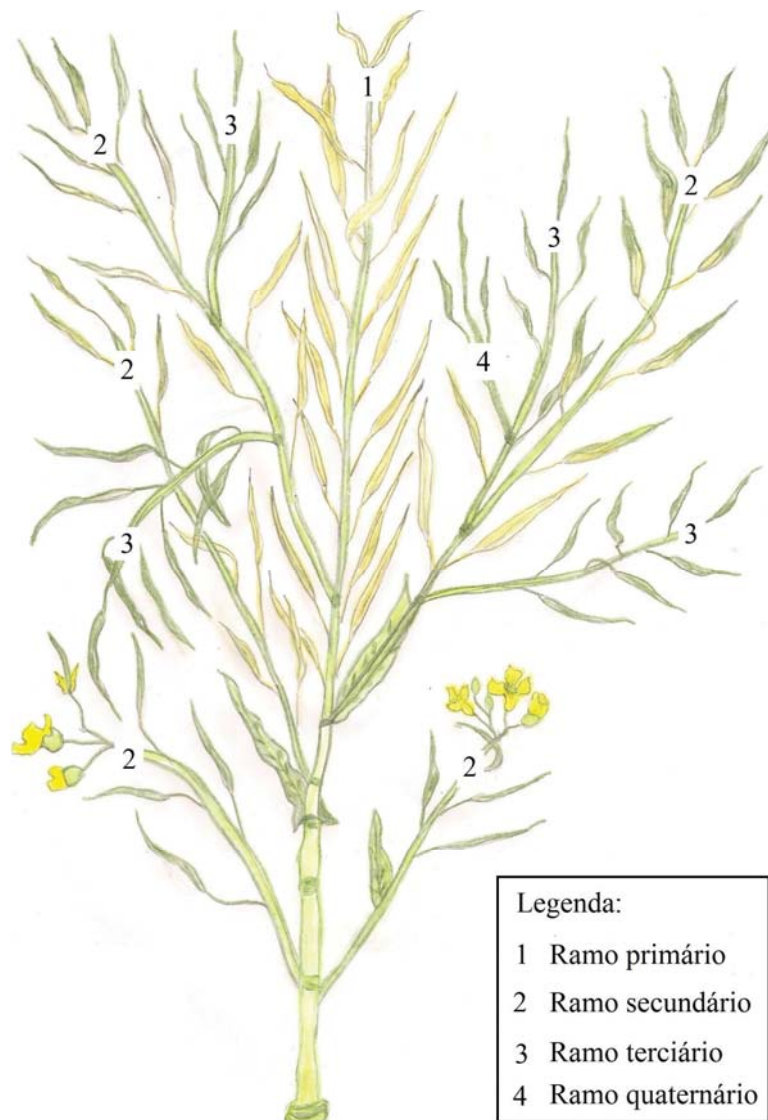


Figura 1 – Ilustração de uma planta de canola e seus respectivos ramos: primário, secundário, terciário e quaternário. Passo Fundo, RS, 2013.

Nos dias 21 de outubro de 2011 e 16 de outubro de 2012, foi efetuada a colheita de todas as subparcelas, eliminando-se as linhas de bordadura, quando 50% dos grãos apresentaram cor marrom, estimado através destes, as variáveis rendimento de grãos (RG) e a massa de mil grãos (MMG).

A colheita foi efetuada manualmente, armazenando as plantas em sacos de pano, durante uma semana, para redução do teor de umidade dos grãos. Posteriormente, foi realizada a separação da palha, dos grãos, com utilização de peneira. Os grãos foram acondicionados em sacos de papel, para determinação da massa, com auxílio de balança de precisão, e assim obter o valor do rendimento de grãos (RG) em g, e transformação para kg ha^{-1} .

Para a variável MMG (g) foi realizada a contagem de 250 grãos por subparcela colhida, na qual se determinou a massa dos grãos em balança de precisão, multiplicando-se por quatro para obtenção da mesma. O teor de umidade para as variáveis RG e MMG foi ajustado matematicamente para 10%.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os dados obtidos foram analisados através de análise de variância (ANOVA), e a partir das médias com diferenças significativas foram gerados modelos matemáticos lineares e quadráticos de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INÍCIO DO FLORESCIMENTO

4.1.1 Variáveis relacionadas ao índice de área foliar

Conforme a análise de variância não houve diferença significativa para as variáveis estatura de planta (EP), diâmetro de haste (DH) e área foliar unitária (AFU) para os fatores espaçamento e população na safra de 2011 (APÊNDICE 1), assim como a interação entre estes fatores. Já as variáveis EP, área foliar total (AFT), AFU e número de folhas (n folhas) não mostraram diferença para os dois fatores e a interação entre os mesmos na safra de 2012 (APÊNDICE 1).

A variável n folhas diferiu significativamente em função do fator espaçamento ($p=0,015$) e pela população ($p=0,019$) na safra de 2011 e a AFT ($p=0,002$) e o índice de área foliar (IAF) ($p=0,001$) quanto ao fator população. No ano de 2012, apenas o DH e o IAF foram influenciados pelo fator população ($p=0,001$), (APÊNDICE 1).

O modelo de equação linear foi significativo para as variáveis AFT, n folhas e IAF no ano de 2011 (Figura 2A, 2B e 2C) e o DH e IAF no ano de 2012 (Figura 3A e 3B) quanto ao fator população de plantas, com coeficiente de determinação de $r^2=0,88$, $r^2=0,81$, $r^2=0,99$, $r^2=0,91$, $r^2=0,99$, respectivamente. Nota-se que para as variáveis AFT, n folhas e DH, destaca-se a população de 15 plantas

m⁻², diferenciando do IAF, na qual o maior valor foi na população de 60 plantas m⁻².

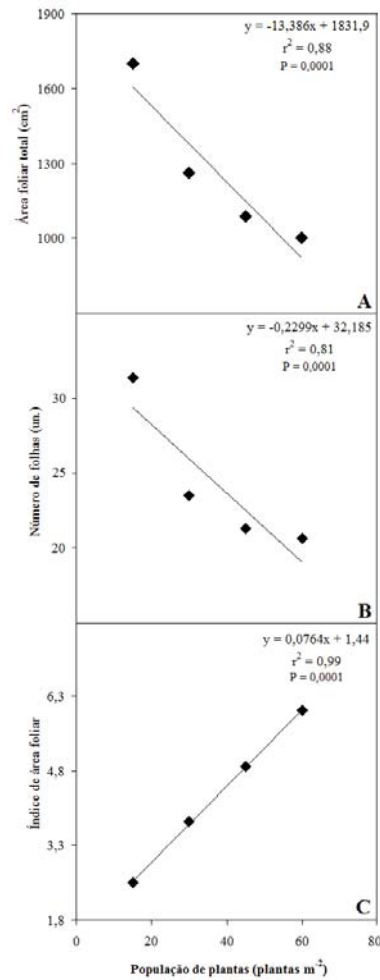


Figura 2 - Área foliar total (A), número de folhas por planta (B) e índice de área foliar de uma planta (C) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013.

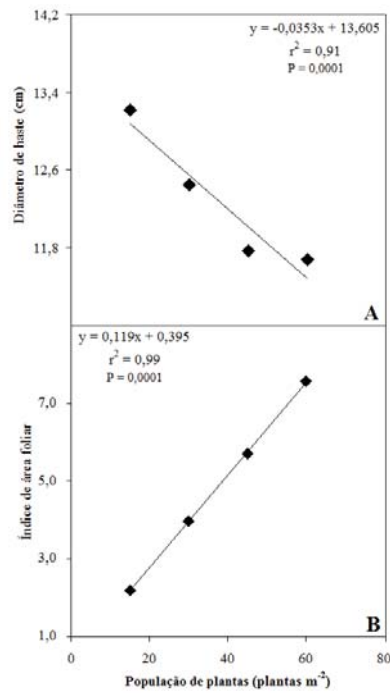


Figura 3 - Diâmetro de haste (A) e o índice de área foliar de uma planta (B) de canola, em função da população de plantas, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013.

A amplitude do n folhas para o híbrido de canola Hyola 61, no ano de 2011, foi de 20 a 30 folhas (Figura 1B). Segundo Chavarria et al. (2011) o número de folhas por planta é variável, pois uma planta de canola pode produzir de nove a trinta folhas na haste principal, dependendo da variedade e das condições de crescimento.

Nas duas safras avaliadas observou-se que o maior IAF ocorreu na população de 60 plantas m^{-2} . No entanto, ressalta-se que o elevado IAF nem sempre é desejável para planta, pois há competição por radiação solar e esta pode interferir no balanço energético da planta. Nestas condições a energia fotossinteticamente ativa que chega às folhas mais baixas, é reduzida (CHAVARRIA et al., 2011).

O total de clorofila *a* presente presentes nas folhas submetidas à baixa luminosidade é reduzido, o que acelera a senescência. Além disso, o maior sombreamento entre as plantas pode propiciar condições mais favoráveis para o desenvolvimento de doenças, devido ao maior teor de umidade decorrente do adensamento das plantas.

Os aumentos da produtividade são conseguidos pelo incremento da área foliar, alterações na relação biomassa de órgãos reprodutivos e órgãos vegetativos e por outras propriedades morfológicas. O incremento do IAF, no entanto, limita-se ao IAF ótimo, além do qual o autosombreamento provocado pelo excesso de folhas não permite incremento proporcional na produtividade (PORTES & MAGALHÃES, 1993). Dessa forma, é de extrema importância o ajuste adequado na população, para que as plantas de canola realizem a máxima captação de radiação solar.

Atributos arquitetônicos em plantas, como por exemplo, o padrão de distribuição vertical do IAF e a orientação dos limbos foliares influenciam significativamente a interceptação da irradiância e, conseqüentemente, o balanço de energia e as trocas gasosas entre planta e ambiente (BARNES et al., 1990).

Chavarria et al. (2011), observaram variações no IAF de 1,48, em espaçamento de 17 cm e 45 plantas m^{-2} , até 5,73 em espaçamentos de 68 cm e população de 60 plantas m^{-2} . Porém, essas informações devem ser interpoladas com os resultados de produção. Entende-se que, quanto maior a área foliar exposta ao sol, mais matéria seca da cultura pode ser produzida por dia, e maior será a taxa de crescimento da cultura (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012).

A época de semeadura, as temperaturas mínimas e máximas (ANEXO A), a duração do ciclo da cultura e a soma térmica acumulada (ST) são fatores que contribuíram pela grande diferença nos valores de IAF nos dois anos de avaliação da canola.

Na safra de 2011, a ST foi de 1734°GD (ANEXO A). Além disso, a semeadura em abril propiciou maior duração no ciclo da cultura, de 175 dias, sendo da emergência ao início da floração de 95 dias e do início da floração a maturação fisiológica de 74 dias. As temperaturas foram mais baixas no período vegetativo em 2011 (ANEXO A), na qual possibilitou maior tempo para formação de folhas e melhor distribuição das mesmas no espaço ocupado, mostrando uma amplitude de 2,5 a 6,0 de IAF, valores mais próximos ao IAF ótimo para a cultura, sendo este, em torno de quatro para que a mesma intercepte cerca de 90% da radiação solar (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2012).

Na safra 2012 a ST foi de 777°GD (ANEXO A). No entanto, a semeadura mais tardia, em maio, reduziu a duração do ciclo da cultura, para 145 dias, sendo da emergência ao início da floração de

75 dias e do início da floração a maturação fisiológica de 63 dias. As temperaturas mais elevadas, no período vegetativo da cultura (ANEXO A), aceleraram o ciclo da cultura, inibindo a formação de mais folhas, levando ao aumento de tamanho das folhas já existentes, mostrando uma amplitude de 2,1 a 7,6 de IAF.

A disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal forma que locais ou períodos mais quentes determinam desenvolvimento mais rápido destas. Logo, em regiões ou mesmo épocas mais quentes, há maior precocidade no desenvolvimento (BERGAMASCHI, 2006). Para a cultura do crambe, são necessários aproximadamente 1350°C dia acumulados entre a semeadura e a maturação fisiológica (KMEC et al., 1998), com temperatura basal inferior igual a 2,5°C.

4.1.2 Clorofila

Segundo a análise de variância não houve diferença para o teor de clorofila *a* em cada terço da planta, clorofila *b* no terço mediano, clorofila total no terço superior e mediano, e a média entre as partes para clorofila *a* e total quanto aos fatores espaçamento entre fileiras e população de plantas, além da interação entre os mesmos na safra de 2011 (APÊNDICE 4). Na safra de 2012, o teor de clorofila *a* no terço superior e inferior, teor de clorofila *b* no terço mediano, clorofila total no terço superior e inferior e a média entre as partes para clorofila *a* e total, não apresentaram diferenças quanto aos fatores avaliados e a interação entre estes (APÊNDICE 5).

A variável clorofila *b* no terço inferior diferiu quanto ao fator população de plantas ($p=0,0063$), assim como a variável clorofila total no terço inferior ($p=0,0108$) e a média entre as três partes do dossel de clorofila *b* ($p=0,0260$) na safra de 2011. O modelo de equação quadrático foi significativo para as variáveis, com $r^2=0,89$, $r^2=0,79$, $r^2=0,99$, respectivamente (Figura 4A, 4B e 4C) na safra 2011, destacando a população de 15 plantas m^{-2} , reduzindo os valores a medida que aumentou a população até 45 plantas m^{-2} . O aumento dos teores após esta população, pode ser explicado devido ao auto-sombreamento, indicando a maior presença de clorofila *b* nas folhas de canola.

O aumento da clorofila *b* nas folhas submetidas à baixa luminosidade, é uma característica importante, pois a mesma capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (SCALON et al., 2002).

Trabalho realizado com déficit hídrico em diferentes híbridos de canola mostraram que o teor de clorofila *a*, *b* e carotenóides reduziram significativamente no período de floração (DIN et al., 2011). Da mesma forma, porém em condições de estresse por alagamento, os teores de clorofila *a* e *b* reduziram significativamente (HABIBZADEH et al., 2012).

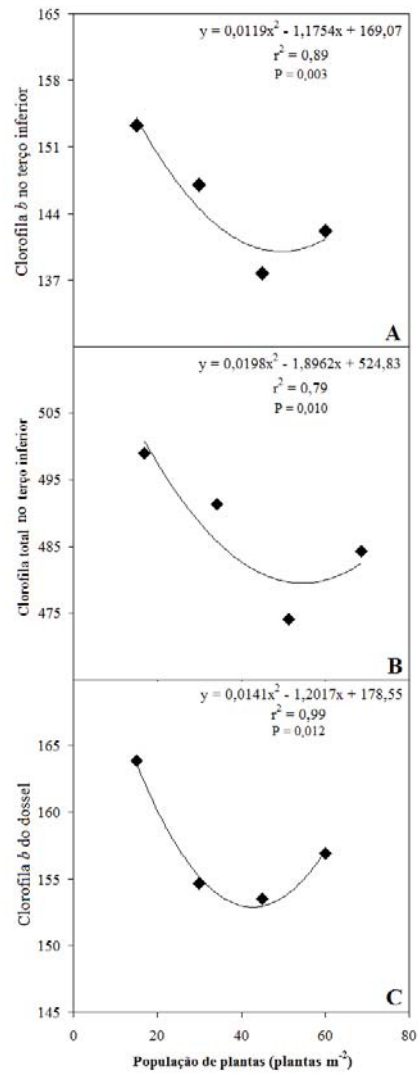


Figura 4 - Estimativa do teor de clorofila *b* terço inferior (A), clorofila total terço inferior (B) e médias das três partes de clorofila *b* (C) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013.

O teor de clorofila *a* no terço mediano foi significativo quanto ao fator espaçamento entre fileiras ($p=0,0059$), assim como para a variável clorofila total no terço mediano ($p=0,0224$), com modelo de equação quadrático de $r^2=0,93$ e $r^2=0,95$, respectivamente (Figura 5A e 5B).

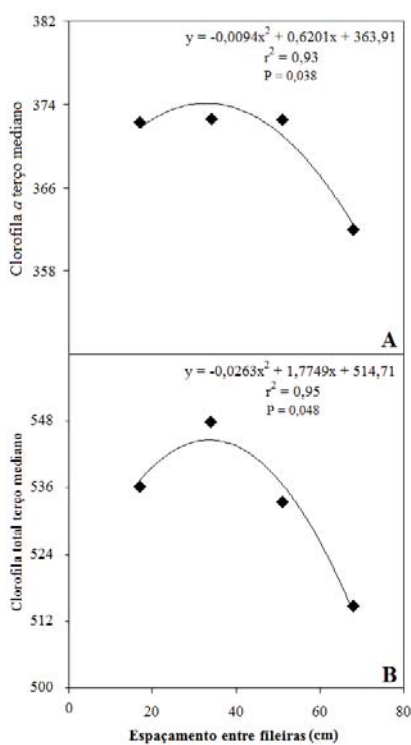


Figura 5 - Estimativa do teor de clorofila *a* no terço mediano (A) e clorofila total no terço mediano (B) de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013.

4.2 PLENO FLORESCIMENTO

4.2.1 Fluorescência

Segundo a análise de variância não houve diferença para as variáveis fluorescência instantânea da clorofila (Ft) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) dos terços superior, mediano e basal da planta, além do rendimento quântico (QY) do terço superior e inferior e a Ft, Qy e PAR do dossel (APÊNDICE 2) para safra 2011. Para safra de 2012 nenhuma das variáveis foi significativa quanto aos fatores estudados (APÊNDICE 3).

Apenas a variável QY no terço mediano, apresentou diferença quanto ao fator espaçamento entre fileiras (APÊNDICE 2), no ano de 2011, com $p=0,007$. O modelo de equação linear foi significativo para esta variável, com $r^2=0,85$. A amplitude de variação no rendimento quântico no ano de 2011 foi de 0,75 a 0,78 (Figura 6), sendo o espaçamento de 17 cm o maior valor observado, indicando maior eficiência fotoquímica para estas condições. O fato do terço médio das plantas com o espaçamento de 17 cm terem maior rendimento quântico mostra tentativa das plantas melhorarem a captação de luz em condições de menor luminosidade. No entanto, para as demais variáveis não terem diferenciado quanto aos fatores espaçamento e população, otimiza em não apresentar interferência na atividade fotoquímica do híbrido estudado.

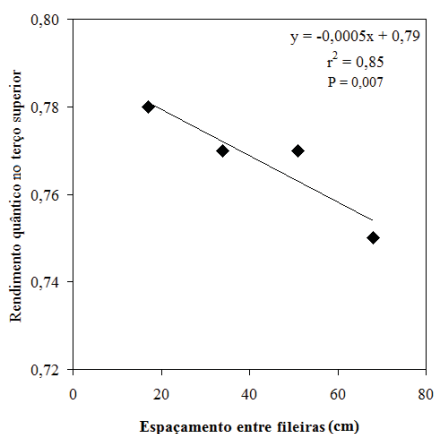


Figura 6 - Rendimento quântico de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013.

Na safra de 2011, o inverno mais rigoroso, com temperaturas relativamente baixas de -3 a 2°C e consecutivas no período vegetativo (ANEXO A), pode ter determinado a redução dos valores de rendimento quântico, ocasionando danos por fotoinibição em função do frio, e assim diminuindo o potencial fotossintético da planta.

Folhas sadias de várias espécies vegetais apresentaram valores de rendimento quântico em torno de $0,832 \pm 0,004$ (BJÖRKMAN & DEMMIG, 1987). O declínio deste valor é um bom indicador do dano fotoinibitório quando plantas estão sujeitas a estresses do ambiente, incluindo frio (BAKER et al., 1983) e seca (ÖGREN & ÖQUIST, 1985). Quando uma planta está com seu aparelho fotossintético intacto os valores de Q_y variam entre 0,75 e

0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). Valores abaixo de 0,725, as folhas são submetidas ao dano fotoinibitório (REIS & CAMPOSTRINI, 2008).

Danos fotoinibitórios são relatados como mudanças nas propriedades físico-químicas das membranas dos tilacóides e inatividade do transporte de elétrons. Esses fatores causam a redução no rendimento quântico do fotossistema II, aumento da dissipação do excesso de energia não fotoquímica e diminuição da eficiência da carboxilação (CRITCHLEY & RUSSELL, 1994).

Em trabalho realizado com amendoim, sob condições de estresse de salinidade, apresentaram médias de 0,73 a 0,86 (CORREIA et al., 2009). Bjorkman & Demming (1987) trabalhando com diferentes espécies e ambientes, obtiveram um valor médio de 0,83. Já Li et al. (2004), trabalhando com 99 espécies nativas de diferentes habitats da Mongólia, citam valores que variaram de 0,57 a 0,79.

4.3 MATURAÇÃO DOS GRÃOS

4.3.1 Parâmetros fisiológicos

Os resultados da análise de variância mostraram que a variável índice de colheita (IC), não diferiu quanto aos fatores população de plantas e espaçamento entre fileiras, bem como na interação entre os mesmos, na safra de 2011. Da mesma forma em

2012 o IC não diferiu, assim como o rendimento de grãos por planta (RGP) (APÊNDICE 6).

As variáveis rendimento biológico aparente por planta (RBA, $p=0,0001$), rendimento de palha por planta (RP, $p=0,0001$) e RGP ($p=0,0001$) diferiu quanto ao fator população de plantas, no ano de 2011. Em 2012, as variáveis significativas foram RBA ($p=0,0059$) e o RP ($p=0,0048$) quanto ao fator população e para o fator espaçamento a variável RP ($p=0,0219$) (APÊNDICE 6).

O modelo de equação linear foi significativo quanto ao fator população de plantas no ano de 2011 para as variáveis RP, RBA e RGP com $r^2=0,90$, $r^2=0,89$ e $r^2=0,86$, respectivamente (Figura 7A, 7B e 7C). Nota-se que para estas variáveis se destacou a população de 15 plantas m^{-2} , reduzindo os valores à medida que aumentou o adensamento entre as plantas.

Estudo com diferentes épocas de semeadura e duas população de plantas (6,2 e 12,5 plantas m^{-2}) em dois anos de avaliação, mostrou que a menor população apresentou valores maiores quanto ao rendimento biológico por planta (49,5 e 48,4 g) (ALDOORI, 2011).

O rendimento de palha por planta é uma variável de extrema importância para o sistema de plantio direto, pois a canola possui relação C/N baixa, ou seja, o processo de decomposição de sua resteva é rápido, disponibilizando os nutrientes mais rapidamente ao solo e assim para as culturas subseqüentes. No entanto, para determinadas culturas, como a soja, pode acarretar problemas na formação de seus legumes, devido à presença de compostos tóxicos

que são liberados após a decomposição da resteva de canola, característica denominada de alelopatia. Dessa forma, uma maior quantidade de resteva no solo pode ser positivo em sistemas de plantio direto no sentido de melhoria da estruturação do solo, armazenamento de água e combate a plantas daninhas, mas também negativo em função de sua alelopatia, se não for seguida a indicação de esperar 20 dias após a colheita da canola para permitir a decomposição dos compostos que a originam (TOMM, 2007).

Os resultados para o ano de 2012 foram semelhantes aos de 2011, destacando o modelo de equação linear para as variáveis RBA e RP, com $r^2=0,76$, $r^2=0,83$ (Figura 8A e 8B), quanto ao fator população de plantas. O RP também apresentou diferença quanto ao fator espaçamento entre fileiras ($r^2=0,57$), no modelo de equação linear (Figura 9A). Os espaçamentos de 51 e 68 cm destacaram-se para esta variável, devido ao maior espaço entre fileiras, para formação de mais folhas e síliquas por planta, aumentando o rendimento de palha por planta.

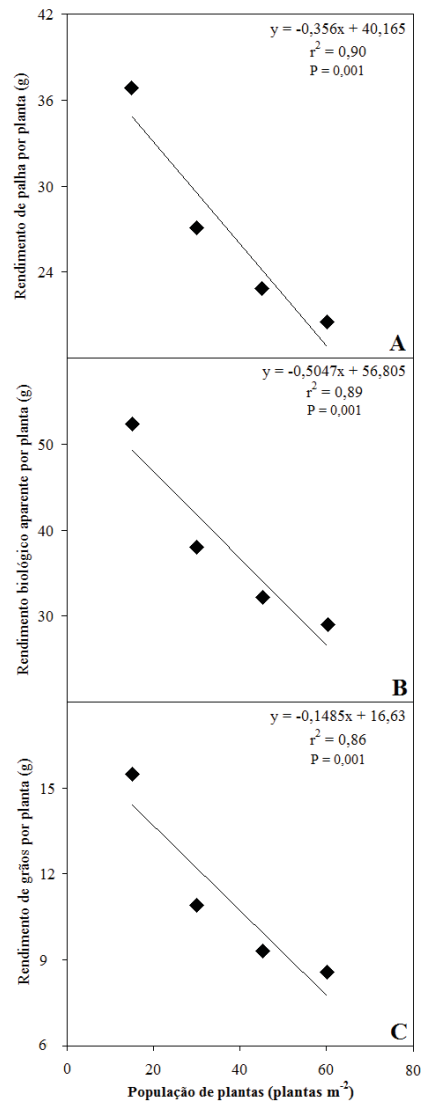


Figura 7 - Rendimento de grãos por planta (A), rendimento biológico aparente por planta (B) e rendimento de palha por planta (C) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013.

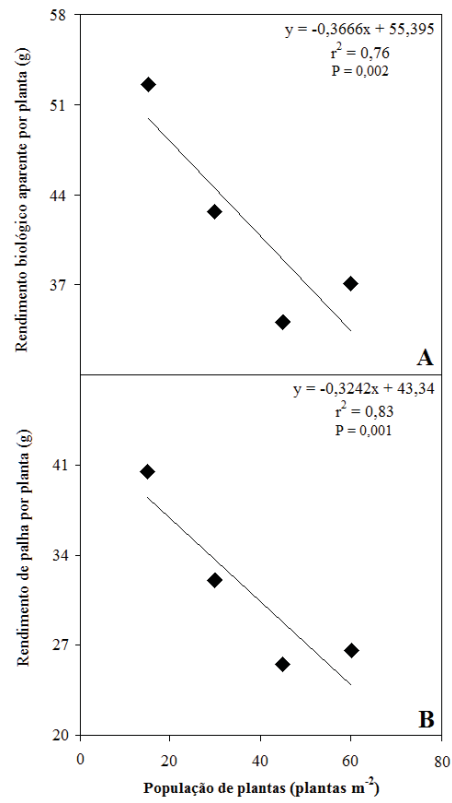


Figura 8 - Rendimento biológico aparente por planta (A) e rendimento de palha por planta (B) de canola, em função da população de plantas, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013.

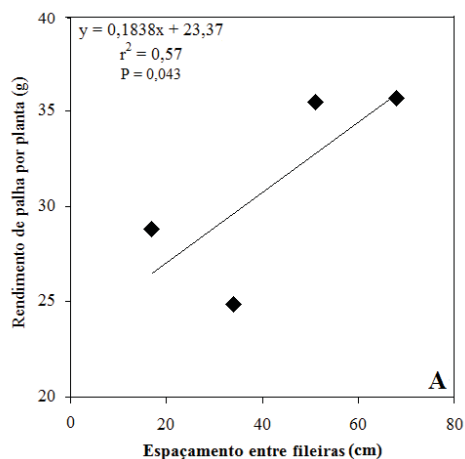


Figura 9 - Rendimento de palha por planta de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013.

4.3.2 Componentes do rendimento e rendimento de grãos

Conforme os resultados da análise de variância para as variáveis número de síliquas no ramo primário (NS1), número de síliquas nos ramos quaternários (NS4) e massa de mil grãos (MMG) não foram detectadas diferenças significativas quanto aos fatores população de plantas, espaçamento entre fileiras e a interação entre os mesmos, no ano de 2011 e o número de ramos secundários (NRS), no ano de 2012 (APÊNDICE 7 e 8).

As variáveis número de ramos secundários (NRS, $p=0,0001$), número de ramos terciários (NRT, $p=0,0001$), número de

ramos quaternários (NRQ, $p=0,0040$), número de síliquas nos ramos secundários (NS2, $p=0,0004$), número de síliquas nos ramos terciários (NS3, $p=0,0001$), número de síliquas por planta (NSP, $p=0,0001$) e o número de grãos por planta (NGP, $p=0,0001$), mostraram diferenças significativas quanto ao fator população de plantas e o rendimento de grãos (RG, $p=0,0025$) foi afetado significativamente pelo espaçamento entre fileiras, no ano de 2011 (APÊNDICE 7).

No ano de 2012, as variáveis número de ramos terciários (NRT, $p=0,0001$), número de ramos quaternários (NRQ, $p=0,0001$), número de síliquas no ramo primário (NS1, $p=0,0252$), número de síliquas nos ramos secundários (NS2, $p=0,0022$), número de síliquas nos ramos terciários (NS3, $p=0,0016$), número de síliquas nos ramos quaternários (NS4, $p=0,0018$), número de síliquas por planta (NSP, $p=0,0007$) e rendimento de grãos (RG, $p=0,0001$) foram influenciados pelo fator população de plantas e as variáveis NS3 ($p=0,0053$), NSP ($p=0,0152$), massa de mil grãos (MMG, $p=0,0004$) e RG ($0,0014$) em função do espaçamento entre fileiras (APÊNDICE 8).

O modelo de equação linear foi significativo quanto ao fator população de plantas, no ano de 2011, para as variáveis, NGP $r^2=0,88$ (Figura 12C), NRS, NRT, NRQ, NS2, NS3 e NSP com $r^2=0,94$, $r^2=0,93$, $r^2=0,66$, $r^2=0,95$, $r^2=0,83$ e $r^2=0,90$, respectivamente (Figura 10A, 10B, 10C, 10D, 10E e 10F). Nota-se que para estas variáveis se destacou a população de 15 plantas m^{-2} , reduzindo os valores à medida que aumentou o adensamento entre as plantas.

À medida que a população de plantas aumentou, observou-se redução de duas síliquas (10 a 20%) nos ramos

secundários e terciários (Figura 10D, 10E), em torno de quatro síliquas (15 a 25%) no total por planta (Figura 10F). Além disso, o NGP, também diminuiu significativamente à medida que aumentou a população de plantas, em torno de 49 grãos (Figura 12C).

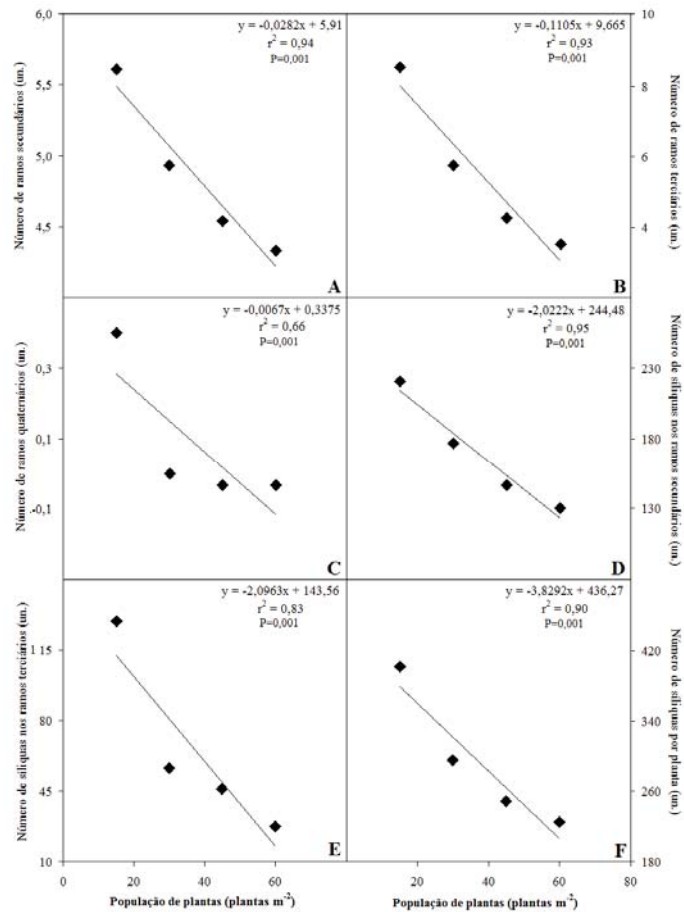


Figura 10 - Número de ramos secundários (A), número de ramos terciários (B), número de ramos quaternários (C), número de síliquas nos ramos secundários (D), número de síliquas nos ramos terciários (E) e o número de síliquas por planta (F) de canola, em função da população de plantas, safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013.

Os resultados para o ano de 2012, destacam o modelo de equação quadrático para as variáveis NRT, NRQ, NS3 e NS4 com $r^2=0,99$, $r^2=0,96$, $r^2=0,99$ e $r^2=0,97$, respectivamente (Figura 11A, 11B, 11E e 11F) e modelo linear para NS1, NS2 com $r^2=0,97$, $r^2=0,94$ (Figura 11C e 11D), NSP e NGP com $r^2=0,82$ e $r^2=0,84$ (Figura 12A e 12B), respectivamente, quanto ao fator população de plantas. Cabe enfatizar que para o segundo ano de avaliação se obteve diferenças no NS1 (Figura 11C), NS4 (Figura 11F) e uma maior quantidade de NRQ (Figura 11B), chegando próximos a quatro. Esta diferença possivelmente decorreu da grande escassez de água ocorrida no inverno, principalmente para germinação da canola, o que causou desuniformidade no estante inicial das plantas, gerando maior formação de ramos laterais de plantas individuais, principalmente nos ramos quaternários que variaram de um a quatro (Figura 11B).

O transplante de plântulas de canola para se obter a população desejada, também foi um dos motivos, pela grande desuniformidade no estante inicial de plantas, sendo que algumas delas se desenvolveram mais, propiciando a grande formação de ramos laterais, dos quais ocasionou a elevação do número de ramos terciários e quaternários (Figura 11B) na safra de 2012.

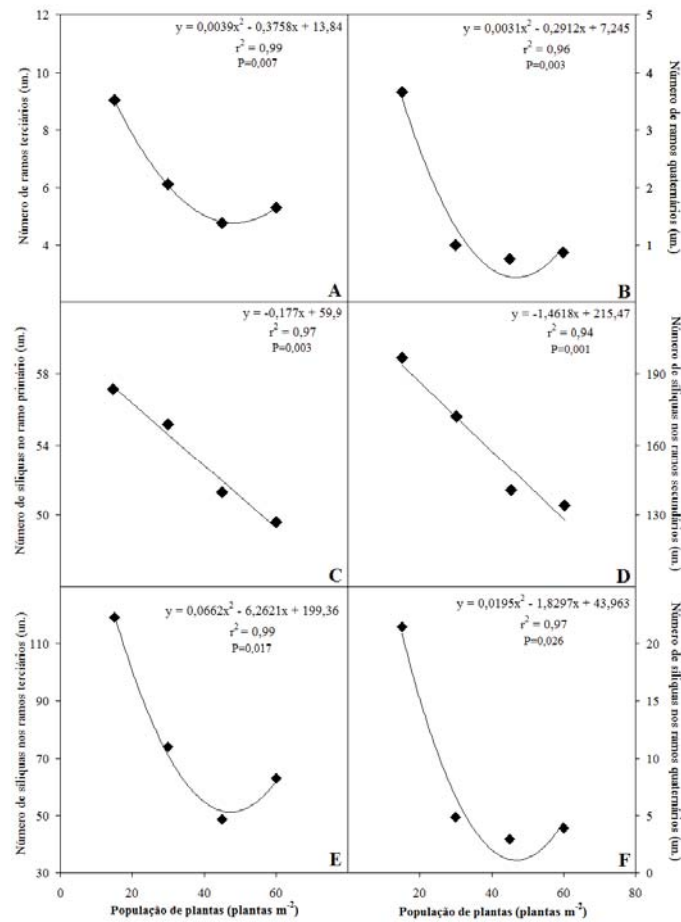


Figura 11 - Número de ramos terciários (A), número de ramos quaternários (B), número de síliquas no ramo primário (C), número de síliquas nos ramos secundários (D) número de síliquas nos ramos terciários (E) e número de síliquas nos ramos quaternários (F) de canola, em função da população de plantas, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013

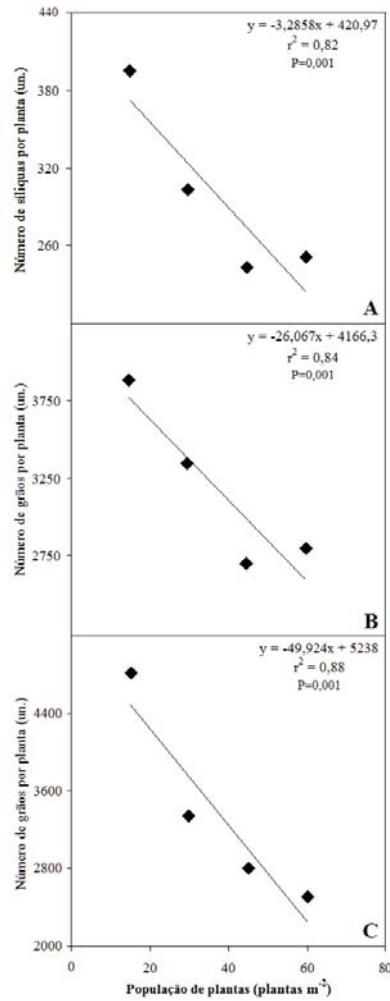


Figura 12 - Número de síliquas por planta, safra 2012 (A), número de grãos por planta, safra 2012 (B) e número de grãos por planta, safra 2011 (C) de canola, em função da população de plantas. Passo Fundo, RS, 2013.

O tempo mais chuvoso no ano de 2011, no período vegetativo da cultura, com precipitações pluviais acima da média em junho (226,7 mm), julho (340 mm) e agosto (254,4 mm) e temperaturas mínimas no mês de julho, que variaram de -2 a 3°C, durante um período de seis dias consecutivos (EMBRAPA, 2012) determinaram baixa taxa de crescimento da cultura. Isto resultou em um maior período vegetativo para formação de folhas, elevando a captação de radiação solar e assim, promovendo o aumento da atividade fotossintética, e conseqüentemente, na maior partição de fotoassimilados direcionando para as diferentes partes da planta, o que explica a maior amplitude no número de grãos por planta no ano de 2011, de 2500 a 4816 grãos, comparados a de 2706 a 3889 grãos, em 2012, uma redução de 20% do total de grãos na safra de 2012.

Trabalho conduzido com diferentes cultivares de canola diferenciando época de semeadura e níveis de irrigação, mostra variação no número de síliquas por planta de 66 a 151 (SHARGHI et al., 2011), resultados próximos aos apresentados por Rahman et al. (2009) que foram de 70 a 136 síliquas por planta. Entretanto, estudo realizado com diferentes épocas de semeadura e duas populações de plantas (6,2 e 12,5 plantas m⁻²) em dois anos de avaliação, mostrou que a menor população apresentou maior número de síliquas por planta (201 e 182 síliquas) (AL-DOORI, 2011).

Estudos com diferentes arranjos de plantas (20, 40 e 60 cm de espaçamento) com populações de 20, 40, 60 e 80 plantas m⁻², com dois híbridos de canola, incluindo a mesma deste trabalho Hyola 61, mostraram que o número de síliquas por planta foi maior na menor

população de 20 plantas m^{-2} para os dois híbridos, apresentando Hyola 61 com 572,25 síliquas (KRÜGER et al., 2011).

Mousavi et al. (2011) observou efeito significativo quanto ao número de ramos por planta e número de síliquas por planta, em três diferentes populações, evidenciando que a medida que aumentou a população, reduziu o valor para estas variáveis. Johnson & Hanson (2003), relatam que uma cultura apresenta maior desempenho, quando há mais espaço entre as plantas, ou seja, a planta é distribuída mais uniformemente, adequando a maior radiação solar no período vegetativo, além de reduzir a competição entre as mesmas, aumentando o número de síliquas por planta.

O NS3 e NSP também apresentaram diferença em função do fator espaçamento entre fileiras com $r^2=0,82$ e $r^2=0,81$ no modelo de equação linear positivo, no ano de 2012 (Figura 13A e 13B). Os espaçamentos de 51 e 68 cm destacaram-se para estas variáveis, devido ao maior espaço entre fileiras para formação de mais síliquas por planta, justificando a variação obtida para a MMG, que foi de 2,9 a 3,3 g no mesmo ano, com modelo de equação linear negativo e $r^2=0,98$ (Figura 13C). Os maiores valores apresentados para a MMG foram os espaçamentos de 17 e 34 cm, ou seja, em menor o espaço entre linhas, a formação de ramos laterais é reduzida e menor é o diâmetro de haste das plantas, direcionando os fotoassimilados mais para os grãos, elevando a sua massa.

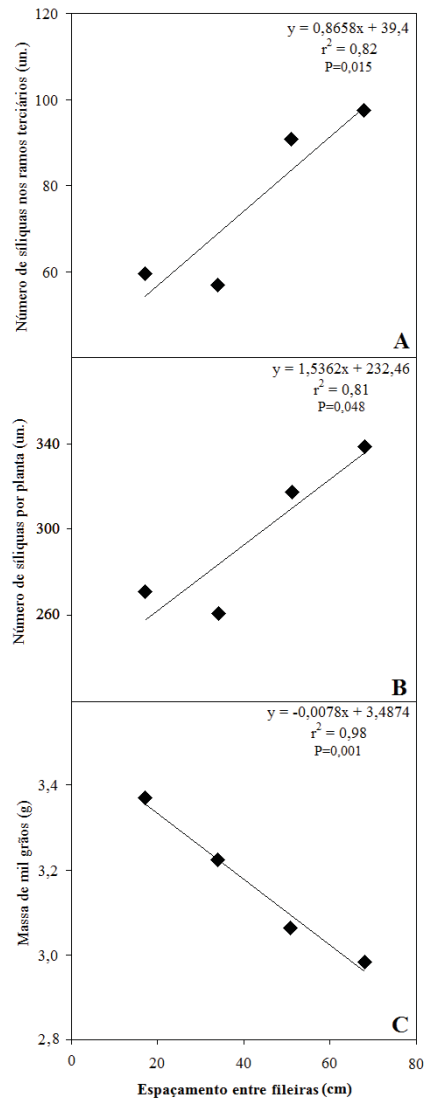


Figura 13 - Número de síliquas nos ramos terciários (A), número de síliquas por planta (B) e massa de mil grãos (C) de canola, em função do espaçamento entre fileiras, safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013.

Pesquisa com diferentes cultivares de canola no espaçamento entre fileiras de 30 cm, mostraram variação para a massa de mil grãos de 3,17 a 2,55 g, valores próximos aos obtidos neste trabalho (RAHMAN et al., 2009). No entanto, Krüger et al. (2011) não observaram diferenças quanto a MMG sob diferentes arranjos de plantas, apresentando médias próximas de 3,4 e 3,8 g, respectivamente, no primeiro e no segundo ano de avaliação, com o híbrido Hyola 61.

A variável rendimento de grãos (RG) foi afetada significativamente apenas pelo espaçamento entre fileiras, no ano de 2011, apresentando um modelo de equação linear negativo, com $r^2=0,94$, na qual destacou-se o espaçamento entre fileiras de 17 cm com aproximadamente 1000 kg ha^{-1} (Figura 14A). No ano de 2012 a PF foi influenciada pelo fator população, com valores próximos a 960 kg ha^{-1} com $r^2=0,81$ (Figura 14B), destacando a população de $45 \text{ plantas m}^{-2}$.

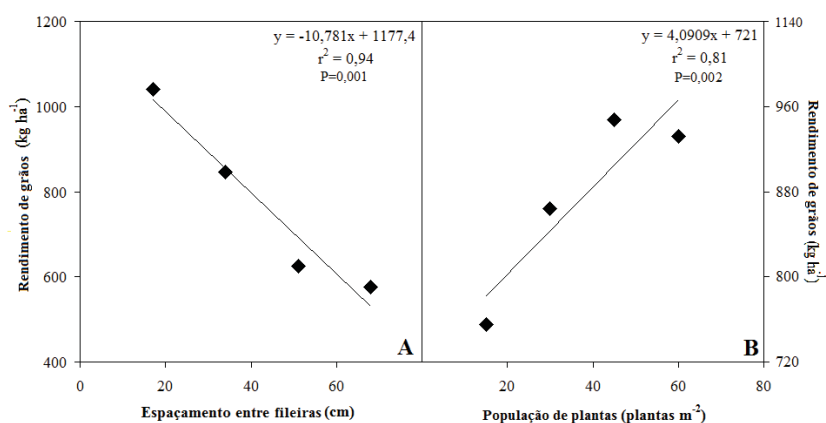


Figura 14 – Rendimento de grãos safra 2011 (A) e 2012 (B) de canola, em função do espaçamento entre fileiras (A) e população de plantas (B). Passo Fundo, RS, 2013.

Comparando-se à média nacional obtida em 2011 (1.226 kg ha⁻¹) e 2012 (1.249 kg ha⁻¹), segundo levantamentos da Conab (2012) os valores são um pouco mais elevados em comparação aqueles obtidos neste trabalho. Isso pode ser explicado devido perdas por grãos atacados por fungos, pelo excesso de chuvas ocorrido no período de colheita em 2011, e por perdas por deiscência natural de suas síliquas principalmente no ano de 2012, pela ocorrência de geada no dia 26 de setembro, com temperatura mínima de 0,5°C (EMBRAPA, 2012), secando as síliquas da parte mediana até a parte superior das plantas, que determinou a antecipação da colheita.

Segundo Chavarria et al. (2011) o maior rendimento de grãos de canola ocorreu em espaçamento entre fileiras de 17 cm (2600 kg ha⁻¹) na população de plantas de 45 m⁻². Resultados semelhantes foram observados no Brasil por Krüger et al. (2011) em que o maior rendimento de grãos para o híbrido Hyola 61, de 1381 kg ha⁻¹, ocorreu no menor espaçamento entre fileiras avaliado (20 cm), sendo que a população não determinou diferenças de rendimento de grãos.

A variação encontrada para a produtividade de grãos em trabalho realizado por Sharghi et al. (2011), com seis cultivares de *Brassica napus* (L.) mostra valores que vão de 1548 a 5930 kg ha⁻¹. Nota-se que estes são bem elevados devido o fator local, cultivar (canola de inverno) e principalmente devido ao clima, comparado às nossas condições climáticas combinado com o emprego de cultivares de canola de primavera.

Em estudo com diferentes espaçamentos (15, 30 e 45 cm) e população (5, 10 e 15 plantas m⁻²), na Austrália, mostraram que o espaçamento entre fileiras de 15 cm foi o melhor, com produtividade de 1195 kg ha⁻¹, porém as variações de população não afetaram o rendimento de grãos para este trabalho (BAGHERI et al., 2011).

Trabalhos conduzidos em cinco localidades no sul do Brasil verificaram que o rendimento de grãos aumentou à medida que foram diminuídos o espaçamento entre fileirase a população de plantas. O melhor espaçamento entre fileirasfoi de 18 cm entre linhas, associado a 3 kg ha⁻¹ de sementes, o que equivale aproximadamente uma população de até 40 plantas m⁻² (SANTOS et al., 1990).

Os espaçamentos recomendados para a cultura da canola na década de 1990 eram de 20 a 40 cm entre fileiras, e a população de semeadura entre 3,0 a 6,0 kg ha⁻¹ (40 a 80 plantas m⁻²). Espaçamentos menores que 20 cm e população menores que 3,0 kg ha⁻¹ apresentaram produtividade de grãos mais elevada. Porém, estas indicações somente eram vinculadas a disponibilidade de sementes de alta qualidade e equipamento de semeadura adequados (DIAS, 1992).

Segundo os resultados dos estudos considerados, sugerem a utilização de espaçamentos entre fileiras de até 34 cm, com população de plantas de até 45 plantas m⁻². Estes resultados estão de acordo com as indicações técnicas propostas por Tomm (2007), que recomenda espaçamento entre fileiras de até 45 cm e um número mínimo de 40 plantas m⁻² para assegurar um bom potencial de rendimento.

5 CONCLUSÕES

1. A capacidade fotossintética da canola Hyola 61 não é alterada em espaçamento entre fileiras e população de plantas.
2. O arranjo adequado para obtenção de máximo rendimento de grãos é o de 17 cm e 45 plantas m⁻².

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, G.; AMANULLAH, J.; INAMULLAH; MUHAMMAD, A. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Agronomy*, v. 5, n. 1, p. 555-562, 2006. Disponível em: <<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ja/2006/555-562.pdf>>. Acesso em: 21 de novembro de 2012.

AL-BARRAK, K. M. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.). *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, v. 7, n. 1, p. 87-103, 2006.

ALFAZL, F. A. Determination of phenological response of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes to sowing date, temperature and photoperiod. *Seed and Plant Production Journal*, v. 26, n. 1, p. 25-41, 2010.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho. *Ciência Rural*, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

AL-DOORI, S. A. M. A Study of the Importance of Sowing Dates and Plant Density Affecting Some Rapeseed Cultivars (*Brassica napus* L.), *College of Basic Education Researchers Journal*, v. 11, 2011.

BAGHERI, H.; YOUNES SHARGHI, Y.; YAZDANI, M. The Study of Planting Density on Some Agronomic Traits of Spring Canola Cultivars. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 5, p. 1302-1305, 2011.

BAIER, C. A.; FLOSS, E. L.; AUDE, M. S. As Lavouras de Inverno 1 – Aveia, Triticale, Centeio, Alpiste, Colza. *Publicações Global Rural*, 1988.

BAKER, N. R.; EAST, T. M.; LONG, S. P. Chilling damage to photosynthesis in young *Zea mays*. II Photochemical function of thylakoids in vivo Maize. *Journal of Experimental Botany*, v. 34, n. 139, p. 189-197, 1983.

BARNES, P. W.; BEYCHLAG, W.; RYEL, R. J.; FLINT S. D.; CALDWELL, M. M. Plant competition for light analyzed with a multispecies canopy model. *Oecologia* v. 82, p. 560-566, 1990.

BASRA, S. M. A. et al. Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus* L.) seeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, v.5, n.2, p.118-120, 2003. Disponível em: <http://www.fspublishers.org/ijab/past-issues/IJABV_OL_5_NO_2/3.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2011.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.; MÜLLER A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 243-249, 2006.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, v. 170, n. 04, p. 489–504, 1987.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R., LONG, S. P., BAKER, N. R., ÖQUIST, G., SCHREIBER, U., LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, v. 3, p. 497-514, 1989.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. *The History of Canola Oil*. 2012. Disponível em: < <http://www.canolainfo.org/canola/index.php?page=5>> Acesso em: 06 de novembro de 2012.

CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER, A.; MENDONÇA, H. F.; MELLO N.; BETTO M. S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. *Ciência Rural*, v. 41, p. 2084-2089, 2011.

CHONGO, G.; MCVETTY, P. B. E. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape (*B. napus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, v. 81, p. 1-6, 2001.

COLTON, R. T.; SYKES, J. D. (1992) *Canola* (Agfact P5.2.1).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012 – Décimo Primeiro Levantamento – Setembro/2011*. 2011, 45p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 06 de novembro de 2012.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012 – Décimo Segundo Levantamento – Janeiro/2012*. 2012, 8p. Disponível em:http://http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_02_13_17_43_59_canolajaneiro2012.pdf. Acesso em: 06 de novembro de 2012.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. da S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila *a* em amendoim sob condições de salinidade. *Ciência Agrônômica*, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.

CRITCHLEY, C.; RUSSELL, W. Photoinhibition of photosynthesis in vivo: the role of protein turnover in photosystem II. *Physiologia Plantarum*, v. 92, p. 188-196, 1994.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; SANTI, A. L.; PIRES, J. L. F.; MULLER, A. L.; BOLIS, L. M. Aclimação ao frio e dano por geada em canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, p. 933-943, 2010.

DIAS, J. C. A. Canola/Colza: *Alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e combustível*. 1992, 46p. (Boletim técnico, 3).

DIN, J. S.; KHAN, U. I. A.; GURMANI, A. R. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, v. 21, p. 78-82, 2011.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica

para melhoramento do rendimento de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.

EL-NAKHLAWY, F. S.; BAKHASHWAIN, A. A. Performance of Canola (*Brassica napus* L.) Seed Yield, Yield Components and Seed Quality under the Effects of Four Genotypes and Nitrogen Fertilizer Rates. *Environment and Arid Land Agriculture*, v. 20, p. 33-47, 2009.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos*. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 2006. 412p.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Centro Nacional de Pesquisa de Trigo*. Informações Meteorológicas. Passo Fundo, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php>>. Acesso em: 15 de novembro de 2012.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Centro Nacional de Pesquisa de Trigo*. Canola. Passo Fundo, 2013. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/index.html>> Acesso em: 16 de abril de 2013.

GAN, Y.; ANGADI, S. V.; CUTFORTH, H.; POTTS, D.; ANGADI, V. V.; MCDONALD, C. L. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 84, p. 697-704, 2004.

GULDEN, R. H.; SHIRTLIFFE, S. J.; THOMAS, A. G. Secondary dormancy in volunteer canola (*Brassica napus* L.). *Sainte-Anne-de-Bellevue*, p. 62-67, 2000.

HABIBZADEH, F.; SOROOSHADEH, A.; PIRDASHTI, H.; SANAVY, S. A. M. M. Effect of nitrogen compounds and tricyclazole on some biochemical and morphological characteristics of waterlogged-canola. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, v. 3, p. 77-84, 2012.

HOCKING, P. J.; STAPPER, M. Effects of sowing time and nitrogen fertilizer on canola and wheat, and nitrogen fertilizer on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 52, p. 623-634, 2001.

IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E. *Cutivo da colza*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA, 2008. 156p.

JINLING, M. Pollen selection for cold resistance at flowering time in *Brassica napus* L.. *Cruciferae Newsletter*, v. 19, p. 85-86, 1997.

JOHNSON, B. L.; HANSON, B. K. Row-spacing light interception on spring canola performance in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, v. 95, p. 703-708, 2003.

KIMBER, D.; MCGREGOR, D. I. The species and their origin, cultivation and world production. In: KIMBER, D.; MCGREGOR, D. I. (eds.). *Brassica oilseeds. Production and utilization*. CAB International, Wallingford, UK. 1995. p. 1-7.

KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. da; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1448-1453, 2011.

LEGERE, A.; SIMARD, M. J.; THOMAS, A. G.; PAGEAU, D.; LAJEUNESSE, J.; WARWICK, S. I.; DERKSEN, D. A. Presence and persistence of volunteer canola in Canadian cropping systems. *The British Crop Protection Council Conference – Weeds*, p. 143-148, 2001.

LEWIS, G. J.; THURLING, N. Growth, development and yield of three oilseed *Brassica* species in a water limited environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 34, p. 93-103, 1994.

LI, Y. G.; LI, L. H.; JIANG, G. M.; NIU, S. L.; LIU, M. Z.; GAO, L. M.; PENG, Y.; LIANG, C. D. Traits of chlorophyll fluorescence in 99

plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. *Photosynthetica*, v. 42, n. 2, p. 243-249, 2004.

LIU, X.; JIN, J.; HERBERT, S. J.; ZHANG, Q.; WANG, G. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Research*. v. 93, p. 85-93, 2005.

LOURENÇO, M. E.; PALMA, P. M. *A cultura da colza: aspectos da técnica cultural*. Universidade de Évora. 2006.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 1-11.

MCCLINCHEY, S. L.; KOTT, L. S. Production of mutants with high cold tolerance in spring canola (*Brassica napus* L.). *Euphytica*, v. 162, p. 51-67, 2008.

MOHAMADZADEH, M.; SIADAT, S. A.; NOROF, M. S.; NASERI, R. The Effects of Planting Date and Row Spacing on Yield, Yield Components and Associated Traits in Winter Safflower under Rain Fed Conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, v. 10, p. 200-206, 2011.

MORGAN, J. M. A gene controlling differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 18, p. 249-257, 1991.

MOUSAVI, J. S.; SAM-DALIRI, M.; BAGHERI, H. Study Of Planting Density On Some Agronomic Traits Of Three Rapeseed Cultivar (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 5, p. 2625-2627, 2011.

NOROUZI, M.; TOORCHI, M.; SALEKDEH, G. H.; MOHAMMADI, S. A.; NEYSHABOURI, M. R.; AHARIZAD, S. Effect of water deficit on growth, grain yield and osmotic adjustment in rapeseed. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v. 6, p. 312-318, 2008.

OGREN, E.; OQUIST, G. Effect of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. *Planta*. v. 166, 380p, 1985.

PAHLAVANI, M. H.; SAEIDI, G.; MIRLOHI, A. F. Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F1 and F2 progenies of diallel crosses. *International Journal of Plant Production*, v. 1, p. 129-140, 2007.

PEKRUN, C.; HEWITT, J. D. J.; LUTMAN, P. J. W. Cultural control of volunteer oilseed rape. *Journal of Agricultural Science*, v. 130, p. 155-163, 1998.

PORTES, T. de A.; MAGALHÃES, A. C. N. Análise comparativa de diferentes genótipos de feijão através da medição da fluorescência da clorofila a e do balanço de O₂. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, v. 5, p. 17-23, 1993.

POTTER, T.; MARCROFT, S.; WALTON, G.; PARKER, P. (1999) *Climate and Soils*. Chapter 2. In: Canola in Australia: the first thirty years, P.A. Salisbury, T.C. Potter, G. McDonald, A.G. Green, eds. p. 5-8.

RAHMAN, I. U.; AHMAD, H.; INAMULLAH; SIRAJUDDIN; AHMAD, I.; ABBASI, F. M.; ISLAM, M.; GHAFUOR, S. Evaluation of rapeseed genotypes for yield and oil quality under rainfed conditions of district Mansehra. *African Journal of Biotechnology*, v. 8, p. 6844-6849, 2009.

REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo. *Bragantia*, v. 67, n. 4, p. 815-822, 2008.

RIEGER, M. A.; PRESTON, C.; POWLES, S. B. Risks of gene flow from transgenic herbicide-resistant canola (*Brassica napus* L.) to weedy relatives in southern Australian cropping systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 50, p. 115-128, 1999.

RIEGER, M. A.; POTTER, T. D.; PRESTON, C.; POWLES, S. B. Hybridisation between *Brassica napus* L. and *Raphanus raphanistrum* L. under agronomic field conditions. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 103, p. 555-560, 2001.

ROBERTSON, M. J.; HOLLAND, J. F.; CAWLEY, S.; POTTER, T. D.; BURTON, W.; WALTON, G. H.; THOMAS, G. Growth and yield differences between triazine-tolerant and non-triazine-tolerant cultivars of canola. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 53, p. 643-651, 2002.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; BAIER, A. C. *Avaliação de germoplasmas de colza (Brassica napus L. var. oleifera) padrão canola introduzidos no sul do Brasil, de 1993 a 1996*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Boletim Técnico, 6).

SANTOS, H. P.; LHANBY, J. C. B.; DIAS, J. C. A. Rendimento em grãos da colza (*Brassica napus* L.), em função do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 25, p. 701-707, 1990.

SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; ROMKAEW, J.; NAGAYA, Y.; GOTO, M.; SUZUKI, K.; UMEZAKI, T. Pod dehiscence in relation to chemical components of pod shell in soybean. *Plant Production Science*, v. 11, p. 278-282, 2002.

SHARGHI, Y.; RAD, A. H. S.; BAND, A. A. Noormohammadi, G.; Zahedi, H. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, p. 9309-9313, 2011.

TEN, X. L.; KONG, F. M.; ZHANG, L. L.; LI, J.; CHEN, S.; QI, C. K. Cloning and Analysis of Hemoglobin Gene in Cyanobacterium and Transformation into *Brassica napus* L. *Acta Agronomica Sinica*, v. 35, p. 66-70, 2009.

THOMAS, P. *Canola grower's manual*. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx>. Acesso em: 10 de dezembro 2011.

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

WIEDENHOEFT, M.; BHARTON, B. A. Management and environment effects on *Brassica* forage quality. *Agronomy Journal*, v. 86, p. 227-237, 1994.

YASARI, E.; PATWARDHAN, A. M. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, v. 5 p. 745-752, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Resumo da análise de variância dos aspectos relacionados ao índice de área foliar em canola, safra 2011 e 2012. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| | (2011) | | | | | | |
| | GL | EP (cm) | DH (cm) | n folhas (un.) | AFT (cm ²) | AFU (cm ²) | IAF |
| Bloco | 3 | 38,2 | 3,45 | 136,4 | 83250,4 | 513,04 | 0,55 |
| Espaçamento | 3 | 63,9 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 45,8* | 165785,5 ^{ns} | 224,98 ^{ns} | 1,08 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 43,2 | 2,06 | 7,6 | 67786,8 | 111,74 | 1,31 |
| População | 3 | 18,7 ^{ns} | 5,92 ^{ns} | 368,5 ^{***} | 1552480,9 ^{***} | 221,56 ^{ns} | 35,11 ^{***} |
| Esp. x Pop. | 9 | 31,0 ^{ns} | 1,95 ^{ns} | 62,7 ^{ns} | 227246,06 ^{ns} | 117,29 ^{ns} | 1,66 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 25,7 | 2,47 | 46,4 | 115039,2 | 78,00 | 1,37 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 106,34 | 11,87 | 23,72 | 1262,98 | 53,94 | 4,31 |
| CV (%) | | 4,77 | 13,24 | 28,71 | 26,85 | 16,37 | 27,21 |

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | (2012) | | | | | | |
| | GL | EP (cm) | DH (cm) | n folhas (un.) | AFT (cm ²) | AFU (cm ²) | IAF |
| Bloco | 3 | 46,83 | 0,67 | 20,28 | 134520,8 | 164,7 | 1,23 |
| Espaçamento | 3 | 21,37 ^{ns} | 1,07 ^{ns} | 1,45 ^{ns} | 59016,3 ^{ns} | 179,4 ^{ns} | 0,76 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 93,62 | 1,19 | 8,46 | 82303,1 | 47,1 | 1,54 |
| População | 3 | 44,02 ^{ns} | 8,15 ^{***} | 16,63 ^{ns} | 144818,9 ^{ns} | 66,7 ^{ns} | 84,99 ^{***} |
| Esp. x Pop. | 9 | 99,20 ^{ns} | 0,68 ^{ns} | 16,39 ^{ns} | 103541,4 ^{ns} | 65,3 ^{ns} | 1,00 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 47,78 | 0,59 | 8,45 | 73386,5 | 84,7 | 1,19 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 102,97 | 12,28 | 18,01 | 1341,15 | 75,09 | 4,86 |
| CV (%) | | 6,71 | 6,25 | 16,14 | 20,19 | 12,25 | 22,52 |

*** Significativo a 1% de probabilidade de erro; * Significativo a 10% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo. EP = estatura de planta; DH = diâmetro de haste; n folhas = número de folhas; AFT = área foliar total; AFU = área foliar unitária e IAF = índice de área foliar.

APÊNDICE 2 – Resumo da análise de variância dos aspectos ligados à fluorescência em canola, safra 2011. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | FLUORESCÊNCIA | | | | | | |
| | GL | Ft (S) | Ft (M) | Ft (I) | QY (S) | QY (M) | QY (I) |
| Bloco | 3 | 3232224,2 | 4289447,0 | 2223247,6 | 0,00001 | 0,0001 | 0,0002 |
| Espaçamento | 3 | 109363,5 ^{ns} | 351661,4 ^{ns} | 673119,9 ^{ns} | 0,001 ^{ns} | 0,001 ^{**} | 0,0004 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 436053,85 | 549602,3 | 641162,4 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0004 |
| População | 3 | 1567757,3 ^{ns} | 1156758,9 ^{ns} | 1885905,6 ^{ns} | 0,0007 ^{ns} | 0,0005 ^{ns} | 0,001 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 1279458,1 ^{ns} | 896346,0 ^{ns} | 880173,2 ^{ns} | 0,001 ^{ns} | 0,0009 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 1003414,7 | 1008820,4 | 1156477,2 | 0,0008 | 0,0004 | 0,0005 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 4130,55 | 4366,53 | 4965,55 | 0,76 | 0,77 | 0,76 |
| CV (%) | | 24,25 | 23,00 | 21,63 | 3,83 | 2,77 | 2,98 |

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| | FLUORESCÊNCIA | | | | | | |
| | GL | PAR (S) | PAR (M) | PAR (I) | Ft (3) | QY (3) | PAR (3) |
| Bloco | 3 | 311908,6 | 495346,6 | 224925,8 | 2713953,0 | 0,0001 | 3196644,2 |
| Espaçamento | 3 | 30966,8 ^{ns} | 41397,8 ^{ns} | 30110,7 ^{ns} | 301244,9 ^{ns} | 0,0008 ^{ns} | 14742,4 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 42146,1 | 73224,2 | 17154,6 | 459012,1 | 0,0002 | 21257,5 |
| População | 3 | 125385,3 ^{ns} | 223521,0 ^{ns} | 44467,5 ^{ns} | 1350557,5 ^{ns} | 0,0006 ^{ns} | 110055,4 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 54172,2 ^{ns} | 63274,0 ^{ns} | 65263,7 ^{ns} | 963454,2 ^{ns} | 0,0006 ^{ns} | 48842,3 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 92750,4 | 951001,8 | 57922,9 | 923449,3 | 0,0003 | 66542,9 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 390,34 | 356,81 | 259,06 | 4502,28 | 0,76 | 338,52 |
| CV (%) | | 78,02 | 86,42 | 92,90 | 21,34 | 2,61 | 76,20 |

^{**} Significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo. Ft (S) = fluorescência instantânea da clorofila no terço superior; Ft (M) = fluorescência instantânea da clorofila no terço mediano; Ft (I) = fluorescência instantânea da clorofila no terço inferior; QY (S) = rendimento quântico no terço superior; QY (M) = rendimento quântico no terço mediano; QY (I) = rendimento quântico no terço inferior; PAR (S) = radiação fotossinteticamente ativa no terço superior; PAR (M) = radiação fotossinteticamente ativa no terço mediano; PAR (I) = radiação fotossinteticamente ativa no terço inferior; Ft (3) = média dos terços da fluorescência instantânea da clorofila; QY (3) = média dos terços do rendimento quântico e PAR (3) = média dos terços da radiação fotossinteticamente ativa.

APÊNDICE 3 – Resumo da análise de variância dos aspectos ligados à fluorescência em canola, safra 2012. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | |
|-------------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | FLUORESCÊNCIA | | | | | |
| | | Ft (S) | Ft (M) | Ft (I) | QY (S) | QY (M) | QY (I) |
| Bloco | 3 | 3994309,9 | 4363154,2 | 2239322,9 | 0,008 | 0,0005 | 0,0002 |
| Espaçamento | 3 | 48268,2 ^{ns} | 364160,4 ^{ns} | 728072,7 ^{ns} | 0,013 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 433893,2 | 555603,4 | 666961,8 | 0,009 | 0,0001 | 0,0005 |
| População | 3 | 1403268,2 ^{ns} | 1170473,9 ^{ns} | 1856822,9 ^{ns} | 0,007 ^{ns} | 0,0001 ^{ns} | 0,0015 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 1359796,0 ^{ns} | 910434,4 ^{ns} | 915017,3 ^{ns} | 0,007 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 998927,9 | 1009268,3 | 1145746,5 | 0,009 | 0,0001 | 0,0004 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 4097,65 | 4317,98 | 4914,06 | 0,74 | 0,76 | 0,75 |
| CV (%) | | 24,39 | 23,26 | 21,78 | 13,49 | 1,85 | 2,92 |

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | |
|-------------------|----|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | FLUORESCÊNCIA | | | | | |
| | | PAR (S) | PAR (M) | PAR (I) | Ft (3) | QY (3) | PAR (3) |
| Bloco | 3 | 221806,2 | 356237,5 | 183897,6 | 2830546,8 | 0,00007 | 234209,4 |
| Espaçamento | 3 | 22791,6 ^{ns} | 26762,5 ^{ns} | 30838,6 ^{ns} | 96128,2 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} | 14293,34 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 29572,0 | 48527,77 | 14021,0 | 1137735,3 | 0,0001 | 22477,54 |
| População | 3 | 116311,6 ^{ns} | 128670,8 ^{ns} | 35217,5 ^{ns} | 1401094,4 ^{ns} | 0,00005 ^{ns} | 85720,93 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 53939,7 ^{ns} | 43177,7 ^{ns} | 47583,8 ^{ns} | 1388082,1 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 41424,0 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 71248,5 | 65581,5 | 46616,0 | 1481114,3 | 0,0002 | 57212,5 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 266,92 | 256,08 | 273,48 | 4529,00 | 0,75 | 239,19 |
| CV (%) | | 66,60 | 71,38 | 78,94 | 26,87 | 2,01 | 65,75 |

^{ns} Não significativo; Ft (S) = fluorescência instantânea da clorofila no terço superior; Ft (M) = fluorescência instantânea da clorofila no terço mediano; Ft (I) = fluorescência instantânea da clorofila no terço inferior; QY (S) = rendimento quântico no terço superior; QY (M) = rendimento quântico no terço mediano; QY (I) = rendimento quântico no terço inferior; PAR (S) = radiação fotossinteticamente ativa no terço superior; PAR (M) = radiação fotossinteticamente ativa no terço mediano; PAR (I) = radiação fotossinteticamente ativa no terço inferior; Ft (3) = média dos terços da fluorescência instantânea da clorofila; QY (3) = média dos terços do rendimento quântico e PAR (3) = média dos terços da radiação fotossinteticamente ativa.

APÊNDICE 4 – Resumo da análise de variância dos aspectos relacionados aos teores de clorofila em canola, safra 2011. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLOROFILA | | | | | | |
| | GL | Clo a (S) | Clo a (M) | Clo a (I) | Clo b (S) | Clo b (M) | Clo b (I) |
| Bloco | 3 | 422,5 | 95,5 | 24,0 | 350,1 | 75,0 | 282,4 |
| Espaçamento | 3 | 469,8 ^{ns} | 217,3 ^{ns} | 49,2 ^{ns} | 478,9* | 100,2 ^{ns} | 90,7 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 242,1 | 51,9 | 87,4 | 101,2 | 153,4 | 74,5 |
| População | 3 | 191,7 ^{ns} | 263,7 ^{ns} | 284,3 ^{ns} | 663,3 ^{ns} | 144,9 ^{ns} | 712,8** |
| Esp. x Pop. | 9 | 242,8 ^{ns} | 67,1 ^{ns} | 202,7 ^{ns} | 286,7 ^{ns} | 148,9 ^{ns} | 282,8 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 279,9 | 201,3 | 126,4 | 243,7 | 280,3 | 147,3 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 352,57 | 357,57 | 342,30 | 161,90 | 164,70 | 145,05 |
| CV (%) | | 4,74 | 3,96 | 3,28 | 9,64 | 10,16 | 8,36 |

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLOROFILA | | | | | | |
| | GL | Clo T (S) | Clo T (M) | Clo T (I) | M Clo a | M Clo b | M Clo T |
| Bloco | 3 | 1515,0 | 315,8 | 455,1 | 92,0 | 141,4 | 432,5 |
| Espaçamento | 3 | 1486,7 ^{ns} | 588,7 ^{ns} | 169,7 ^{ns} | 151,3 ^{ns} | 89,2 ^{ns} | 345,2 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 558,9 | 301,9 | 224,1 | 48,4 | 40,5 | 103,2 |
| População | 3 | 1275,1 ^{ns} | 579,6 ^{ns} | 1819,7* | 63,1 ^{ns} | 346,1* | 572,9 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 961,3 ^{ns} | 263,6 ^{ns} | 809,7 ^{ns} | 65,4 ^{ns} | 128,1 ^{ns} | 270,8 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 916,4 | 855,1 | 422,5 | 123,6 | 99,8 | 378,7 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 514,47 | 522,27 | 487,35 | 350,82 | 157,22 | 508,03 |
| CV (%) | | 5,88 | 5,59 | 4,21 | 3,16 | 6,35 | 3,83 |

* Significativo a 10% de probabilidade de erro; ** Significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo. Clo a (S) = clorofila a terço superior; Clo a (M) = clorofila a terço mediano; Clo a (I) = clorofila a terço inferior; Clo b (S) = clorofila b terço superior; Clo b (M) = clorofila b terço mediano; Clo b (I) = clorofila b terço inferior; Clo T (S) = clorofila total terço superior; Clo T (M) = clorofila total terço mediano; Clo T (I) = clorofila total terço inferior; M Clo a = média das três partes da clorofila a; M Clo b = média das três partes clorofila b; M Clo T = média das três partes clorofila total.

APÊNDICE 5 – Resumo da análise de variância dos aspectos relacionados aos teores de clorofila em canola, safra 2012. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | CLOROFILA | | | | | | |
| | GL | Clo a (S) | Clo a (M) | Clo a (I) | Clo b (S) | Clo b (M) | Clo b (I) |
| Bloco | 3 | 632,0 | 116,3 | 710,8 | 404,4 | 756,5 | 1054,7 |
| Espaçamento | 3 | 186,8 ^{ns} | 516,4 ^{**} | 63,7 ^{ns} | 99,8 [*] | 1164,6 ^{ns} | 47,0 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 162,9 | 62,3 | 239,2 | 115,9 | 439,3 | 245,3 |
| População | 3 | 154,1 ^{ns} | 369,7 ^{ns} | 859,4 ^{ns} | 817,9 [*] | 60,0 ^{ns} | 910,1 ^{**} |
| Esp. x Pop. | 9 | 145,2 ^{ns} | 306,9 ^{ns} | 477,1 ^{ns} | 123,0 ^{ns} | 626,8 ^{ns} | 215,6 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 235,2 | 215,0 | 411,2 | 2858,2 | 389,5 | 164,4 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 375,92 | 370,31 | 363,92 | 164,15 | 163,10 | 156,61 |
| CV (%) | | 4,07 | 3,95 | 5,57 | 10,28 | 12,10 | 8,18 |

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLOROFILA | | | | | | |
| | GL | Clo T (S) | Clo T (M) | Clo T (I) | M Clo a | M Clo b | M Clo T |
| Bloco | 3 | 1977,6 | 1525,7 | 2966,9 | 320,4 | 456,2 | 1532,0 |
| Espaçamento | 3 | 510,4 ^{ns} | 3022,8 [*] | 79,2 ^{ns} | 115,1 ^{ns} | 255,8 [*] | 698,4 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 408,8 | 571,5 | 820,8 | 83,0 | 61,8 | 224,6 |
| População | 3 | 1416,1 ^{ns} | 521,3 ^{ns} | 2766,8 ^{ns} | 63,0 ^{ns} | 190,8 ^{ns} | 316,1 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 371,2 ^{ns} | 1572,0 ^{ns} | 1299,7 ^{ns} | 241,0 ^{ns} | 145,7 ^{ns} | 679,7 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 647,2 | 812,1 | 988,6 | 219,3 | 121,2 | 473,1 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 540,2 | 533,05 | 521,30 | 370,26 | 161,28 | 531,5 |
| CV (%) | | 4,70 | 5,34 | 6,03 | 3,99 | 6,82 | 4,09 |

* Significativo a 10% de probabilidade de erro; ** Significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo. Clo a (S) = clorofila a terço superior; Clo a (M) = clorofila a terço mediano; Clo a (I) = clorofila a terço inferior; Clo b (S) = clorofila b terço superior; Clo b (M) = clorofila b terço mediano; Clo b (I) = clorofila b terço inferior; Clo T (S) = clorofila total terço superior; Clo T (M) = clorofila total terço mediano; Clo T (I) = clorofila total terço inferior; M Clo a = média das três partes da clorofila a; M Clo b = média das três partes clorofila b; M Clo T = média das três partes clorofila total.

APÊNDICE 6 – Resumo da análise de variância dos parâmetros fisiológicos em canola, safra 2011 e 2012. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | |
|-------------------|----|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | | PARÂMETROS FISIOLÓGICOS (2011) | | | |
| | | RBA (g) | RP (g) | RGP (g) | IC (%) |
| Bloco | 3 | 139,0 | 84,2 | 6,9 | 5,3 |
| Espaçamento | 3 | 17,4 ^{ns} | 9,9 ^{ns} | 2,1 ^{ns} | 4,2 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 104,7 | 52,1 | 9,9 | 7,2 |
| População | 3 | 1705,7 ^{***} | 836,8 ^{***} | 153,7 ^{***} | 3,0 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 96,2 ^{ns} | 45,0 ^{ns} | 10,5 ^{ns} | 5,6 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 114,6 | 59,9 | 9,5 | 3,4 |
| Total | 63 | | | | |
| Média | | 37,88 | 26,82 | 11,06 | 29,28 |
| CV (%) | | 28,26 | 28,86 | 27,89 | 6,38 |

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | |
|-------------------|----|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | PARÂMETROS FISIOLÓGICOS (2012) | | | |
| | | RBA (g) | RP (g) | RGP (g) | IC (%) |
| Bloco | 3 | 311,83 | 243,7 | 12,9 | 63,1 |
| Espaçamento | 3 | 532,0* | 450,9* | 4,0 ^{ns} | 76,2 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 121,0 | 84,6 | 16,9 | 56,5 |
| População | 3 | 1052,4** | 759,4** | 30,9 ^{ns} | 12,2 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 313,9 ^{ns} | 204,5 ^{ns} | 24,7 ^{ns} | 36,0 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 214,8 | 148,7 | 20,1 | 32,9 |
| Total | 63 | | | | |
| Média | | 41,65 | 31,18 | 10,46 | 24,98 |
| CV (%) | | 35,19 | 39,10 | 42,91 | 22,99 |

* Significativo a 10% de probabilidade; ** Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo; RBA = rendimento biológico aparente por planta; RP = rendimento de palha por planta; RGP = rendimento de grãos por planta; IC = índice de colheita.

APÊNDICE 7 – Resumo da análise de variância dos componentes do rendimento e rendimento de grãos em canola, safra 2011. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| | COMPONENTES DO RENDIMENTO | | | | | | |
| | GL | NRS (un.) | NRT (un.) | NRQ (un.) | NS1 (un.) | NS2 (un.) | NS3 (un.) |
| Bloco | 3 | 0,20 ^{ns} | 6,1 ^{ns} | 0,13 ^{ns} | 169,8 ^{ns} | 2297,1 ^{ns} | 4352,4 |
| Espaçamento | 3 | 0,45 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 253,5 ^{ns} | 1159,9 ^{ns} | 379,9 ^{ns} |
| Erro (a) | 9 | 0,61 | 7,0 | 0,04 | 215,5 | 1037,7 | 2206,5 |
| População | 3 | 4,0 ^{***} | 78,5 ^{***} | 0,40 ^{**} | 235,9 ^{ns} | 21351,0 ^{***} | 29514,2 ^{***} |
| Esp. x Pop. | 9 | 0,65 ^{ns} | 1,9 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 100,5 ^{ns} | 1955,2 ^{ns} | 1008,4 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 0,30 | 4,2 | 0,07 | 191,4 | 2750,9 | 2436,0 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 4,85 | 5,52 | 0,08 | 61,34 | 166,63 | 64,16 |
| CV (%) | | 11,41 | 37,21 | 315,58 | 22,75 | 31,47 | 76,92 |

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | |
|-------------------|---|--------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| | COMPONENTES DO RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS | | | | | |
| | GL | NS4 (un.) | NSP (un.) | NGP (un.) | MMG (g) | RG (kg ha ⁻¹) |
| Bloco | 3 | 6,7 | 12921,1 | 1297632,9 | 0,04 | 89301,1 |
| Espaçamento | 3 | 6,7 ^{ns} | 948,4 ^{ns} | 237742,0 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | 736274,6 ^{**} |
| Erro (a) | 9 | 5,6 | 5994,7 | 995435,1 | 0,08 | 68982,7 |
| População | 3 | 16,6 ^{ns} | 97613,6 ^{***} | 16912350,0 ^{***} | 0,08 ^{ns} | 102116,2 ^{ns} |
| Esp. x Pop. | 9 | 7,8 ^{ns} | 4657,6 ^{ns} | 1018646,1 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 71781,1 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 6,1 | 7674,3 | 925800,0 | 0,13 | 45643,7 |
| Total | 63 | | | | | |
| Média | | 0,58 | 292,67 | 3365,89 | 1,91 | 776,06 |
| CV (%) | | 421,17 | 29,93 | 28,51 | 18,90 | 27,63 |

^{**}Significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{***}Significativo a 1% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo; NRS = número de ramos secundários; NRT = número de ramos terciários; NRQ = número de ramos quaternários; NS1 = número de síliques no ramo primário; NS2 = número de síliques nos ramos secundários; NS3 = número de síliques nos ramos quaternários; NS4 = número de síliques nos ramos quaternários; NSP = número de síliques por planta; NGP = número de grãos por planta; massa de mil grãos e RG = rendimento de grãos.

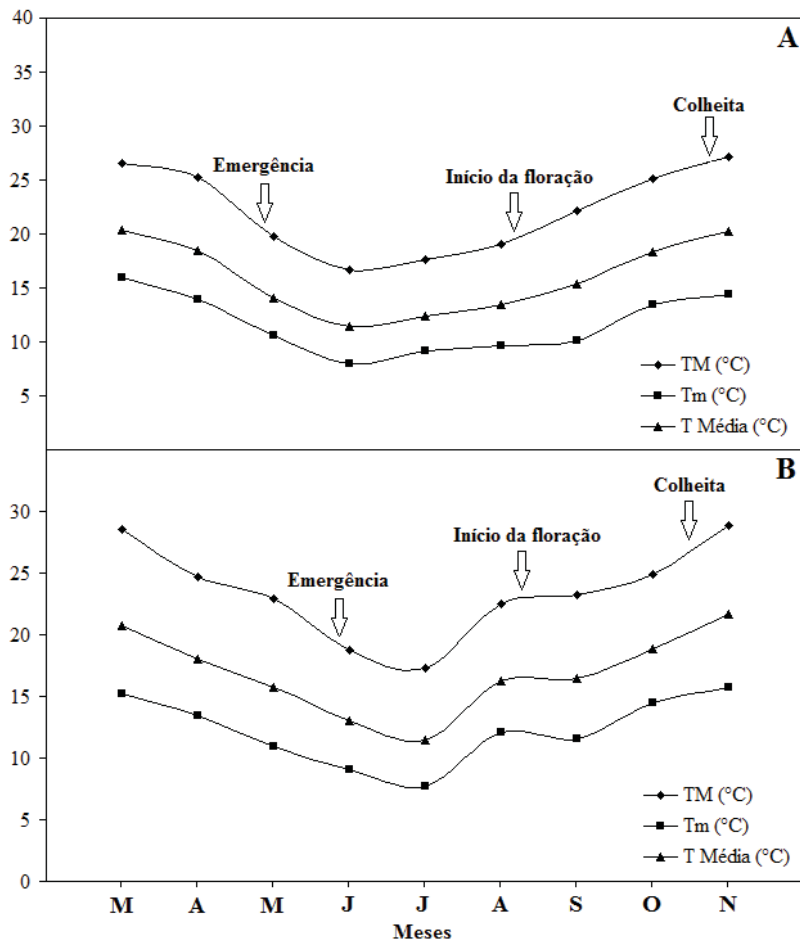
APÊNDICE 8 – Resumo da análise de variância dos componentes do rendimento e rendimento de grãos em canola, safra 2012. UPF, Passo Fundo, RS, 2013.

| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| | COMPONENTES DO RENDIMENTO | | | | | | |
| | GL | NRS (un.) | NRT (un.) | NRQ (un.) | NS1 (un.) | NS2 (un.) | NS3 (un.) |
| Bloco | 3 | 0,37 | 6,8 | 4,6 | 18,5 | 1034,8 | 1536,0 |
| Espaçamento | 3 | 1,7 ^{ns} | 19,0 ^{ns} | 8,0 ^{ns} | 27,2 ^{ns} | 1515,5 ^{ns} | 7008,5 ^{**} |
| Erro (a) | 9 | 0,69 | 5,6 | 3,1 | 73,2 | 608,7 | 816,3 |
| População | 3 | 2,0 ^{ns} | 58,8 ^{***} | 31,8 ^{***} | 192,6 [*] | 13538,1 ^{**} | 14958,0 ^{**} |
| Esp. x Pop. | 9 | 0,52 ^{ns} | 5,6 ^{ns} | 5,4 [*] | 92,2 ^{ns} | 2602,8 ^{ns} | 2758,7 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 0,78 | 5,9 | 2,4 | 55,0 | 2287,8 | 2386,3 |
| Total | 63 | | | | | | |
| Média | | 5,68 | 6,31 | 1,57 | 53,26 | 160,65 | 76,20 |
| CV (%) | | 15,54 | 38,79 | 98,18 | 13,96 | 29,77 | 64,10 |

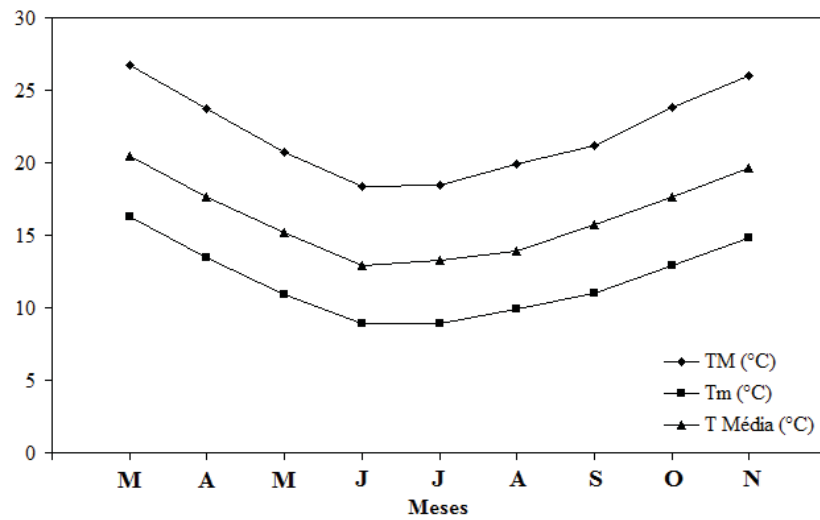
| CAUSA DA VARIACÃO | QUADRADO MÉDIO (QM) | | | | | |
|-------------------|---|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| | COMPONENTES DO RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS | | | | | |
| | GL | NS4 (un.) | NSP (un.) | NGP (un.) | MMG (g) | RG (kg ha ⁻¹) |
| Bloco | 3 | 153,3 | 8479,2 | 1381190,5 | 0,13 | 41262,0 |
| Espaçamento | 3 | 621,3 ^{ns} | 22308,2 [*] | 2703807,5 ^{ns} | 0,47 ^{***} | 185948,5 ^{**} |
| Erro (a) | 9 | 243,7 | 3674,8 | 1320437,5 | 0,02 | 14794,7 |
| População | 3 | 1249,6 ^{**} | 78064,5 ^{***} | 4804516 [*] | 0,01 ^{ns} | 122593,1 ^{***} |
| Esp. x Pop. | 9 | 290,6 ^{ns} | 13690,7 ^{ns} | 1896145,4 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 6370,6 ^{ns} |
| Erro (b) | 36 | 204,0 | 10965,8 | 1430546,2 | 0,08 | 8534,6 |
| Total | 63 | | | | | |
| Média | | 8,29 | 297,75 | 3188,87 | 3,15 | 874,40 |
| CV (%) | | 172,15 | 35,16 | 37,50 | 9,48 | 10,56 |

* Significativo a 10% de probabilidade de erro; ** Significativo a 5% de probabilidade de erro; *** Significativo a 1% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo; NRS = número de ramos secundários; NRT = número de ramos terciários; NRQ = número de ramos quaternários; NS1 = número de síliquis no ramo primário; NS2 = número de síliquis nos ramos secundários; NS3 = número de síliquis nos ramos quaternários; NS4 = número de síliquis nos ramos quaternários; NSP = número de síliquis por planta; NGP = número de grãos por planta; RG = rendimento de grãos.

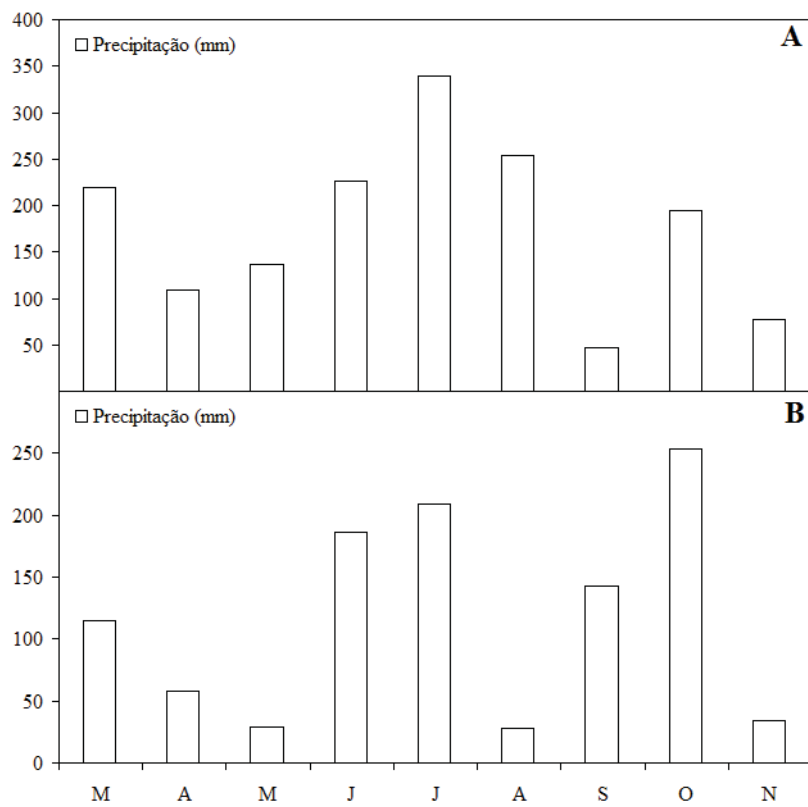
ANEXOS



ANEXO A - Temperatura máxima (TM), média (T Média) e mínima (Tm) dos meses de cultivo da canola na safra 2011 (A) e 2012 (B). Passo Fundo, RS, 2013.



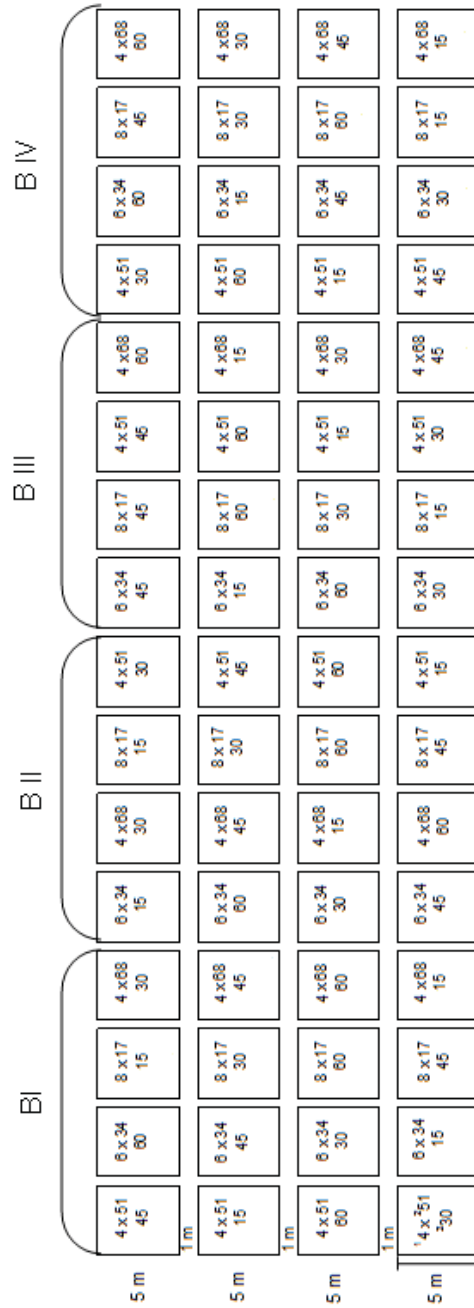
ANEXO B – Normais climatológicas (1961-1990), de temperatura máxima (TM), média (T Média) e mínima (Tm) dos meses de cultivo da canola, Passo Fundo, RS, 2013.



ANEXO C - Precipitação dos meses do ciclo da cultura da canola da safra 2011 (A) e 2012 (B). Passo Fundo, RS, 2013.

| 2011 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----------|---------------------|---------|-------------------------|-----|---------|-----|-----|-----|------|------|-----------|----|-----|----|-----|------|------|------|
| Amostra | Arg. (%) | pH H ₂ O | Ind SMP | P mg/dm ³ | K | M.O (%) | Al | Ca | Mg | H+Al | CTC | Saturação | | | S | B | Mn | Zn | Cu |
| | | | | | | | | | | | | Bases | Al | K | | | | | |
| 0-10 | 42 | 5,4 | 5,7 | 16,3 | 138 | 2,7 | 0,3 | 4,7 | 1,8 | 6,2 | 13 | 53 | 4 | 2,7 | 15 | 0,1 | <2 | 0,77 | 1,85 |
| 2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Amostra | Arg. (%) | pH H ₂ O | Ind SMP | P mg/dm ³ | K | M.O (%) | Al | Ca | Mg | H+Al | CTC | Saturação | | | S | B | Mn | Zn | Cu |
| | | | | | | | | | | | | Bases | Al | K | | | | | |
| 0-10 | 32,4 | 5,4 | 5,8 | 28,7 | 175 | 2,7 | 0,1 | 3,4 | 1,8 | 5,5 | 11,2 | 51 | 2 | 4 | 15 | 0,4 | 16,5 | 0,34 | 0,66 |
| Amostra | Arg. (%) | pH H ₂ O | Ind SMP | P mg/dm ³ | K | M.O (%) | Al | Ca | Mg | H+Al | CTC | Saturação | | | S | B | Mn | Zn | Cu |
| | | | | | | | | | | | | Bases | Al | K | | | | | |
| 10-20 | 34,7 | 5,4 | 5,8 | 20,2 | 171 | 2,5 | 0 | 3,7 | 1,9 | 5,5 | 11,6 | 53 | 0 | 3,8 | 14 | 0,3 | 16,7 | 0,44 | 0,76 |

ANEXO D – Amostragens de solo camada de 0-10 cm da safra 2011 e de 0-10 cm e 10-20 cm da safra 2012 Passo Fundo, RS, 2013.



Legenda
 1 Número de linhas
 2 Espaçamento entre linhas
 3 Densidade entre plantas na linha
 * Distância entre blocos: 1 m.
 * Distância entre sub-parcelas: 0,5 m.
 * Comprimento de cada sub-parcela: 5 m.

ANEXO E – Croqui da área experimental. Passo Fundo, RS, 2013.



ANEXO F – Área experimental da safra 2011. Passo Fundo, RS, 2013.



ANEXO G – Área experimental da safra 2012. Passo Fundo, RS, 2013.