

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

**CRESCIMENTO RADICAL, DE PARTE AÉREA E  
COMPONENTES DO RENDIMENTO DE HÍBRIDOS DE  
CANOLA CONVENCIONAIS E TOLERANTES À  
HERBICIDAS EM AMBIENTES CONTRASTANTES**

**TÂNIA CARLA MATTIONI**

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, abril de 2015.

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

**CRESCIMENTO RADICIAL, DE PARTE AÉREA E  
COMPONENTES DO RENDIMENTO DE HÍBRIDOS DE  
CANOLA CONVENCIONAIS E TOLERANTES À  
HERBICIDAS EM AMBIENTES CONTRASTANTES**

**TÂNIA CARLA MATTIONI**

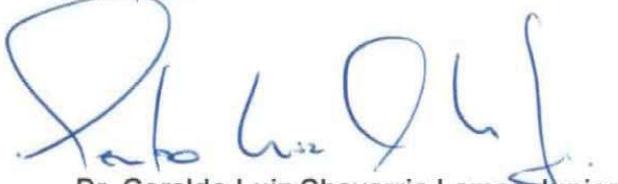
**Orientador: Prof. Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior**

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.

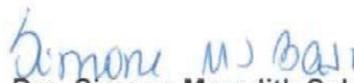
Passo Fundo, abril de 2015.

**ATA 228/2014 DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DA CANDIDATA TÂNIA CARLA MATTIONI, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO.**

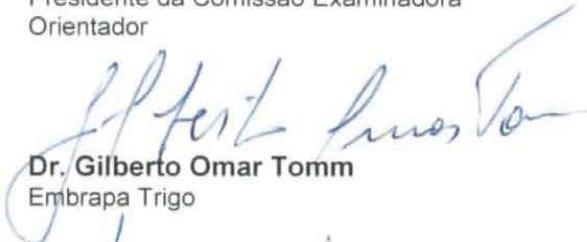
Aos vinte e quatro dias do mês de abril de dois mil e quinze, às oito horas, no Auditório da Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, sob a Presidência do Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Júnior, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Examinadora da defesa de dissertação de Tânia Carla Mattioni, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal, constituída pelos Doutores: Geraldo Luiz Chavarria Lamas Júnior (Orientador), Gilberto Omar Tomm e Genei Antônio Dalmago indicados pelo Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Iniciados os trabalhos, a presidência deu conhecimento aos membros da comissão e a candidata das normas que regem a defesa de dissertação e definiu a ordem a ser seguida pelos examinadores para a arguição: a seguir, a candidata passou a apresentação e defesa de sua Dissertação intitulada "Crescimento radicial, de parte aérea e componentes do rendimento de híbridos convencionais e tolerantes a herbicidas em ambientes contrastantes". Encerrada a defesa, a avaliação foi a seguinte: Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Júnior: APROVADA; Dr. Gilberto Omar Tomm: APROVADA ; Dr. Genei Antônio Dalmago: APROVADA, tendo a candidata sido APROVADA . Para fazer jus ao Título de "Mestra em Agronomia - Área de Concentração – Produção Vegetal" é necessário que a candidata entregue no prazo de 45 (quarenta e cinco) dias, a partir desta data, as cópias da versão definitiva da dissertação, na secretaria do programa, com as alterações sugeridas pelos membros da Comissão Examinadora, juntamente com o protocolo de um manuscrito enviado à uma revista científica qualificada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente Ata, que vai assinada pelos Membros da Comissão Examinadora, pela Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Profa. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso, e pelo Prof. Dr. Hélio Carlos Rocha, Diretor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, aos vinte e quatro dias do mês de abril de dois mil e quinze.



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



**Dra. Simone Meredith Scheffer Basso**  
Coordenadora do PPGAgro



**Dr. Gilberto Omar Tomm**  
Embrapa Trigo



**Dr. Hélio Carlos Rocha**  
Diretor FAMV



**Dr. Genei Antônio Dalmago**  
Embrapa Trigo

CIP – Catalogação na Publicação

---

M444c Mattioni, Tânia Carla

Crescimento radicial, de parte aérea e componentes do rendimento de híbridos de canola convencionais e tolerantes à herbicidas em ambientes contrastantes / Tânia Carla Mattioni . – 2015.

117 f. : il.; 25 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior.

1. Colza. 2. Grãos. 3. Tecnologia de sementes. I. Lamas Junior, Geraldo Luiz Chavarria Lamas, orientador. II.

Título.

CDU: 633.853

---

\_ Catalogação: Bibliotecária Cristina Troller - CRB 10/1430

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Tânia Carla Mattioni, filha de Milton Mattioni (*in memorian*) e Cledi Inêz Zeck Mattioni, nasceu no dia 13 de junho de 1989, no município de Ijuí, estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Formada em Agronomia pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, campus Ijuí, em setembro de 2011.

Ingressou no curso de mestrado em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade de Passo Fundo-UPF, em março de 2012, sob orientação do Prof. Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior.

“Qualquer que seja o seu ponto de partida,  
o que conta é a viagem.”

*Cora Coralina*

*À memória da minha amada avó Hilda.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para chegar até aqui e nunca ter me deixado desistir, mesmo quando os obstáculos pareciam ser intransponíveis.

Aos meus pais, Milton Mattioni (*in memoriam*) e Cledi Mattioni, por todos os ensinamentos e por sempre me apoiarem.

Ao meu namorado, Lucas L. Montagner, por estar ao meu lado nesta caminhada, por todo amor e companheirismo, e por acreditar que eu conseguiria.

Ao meu orientador, professor Dr. Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior, pelo voto de confiança que significou sua orientação e por toda sua ajuda para contornar as dificuldades encontradas no caminho. Obrigada por ter me aceitado como sua orientada e por nunca ter desistido.

À equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal da FAMV – UPF, por terem me acolhido tão bem e por serem sempre prestativos. Em especial aos estagiários, Saimom Sozo, Willian P. da Rosa, Aline Camera, Felipe Moss, Tiago de Oliveira, Marcos Cerezolli, por toda ajuda na execução do trabalho.

Ao Dr. Gilberto Omar Tomm, pesquisador da Embrapa Trigo, por não ter medido esforços para a execução do trabalho, por ter me auxiliado em toda parte técnica e por tantas valiosas sugestões para enriquecer o trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Éverton Nunes, técnico da Embrapa, pelo auxílio na lavagem das raízes e no transporte das amostras.

Ao Dr. Juliano Luiz de Almeida, pesquisador da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) e ao Marcos Fostin, técnico agrícola da instituição, pela instalação e condução do experimento no município de Guarapuava.

A todos os amigos e amigas que fiz nesta jornada, Paula Steilmann, Simone Hollas, Elaine Deuner, Andrea Hoffmann, Katia Trevisan, Bianca de Moura Barber, Claudia Franceschi, Jackson Korchagin, Taiane Bandeira, Mariana Maas Prates e muitos outros. Obrigada pela amizade, carinho e incentivo. Com certeza levarei cada ensinamento, cada conversa, e a amizade para sempre.

Enfim, obrigada a todos que de uma forma ou outra, foram importantes na caminhada até aqui. Com certeza vocês são parte fundamental desta conquista.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	ix
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	x
<b>RESUMO.....</b>	15
<b>ABSTRACT.....</b>	17
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	21
2.1 Origem e usos da canola.....	21
2.2 Cenário econômico da canola.....	23
2.2.1 Cenário econômico mundial.....	23
2.2.2 Cenário econômico nacional.....	24
2.3 Híbridos de canola.....	25
2.4 Necessidades da cultura da canola.....	28
2.5 Rotação de cultura e importância da canola.....	31
2.6 Morfologia de parte aérea e raiz da canola.....	34
2.7 A importância de estudos do sistema radicial da canola..	37
2.8 Componentes do rendimento de grãos da canola.....	41
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	44
3.1 Experimento em Guarapuava .....	44
3.2 Experimento em Passo Fundo .....	45
3.3 Caracterização do crescimento de parte aérea.....	46
3.4 Caracterização do crescimento do sistema radicial.....	47
3.5 Caracterização dos componentes de rendimento de grãos	50
3.6 Caracterização das condições climáticas.....	50
3.7 Análise estatística dos resultados.....	51
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	52
4.1 Avaliação do sistema radicial da canola.....	52
4.2 Caracterização do crescimento de parte aérea.....	68
4.3 Caracterização dos componentes de rendimento de grãos	80
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	89
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	90
<b>ANEXOS.....</b>	115

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Caracterização do crescimento do sistema radicial de híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA) na profundidade de 0-20 cm.....	55
2	Comprimento total de raízes de distintos raios em distintas classes de diâmetros em híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA).....	61
3	Área superficial de raízes em classes de diâmetros em híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA). Passo Fundo, 2015.....	65
4	Volume de raízes de distintos raios em classes de diâmetros em híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA).....	67
5	Caracterização do crescimento de parte aérea de híbridos de canola em duas localidades.....	71
6	Caracterização de área foliar e massa seca de híbridos de canola em duas localidades.....	75
7	Coefficiente de correlação entre as variáveis de parte aérea e sistema radicial.....	79
8	Componentes do rendimento de grãos e produtividade final de híbridos de canola em duas localidades.....	82
9	Coefficiente de correlação entre as variáveis de raiz e componentes do rendimento de grãos.....	87

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Caracterização morfológica de uma planta de canola. Fonte: Adaptado de Tayo & Morgan (1975).....	36
2	Lavagem de raízes de canola e captura de imagens.....	49

## **CRESCIMENTO RADICIAL, DE PARTE AÉREA E COMPONENTES DO RENDIMENTO DE HÍBRIDOS DE CANOLA CONVENCIONAIS E TOLERANTES À HERBICIDAS EM AMBIENTES CONTRASTANTES**

**TÂNIA CARLA MATTIONI <sup>1</sup>**

**RESUMO** – A canola (*Brassica napus* L. var. olerifera) apresenta-se como uma alternativa para o cultivo de inverno no Sul do Brasil. O objetivo do presente trabalho foi comparar o crescimento radicial, de parte aérea e componentes de rendimento de grãos de híbridos de canola em diferentes locais. O experimento foi conduzido em dois locais: Passo Fundo - RS e Guarapuava – PR, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Os híbridos avaliados foram: Hyola 61, Hyola 571CL, K 10050, H 92002 e Hyola 751TT. Para avaliação do sistema radicial coletou-se monólito de solo e utilizou-se análise de imagens mensurando comprimento, área superficial e volume de raiz total da amostra e em classes de diâmetro, densidade de raiz e área superficial específica. As variáveis de parte aérea mensuradas foram: estatura, número de folhas, área foliar unitária e total, índice de área foliar, massa seca de parte aérea e número de ramos. As avaliações de parte aérea e sistema radicial foram realizadas com as plantas contidas em meio metro linear, possibilitando a conversão para hectare. Para os

---

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da Faculdade FAMV/UPF, Área de concentração Produção e Proteção de Plantas.

componentes de rendimento de grãos e número de ramos na planta utilizaram-se dez plantas, mensurando-se o número de síliquas nos ramos, rendimento de grãos e massa de mil grãos. Conclui-se que os híbridos de canola apresentam maior comprimento, área superficial e volume nas raízes na escala de diâmetro entre 1 e 5 mm de espessura. Há diferenças no crescimento de raízes, parte aérea e rendimento de grãos entre ambientes contrastantes; o híbrido K 10050 apresenta maior desenvolvimento de raízes, parte aérea, assim como, maior produtividade de grãos nos dois locais estudados. O aumento da massa seca de raiz influencia no aumento da área foliar e no rendimento de grãos.

**Palavras-chave:** *Brassica napus* L., raízes, desenvolvimento vegetativo, manejo, produtividade de grãos

### **ROOT GROWTH, SHOOT AND YIELD COMPONENTS OF CANOLA HYBRID**

**ABSTRACT** – Canola (*Brassica napus* L. var. olerifera) is presented as an alternative for winter cultivation in southern Brazil. The objective of this study was to characterize the shoot growth, root system and components yield of canola hybrids. The experiment was conducted at two locations: Passo Fundo - RS and Guarapuava - PR, using a randomized block design with four replications. The hybrids were Hyola 61, Hyola 571CL, K 10050, 92002 and H Hyola 751TT. Measured shoots variables were: height, leaf number, unit and total leaf area, leaf area index, shoots dry mass and number of branches. To evaluate the root system was collected soil monolith and used for image analysis measuring length, surface area and the total volume and root diameter classes, the root density and specific surface area. The shoot assessments and root system were applied on plants contained in the half meter, enabling the conversion hectare. To yield components and the number of branches in ten plants was used by measuring the number of pods branches, seed yield and thousand grain weight. The hybrid K 10050 had the highest development of shoot, root system, as well as increased productivity. The hybrids have the greatest concentration of fine intermediate roots with a diameter between 1 and 5 mm thick. Is a strong correlation between volume root number of leaves and root MS and MS shoot.

**Key-words:** *Brassica napus* L., roots, vegetative development, management, grain yield

## INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) é uma planta herbácea pertencente ao gênero *Brassica*. Apresenta-se como uma opção de cultura de inverno no Sul do Brasil, sendo a terceira oleaginosa mais produzida mundialmente, superada apenas pela palma (*Elaeis guineensis* Jacq) e pela soja [*Glycine max.* (L.) Merrill] (USDA, 2015).

No Brasil, os estados que apresentam as maiores áreas de produção de canola são o Rio Grande do Sul e o Paraná, nos quais existem empresas que compram a produção, tornando essa atividade rentável (TOMM, 2007). No Brasil, os grãos de canola tem sido comercializados a preço semelhante a soja, com a compra garantida por várias indústrias do setor. A produtividade média da cultura no país tem oscilado, sendo que no Rio Grande do Sul o rendimento de grãos alcançou patamares de até 1.602 kg.ha<sup>-1</sup>, com custo de produção direto de implantação na região de Passo Fundo de 1.065 reais.ha<sup>-1</sup> (Dados pessoais de Claudia de Mori). Assim, o cultivo de canola configura importante fonte alternativa de renda para áreas em que tradicionalmente ficam em pousio no período de outono-inverno. Assim, mesmo quando não gera renda excedente, auxilia na diluição dos custos fixos anuais da propriedade.

O cultivo da canola também é importante para sistemas de rotação de culturas, nos quais se observa significativa redução na ocorrência de doenças em culturas subsequentes ao seu cultivo. Para o

trigo, por exemplo, o cultivo subsequente a canola pode aumentar o rendimento de grãos em até 20%, com maior qualidade de grão e menor custo de produção (TOMM, 2000). No entanto, observa-se significativa carência no desenvolvimento de tecnologias especialmente no emprego de genótipos de canola adaptados às diferentes condições edafoclimáticas do Brasil, o que vem dificultando a adoção desta cultura por parte dos produtores.

Nesse contexto, destaca-se que, para a obtenção de altos rendimentos, é necessário entender que o sistema radicial da canola é essencial para a elevação da produção de grãos, uma vez que é responsável pela absorção de água e nutrientes que suprem as necessidades da planta. Portanto, o estudo do desenvolvimento das raízes, sua distribuição, extensão e atividade são de extrema importância tanto para o entendimento da produção da cultura, bem como pela influência nas condições físico-químicas do solo. Atualmente as pesquisas sobre a interação solo-raiz estão se intensificando, nas quais se busca sistemas radicais mais profundos, que condicionem maior tolerância da cultura à condições adversas, aumentando o rendimento de grãos. Apesar disso, informações a respeito do sistema radicial da canola são escassas na literatura especializada (JORGE et al., 2006).

Assim, em virtude das perspectivas de expansão do cultivo de canola no Brasil, em especial nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, se faz necessária a caracterização de híbridos que se adaptem melhor às condições edafoclimáticas dessas regiões. Neste enfoque, a

avaliação da resposta de híbridos é uma importante ferramenta de tomada de decisão para produtores e pesquisadores para auxiliar a seleção do híbrido, diminuindo riscos associados a importação e a semeadura de materiais sem uma avaliação prévia da adaptação nas condições locais.

Devido ao exposto, a presente pesquisa visou comparar o desempenho agrônômico de cinco genótipos de canola, sendo dois híbridos convencionais: Hyola 61 e H 92002, dois híbridos Clearfield: Hyola 571CL e K10050, e um híbrido tolerante a triazina Hyola 751TT, a partir da avaliação do crescimento de raiz e parte aérea e quantificação dos componentes do rendimento de grãos em dois locais de cultivo Passo Fundo (RS) e Guarapuava (PR).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Origem e usos da canola

A origem da canola está ligada ao cultivo da oleaginosa denominada colza (*Brassica napus* L.), a qual pela seleção de genótipos com menores teores de ácido erúico e glucosinolatos originaram as cultivares de canola (SANTOS et al., 2001). Destaca-se, então, que a canola (*Brassica napus* L. var. oleifera), foi originada a partir do melhoramento genético da colza. Portanto, a denominação “canola” faz referência ao termo genérico internacional derivado de CANadian Oil Low Acid, ou seja, variedades de canola que apresentam 2% ou menos de ácido erúico e  $30 \mu\text{M.g}^{-1}$  ou menos de glucosinolatos, conforme originalmente registrado pelo Canadian Council of Canola (CANOLA, 2010; CARDOSO et al., 1996). Os glucosinolatos afetam o paladar da proteína (farelo), provocando rejeição por parte dos animais, causam redução no ganho de massa e podem ainda, quando em altas concentrações podem influenciar negativamente na reprodução (DIAS, 1992).

O principal objetivo da produção de canola é a extração de óleo, visto que seus grãos possuem, em média, 40% de óleo (KIMBER & MCGREGOR, 1995). O óleo de canola é considerado de alta qualidade para o consumo humano, pois possui elevada quantidade de Ômega-3, vitamina E, gorduras monoinsaturadas e o menor teor de gordura saturada. O consumo per capita de óleo de canola no Brasil, foi de

aproximadamente  $0,064 \text{ kg.habitante}^{-1}.\text{ano.}^{-1}$ , equivalendo a 0,9% do consumo per capita de óleo no país (estimado em  $7,1 \text{ kg.habitante}^{-1}.\text{ano.}^{-1}$ ), valor bastante inferior ao consumo estimado de óleo de soja de  $6,34 \text{ kg.habitante}^{-1}.\text{ano.}^{-1}$  (IBGE, 2012). Além disso, o farelo de canola, subproduto obtido do processo de extração do óleo, apresenta teor protéico que varia de 34 a 38%. Essa elevada quantidade de proteína caracteriza o farelo como excelente suplemento na formulação de ração animal (BARBOSA et al., 2008).

Além da utilização para alimentação humana e animal, o óleo de canola possui especificações favoráveis à produção de biodiesel, constituindo uma das mais importantes fontes de combustíveis de origem vegetal, dada a demanda crescente por energias limpas (EL-NAKHLAWY & BAKHASHWAIN, 2009). Na agricultura moderna é imprescindível o uso de tecnologias e de combustíveis renováveis, a fim de garantir as demandas presentes e futuras (SPIERTZ & EWERT, 2009).

A canola insere-se também como alternativa nos sistemas de rotação de culturas para produção de grãos no período de inverno no Sul do Brasil, diminuindo riscos de perdas causadas por problemas fitossanitários em culturas leguminosas, como a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), e poáceas, como milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) e outros cereais de inverno (TOMM et al., 2009). Evidencia-se que seu uso como cobertura vegetal pode melhorar as condições físicas do solo, uma vez que possui sistema radicial agressivo que penetra as camadas do solo, promovendo

descompactação (BAIER & ROMAN, 1992).

Além disso, outra característica de fundamental importância da cultura é a alelopatia causada pela presença de glucosinolatos, visto que promove impacto significativo nos cultivos subsequentes. Rizzardi et al. (2008) verificaram redução da germinação em picão-preto (*Bidens pilosa* L.), ação nematóxica (NEVES et al., 2007) e efeito fungitóxico (POTTER et al., 1998). Contudo, salienta-se que o efeito alelopático pode acarretar prejuízos caso não seja obedecido adequado intervalo de sucessão dos cultivos, influenciando negativamente na germinação e no índice de velocidade de germinação de sementes de feijão (RIGON et al., 2010) e no número de legumes por planta em soja (SILVA et al., 2011).

## **2.2 Cenário econômico da canola**

### **2.2.1 Cenário econômico mundial**

A área ocupada por culturas oleaginosas apresenta a maior taxa de crescimento na agricultura mundial. Entre os anos de 1985 e 2005 as culturas oleaginosas aumentaram sua extensão territorial em 43% e sua produtividade em 57%, resultando em aumento de produção de 125% (FOLEY et al., 2011). Nesse cenário, a canola apresenta elevada importância econômica, destacando-se como a terceira oleaginosa mais produzida mundialmente, alcançando 27 milhões de toneladas de óleo, sendo superada apenas pela palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) e pela soja,

que apresentaram 62,4 e 47,4 milhões de toneladas de óleos vegetais, respectivamente (USDA, 2015). Esse desempenho decorre da qualidade e o conteúdo do óleo de canola e elevada quantidade de proteína dos grãos (TOMM, 2007; LUZ et al., 2012).

A produção mundial de canola atinge 71,3 milhões de toneladas, em um total de 35,7 milhões de hectares colhidos e rendimento de grãos médio de 2.000 kg.ha<sup>-1</sup> (USDA, 2015). Destaca-se que a União Europeia (EU-27) é o maior produtor mundial, seguido do Canadá, China e Índia. A EU-27 consome 36,5% do óleo de canola produzido no mundo, seguidos da China que consome 26,2%, ambos se caracterizam como os maiores consumidores de canola na forma de grão e óleo, sendo o Canadá o principal exportador mundial de canola, exportando 61,8% de sua produção (USDA, 2015). Na Europa, o óleo de canola é muito usado para a produção de biodiesel; em função da grande oferta do produto no mercado (CONAB, 2013).

### **2.2.2 Cenário econômico nacional**

O cultivo da canola oferece benefícios diretos e indiretos ao produtor, agregando renda no período de inverno, pois os grãos de canola possuem preço equiparado ao da soja que é R\$ 59,20 por saca de 60 kg, apresentando comercialização garantida para várias indústrias de óleo do país (CONAB, 2014). No Brasil, a produção de canola na última safra atingiu 36,3 mil toneladas, em uma área total de 44,7 mil hectares e

rendimento de grãos médio de 1,330 kg.ha<sup>-1</sup>. Essa produção está concentrada atualmente em apenas dois estados brasileiros, Rio Grande do Sul e Paraná. Os quais, apresentaram 39 e 5,7 mil hectares de área cultivada e produção de 28,1 e 8,2 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2015). Para suprir a quantidade de semente necessária à área cultivada, foram importados em 2014 aproximadamente 161 toneladas de sementes de canola provenientes da Argentina (SECEX / MIDIC, 2015).

### **2.3 Híbridos de canola**

Variedades híbridas são produzidas utilizando polinização controlada de um progenitor feminino por um progenitor masculino, que caracteriza a fonte de pólen. A progênie (o híbrido F1) contém as melhores combinações de características de ambos os parentais, característica essa conhecida como vigor híbrido. Variedades híbridas são tipicamente associadas a sementes maiores, plântulas de forte vigor e maior produção de biomassa (EDWARDS & HERTEL, 2011). A técnica de hibridação artificial em plantas é fundamental nos programas de melhoramento, uma vez que possibilita seleção detalhada dos progenitores, observando-se características importantes para determinar os cruzamentos controlados específicos. Com isso, os ganhos são maximizados e genótipos superiores podem ser disponibilizados para os testes de progênies, testes clonais e posteriormente para os cultivos comerciais (MORAES & MORI, 2011).

Os híbridos de canola atualmente empregados no Brasil apresentam resistência poligênica à canela-preta, doença causada pelo fungo *Leptosphaeria maculans* considerada umas das mais importantes da cultura (TOMM et al., 2007). Além disso, apresentam um alto potencial produtivo, pois devido ao elevado vigor, a emergência é mais rápida e uniforme, reduzindo perdas decorrentes de diferentes graus de maturação (TOMM et al., 2009).

Na América do Sul não é viável o emprego de cultivares de canola geneticamente modificadas (OGM) com resistência à herbicidas para o controle de plantas daninhas, devido ao risco de cruzamento e incorporação de resistência aos herbicidas em outras Brassicáceas (cultivadas ou daninhas). Entretanto, a tolerância à imidazolinonas é conferida via mutação pontual, sendo reconhecida mundialmente como não OGM (BREMER et al., 2011). Variedades de canola IMI são tolerantes as imidazolinonas (IMIS), ingrediente ativo de herbicidas como OnDuty<sup>®</sup> e Intervix<sup>®</sup>. Essas variedades de canola são cultivadas como parte do sistema de produção Clearfield<sup>®</sup>. Variedades de canola IMI tolerantes, foram desenvolvidas pela seleção natural de mutações que ocorrem a partir de variedades convencionais de canola (EDWARDS & HERTEL, 2011). O sistema Clearfield<sup>®</sup> é uma nova oportunidade de melhoria na qualidade do óleo de canola produzido, visto que controla diversas espécies de plantas daninhas e voluntárias que podem afetar a composição de ácidos graxos da canola, através da contaminação proveniente de plantas com alto teor de ácido erúico.

Nesse contexto, destacam-se ainda os híbridos de canola tolerantes à triazina (TT), que foram comercializadas pela primeira vez em 1993, com o lançamento da variedade Siren. Genes para a tolerância ao grupo de herbicidas das triazinas foram criados em variedades “convencionais” de canola. Isto permitiu o controle de espécies de *Brassica* consideradas plantas daninhas, para os quais anteriormente não havia disponibilidade de controle químico em híbridos “convencionais”. O processo de emprego da tolerância à triazina está associada com a redução da conversão da radiação solar em biomassa, isto é, com redução de eficiência no uso de radiação, o que resulta em reduzida produção de biomassa, em média uma redução de 10% a 15% nos rendimentos de grãos e de 1% a 3% nos teores de óleo, em relação as variedades “convencionais” (EDWARDS & HERTEL, 2011). Apesar disso, o uso de canola tolerante à triazina tem sido amplamente adotado pelos produtores em toda a Austrália desde 1993. Estima-se que mais de 50% de toda a área de canola cultivada na Austrália é ocupada com cultivares tolerantes à triazina (TT), 25% com cultivares tolerantes à imidazolinona, 15% com cultivares tolerantes ao glifosato (RR), e apenas aproximadamente 10% da área utiliza cultivares "convencionais", que não apresentam nenhum traço de tolerância a herbicida (TOMM et al., 2014).

## 2.4 Necessidades da cultura da canola

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

A água é essencial para o crescimento da canola, sendo que umidade do solo adequada promove o crescimento das raízes e favorece a formação de uma área foliar abundante, ajuda as plantas a manterem suas folhas por mais tempo, aumenta o período de floração, aumenta o número de ramos por planta, o número de flores, a formação das siliquis, o número de grãos por siliqua, a massa dos grãos e o rendimento de grãos. Estresse hídrico é mais importante no período de desenvolvimento das siliquis do que na fase vegetativa. No entanto, o excesso ou o déficit de água em qualquer fase de crescimento da canola, reduz o potencial de rendimento da cultura (EDWARDS & HERTEL, 2011).

A cultura da canola apresenta maior necessidade de nitrogênio, fósforo e enxofre do que os cereais. A canola requer

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 é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento da canola pois afeta o rendimento de grãos final e o teor de óleo dos grãos (EDWARDS & HERTEL, 2011). O nitrogênio proporciona o aumento de clorofila, e fundamental na síntese proteica, na atividade fotossintética, e determina maior produção de flores e siliquis (YASARI & PATWARDHAN, 2006). Além disso, 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 (AL-BARRAK, 2006).

No entanto, são fundamentais os cuidados na semeadura pois as semente de canola são extremamente sensíveis ao nitrogênio, mais do que o trigo, a cevada (*Hordeum vulgare* L.) e o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Taxas elevadas de fertilizante nitrogenado junto à semente podem reduzir a germinação, o estabelecimento das plantas e crescimento da raiz (EDWARDS & HERTEL, 2011).

O período ideal para aplicação de nitrogênio em cobertura é na fase de quatro folhas verdadeiras expandidas. A deficiência de N reduz a produtividade da canola, ao passo que doses excessivas alongam a fase vegetativa, podendo aumentar a suscetibilidade a patógenos, diminuir o teor de óleo e provocar desidratação nas folhas quando o fertilizante é aplicado sobre as folhas enquanto ainda estão molhadas (TOMM, 2007).

O potássio desempenha um papel importante em processos

fisiológicos das plantas. Portanto, é necessário em grandes quantidades para a produção vegetal adequada. A canola requer cerca de 20% mais potássio do que a cultura do trigo para produzir 90% da parte aérea ou rendimento de grãos máximo, mas é mais eficiente do que o trigo na assimilação do potássio (EDWARDS & HERTEL, 2011).

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 primordial para o desenvolvimento adequado das raízes de canola (TOMM, 2007).

O enxofre é componente chave de aminoácidos essenciais (cistina, cisteína e metionina) e é necessário para a síntese das proteínas, da clorofila e dos óleos voláteis que se acumulam como glucosinolatos. Para obtenção de altos rendimentos de grãos, a canola necessita de quantidades de S, aproximadamente de 30 kg.ha<sup>-1</sup> para produzir duas toneladas de grãos. A canola é mais sensível do que os cereais para deficiência de enxofre. Dessa forma a canola requer cerca de 1,5 kg de enxofre para a produção de 100 kg de sementes. (EDWARDS & HERTEL, 2011). O enxofre é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura da canola, sendo que sua deficiência causa alta taxa de abortamento de flores, síliqua pequenas, mal formadas, apresentando engrossamento (TOMM, 2007).

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 de grãos (POTTER et al., 1999). Com isso, ressalta-se que a canola tem sido cultivada com sucesso em solos com pH entre 5,0 a 8,0 (COLTON & SYKES, 1992).

### **2.5 Rotação de culturas: a importância da canola**

No atual cenário da agricultura mundial, inúmeras são as preocupações com fatores econômicos, ecológicos e ambientais, especialmente com relação à saúde humana, sendo crucial a redução do uso de pesticidas. Nesse contexto, espécies pertencentes à família Brassicaceae, como é o caso da canola, são amplamente utilizadas na rotação de culturas, devido a presença de glucosinolatos em sua composição. Isso porque os glucosinolatos são metabólitos secundários (FAROOQ et al., 2011), produzidos com a finalidade de proteger as plantas do ataque de doenças e insetos (TAIZ & ZEIGER, 2004), sendo responsáveis, ainda, pelo odor e pelo gosto característicos dessas espécies (DAS et al., 2000). Esses compostos estão presentes principalmente nas folhas e raízes da canola (UREMIS et al., 2009; YASUMOTO et al., 2010) e apresentam influência no controle de pragas, ervas daninhas, insetos e nematóides.

Os glucosinolatos são produzidos como subprodutos durante diferentes processos fisiológicos nas plantas (BHADORIA, 2011), quando as células que os contêm são rompidas e os glucosinolatos são hidrolisados pela atividade da enzima mirosinase (SINGH et al., 1999)

ocorre a formação e liberação de compostos biologicamente ativos como: isotiocianatos, nitrilas, tiocianatos, entre outros (MORRA & BOREK, 2010), que apresentam ação nematóxica (HALBRENDT & BROWN, 1993). Desses produtos hidrolisados, o que mais apresenta efeito sobre fungos habitantes do solo são os isotiocianatos (BROWN & MORRA, 1997). O fungo *Sclerotium rolfsii* apresenta sensibilidade a compostos derivados de canola (POTTER et al., 1998). A utilização de farelo de grãos de canola no controle de *Rhizoctonia solani*, agente causal da podridão de raiz de maçã, pode aumentar a população microbiana do solo, induzindo a redução do número de infecção das raízes (COHEN et al., 2005).

A elevação do custo de herbicidas, devido ao aumento do número de plantas resistentes a herbicidas, reforça a busca de estratégias de manejo que utilizem plantas com compostos alelopáticos para supressão de plantas daninhas (HOLETHI et al., 2008). Assim, o uso da canola na rotação de culturas é uma alternativa para supressão de plantas infestantes. O cultivo da canola antes da produção de algodão suprime plantas daninhas, possibilitando a redução da utilização de herbicidas durante o cultivo (YOUNESABADI et al., 2005). É possível retardar ou mesmo impedir completamente a germinação de sementes de algumas espécies daninhas como *Bidens pilosa* devido à ação de glucosinolatos presentes no resíduo vegetal do solo (PETERSEN et al., 2001; RIZZARDI et al., 2008).

A incorporação de material verde de plantas da família Brassicaceae ao solo, como compostos biocidas naturais apresentam eficiência em pomares de maçã na Pensilvânia (EUA), apresentando eficiência similar na supressão de nematóides ao nematicida químico para o controle do nematoide *Xiphinema americanum* (HALBRENDT, 1996). O uso de canola também mostra-se eficiente no controle de bactérias *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* Walker e *Ralstonia solani* (KIRKEGAARD et al., 1996). Espécies de brássicas são eficientes na redução do número de galhas e ovos do nematoide *Meloidogyne javanica* Göeldi na cultura do tomate (LIMA et al., 2005; NEVES et al., 2007) devido à ação de isotiocianatos presentes nas raízes (BAPTISTA et al., 2006).

Outros benefícios decorrentes da incorporação de tecidos vegetais das plantas de canola se referem à melhoria na estrutura do solo e à fonte de nutrientes no solo (AKHTAR, 2000). Assim, o cultivo de canola apresenta-se ainda, como uma maneira viável para melhorar os atributos físicos do solo, uma vez que apresenta sistema radicular pivotante e bem desenvolvido, sendo capaz de se desenvolver em camadas compactadas (CUBILLA et al., 2002). O aumento da macroporosidade, da porosidade total e da estabilidade de agregados do solo foram observados em áreas que receberam anteriormente culturas de sistema radicular pivotante em relação àquelas onde se cultivou espécies poáceas (KUBOTA et al., 2005). A raiz pivotante da canola somente foi afetada quando a densidade do solo foi de  $1,60 \text{ Mg.m}^{-3}$ , enquanto que a de

soja não conseguiu penetrar em uma camada de solo com densidade de  $1,30 \text{ Mg.m}^{-3}$  (CINTRA & MIELNICZUK, 1983). Destaca-se então que o cultivo de espécies com sistema radicial pivotante agressivo aumenta a macroporosidade do solo, diminuindo a resistência do solo à penetração e melhorando a infiltração de água, culminando no aumento médio de 46,6 % a lâmina de água infiltrada, realizando um processo de escarificação biológica (NICOLOSO et al., 2008).

## **2.6 Morfologia da raiz e da parte aérea da canola**

O sistema radicial da canola é composto pela raiz principal e de raízes de ordem superior. Devido ao fato de as plantas de canola apresentarem uma raiz principal, essa age como reservatório de nutrientes e assimilados. As raízes de ordem superior desenvolvem-se a partir da raiz principal, crescendo para baixo. O sistema radicial de uma planta de canola madura pode penetrar profundamente no solo, atingindo até 120 cm de profundidade (EDWARDS & HERTEL, 2011).

O desenvolvimento do sistema radicial da canola ocorre devido à divisão celular e alargamento na ponta da raiz, sendo relativamente constante, com média de quase 2 cm por dia em solos com umidade. O sistema radicial varia de acordo com o tipo de solo, teor de umidade, temperatura, salinidade e estrutura física do solo (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013).

De forma geral, as raízes não crescem em busca de água ou de nutrientes, apenas interceptam quando entram em contato com a água e os nutrientes presentes no espaço poroso do solo. Assim, quanto melhor for o desenvolvimento radicial, maior será sua área de solo abrangida, elevando o acesso a água e a nutrientes. Os fatores que limitam a penetração das raízes através do solo incluem um lençol freático alto, solo seco, compactação do solo, competição com plantas daninhas por umidade e nutrientes, salinidade ou baixas temperaturas do solo (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013).

As raízes das plantas de canola não crescem em solo alagado, seco ou compactado. O excesso de água ou a compactação do solo resulta em baixos níveis de oxigênio e elevado dióxido de carbono, que, eventualmente, causam a morte da raiz. Além disso, as raízes precisam resistir aos danos de agentes patogênicos como fungos, insetos e bactérias, e à fatores abióticos como as perdas de solo e de nutrientes por erosão e tolerar outras condições desfavoráveis, como “stress” salino ou déficit hídrico (DRINKWATER et al., 1998).

A canola é uma planta anual, que cresce entre 70 e 170 cm de estatura. As principais estruturas da planta canola são as folhas, caule, haste, ramos, raízes, flores, frutos e grãos (Figura 1).

A canola é uma planta herbácea com haste ereta, ascendente e ramificada. A coloração da planta varia de tons verde-azulados, verde-escuro e verde-arroxeados, de acordo com as características das cultivares (BEVILAQUA et al., 2008).

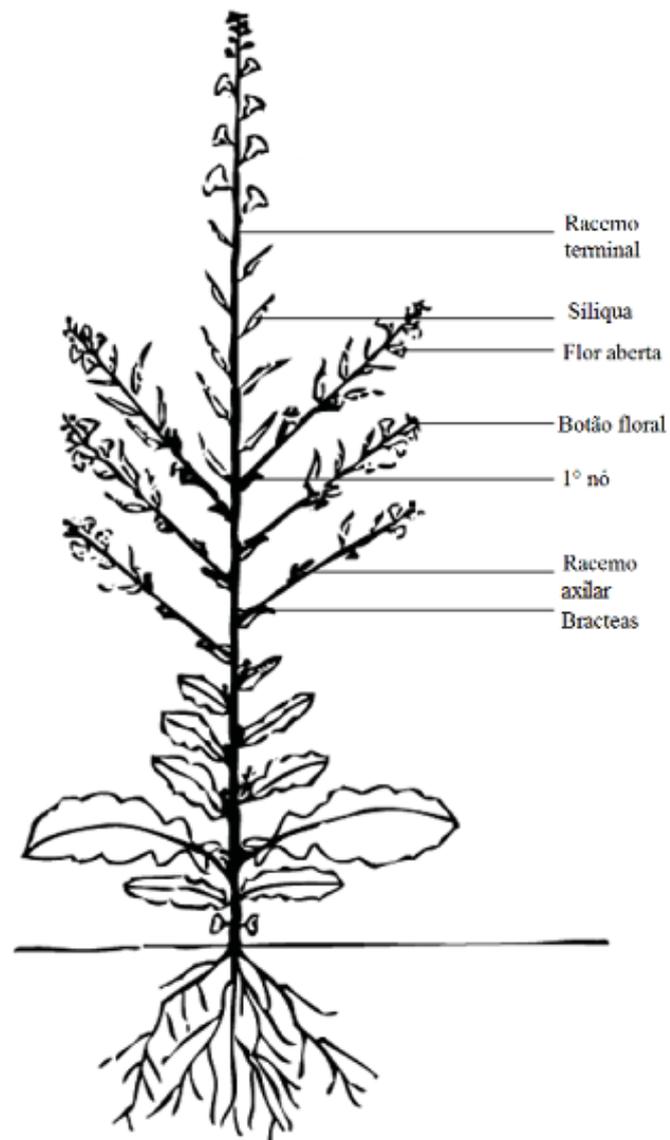


Figura 1. Caracterização morfológica de uma planta de canola. Fonte: Adaptado de Tayo & Morgan (1975).

As flores hermafroditas apresentam coloração amarela e são compostas por quatro pétalas e quatro sépalas. Na forma de cachos simples, as flores se dispõem na extremidade do caule principal e em cada uma das ramificações. Apesar de predominar o sistema de autofecundação, a taxa de fecundação cruzada pode alcançar até 30% por meio da ação do vento e de insetos. Os órgãos reprodutores são formados de um pistilo e quatro estames longos (férteis) e dois curtos (estéreis) (LOURENÇO & PALMA, 2006).

O fruto da canola é do tipo síliqua, alongado com 5 a 7 cm de comprimento e 3 a 4 mm de espessura. Apresenta deiscência, ou seja, as síliquas se abrem e as sementes caem no solo quando estão maduras e, pode ocorrer antes mesmo de ser realizada a colheita, acarretando grandes perdas de produção (CONTERJNIC et al., 1991). As sementes se aderem na síliqua alternadamente a duas rupturas longitudinais e opostas separadas por um falso septo longitudinal. As sementes são formadas por um embrião e dois cotilédones, possuem forma ovoide e quase esférica. A coloração varia de acordo com a fase de maturação, de verde, amarela, castanho e preta (LOURENÇO & PALMA, 2006).

## **2.7 A importância de estudos do sistema radicial da canola**

O sistema radicial das plantas é responsável pela sustentação da planta, absorção e transporte de água e nutrientes, manutenção de reservas e defesa. A eficiência dessas funções depende de diversos

mecanismos fisiológicos, possuindo influência direta sobre alguns atributos vegetais, como tolerância à seca, capacidade de brotação e perfilhamento (VASCONCELOS & CASAGRANDE, 2008). Todavia, a principal função do sistema radicial de plantas terrestres é a aquisição de nutrientes e água presentes no solo (GREGORY, 1994). A sustentação da parte aérea, o armazenamento de nutrientes, a síntese de reguladores do crescimento e a propagação são consideradas funções secundárias das raízes (FITTER, 1991).

Reforçar o crescimento da raiz pode proporcionar várias vantagens, tais como uma melhor exploração dos nutrientes do solo e da água quando as condições ambientais são menos favoráveis (NIBAU et al., 2008). Em função destas, está se tornando uma característica fundamental da melhoria da produtividade das culturas (GEWIN, 2010). O melhoramento genético de canola busca continuamente novas características morfológicas que lhes permitam, selecionar mais rapidamente, genótipos com maior potencial de rendimento de grãos. Assim, entender a relação raiz/parte aérea e raiz/rendimento de grãos é fundamental na identificação de híbridos de maior eficiência agrônômica, visto que há uma relação estreita entre esses elementos.

As folhas são os principais órgãos fotossintéticos das plantas superiores, de forma que alterações na área foliar afetam a captação de energia luminosa e alteram a quantidade de carbono alocado (PEDÓ et al., 2013). Esse carbono é utilizado para a manutenção estrutural, para o crescimento e o desenvolvimento vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Dessa forma, híbridos com maior capacidade de exploração de solo pode contribuir para o desenvolvimento de maior área foliar, da manutenção de um maior número de estômatos abertos, aumentando o fluxo de nutrientes na planta e com isso, elevando a assimilação de carbono pela planta, o aumento de fotoassimilados para a formação de grãos, aumentando em consequência disso seu rendimento de grãos.

A avaliação do sistema radicial de uma cultura pode ser considerada fundamental no diagnóstico de sistema de manejo do solo que visa à otimização da produtividade agrícola (FANTE et al., 1999). Nesse sentido, a importância do estudo do sistema radicial das plantas é evidenciada pela implantação de novos métodos de avaliação de diferentes plantas, apresentando também vários métodos para caracterização de raízes, levando em conta o custo, a precisão e o tempo de análise. Na escolha do método a ser utilizado em um estudo de raízes, além de sua exatidão, devem ser considerados os objetivos da pesquisa e quais os parâmetros que devem ser quantificados (JORGE et al., 1996).

Apesar de ser trabalhoso e consumir muito tempo, o método de coleta do monólito de solo é utilizado como um método padrão, pois, a partir dele, é possível fazer um estudo tanto qualitativo como quantitativo das raízes. Além disso, entre os métodos de avaliação este é o que possui maior exatidão dos resultados (KÖPKE, 1981).

A distribuição do sistema radicial das diversas espécies de plantas de cobertura concentra de 57 a 64 % das raízes na camada 0 - 0,10 m de profundidade, seguido de aproximadamente 25% na camada de 0,10

– 0,20m (MEDINA et al., 2013). A avaliação de volume explorado, comprimento e área de raiz é onerosa e grandes dificuldades são encontradas em qualquer técnica de amostragem devido a necessidade de maior tempo de amostragem, pobreza de informação e alta variabilidade dos dados obtidos (FANTE JÚNIOR, et al., 1994). No entanto, há importantes metodologias para estudo do sistema radicial pelo processamento de imagens, que facilitam a obtenção do comprimento, da área superficial e do volume no perfil de solo (CRESTANA et al., 1994; JORGE et al., 1994). Devido ao trabalho necessário para realizar o cálculo manual desses parâmetros, o estudo do sistema radicial apresentou avanço significativo somente após a introdução de técnicas de análise de imagens (JORGE, 2006).

A fim de melhorar a eficiência da análise de raiz, técnicas utilizando programas de computador têm sido desenvolvidas para determinar as propriedades de raiz a partir de imagens digitalizadas (MURPHY & SMUCKER, 1995; BAUHUS & MESSIER, DE 1999). Destaca-se então que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu um sistema de análise de imagem denominado Safira (JORGE & OLIVEIRA RODRIGUES, 2008). No Safira, as análises podem ser realizadas com imagens digitalizadas ou fotografias digitais, permitindo pré-tratamento de imagem, seguido de configuração de escala da imagem coletada a partir de um objeto de tamanho conhecido, seguido do processo de binarização, distinguindo-se os pixels da imagem a ser avaliada (JORGE & SILVA, 2010).

## **2.8 Componentes do rendimento de grãos da canola**

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

Na canola, cada componente do rendimento de grãos é muito influenciado pelo ambiente e pelas práticas agronômicas adotadas. Por isso, limitações associadas a umidade do ar e do solo, a temperatura do ar e do solo, a fertilidade, textura e estrutura do solo, como também à qualidade e sanidade das sementes, presença de insetos, moléstias e o ajuste adequado de plantas na área, são geralmente os responsáveis por perdas no rendimento de grãos (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2008).

A posição na planta é um importante determinante da sobrevivência da síliqua e da semente. O desenvolvimento de flores superiores nos primeiros quatro ramos primários, possuem duas a três semanas de vantagem competitiva na obtenção de água e assimilados sobre aquelas que se abrem durante a última parte do período de florescimento (HERTEL & EDWARDS, 2011). No final do

florescimento, a haste e a parede da siliqua são importantes fontes de fotoassimilados para o crescimento dos grãos uma vez que a área de superfície fotossintética da siliqua aumentou consideravelmente (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013). Cada siliqua apresenta de 20 a 30 grãos com 1 a 2 mm de diâmetro. A massa de mil grãos (MMG) varia de 4 a 6 gramas (LOURENÇO & PALMA, 2006). Ressalta-se, contudo, que apenas 40 a 50% das flores formam síliquas produtivas, as demais flores e/ou síliquas, em estágio inicial de desenvolvimento são naturalmente abortadas e a maturação dos grãos acontece entre 40 e 60 dias após o início do florescimento (IRIARTE et al., 2008).

Os componentes do rendimento de grãos da canola desenvolvem-se de forma sequencial, embora haja alguma sobreposição. O número potencial de grãos é definido bem antes do florescimento, o número de síliquas é definido próximo ao florescimento e a massa dos grãos entre o florescimento e a maturidade fisiológica. A massa dos grãos é o componente de produção menos variável, pois é largamente determinado pelo potencial genético da variedade (EDWARDS & HERTEL, 2011).

A produtividade de grãos é um caráter de importância econômica, no entanto a herança genética é muito complexa, pois atuam vários genes de pequeno efeito sobre o fenótipo (ALLARD, 1971). Estes genes atuam sobre processos fisiológicos, que podem ter influência direta e indireta sobre o rendimento de grãos (FEHR, 1987).

O número de grãos que se desenvolvem em cada síliqua é influenciada pela disponibilidade e fornecimento de fotoassimilados na expansão do grão. A falta de fotoassimilados nesta fase de crescimento resulta em síliquas menores, com menos grãos, mais leves, especialmente nos ramos secundários superiores e nos ápices dos ramos. Estresse substancial na expansão da semente culmina na produção de síliquas mais curtas e /ou na falta de expansão das sementes. Nesse sentido destaca-se que a capacidade da canola para compensar a baixa densidade de plantas é alcançada principalmente pelo aumento no número de síliquas por planta (EDWARDS & HERTEL, 2011).

A produção de grãos é o produto da interação entre genótipos e ambiente (PAHLAVANI et al., 2007). Em determinados locais, características da planta favoráveis ao máximo rendimento de grãos, são de interesse para produtores de canola (CHONGO & MCVETTY, 2001). A formação dos componentes do rendimento de grãos, é feita ao longo do ciclo da cultura, sendo uma combinação das partes determinadas em cada subperíodo (COIMBRA et al., 1999). Por outro lado, fatores ambientais e genéticos influenciam a formação do rendimento de grãos (FALCONER & MACKAY, 1996). Podem ocorrer efeitos altamente significativos de genótipos, de ambientes e da interação genótipo x ambiente no crescimento e desenvolvimento da canola (COIMBRA et al., 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo, em dois locais distintos: Guarapuava (PR) e Passo Fundo (RS). Foram avaliados cinco híbridos de canola: Hyola 61, Hyola 571CL, K 10050, H 92002 e Hyola 751TT. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições.

#### 3.1 Experimento em Guarapuava

O experimento foi instalado na área experimental da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), no município de Guarapuava, Estado do Paraná, latitude 25° 55' S, longitude 51° 48' W e altitude 1.110 metros. O solo é classificado como Latossolo Bruno aluminico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 1999). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado do tipo Cfb - clima temperado, com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do ar do mês mais quente não chega a 22°C, precipitação pluviométrica de 1.100 a 2.000 mm, geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente (IAPAR, 2014).

A semeadura foi realizada dia dois de maio de 2014, em sucessão ao cultivo de soja. Utilizou-se a semeadora de parcelas, sendo a parcela constituída de quatro linhas de cinco metros, com espaçamento entre fileiras de 0,4 m. A emergência dos híbridos de canola avaliados

ocorreu em 10 de maio de 2014, oito dias após a semeadura (DAS). A adubação de base constituiu foi de 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-26-24 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Em cobertura, utilizou-se 118 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), na forma de ureia, quando a maioria das plantas estava com quatro folhas verdadeiras. Foram realizadas quatro aplicações de inseticida Engeo Pleno<sup>®</sup> (Tiametoxan + Lambda-cialotrina) a dose de 100 mL.ha<sup>-1</sup> e vazão de 200 L.ha<sup>-1</sup>. Não foi necessário aplicar fungicida nesse experimento. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida Select<sup>®</sup> (Clethodim) na dose 0,5 L.ha<sup>-1</sup>.

### **3.2 Experimento em Passo Fundo**

O experimento foi conduzido na área experimental pertencente à Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, latitude 28° 15' S, longitude 52° 24' O, e altitude de 687 metros. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa - clima subtropical, com verão quente, as temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de precipitação pluviométrica no mês mais seco, sem estação seca definida (EMBRAPA, 1999).

A semeadura dos híbridos de canola ocorreu em 28 de abril de 2014 e foi realizada manualmente. A data de emergência foi dia 7 de maio de 2014, 10 DAS. Utilizou-se espaçamento entre fileiras de 0,34 m. A adubação de base foi de 300 kg.ha<sup>-1</sup> com fertilizante da fórmula 10-20-

10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Em cobertura foram utilizados 200 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia. A cultura que antecedeu o cultivo de canola desse experimento foi capim Sudão.

### **3.3 Caracterização do crescimento de parte aérea**

Foram realizadas avaliações em dois estádios do desenvolvimento da cultura. No estágio de florescimento da canola, foram avaliadas as plantas contidas em 0,5 m de uma linha da parcela para determinar: o número de folhas por planta (n° folhas), a área foliar unitária - AFU (cm<sup>2</sup>), a área foliar total por planta - AFT (cm<sup>2</sup>) e massa seca - MS (g). O número de plantas da amostra foi variável, oscilando entre 9,5 a 18 plantas por metro linear correspondendo à densidade de 27 a 52 plantas.m<sup>-2</sup> no experimento conduzido em Passo Fundo, e 10,5 a 14,5 plantas por metro linear, correspondendo de 31 a 43 plantas.m<sup>-2</sup> no experimento conduzido em Guarapuava.

No estágio de maturação de grãos, foram escolhidas aleatoriamente dez plantas de cada parcela, com as quais foram estimadas as variáveis: estatura de planta (cm), número de ramos secundários (NRS), número de ramos terciários (NRT).

A estatura de planta foi medida da superfície do solo até o ápice da última síliqua localizada na extremidade mais alta da planta, com a utilização de uma trena e a unidade expressa em centímetros. Padronizou-se como número de ramo primário (NRP) a haste principal,

sendo o valor para esta variável sempre igual a um. A variável NRS foi mensurada pela contagem do número de ramos inseridos no ramo primário (haste principal). O NRT foi medido pela contagem do número de ramos inseridos nos ramos secundários.

O número de folhas foi determinado pela contagem do número total de folhas por planta. A variável área foliar total (AFT) foi mensurada por meio de integrador de área foliar (Li-3100C) com unidade expressa em  $\text{cm}^2$ . A variável área foliar unitária (AFU) foi calculada ( $\text{AFT}/n^\circ$  folhas), para a média de uma folha e unidade expressa em  $\text{cm}^2$ . A determinação de IAF (índice de área foliar) foi realizada a partir da relação entre a área foliar das plantas da amostra com a área de superfície de solo que as mesmas ocupavam.

A massa seca (MS) foi determinada por meio da secagem das amostras em estufa de ventilação de ar forçada na temperatura de  $60^\circ\text{C}$ , até obtenção de massa constante, em seguida as amostras foram pesadas em balança de precisão semianalítica.

### **3.4 Caracterização do crescimento do sistema radicial**

Para avaliação de raízes foi realizada a coleta de amostra na forma de monólito de área conhecida, seguindo metodologia proposta por Böhm (1979). As amostras foram constituídas de 0,5 metro linear e profundidade de 0-20 cm. A largura foi determinada a partir da medida referente ao espaçamento entre linhas utilizado, sendo metade da medida

para cada lado da linha de semeadura. Dessa forma, utilizou-se a largura de 0,4 m em Guarapuava e a largura de 0,34 m no experimento conduzido em Passo Fundo. Foram avaliadas as seguintes variáveis de raiz: comprimento ( $m.m^{-2}$ ), área superficial – AS ( $m^2.ha^{-1}$ ), volume ( $m^3.ha^{-1}$ ), massa seca ( $kg.ha^{-1}$ ), densidade ( $kg.m^{-3}$ ) e área superficial específica – ASE ( $m^2.kg^{-1}$ ).

Após a coleta do monólito de solo, as amostras foram embaladas identificando o híbrido e o bloco, utilizando etiquetas para transporte até o local onde foi realizada a lavagem da amostra. Para a lavagem das amostras de raiz, utilizaram-se duas mesas metálicas, que apresentam peneiras metálicas de dois tamanhos distintos de orifícios, sendo um maior e o outro menor que as raízes finas da amostra. Com auxílio de jatos de água corrente o solo foi removido da amostra sem causar fragmentação das raízes durante o processo (Figura 2). Uma vez limpas, as amostras foram novamente identificadas e congeladas ( $-5^{\circ}C$ ) para manutenção da integridade das raízes até a realização das avaliações.

Para avaliação das amostras de raízes, utilizou-se o método de análise de imagens através do Sistema de Análises de Fibras e Raízes - SAFIRA (EMBRAPA, 2008). Para isso, foram obtidas imagens digitais das amostras de raízes utilizando uma câmera fotográfica digital. As imagens foram exportadas para o computador, no qual realizou-se a análise de imagem para quantificação do sistema radicial.



Figura 2. Lavagem de raízes (A) e captura de imagens (B) de raízes de canola.

No programa, as imagens foram binarizadas para a obtenção das variáveis: comprimento de raiz total, área superficial de raiz e volume de raiz total. Em seguida, essas variáveis (comprimento, área superficial e volume de raiz) foram mensuradas em classes de diâmetros de raiz estabelecidas: <1mm (finas), entre 1-5mm de espessura (intermediária fina), de 5-10mm de espessura (intermediária grossa) e >10mm de espessura (grossas) (adaptado de SNOWDON et al., 2002; JESUS et al., 2006).

Posteriormente para a obtenção da massa da matéria seca de raiz as amostras foram secadas em estufa a 60°C, por 72 horas, até atingirem a estabilização da massa. A partir das informações de volume de raiz e matéria seca de raiz estimou-se a densidade (relação: massa seca / volume) e a área superficial específica (relação: área superficial / massa seca) das raízes.

### **3.5 Caracterização dos componentes de rendimento de grãos**

No estágio de maturação de grãos, escolheu-se, aleatoriamente, dez plantas de cada parcela, com as quais foram estimadas as variáveis relacionadas aos componentes do rendimento: número de síliquas no ramo primário (NSRP), número de síliquas nos ramos secundários (NSRS), número de síliquas nos ramos terciários (NSRT). De acordo com Tomm (2007), a maturação fisiológica da canola ocorre quando 50% das sementes mudam para a cor escura nas síliquas que estão sobre o meio do racemo principal das plantas.

Para a obtenção do rendimento de grãos em ambos locais, foram colhidas manualmente, com o uso de foices as duas linhas centrais de cada parcela e trilhadas em colhedora de parcelas Wintersteiger®. Após a correção do percentual de umidade para 10%, obteve-se o rendimento de grãos – RG ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e posteriormente, através da contagem de 250 grãos e pesagem obteve-se a massa de mil grãos – MMG (g).

### **3.6 Caracterização das condições climáticas**

Os dados meteorológicos de temperatura mínima, média e máxima do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento e temperatura do solo do período de execução do experimento, foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Trigo, de Passo Fundo

(RS) e na Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, em Guarapuava (PR). A partir dessas informações foram elaborados gráficos para os períodos de abril a outubro (Figura 3).

### **3.7 Análise estatística dos resultados**

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico CoStat<sup>®</sup>.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação do sistema radicial da canola

As variáveis de caracterização do crescimento do sistema radicial apresentaram diferenças significativas entre os híbridos e os locais estudados (Tabela 1). De forma geral, o somatório do comprimento radicial apresentado pelos híbridos variou de 929.571 a 1.622.969 m.ha<sup>-1</sup> em Guarapuava, e de 766.236 a 1.439.363 m.ha<sup>-1</sup> em Passo Fundo. Destaca-se que o somatório do comprimento das raízes é um parâmetro importante para avaliar funções de raiz e a influência do solo sobre o sistema radicial (GAISER et al., 2013).

Em Guarapuava, o híbrido K 10050 apresentou o maior comprimento radicial frente aos demais híbridos no mesmo local, e obteve maior comprimento quando comparado ao resultado obtido em Passo Fundo para o mesmo híbrido (Tabela 1). Em trabalhos na cultura da soja, maior comprimento e superfície total de raízes juntamente com maior produção de matéria seca total e do sistema radicial, demonstraram maiores condições de tolerância e adaptação ao excesso de manganês (JUNIOR et al., 2008).

Por outro lado, na avaliação do comprimento de raízes dos híbridos em Passo Fundo, maior comprimento radicial foi obtido pelo híbrido Hyola 751TT, sendo maior do que comprimento obtido em Guarapuava para o referido híbrido (Tabela 1).

Para a variável área superficial de raiz em Guarapuava, os híbridos Hyola 571CL e K 10050 obtiveram as maiores áreas, apresentado respectivamente 8.723,7 e 8.711,0 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, apresentando maiores áreas no experimento conduzido em Guarapuava do que em Passo Fundo. Em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) o aumento médio da área superficial radicial representa vantagem competitiva para a cultura, pois o aumento da área de exploração do solo pelas raízes aumenta também o acesso à água e aos nutrientes (ANDRADE et al., 2011). Além disso, a área de superfície radicular é considerada a principal determinante do fluxo de íons do solo para as raízes das plantas (CAASSEN & BARBER,1976). Dessa forma, podemos inferir que, as características radiciais apresentadas pelos referidos híbridos lhes conferem vantagens na competição por água e nutrientes, visto que abrangem uma área maior de solo. Por outro lado, o híbrido Hyola 571CL quando comparado aos demais na avaliação de área superficial de raiz em Passo Fundo, foi o híbrido que apresentou menor área superficial de raízes, evidenciando resposta distinta do híbrido para os locais de cultivo.

Raízes de canola apresentam altos teores de glucosinolatos (UREMIS et al., 2009; YASUMOTO et al., 2010) que; através da alelopatia atuam suprimindo o desenvolvimento de raízes de plantas daninhas, como o azevém (ASADUZZAMAN et al., 2012). Assim, híbridos que apresentem maior área superficial de raízes, podem apresentar maior área de solo abrangida, elevando a área de supressão de plantas daninhas. Além disso, o resíduo de canola tem o potencial de

reduzir o uso do herbicida na produção de trigo de inverno e no plantio direto (MOYER & HUANG, 1997). Dessa forma, híbridos como Hyola 571CL e K 10050 que apresentaram maiores área superficial radicial, apresentam maior potencial de competição por espaço físico e, aliado a ação alelopática que causam, apresentam-se como ferramenta no controle biológico de plantas infestantes.

Na avaliação de volume radicial, os valores obtidos em Guarapuava oscilaram de 4,09 a 6,63 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo que o híbrido Hyola 571CL apresentou maior volume radicial (Tabela 1). Já na avaliação em Passo Fundo, a oscilação dos resultados obtidos foi maior, variando de 1,67 a 5,83 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, de forma que o maior volume radicial foi obtido pelo híbrido K 10050. Por outro lado, salienta-se novamente, a distinta resposta do híbrido ao local de cultivo, uma vez que o híbrido Hyola 571CL que apresentou maior volume radicial comparado aos demais híbridos na avaliação em Guarapuava, atingindo 6,63 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, apresentou o menor volume radicial quando comparado aos demais híbridos na avaliação em Passo Fundo, apresentando apenas 1,67 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, volume aproximadamente quatro vezes menor do que o obtido em Guarapuava (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização do crescimento do sistema radicial de híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA) na profundidade de 0-20 cm. Passo Fundo, 2015

Local	Área superficial (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )					Média	C.V. (%)
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	7360,98ABa	8723,74Aa	8711,06Aa	5183,25Ca	5924,20BCa	6370,09	10,00
PF	5774,59BCb	3362,32Db	6952,88ABb	5075,67Ca	6632,24ABa		
Local	Comprimento (m.ha <sup>-1</sup> )					Média	C.V. (%)
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	1298256,2Cb	1578791,07Ba	1622969,2Aa	929571,92Eb	1156860,63Db	1236951	6,55
PF	1368969,06Ba	766235,99Eb	1123317,6Cb	1085176,50Da	1439363,80Aa		
Local	Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )					Média	C.V. (%)
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	5,66Ba	6,63Aa	6,03ABa	4,09Ca	4,21Ca	4,45	8,19
PF	3,53BCb	1,67Db	5,83Aa	3,08Cb	3,72BCa		
Local	Massa seca (kg.ha <sup>-1</sup> )					Média	C.V. (%)
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	710,50Ba	637,87Ba	892,37Aa	613,87BCa	520,87Ca	5,53	7,94
PF	436,17BCb	301,76Db	651,03Ab	399,12CDB	368,82CDB		
Local	Densidade (kg.m <sup>-3</sup> )					Média	C.V. (%)
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	125,63BCa	96,37Cb	149,97ABa	150,95ABa	124,64BCa	129,41	12,26
PF	123,50BCDa	181,50Aa	111,60CDa	130,39BCDa	99,53Da		
Local	A. S. E. (m <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> )					Média	C.V. (%)
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	10,38BCa	13,72ABa	9,81BCa	8,48Ca	11,46BCb	12,01	17,10
PF	13,31ABa	11,27Bb	10,69Ba	12,84Ba	18,21Aa		

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ASE - área superficial específica; C.V. - coeficiente de variação.

Na avaliação de massa seca de raiz (MS), os valores obtidos em Guarapuava variaram de 520,87 a 892,37 kg.ha<sup>-1</sup>, e de 301,76 a 651,03 kg.ha<sup>-1</sup> em Passo Fundo, sendo que em ambos os locais o híbrido K 10050 obteve os maiores valores de MS (Tabela 1). Alguns híbridos de canola apresentaram uma elevada produção de MS de raiz, equiparando-se a produção de massa seca de culturas como mostarda que apresenta aproximadamente 800 kg.ha<sup>-1</sup> (GAN et al., 2009). Apesar disso, a massa seca produzida é relativamente menor quando em comparação com gramíneas como o trigo que apresentou 1.400 kg.ha<sup>-1</sup> (GAN et al., 2009) e milho (*Pennisetum americanum*) que chega a atingir massa seca próxima de 3.560 kg.ha<sup>-1</sup> (MEDINA et al., 2013). Contudo, destaca-se que dentre os híbridos, o K 10050 é o que possibilitou maior aporte de material orgânico ao solo, justamente por ter a maior massa de raízes, pois aproximadamente 10% da MS é constituída por minerais, que ficarão disponíveis no solo para o próximo cultivo.

Para a variável densidade de raiz, os resultados obtidos variaram de 96,3 a 150,9 kg.m<sup>-3</sup> em Guarapuava (Tabela 1). Já para avaliação em Passo Fundo, a oscilação foi de 99,5 a 181,5 kg.m<sup>-3</sup>, sendo a maior densidade de raiz obtida pelo híbrido Hyola 571CL. Ressalta-se que a arquitetura radicial, ou seja, a forma como as raízes se distribuem no espaço, sofre influência genética, podendo influenciar na formação de raízes adventícias e laterais, no comprimento e na densidade radicial. Adicionalmente, exerce influência na aquisição de nutrientes, como o P, K, Ca e Mg, e na tolerância ao excesso de Al e Mn, em solos ácidos

(LYNCH, 2007). Evidencia-se com isso que o fornecimento de nutrientes também afeta o crescimento das raízes e sua morfologia, de forma que a densidade das raízes aumenta consideravelmente em locais com maior concentração de fertilizante (MARSCHNER, 1995) e sua mobilidade no solo (HODGE, 2004).

Ainda, quanto à variável densidade radicial, diferença não foi observada na avaliação do local de cultivo, exceto para o híbrido Hyola 571CL, que apresentou maior densidade radicial na avaliação em Passo Fundo quando comparado aos resultados obtidos em Guarapuava. As respostas arquitetônicas das raízes também dependem de características do nutriente limitante, sendo que alguns nutrientes, como fósforo (P), possuem mobilidade muito baixa no solo, concentram-se nas camadas superficiais (SILVA & DELATORRE, 2009) de forma que, com a decomposição das raízes, esse fósforo torna a ficar em superfície, o que pode influenciar no desenvolvimento radicial das culturas.

Considerando as condições físicas do solo, em poáceas por exemplo, com o aumento da resistência do solo à penetração acarreta redução no comprimento de raízes densas e na massa das raízes (GIACOMINI et al., 2003). Isso porque a resistência do solo à penetração aumenta com o decréscimo da umidade, dificultando o desenvolvimento das raízes (MARSCHNER, 1995). Em condições de pastejo em capim-colônia (*Panicum maximum*) ocorre paralização do crescimento radicular e transferência de carbono da raiz para suprir a necessidade de crescimento da parte aérea, visando atender às necessidades do perfilho

(SARMENTO et al., 2008). A partir disso, aponta-se que híbridos de canola com maior densidade de raízes como K 10050 e H 92002 em Guarapuava e Hyola 571CL em Passo Fundo, apresentam maior quantidade de reserva nas raízes, podendo fornecer o aporte de carbono necessário à parte aérea quando em condições adversas.

Para a variável área superficial específica (ASE), no experimento de Guarapuava, os maiores valores foram apresentados pelo híbrido Hyola 571CL, tendo esse híbrido maior ASE na avaliação em Guarapuava quando comparado aos resultados obtidos na avaliação em Passo Fundo (Tabela 1).

Sabe-se que diferenças genéticas na adaptação à baixa disponibilidade de fósforo no solo entre genótipos de milho e feijão estão associados com a extensão da camada superficial de exploração do solo pelas raízes (ZHU et al., 2005). Resultados semelhantes tem sido observado com soja (YAN, 2005). Sugere-se que a superficialidade de raízes basais é uma característica importante para exploração do solo e eficiência de aquisição de fósforo em culturas anuais (LYNCH, 2007).

Por outro lado, para o experimento de Passo Fundo, o híbrido Hyola 751TT apresentou a maior ASE, atingindo  $18,20 \text{ m}^2.\text{kg}^{-1}$  (Tabela 1). Na cultura do feijão há relação entre superficialidade de raiz e absorção de fósforo (LIAO et al., 2004). Isso ocorre porque o incremento na área superficial de absorção do sistema radicial aumenta a área de solo explorado pelas raízes. Seguindo essa lógica, plantas do híbrido Hyola 751TT, por apresentarem maior área de absorção podem apresentar

estado nutricional melhor do que aquelas que apresentam menor área de absorção, além de maior tolerância a condições ambientais adversas como elevadas temperaturas (SCHENCK & SCHROEDER, 1974), deficiência hídrica (MOSSE et al., 1981), variações altas de pH (SAFIR & DUNIWAY, 1982) e proteção contra patógenos (MARX, 1970), o que pode condicionar, de certa forma, a taxa de sobrevivência das espécies (SILVA et al., 2003). Logo, o híbrido Hyola 571CL em Guarapuava bem como o híbrido Hyola 751TT em Passo Fundo, conseguem explorar uma maior área do solo, aumentando assim, a possibilidade de acessar os recursos hídricos e nutricionais disponíveis no perfil do solo.

Com isso, evidencia-se a necessidade de detalhar as informações ao se fazer a caracterização detalhada da arquitetura das raízes. Uma vez que a arquitetura de raiz caracteriza a configuração espacial do sistema radicial ao longo do tempo, sendo extremamente importante para a aquisição de recursos do solo, pois determina a extensão da competição por tais recursos entre raízes de plantas vizinhas (LYNCH, 2005). Dessa forma, ressalta-se que categorizar informações referentes a comprimento, área e volume de raiz em diferentes classes de diâmetros promove maior precisão na avaliação dos dados. Nesse sentido, há diferenças altamente significativas na variação entre as classes de raiz de feijão em relação ao custo metabólico de exploração do solo (MILLER et al., 2003).

Na avaliação da distribuição do comprimento radicial nas classes de diâmetro estabelecidas, observa-se de forma geral, que para

todos os híbridos avaliados, a maior concentração de comprimento de raízes encontra-se na faixa de 1-5 mm de diâmetro em ambos os locais de cultivo avaliados (Tabela 2). Em Guarapuava, o híbrido Hyola 571CL demonstrou maior concentração de raízes em comparação aos demais híbridos em três classes de diâmetro: < 1 mm, 5-10 mm e >10, que correspondem, respectivamente, a raízes finas, intermediárias grossas e grossas. Sendo que os resultados obtidos por esse híbrido nos diâmetros citados foi maior em Guarapuava quando em comparação com Passo Fundo (Tabela 2). Isso evidencia que o Hyola 571CL, na avaliação em Guarapuava apresentou uma heterogeneidade maior quanto à espessura radicial, uma vez que possui maior quantidade de comprimento de raízes em três das quatro classes de diâmetro. O percentual de comprimento de raiz foi de 28% na classe de diâmetro < 1 mm e 67% na classe de 1-5 mm, caracterizando que o sistema radicial deste híbrido possui mais raízes finas e intermediárias finas (Tabela 2).

No milho há grande variação genotípica para o diâmetro de raízes laterais, na qual associa-se reduzidos diâmetros de raiz com uma maior superfície de raízes laterais, rápido crescimento lateral e maior crescimento da parte aérea (ZHU & LYNCH, 2005). A canola apresentou resposta similar, visto que o híbrido Hyola 571CL obteve maior área superficial e ASE de raiz na avaliação em Guarapuava (Tabela 1), tendo seu sistema radicial formado 28% por raízes finas e 67% por raízes intermediárias finas (Tabela 2). Brasil et al. (2000), afirma que a classificação das raízes em diâmetro é de extrema relevância, em função

de que as raízes mais finas (<0,8 mm), são muitas vezes menosprezadas pois pouco contribuem na massa total, porém são as que mais colaboram na absorção de nutrientes, entretanto no estudo de reservas devemos saber qual o tipo de raiz que mais contribui para isso, pois as raízes mais grossas já estão suberizadas e lignificadas, não apresentam funções biológicas.

Tabela 2. Comprimento total de raízes de distintos raios em distintas classes de diâmetros em híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA). Passo Fundo, 2015

Local	Híbridos						
	< 1 mm (m.ha <sup>-1</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V.(%)
GUA	82060 Eb	449250 Aa	180835 Ca	96285 Db	236699 Bb	330919	7,94
PF	613531 Ba	279535 Db	154153 Eb	582663 Ca	634177 Aa		
Local	1 - 5 mm (m.ha <sup>-1</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V.(%)
	GUA	1159813 Ba	1051841 Ca	1394264 Aa	796796 Ea	882483 Da	867775
PF	734218 Cb	477948 Db	912633 Ab	477575 Eb	786171 Bb		
Local	5 - 10 mm (m.ha <sup>-1</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V.(%)
	GUA	48938 Ba	64479 Aa	43905 Cb	29469 Da	32630 Da	33944
PF	19633 Bcb	8356 Db	51366 Aa	23196 Bb	17472 Cb		
Local	> 10 mm (m.ha <sup>-1</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V.(%)
	GUA	7443 Ba	9219 Aa	4051 Db	7020 Ba	5047 Ca	4312
PF	1585 Bb	396 Cb	5162 Aa	1740 Bb	1542 Bb		

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; C.V.: coeficiente de variação.

O híbrido K 10050 em Guarapuava apresentou maior concentração de comprimento de raiz na classe de 1-5 mm de diâmetro (Tabela 2). O percentual de comprimento de raiz desse híbrido na classe 1-5 mm correspondeu a 86% do total, possuindo predomínio de raízes intermediárias finas em seu sistema radicial (Tabela 2). A redução do diâmetro da raiz ou da densidade do tecido é uma estratégia para reduzir o custo metabólico de exploração de solo, possibilitando assim que cada grama de tecido da raiz possa explorar maior volume de solo (LYNCH & BROWN, 2006).

Em Passo Fundo, o híbrido K 10050 apresentou maior comprimento radicial para diâmetros 1-5 mm, de 5-10 mm e >10 mm quando comparado aos demais híbridos no mesmo local (Tabela 2). Nos referidos diâmetros, o resultado obtido pelo híbrido foi maior em Passo Fundo quando em comparação com Guarapuava, exceto no diâmetro de 1-5 mm de espessura, em que para todos os híbridos avaliados, o maior comprimento radicial foi obtido em Guarapuava.

Raízes com maior diâmetro podem levar a uma diminuição do comprimento específico (RYSER, 2006). Tal relação também foi observada no presente estudo, visto que para o diâmetro de maior espessura (>10mm), foram obtidos os menores valores de comprimento de raízes (menos de 1% do comprimento total) para todos os híbridos avaliados em ambos os locais de cultivo. Materechera et al. (1991) observaram aumento do diâmetro e redução no comprimento das raízes, evidenciando correlação positiva entre o diâmetro da raiz e a sua

capacidade de crescimento em solo compactado. Assim, os mesmos autores conferiram ao nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) potencial em atuar como escarificador biológico do solo. Dada a semelhança do sistema radicial desta espécie com a canola, podemos sugerir que híbridos de canola como o K 10050, apresentam-se como mais eficientes alternativas na busca de melhorias nas condições físicas do solo.

Na avaliação da distribuição da área superficial radicial em classes de diâmetro, o híbrido Hyola 571CL apresentou em Guarapuava maior área superficial de raízes em todas as classes de diâmetro exceto para o diâmetro 1-5 mm, quando comparado aos demais híbridos no mesmo local, de forma que apresentou nos referidos diâmetros maior área na avaliação em Guarapuava em comparação com Passo Fundo (Tabela 3). O percentual de área superficial de raiz nesse híbrido é 32% na classe de diâmetro < 1 mm e 52% na classe de 1-5 mm. Na avaliação em Passo Fundo, o híbrido K 10050 apresentou maior área superficial de raízes para os diâmetros intermediários 1-5 e 5-10 mm, concentrando 93% do total de área superficial do híbrido em raízes intermediárias finas e intermediárias grossas (Tabela 3).

Em Guarapuava, o híbrido H 92002 apresentou a menor área superficial de raízes para todas as classes de diâmetro exceto para superior a >10 mm, evidenciando novamente maior presença de raízes de elevada espessura para este híbrido (Tabela 3). A área de superfície de raiz é um parâmetro que auxilia no entendimento da relação do sistema solo-planta (GRANT et al., 2012). Segundo Reinert et al. (2008), as raízes

são mais grossas na fase inicial da cultura afinando-se ao longo do tempo de cultivo, isso se não encontrarem condições adversas ao seu desenvolvimento como densidade do solo elevada que causa deformidade na zona de crescimento radicial, principalmente em culturas que possuam sistema radicular pivotante, como é o caso da canola. Nesse sentido, quanto maior o diâmetro das raízes, maior será a pressão exercida no solo, compactando-o e dificultando a penetração das raízes (REINERT et al., 2008).

Para os dados avaliados em Passo Fundo, os híbridos que apresentaram maior área superficial para diâmetros < 1mm foram Hyola 61, H 92002 e Hyola 751TT (Tabela 3). Para esta variável, proporcionalidade com o comprimento de raiz foi evidenciada, visto que os híbridos que apresentaram maiores valores de comprimento para a classe de diâmetro < 1mm no mesmo local (Tabela 2), apresentaram mesma resposta para a variável área superficial. Embora não haja boas evidências a respeito da influência da arquitetura das raízes na aquisição de nutrientes como fósforo, nitrato, cálcio e magnésio; sabe-se que a estrutura fina da arquitetura da raiz faria com que a aquisição desses nutrientes fosse menos dependente da proximidade com a raiz (LYNCH, 2007). Huang & Fry (1998) sugeriram que a produção de raízes finas em resposta a secagem do solo poderiam melhorar a absorção de água e nutrientes em festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.), o que favoreceria os híbridos Hyola 61, H 92002 e Hyola 751TT quanto à absorção de água e nutrientes, visto a presença de raízes finas em seus sistemas radicais.

Tabela 3. Área superficial de raízes em classes de diâmetros em híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA). Passo Fundo, 2015

Local	Híbridos						
	< 1 mm (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V. (%)
GUA	191,56DB	2808,20Aa	514,74BCa	255,88CDb	664,94Bb	1055,98	17,63
PF	1496,12Aa	739,62Bb	456,34Ba	1611,05Aa	1819,63Aa		
1 - 5 mm (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )							
GUA	5868,19ABa	4518,48BCa	7103,95Aa	4043,98Ca	4469,22Ca	4484,3	12,74
PF	3806,94BCb	2454,31Cb	5245,70Ab	2934,24Ca	4397,91ABa		
5 - 10 mm (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )							
GUA	1016,54ABa	1092,15Aa	941,79Ba	607,43Ca	614,59Ca	671,41	8,97
PF	411,36Bb	157,41Cb	1044,67Aa	470,49Ba	357,77Bb		
> 10 mm (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )							
GUA	284,70Aa	304,50Aa	150,58Bb	275,96Aa	175,41Ba	158,41	13,29
PF	58,37Bb	10,88Bb	206,30Aa	60,41Bb	56,95Bb		

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. C.V.: coeficiente de variação.

O híbrido K 10050 apresentou maior área superficial de raízes na classe de 1-5 mm de diâmetro, em ambos os locais de cultivo, obtendo significativo aumento dessa área na avaliação em Guarapuava, quando em comparação com Passo Fundo. Na avaliação do experimento conduzido em Passo Fundo, também o híbrido K 10050 apresentou maior área superficial de raízes na classe de 1-5 mm, 5-10 mm e > 10 mm de diâmetro (Tabela 3). Atribui-se a raízes mais grossas (de maior diâmetro) maior resistência e com isso, possibilidade de penetração em camadas mais compactadas, aumentando assim a bioporosidade e a mesofauna do solo, razão de se considerar a rotação de culturas fundamental (STONE et

al., 2006). Da mesma forma, raízes com diâmetro aumentado tem grandes vasos de xilema, aumentando a condutância axial e melhorando a capacidade de penetração das raízes de arroz (*Oryza sativa* L.) (FUKAI & COOPER, 1995; CLARK et al., 2008). Assim, a partir dos resultados obtidos em Passo Fundo, evidencia-se que o híbrido K 10050 apresenta-se como opção para a rotação de culturas, auxiliando na melhoria das condições do solo.

Na avaliação da distribuição do volume radicial em classes de diâmetro, observa-se de forma geral maior concentração de volume de raízes na classe de 1-5 mm de diâmetro em todos os híbridos avaliados para ambos os locais de cultivo (Tabela 4). Para os dados obtidos em Guarapuava, o híbrido Hyola 571CL apresentou o maior valor de volume de raiz no diâmetro <1mm, 5-10 mm quando comparado aos demais híbridos no mesmo local (Tabela 4).

A partir dos resultados obtidos na avaliação em Guarapuava, evidencia-se ainda que o híbrido K 10050 tem maior volume de raiz nas raízes intermediárias finas (de 1-5 mm de diâmetro) e intermediárias grossas (de 5-10 mm de diâmetro) (Tabela 4), concentrando 90% do seu volume de raiz nessas classes de diâmetro. O híbrido K 10050, na avaliação em Passo Fundo, apresentou maior volume de raiz em todas as classes de diâmetro, exceto para a classe < 1 mm (Tabela 4). Plantas com bom desenvolvimento do sistema radicial, tanto em volume como em adequada arquitetura, podem aperfeiçoar a utilização dos recursos que estão disponíveis, o que contribui para o

desenvolvimento da cultura e auxilia na estruturação do solo (SANTANA et al., 2012). Efeitos fenotípicos na raiz e crescimento da parte aérea em condições ambientais ótimas são delineadas principalmente por mudanças na competência genética e não pelo regulagem dreno/fonte (VERCRUYSSSEN et al., 2011).

Tabela 4. Volume de raízes de distintos raios em classes de diâmetros em híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA). Passo Fundo, 2015

Local	Híbridos					Média	C.V. (%)
	< 1 mm (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT		
GUA	0,036Db	0,334Aa	0,117BCa	0,054CDb	0,149BCb	0,21	19,25
PF	0,41Aa	0,157Bb	0,107Ba	0,356Aa	0,417Aa		
	1 - 5 mm (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )						
GUA	2,99BCa	3,065ABa	3,744Aa	2,116Da	2,363CDa	2,51	11,33
PF	2,23Bb	1,237Cb	3,145Aa	1,771BCa	2,452ABa		
	5 - 10 mm (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )						
GUA	1,747ABa	2,138Aa	1,660Ba	1,028Ca	1,135Ca	1,19	15,62
PF	0,712BCb	0,242Db	1,868Aa	0,784BCa	0,605CDb		
	> 10 mm (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )						
GUA	0,883Aa	1,093Aa	0,455Ba	0,894Aa	0,559Ba	0,53	17,44
PF	0,173BCb	0,024Cb	0,712Aa	0,168BCb	0,251Bb		

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. GUA – Guarapuava; PF – Passo Fundo; C.V. - coeficiente de variação.

Evidenciou-se que a canola possui abundantes raízes finas com a capacidade de ramificação e se proliferam nas zonas de maior teor de nutrientes, como em torno de faixas de adubação ou grânulos de

adubo. Além disso, as raízes de canola podem aumentar o seu número e o comprimento das raízes secundárias (fasciculadas), em resposta a condições de baixa disponibilidade fósforo (EDWARDS & HERTEL, 2011). Concentrações de alumínio entre 20 e 40 ppm aumentam em até 75% o crescimento da raiz de plântulas de canola, sendo que maiores concentrações de alumínio causam atrofiamento da raiz principal e redução do desenvolvimento de raízes secundárias e da formação de raízes laterais (CLUNE & COPELAND, 1999).

De acordo com Casão Junior et al. (2000), no sistema de plantio direto, as semeadoras equipadas com discos de corte e sulcadores tipo facão rompem as camadas compactadas logo abaixo da superfície do solo. O rompimento das camadas compactadas favorece o desenvolvimento das raízes pivotantes da canola e estas contribuem na formação de macroporos que favorecem a aeração e a infiltração da água no solo. Assim, a partir das características do sistema radicial apresentadas pelos híbridos Hyola 571CL em Guarapuava e K 10050 em Passo Fundo, observa-se que estes híbridos apresentam-se como ferramenta alternativa a ser utilizada no processo de escarificação biológica do solo.

#### **4.2 Caracterização do crescimento de parte aérea**

Na avaliação das variáveis de parte aérea, para a variável estatura, os híbridos apresentaram diferença entre si, porém não houve

interação entre híbridos e locais. A média obtida para a esta variável foi de 121,4 cm, sendo que os valores obtidos em Guarapuava são, em média 30% maiores em comparação com os resultados de Passo Fundo. O híbrido K 10050 apresentou a maior estatura de planta em ambos os locais, atingindo 147cm em Guarapuava e 124 cm em Passo Fundo (Tabela 5). De acordo com Coimbra et al. (2004) há uma relação inversamente proporcional entre estatura de planta e massa de mil grãos em canola, visto que menor estatura de planta aumenta a massa de mil grãos. Também foi observada uma correlação negativa entre estatura de plantas com o número de grãos por planta, vagens por planta e massa de mil grãos na cultura da soja (SOUZA et al., 2013). Nesse sentido, elevada estatura pode não ser uma característica desejável no que se refere ao potencial produtivo da planta, pois elevada estatura pode acarretar em sombreamento das folhas inferiores, o que pode influenciar reduzindo a taxa fotossintética (BERNARDES, 1987). Apesar disso, não é possível considerar que a maior estatura apresentada pelo híbrido K 10050 represente influência negativa, visto que para isso, mais variáveis devem ser avaliadas.

Na avaliação do número de ramos secundários (NRS), os híbridos não diferiram entre si na avaliação em Passo Fundo. Todavia, na avaliação em Guarapuava, observa-se que os híbridos Hyola 571CL e Hyola 751TT obtiveram menor NRS quando em comparação com os demais híbridos no mesmo local, e menor NRS quando em comparação aos resultados obtidos por esses híbridos em Passo Fundo.

Para a variável número de ramos terciários (NRT), os híbridos Hyola 61 e K 10050 obtiveram maior NRT na avaliação em Guarapuava. Já os híbridos Hyola 571CL e K 10050 obtiveram maior NRT na avaliação em Passo Fundo, apresentando respectivamente 7,74 e 8,58 ramos, sendo maior do que o resultado obtido por esses mesmos híbrido na avaliação em Guarapuava. O ambiente apresenta forte influência sobre emissão de ramos em híbridos de canola (KRUGER et al., 2011), o que justifica a distinta resposta dos híbridos nos diferentes locais de cultivo avaliados no presente estudo (Tabela 5).

Quanto a variável número de folhas (Tabela 5), os valores de Passo Fundo variaram de sete a 31 folhas, sendo que o híbrido K 10050 obteve o maior número de folhas. Miralles et al. (2001) encontraram para número final de folhas em canola valores que variaram de 22 a 29. Isso porque há variabilidade entre genótipos de canola quanto ao número de folhas (DALMAGO et al., 2013). Observa-se que há diferença de tamanho entre as folhas de acordo com a localização das mesmas na planta, de forma que na parte superior localizam-se folhas menores (MORRISON et al., 1992), o que influencia positivamente na captação de radiação fotossinteticamente ativa no dossel (EDWARDS & HERTEL, 2011).

Ainda para a variável número de folhas, na avaliação em Guarapuava, os valores obtidos variaram de 21 a 37, sendo o maior resultado também obtido pelo híbrido K 10050 (Tabela 5). O resultado obtido pelo referido híbrido na avaliação em Guarapuava superou trabalhos desenvolvidos por Thomas (2003), número total de até 30

folhas e Nanda et al. (1995), total de 35 folhas. O número de folhas por planta é variável, pois uma planta pode produzir de 11 a 17 folhas na haste principal, dependendo da variedade e das condições de crescimento (DALMAGO et al., 2013), sendo que as maiores folhas localizam-se entre o sexto e décimo nó (NANDA et al., 1995).

Tabela 5. Caracterização do crescimento de parte aérea de híbridos de canola em duas localidades. Passo Fundo, 2015

Locais	Híbridos						
	a) Estatura (cm)**						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V.(%)
GUA	132AB	132AB	146A	118B	134AB	121,4	5,56
PF	103B	110B	124A	102B	109B		
b) NRS (n.planta <sup>-1</sup> )							
GUA	5,07Aa	3,84Bb	4,6Aa	4,69Aa	4,12Bb	4,84	7,21
PF	5,39Aa	5,24Aa	4,87Aa	5,61Aa	5,00Aa		
c) NRT (n.planta <sup>-1</sup> )							
GUA	5,10Aa	4,43ABb	5,18Ab	3,87BCb	3,11Cb	5,39	6,85
PF	5,57Ba	7,74Aa	8,57Aa	6,29Ba	4,10Ca		
d) N° folhas (n.planta <sup>-1</sup> )							
GUA	29Ba	22Ca	38Aa	27BCa	29Ba	24,27	11,09
PF	26ABa	13Cb	31Ab	7Db	21Bb		

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. \*\*Para a variável estatura não houve interação híbrido X local. PF: Passo Fundo; GUA: Guarapuava; NRS: número de ramos secundários; NRT: número de ramos terciários; C.V.: coeficiente de variação.

De forma geral, os valores obtidos em Guarapuava para a variável número de folhas, superam em aproximadamente 68% os obtidos em Passo Fundo. Isso pode ser decorrente do fato de o número final de

folhas aumentar conjuntamente com o alongamento da fase vegetativa, indicando que há relação entre o número de folhas e o desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2008), visto que observou-se diferenças quanto à RFA (radiação fotossinteticamente ativa) mensurada em ambos os locais, de forma que Guarapuava apresentou elevada RFA para todos os meses do ciclo de desenvolvimento da cultura, chegando a ser 34% maior no mês de junho (Figura 3), período em que a cultura encontrava-se em fase de desenvolvimento vegetativo.

Para avaliação da área foliar unitária (AFU), em Guarapuava, os valores obtidos variaram de 49,54 a 64,96 cm<sup>2</sup>, não havendo diferença dos híbridos entre si (Tabela 6). Já na avaliação em Passo Fundo, os valores de AFU variaram de 39,43 até 116,73 cm<sup>2</sup>, sendo que o híbrido H 92002 obteve a maior AFU (Tabela 6). Informações sobre área foliar tem elevada importância, pois a eficiência do processo fotossintético depende da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, as quais são influenciadas pela arquitetura do dossel e pela dimensão do sistema fotoassimilador (FAVARIN et al., 2002). Aponta-se ainda que a taxa de crescimento da cultura da canola está intimamente relacionada com a quantidade de radiação solar captada pelas folhas.

As folhas de canola influenciam o rendimento de grãos na fase inicial de crescimento, influenciando o desenvolvimento da capacidade de fonte geral da planta, conjunto de síliquas e desenvolvimento precoce da semente (NARAYANAN & PRASAD, 2014). Nesse sentido, novamente evidencia-se que os híbridos

apresentaram significativo incremento para a variável citada na avaliação em Guarapuava, apresentando AFU três vezes maiores do que as obtidas para os mesmos híbridos em Passo Fundo, o que pode ser justificado tendo em vista que Guarapuava apresentou uma maior RFA em comparação com Passo Fundo, superior em aproximadamente 9,63%, 34,3% e 18,6% nos meses de maio, junho e julho, respectivamente (Figura 3).

Quanto à avaliação de área foliar total (AFT), de forma geral os resultados obtidos em Guarapuava são maiores do que os obtidos em Passo Fundo, de forma que em Guarapuava os valores obtidos variaram de 1306,56 a 2078,92cm<sup>2</sup> e em Passo Fundo de 765,94 a 1218,47cm<sup>2</sup>. Em ambos os locais de cultivo, o híbrido K 10050 foi o que apresentou o maior valor para essa variável e o híbrido H 92002 o menor valor (Tabela 6). Pode-se atribuir que a reduzida área foliar apresentada pelo híbrido H 92002 é decorrente da menor área superficial (ASE) de raízes em diâmetros reduzidos (Tabela 3), as quais auxiliam na formação dos sítios de troca entre planta e solo, fundamentais para absorção de água e nutrientes (WAISEL & ESHEL, 2002).

Em girassol, a área foliar é uma característica de suma importância, sendo que as folhas da metade superior exportam 75% do total de fotoassimilados produzidos, dos quais 80% direcionam-se para o grão, já as folhas inferiores exportam apenas 50%, o restante é armazenado nas raízes e no caule (CASTIGLIONI & OLIVEIRA, 1999). Blum et al. (2003), cita que em canola, tanto a desfolha como as

modificações entre fonte e dreno, ocasionam alterações na fisiologia que proporcionam modificações na estatura da planta. O mesmo foi observado no presente trabalho, visto que o híbrido K 10050 apresentou maior estatura e também maior AFT (Tabelas 5 e 6). Além disso, o reduzido diâmetro de espessura das raízes do híbrido K 10050 (Tabela 2) pode ter condicionado menor gasto energético no crescimento do sistema radicial, resultando em maior disponibilidade de fotoassimilados para desenvolvimento de parte aérea, o que foi observado no melhor desempenho desse híbrido em todas as variáveis de parte aérea em ambos os locais de avaliação (Tabelas 5 e 6).

Os resultados de índice de área foliar (IAF) em Guarapuava foram maiores do que os obtidos em Passo Fundo para todos os híbridos avaliados. Os resultados de IAF obtidos em Guarapuava variaram de 3,22 a 5,40, com o híbrido K 10050 apresentando o maior IAF. Já na avaliação em Passo Fundo, os valores obtidos para IAF variaram de 1,99 a 3,17 e os híbridos K 10050 e Hyola 61 foram os que obtiveram os maiores índices (Tabela 6). A área foliar tem reconhecida importância, pois é indicativo da produtividade da planta, uma vez que a fotossíntese depende da interceptação da energia luminosa pelo dossel e da sua conversão em energia química. Além disso, há aumento linear da área foliar de canola com o incremento na adubação nitrogenada (CHEEMA et al., 2010). Por outro lado, a medida em que o IAF aumenta, as folhas inferiores sofrem maior sombreamento e, conseqüentemente, diminuindo a taxa

fotossintética média da área foliar (YOSHIDA, 1972; BERNARDES, 1987).

Tabela 6. Caracterização de área foliar e massa seca de híbridos de canola cultivados em Passo Fundo e Guarapuava. Passo Fundo, 2015

Local	Híbridos						
	a) AFU (cm <sup>2</sup> )						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V. (%)
GUA	55,67Aa	57,93Aa	55,27Aa	49,54Ab	64,96Aa	60,03	15,93
PF	45,27CDa	69,76Ba	39,43Da	116,73Aa	46,38CDa		
b) AFT (cm <sup>2</sup> .planta <sup>-1</sup> )							
GUA	1632,92Ca	1240,21Da	2078,92Aa	1306,56Da	1860,08Ba	1315	6,53
PF	1154,37ABb	916,28Cb	1218,47Ab	765,94Cb	971,18BCb		
c) IAF							
GUA	4,24Ca	3,22Da	5,40Aa	3,39Da	4,83Ba	3,42	6,54
PF	3,00ABb	2,38Cb	3,17Ab	1,99Cb	2,52BCb		
d) MS (g.planta <sup>-1</sup> )							
GUA	41,77Aa	35,77ABCa	38,24ABa	35,58ABCa	33,89BCa	25,99	12,2
PF	10,91Bb	12,65Bb	28,5Ab	12,25Bb	10,36Bb		

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. AFU – área foliar unitária; AFT – área foliar total; IAF – índice de área foliar; MS – massa seca de parte aérea.

A máxima eficiência da interceptação radiação solar fotossinteticamente ativa foi encontrada em IAF em torno de 2,0 (metade do máximo encontrado) (NIED et al., 2013), tendo em vista que a elevação do IAF pode acarretar em sombreamento, o que influencia diretamente na interceptação da radiação. Segundo Edwards & Hertel (2011), o máximo IAF da canola varia de 2 a 5 de acordo com o

ambiente, ocorrendo no início do florescimento, sendo que é necessário um IAF próximo a 4 para interceptação de 90% da radiação solar, índice obtido na maioria dos híbridos avaliados em Guarapuava (Tabela 6). Assim, IAF intermediários podem apresentar vantagens na interceptação de energia luminosa. Há evidências de que a canola apresenta IAF inversamente proporcional à densidade de plantas (EDWARDS & HERTEL, 2011). Contudo, Chavarria et al. (2011) observaram elevação no IAF conforme incremento na população até 45 plantas.m<sup>-2</sup>, sendo que em populações de 60 plantas.m<sup>-2</sup> houve decréscimo no IAF. Isso sugere que a canola apresenta elevada capacidade de adaptação, compensando alterações na população de plantas (TOMM et al., 2009).

Na avaliação da variável massa seca de parte aérea (MS), os valores obtidos em Guarapuava oscilaram de 28,39 a 46,49 g.planta<sup>-1</sup> e de 10,36 a 18,50 g.planta<sup>-1</sup> sendo que a maior massa seca de parte aérea (MS) foi obtida pelo híbrido K10050 (Tabela 6), em ambos os locais. Nesse contexto é possível estabelecer uma relação entre massa seca da parte aérea e área foliar de canola, pois quanto maior a área foliar exposta ao sol, mais massa seca a cultura pode produzir ao dia, aumentando seu potencial de rendimento de grãos (EDWARDS & HERTEL, 2011). Assim, a partir das informações de duração do ciclo da cultura, em que o híbrido K 10050 apresentou duração de 147 dias em Passo Fundo e 160 dias em Guarapuava (informação pessoal Gilberto Omar Tomm), aponta-se que o híbrido K 10050 apresentou ganho médio diário de massa seca

de 0,125 e 0,29 g.planta<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, para Passo Fundo e Guarapuava, respectivamente.

Evidencia-se então que o aumento da matéria seca obtido pelo híbrido K 10050 se deve ao aumento de área foliar obtido (Tabela 6), que objetiva elevar o potencial da fonte de fotoassimilados. Assim, o aumento da área foliar proporciona maior captação de energia luminosa para a fotossíntese, assimila maior quantidade de carbono, maximizando a produção de material orgânico para a manutenção estrutural da planta e do crescimento vegetal (LOPES & MAESTRI, 1973). Segundo Lovato et al. (2004) aproximadamente 40% da matéria seca é constituída de carbono orgânico. A partir disso, podemos inferir que o híbrido K 10050 foi fotossinteticamente mais eficiente que os demais, visto que apresentou acúmulo de aproximadamente 18,59 g de carbono na avaliação em Guarapuava e 7,4 g em Passo Fundo.

Para híbridos que empregam genes de tolerância a triazina (TT) como o Hyola 751 TT, redução na eficiência do uso da radiação é observada, com isso o acúmulo de biomassa é menor na maturidade fisiológica, acarretando numa redução média de 26% no rendimento quando em comparação com híbridos não-TT (ROBERTSON et al., 2002), justificando o desempenho obtido pelo híbrido para esta variável.

Além disso, para as cultivares de canola utilizadas atualmente no Brasil, a temperatura do ar exerce influência no desenvolvimento das plantas (LUZ et al., 2012), de forma que temperaturas elevadas afetam o desenvolvimento da cultura, podendo diminuir a produção total de

matéria seca e os componentes do rendimento de grãos (THOMAS, 2003). Assim, pode-se inferir que tal resposta é resultado de um possível aumento na duração do ciclo do híbrido, o que pode ser explicado em decorrência da diferença climática entre os locais, visto que o clima de Guarapuava classifica-se como temperado do tipo Cfb - clima temperado, diferente de Passo Fundo cujo clima é do tipo Cfa - clima subtropical (Figura 3). Thomas (2003) afirma que a canola é favorecida por temperaturas do ar mais baixas tendo como faixa ótima para o desenvolvimento entre 13 e 22°C, e média de 17°C, sendo que a temperatura afeta a fotossíntese e a respiração (TAIZ & ZEIGER, 2009) e ocorre interrupção no desenvolvimento da planta quando excedido os limites das temperaturas basais da cultura (CHANG, 1968).

Na avaliação da correlação entre as variáveis de raiz e parte aérea, observou-se correlação moderada ( $r= 0,3 - 0,7$ ) entre a variável área superficial de raiz e as variáveis estatura, número de folhas, AF, MS e IAF (Tabela 7). Tal resultado difere dos obtidos por Narayanan & Prasad (2014), nos quais a estatura das plantas não apresentou correlação com a maioria das características de raízes.

O comprimento de raiz apresentou correlação moderada para as variáveis estatura, número de folhas, AF e IAF (Tabela 7). Um dos primeiros estudos que avaliou caracteres de raiz em relação à estatura da planta informou relação de proporcionalidade entre estatura e comprimento de sistema radicial (MAC KEY, 1973), o que também foi observado no presente trabalho. Da mesma forma, alterações na área

foliar podem refletir em limitação de fotoassimilados, reduzindo a estatura da planta e o tamanho dos grãos (FONSECA et al., 2013). Isso ocorre devido ao rendimento de grãos depender amplamente da eficiência fotossintética da folha e da intensidade de translocação dos assimilados dos órgãos vegetais para as estruturas reprodutivas (LEITE et al., 2005).

Tabela 7. Coeficiente de correlação entre os caracteres de parte aérea e sistema radicial de híbridos de canola cultivados em Passo Fundo e Guarapuava, Passo Fundo, 2015

Caracteres radiciais	Caracteres de parte aérea					
	Estatura	Nº Folhas	AF	AFU	MS	IAF
Área	0,60	0,56	0,50	-0,32	0,54	0,51
Comprimento	0,42	0,44	0,40	-0,26	0,24	0,40
Volume	0,67	0,65	0,56	-0,37	0,73	0,56
M S	0,79	0,75	0,76	-0,32	0,82	0,76
Densidade	0,02	-0,11	0,05	0,14	0,00	0,05
ASE	-0,37	-0,33	-0,41	0,05	-0,52	-0,41

\*Significativo para o teste de Pearson a  $P < 0,05$ ; AF: área foliar; AFU: área foliar unitária; MS: massa seca; IAF: índice de área foliar; ASE: área superficial específica de raiz.

A variável volume radicial, além de apresentar moderada correlação com a estatura, o número de folhas, a AF e o IAF, apresentou forte correlação com a variável MS de parte aérea (Tabela 7). Da mesma forma, a variável MS de raiz também apresentou forte correlação com as variáveis de parte aérea: estatura, número de folhas, AF, MS e IAF (Tabela 7), concordando com Sivamani et al. (2000) que, na cultura do trigo, associou aumento na massa seca de raiz com aumento na produção de biomassa e Koscielny & Gulden (2012), que observaram haver

correlação positiva entre MS de parte aérea e MS de raiz e comprimento total de raízes e ASE. Assim, o crescimento da raiz e do caule são complementares, ajustando seu tamanho relativo para atender os requisitos básicos da planta como um todo, em resposta às condições climáticas e de fertilidade do solo (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013).

### **4.3 Caracterização dos componentes de rendimento de grãos**

O número de síliquas no ramo primário (NSRP) do híbrido Hyola 61 obteve o maior NSRP, atingindo 64,78 síliquas na avaliação em Guarapuava, tendo esse híbrido melhor resultado na avaliação em Guarapuava em comparação com Passo Fundo (Tabela 8). Já na avaliação em Passo Fundo, o maior NSRP foi obtido pelo híbrido K 10050, ao atingir 47,96 síliquas.

Na avaliação do número de síliquas nos ramos secundários (NSRS) em Guarapuava, o híbrido Hyola 61 junto com o híbrido K 10050, obtiveram os maiores NSRS, obtendo respectivamente, 136,58 e 127,32 síliquas (Tabela 8). Para essa mesma variável, na avaliação em Passo Fundo, também o híbrido K 10050 obteve o maior NSRS (127,32 síliquas), não diferindo o resultado obtido para esse híbrido em ambos os locais de avaliação.

Na avaliação do número de síliquas nos ramos terciários (NSRT), o híbrido K 10050 obteve os maiores resultados em ambos os

locais de avaliação, atingindo 65,19 siliquas em Guarapuava e 136,33 siliquas na avaliação em Passo Fundo, de forma que para esta variável o resultado obtido pelo híbrido foi maior em Passo Fundo do que em Guarapuava (Tabela 8). Assim, a distinta resposta dos híbridos avaliados no presente estudo pode decorrer da influência do ambiente não só na emissão de ramos (KRUGER et al., 2011), mas no número de siliquas emitidas por planta (MOUSAVI et al., 2011), consistindo em estratégia fisiológica da planta para maior captação de luz (DALMAGO et al., 2013). Por outro lado, Shahin & Valiollah (2009), ao avaliar soja e canola, respectivamente, também observaram que a maior quantidade de luz incidente no interior do dossel não promoveu maior produtividade de grãos e maximizou o surgimento de espécies invasoras.

No presente estudo, observa-se que o híbrido K 10050 que obteve o maior número de siliquas na planta (NSRS e NSRT) em ambos os locais de cultivo frente aos demais híbridos (Tabela 8), apresentou também maior estatura, maior NRT, maior área foliar e maior MS de parte aérea (Tabelas 5 e 6), sugerindo haver correlação entre essas variáveis.

Os valores médios obtidos para o número de siliquas por planta foram semelhantes nos dois locais de cultivo, sendo próximo a 210 (Tabela 8). Dados obtidos na literatura internacional para o número de siliquas por planta variaram de 152 a 206 (AHMADI & BAHRANI, 2009; SHARIFI et al., 2009; EL-NAKHLAWY & BAKHASHWAIN,

2009). Rahman et al. (2009) obtiveram de 70 a 136 siliquis por planta, enquanto Sharghi et al. (2011) registraram a variação de 66 a 151.

Tabela 8. Componentes do rendimento de grãos e produtividade final de híbridos de canola cultivados em Passo Fundo (PF) e Guarapuava (GUA). Passo Fundo, 2015

Local	Híbridos						
	NSRP (un.)						
	Hyola 61	Hyola 571CL	K 10050	H 92002	Hyola 751TT	Média	C.V.(%)
GUA	64,78Aa	50,87BCa	52,56Ba	45,38Ca	49,92BCa	44,78	5,61
PF	40,23BCb	36,00Cdb	47,96Aa	29,86Eb	30,2DEb		
	NSRS (un.)						
GUA	136,58Aa	104,11Ba	127,32Aa	89,65Ca	106,34Ba	105,3	5,61
PF	111,41Bb	101,46BCa	114,27ABa	91,54Ca	69,77Db		
	NSRT (un.)						
GUA	55,54Bb	44,40Cb	65,19Ab	28,04Db	31,04Da	60,75	6,02
PF	68,29Ca	78,43Ba	136,33Aa	66,11Ca	34,12Da		
	NSTotal (un.)						
GUA	256,91Aa	199,37BCa	245,07Ab	163,08Db	187,30Ca	210,8	4,18
PF	219,93Bb	215,90Ba	298,56Aa	187,61Ca	134,10Db		
	MMG (g)						
GUA	3,42Ba	3,50Ba	3,92Aa	3,42Ba	3,25Ca	3,17	7,69
PF	2,57Cb	3,31Bb	3,51Ab	2,47Cb	2,41Cb		
	RG** (kg.ha <sup>-1</sup> )						
GUA	2042AB	2799AB	2840A	2359AB	1853AB	1874	15,12
PF	1278B	1363B	1709A	1302B	1260B		

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. \*\*Não houve interação híbridos X locais para a variável RG. NSRP: número de siliquis no ramo primário; NSRS: número de siliquis no ramo secundário; NSRT: número de siliquis nos ramos terciários; NSTotal: número de siliquis total; MMG: massa de mil grãos; RG: rendimento de grãos; C.V.: coeficiente de variação.

Quanto à massa de mil grãos (MMG), o híbrido K 10050 obteve os maiores valores, de forma que para este híbrido o resultado obtido na avaliação em Guarapuava superou Passo Fundo (Tabela 8). Dados da literatura apontam para valores de 2,5 a 3,8 g (GUNASEKERA et al., 2006; DOGAN et al., 2011; KAMKAR et al., 2011). Por outro lado, os dados obtidos são inferiores aos obtidos por Cordeiro et al. (1999), que variaram entre 4 e 6 gramas. No Egito, El-Habbasha & El-Salam (2010) encontraram valores de 3,57 g para a MMG, superados por Öztürk (2010) na Turquia que obteve MMG de 4,3 g, seguido de Karaaslan (2008) no Paquistão que obteve MMG de 4,0 g.

A MMG dos híbridos cultivados em Guarapuava apresentou, de forma geral, incremento de 22% quando em comparação aos resultados obtidos em Passo Fundo (Tabela 8), pois apesar desta variável ser determinada geneticamente, há influência dos fatores ambientais (PANDEY & TORRI, 1973), o que pode estar associado a menor radiação fotossinteticamente ativa (RFA) observada em Passo Fundo no período (Figura 3). Portanto, o fato dos locais avaliados apresentarem diferentes condições de cultivo para a canola, justifica a variação verificada na massa de mil grãos nos diferentes locais.

Coimbra et al. (2004) afirma não existir associação direta entre estatura de planta em genótipos de canola com a massa de mil grãos e rendimento de grãos, sendo possível assim, selecionar plantas com baixa estatura de qualquer tamanho de grãos. Isso porque a MMG é o componente do rendimento de grãos que possui maior estabilidade, visto

que, a fim de compensar deficiências, a planta diminui o número de síliqua por planta para dar maior suporte ao processo de enchimento de grãos final (SILVA et al., 2011). Contudo, os resultados obtidos na presente pesquisa mostraram-se opostos a ambas as lógicas citadas, uma vez que o híbrido K 10050 que apresentou a maior estatura (Tabela 5) obteve também a maior MMG em ambos locais de cultivo (Tabela 8). Deve-se considerar que a distribuição de fotoassimilados entre órgãos da planta pode ser alterada durante o enchimento dos grãos e, as limitações no ganho de biomassa podem ocorrer em um dado momento do desenvolvimento da planta (CRUZAGUADO et al., 2001). Assim, os processos de síntese, translocação, partição e acúmulo de fotoassimilados durante o ciclo da cultura são controlados geneticamente sofrendo influência do ambiente (DURÃES et al., 2002). Os fatores e processos relacionados à partição de fotoassimilados para o grão e palha, são fundamentais no direcionamento do melhoramento genético visando incremento na produção de grãos em milho (DURÃES et al., 2002).

Em relação ao rendimento de grãos (RG), não houve interação entre híbridos e locais, porém foi significativo o incremento observado na variável na avaliação em Guarapuava em comparação à Passo Fundo. O híbrido K 10050 obteve o maior RG em ambos os locais de cultivo, destacando-se dos demais híbridos avaliados ao atingir 2.840 kg.ha<sup>-1</sup> em Guarapuava e 1.708 kg.ha<sup>-1</sup> em Passo Fundo (Tabela 8). Evidencia-se que o teto produtivo nos dois locais de cultivo superou os rendimentos de grãos médios nacionais próximos de 1.330 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013). O

rendimento de grãos obtido em Passo Fundo, alcançou os resultados obtidos por Kruger et al. (2011) e Bandeira et al. (2013) que obtiveram, respectivamente 1.381 e 1.195 kg ha<sup>-1</sup>.

No Oriente Médio o rendimento de grãos obtido em canola sem o uso de irrigação variou de 1.167 a 3.251kg ha<sup>-1</sup> (AHMADI & BAHRANI, 2009; SHARIFI et al., 2009; EL-NAKHLAWY & BAKHASHWAIN, 2009) e com irrigação o rendimento de grãos se localizou em uma faixa de 2200 a 3200 kg.ha<sup>-1</sup> (FARAJI et al., 2008; TOHIDI-MOGHADAM et al., 2009). Salienta-se que os valores de rendimento de grãos de canola com irrigação foram atingidos no experimento conduzido em Guarapuava sem o uso de irrigação para a maioria dos híbridos avaliados (Tabela 8).

A partir das informações edafoclimáticas obtidas nos locais, observam-se diferenças climáticas entre os locais avaliados, especialmente no que se refere a RFA (radiação fotossinteticamente ativa), onde significativo incremento é observado em Guarapuava em comparação à Passo Fundo durante todo o período de desenvolvimento da cultura (Figura 3). Dessa forma, sugere-se que as condições edafoclimáticas de Guarapuava atendem às necessidades para o desenvolvimento da cultura da canola e os híbridos utilizados apresentam adaptação às condições locais.

Ao que refere-se ao RG, destaca-se ainda, relação com a área foliar, de forma que incrementos na área foliar das plantas proporciona incremento na interceptação de energia solar (KAEFER et al., 2014). Em

decorrência disso, infere-se para o híbrido K 10050 que o maior IAF (Tabela 6) implicou em significativo incremento no RG em ambos os locais de cultivo (Tabela 8). Existe uma correlação positiva entre a produção de sementes e IAF máximo (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2013). Porém elevados IAF podem causar sombreamento e em resposta a isso, visando ajuste entre a relação fonte e dreno, a planta pode gerar abscisão foliar como forma de para assegurar o enchimento de grãos (TAIZ & ZEIGER, 2009). Assim, no final do ciclo da cultura, a planta de canola procura realizar mobilização de fotoassimilados das folhas para formação e enchimento de grãos (EDWARDS & HERTEL, 2011).

Para a cultura da soja, plantas de maior porte apresentam maior número de vagens, devido à correlação existente entre estatura de plantas e número de vagens por planta (ALMEIDA et al., 2010). A mesma resposta foi observada no presente estudo, de forma que o híbrido K 10050 que apresentou a maior estatura (Tabela 5), apresentou também maior número de síliquas por planta e maior RG (Tabela 8).

Observa-se que para a variável RG, Guarapuava obteve incremento em torno de 70% em comparação com Passo Fundo (Tabela 8). Destaca-se então que o rendimento de grãos está relacionado à eficiência fotossintética da folha, sendo que o montante de radiação interceptada pela área foliar é afetado principalmente pela estrutura do dossel, no qual a área foliar tem marcada influência (RATHKE et al., 2006). A partir disso, pode-se inferir que, a menor RFA apresentada em

Passo Fundo no período (Figura 3), pode ter influenciado o desenvolvimento aérea dos híbridos, reduzido os IAF, diminuindo assim, a interceptação solar, que pode ter contribuído para o reduzido rendimento de grãos em comparação aos resultados de RG obtidos em Guarapuava.

Tabela 9. Coeficiente de correlação entre os caracteres radiciais e componentes do rendimento de grãos de cinco híbridos de canola cultivados em Passo Fundo e Guarapuava. Passo Fundo, 2015

Caracteres radiciais	Componentes do rendimento				
	NSRP	NSRS	NSRT	MMG	RG
Área	0,55	0,36	-0,01	0,37	0,57
Comprimento	0,31	0,21	-0,17	0,07	0,38
Volume	0,72	0,47	0,09	0,52	0,67
M S	0,77	0,63	0,08	0,69	0,79
Densidade	-0,08	0,14	0,04	0,22	0,03
ASE	-0,45	0,48	-0,16	-0,53	-0,41

\* Significativo para o teste de Pearson a  $P < 0,05$ . NSRP: número de síliquas no ramo primário; NSRS: número de síliquas no ramos secundário; NSRT: número de síliquas nos ramos terciários; MMG: massa de mil grãos; RG: rendimento de grãos; MS: massa seca de raiz; ASE: área superficial específica da raiz.

A partir da avaliação de correlação entre as variáveis radiciais e os componentes do rendimento, evidencia-se forte correlação ( $r > 0,7$ ) entre as variáveis volume de raiz e o NSRP e o RG (Tabela 9). Da mesma forma, a variável MS de raiz também apresentou forte correlação com as variáveis NSRP e RG (Tabela 9). O aumento da massa seca de raiz foi associado a melhoria da eficiência do uso da água e rendimento de grãos

de trigo em ambientes mediterrânicos (LIAO et al., 2004), o que também foi observado no presente estudo.

Moderada correlação foi observada entre a variável MS de raiz e o NSRS e MMG (Tabela 9). Da mesma forma, em trigo, observou-se a existência de estreita relação entre características de raiz e massa de grãos (pH), evidenciando que possa haver genes estreitamente ligados que controlam ambas as características (LUDLOW & MUCHOW, 1990). A compreensão da relação de características de raízes com características de parte aérea que estão relacionados com o rendimento de grãos pode ajudar a melhorar a produtividade (NARAYANAN & PRASAD, 2014).

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos na avaliação de híbridos de canola nos ambientes contrastantes de Passo Fundo e Guarapuava, conclui-se que:

1) Os híbridos de canola apresentam maior comprimento, área superficial e volume nas raízes na escala de diâmetro entre 1 e 5 mm de espessura;

2) Há diferenças no crescimento de raízes, parte aérea e rendimento de grãos entre ambientes contrastantes;

3) O híbrido K 10050 apresenta maior desenvolvimento de raízes, parte aérea, assim como, maior produtividade de grãos nos dois locais estudados;

4) O aumento da massa seca de raiz influencia no aumento da área foliar e no rendimento de grãos.

## REFERÊNCIAS

AHMADI, M.; BAHRANI, M. J. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agriculture Environmental Science*, Dubai, v. 5, p. 755-761, 2009.

AKHTAR, M. Effect of organic and urea amendments in soil on nematode communities and plant growth. *Soil Biology & Biochemistry*, [S.l.], v. 32, p. 573-575, 2000.

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*, Hofuf, v. 7, n. 1, p. 87- 103, 2006.

ALLARD, R.W. *Princípios do melhoramento genético de plantas*. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.

ASADUZZAMAN, M.; AN, M.; PRATLEY, J.; LUCKETT, D.; LEMERLE, D. Allelopathic effect of canola on annual ryegrass. In: AUSTRALIAN WEEDS CONFERENCE, 18, The Sebel and Citigate Albert park, Melbourne, Victoria, Australia, 2012.

BAIER, A. C.; ROMAN, E. S. Informações sobre a cultura da canola para o sul do Brasil. In: SEMINÁRIO ESTADUAL DE PESQUISA DE CANOLA, 1, 1992, Cascavel. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 10p., 1992.

BANDEIRA T. P.; CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O. Desempenho agrônômico de canola em diferentes espaçamentos entre linhas e

densidades de plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1332-1341, 2013.

BAPTISTA, M. J.; LOPES, C. A.; SOUZA, R. B.; FURUMOTO, O. Efeito da solarização e biofumigação, durante o outono, na incidência de murcha-bacteriana e produtividade da batata. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 24, p. 99-102, 2006.

BARBOSA, M. Z.; NOGUEIRA JUNIOR, S.; FREITAS, S. M. de. Agricultura de alimentos X de energia: impacto nas cotações internacionais. *Análise e indicadores do agronegócio*, São Paulo, v. 3, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=9167>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

BAUHUS, J.; MESSIER, C. Evaluation of fine root length and diameter measurements obtained using RHIZO image analysis. *Agronomy Journal*, Madisan, v. 91, p. 142-147, 1999.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Potafos, p. 12-48, 1987.

BEVILÁQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; ZUCHI, J.; MARQUES, R. L. L. *Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado Documentos, 2008, 43 p. (Documentos, 227).

BHADORIA, P. B. S. Allelopathy a natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*, Tarakeswar, v. 1, n.1, p. 7-20, 2011.

BLUM, L. E. B.; SANGOI, L.; AMARANTE, C. V. T.; ARIOLI, C. J.; GUIMARÃES, L.S. Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões de colmo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 805-812, 2003.

BÖHM, W. *Methods of studying root systems*. New York: Springer-Verlag, 1979. 194 p.

BRASIL, F.C., STOCCO, F.C., PESSANHA, A.L., SOUTO, R.L., ZONTA, E., ROSSIELO, R.O.P. Distribuição e variação temporal de características radiculares de *Brachiaria humidicola* em um Planossolo. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 37. Viçosa. *Anais...* CD Rom, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria de Política Agrária. Departamento de Gestão de Risco. Coordenação-Geral de Zoneamento. Portaria nº 60, de 28 de abril de 2008. Aprova Zoneamento Agrícola para a cultura de canola no Estado do Rio Grande do Sul. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 29 abr. 2008. Seção 1, p. 12.

BREMER, H.; PFENNING, M.; KEHLER, R. The Clearfield production system in oilseed rape – a new herbicide generation in oilseed rape in Euprope. In: INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, 13, 2011, Prague, Czech Republic. Abstract book... Prague: The Union of Oilseed Growers and Processors: International Consultative Research Group on Rapeseed, 2011. Oral presentations, p.61.

BROWN, P. D.; MORRA, M. J. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate containing plants. *Advances in Agronomy*, Newark, v. 61, p. 167-231, 1997.

CAASSEN, N.; BARBER, S. A. Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant system. *Agronomy Journal*, Madison, v. 68, p.961-964, 1976.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. *Canola*. Winnipeg, 1999. 23 p.

\_\_\_\_\_. Canola growers manual. 2003.  
<[http://www.canolacouncil.org/canola\\_growers\\_manual.aspx](http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx)> Acesso em: 17 de fevereiro de 2015.

\_\_\_\_\_. Canola growers' manual. Winnipeg. 2008. <<http://www.canola-council.org/manual/canolafr.htm> > Acesso em: 23 de fevereiro de 2015.

\_\_\_\_\_. The History of Canola Oil. 2010. Disponível em: <<http://www.canolainfo.org/canola/index.php?page=5>>. 17 de fevereiro de 2015.

\_\_\_\_\_. *The History of Canola Oil*. 2012. Disponível em: <<http://www.canolainfo.org/canola/index.php?Page=5>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2015.

CARDOSO, R. M. L.; OLIVEIRA, M. A. R.; LEITE, R. M. V. B. C.; BARBOSA, C. J.; BALBINO, L. C. *Doenças de canola no Paraná*. Londrina: IAPAR; Cascavel: COODETEC, 1996. 28p.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; RALISH, R. Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, p. 523-32, 2000.

CASTIGLIONI, V. B. R.; OLIVEIRA, M. F. de. Melhoramento do girassol. In: BOREM, Aluizio. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 1999 p. 351-384.

CHANG, J. *Climate and agriculture*. Illinois: Aldine Publishing Company, 1968. 304p.

CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER, A.; MENDONÇA, H. F.; MELLO, N.; BETTO, N. S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011.

CHEEMA, M. A.; SALEEM, M. F.; MUHAMMAD, N.; WAHID, M. A.; BABER, B. H. Impact of rate and timing of nitrogen application on yield and quality of canola (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, Pakistan, v. 42, p. 1723-1731, 2010.

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

CINTRA, F. L.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 7, p. 197-201, 1983.

CLARK, L. J., Price, A. H.; Steele, K.A.; Whalley, R.R. Evidence from near-isogenic lines that root penetration increases with root diameter and bending stiffness in rice. *Functional Plant Biology*, Victoria, v. 35, p. 1163-1171, 2008.

CLUNE, S.T. & COPELAND, L. Effects of aluminum on canola roots. *Plant Soil*, v. 216, Lexington, p. 27-33, 1999.

COHEN, M. F.; YAMASAKI H.; MAZZOLA, M. *Brassica napus* seed meal soil amendment modifies microbial community structure, nitric oxide production and incidence of *Rhizoctonia* root rot. *Soil Biology & Biochemistry*, [S.l.], v. 37, p. 1215-1227, 2005.

COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L. de; SANGOI, L.; ENDER, M.; MEROTTO JÚNIOR, A. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, p. 1421-1428, 2004.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A. F.; MEROTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; CARVALHO, F. I. F. de. Estabilidade fenotípica em genótipos de canola no planalto catarinense. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 74-82, 1999.

COLTON, R.T.; SYKES, J. D. *Canola*. Ag. fact p.5-2.1, 1992.

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: 16 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012 – Décimo Segundo Levantamento – Janeiro/2012*. 2012, 8p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_02\\_13\\_17\\_43\\_59\\_canolajaneiro2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_02_13_17_43_59_canolajaneiro2012.pdf)>. Acesso em: 6 fev. 2015.

\_\_\_\_\_. 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_04\\_09\\_10\\_27\\_26\\_boletim\\_graos\\_abril\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_27_26_boletim_graos_abril_2013.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2015.

CONTERJNIC, S.; AMARO, E.; MORENO, C. M. *Colza: cultivo, cosecha y comercialización*. Buenos Aires: Departamento de Estudos y Prensa y Difusión de AACREA, CREA. 1991. 18 p. (Fascículo de divulgação).

CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. *A cultura da canola*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 50p.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; TOZZI, C. L.; TORRE, A.; VAZ, C. M. P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 18, p. 365-371, 1994.

CRUZAGUADO, J. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; PÉREZ, I. P.; DORADO, M. Partitioning and conversion of <sup>14</sup>C-photoassimilates in developing grains of wheat plants grown under field conditions in Cuba. *Field Crops Research*, [S.l.], v. 69, p. 191-199, 2001.

CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, v. 71, p. 29-32, 2002.

DALMAGO, G. A.; FOCHESSATTO, E.; KOVALESKI, S.; TAZZO, I. F.; BOLIS, L. M.; CUNHA, G. R. DA; NIED, A. H.; BERGAMASCHI, H.; SANTI, A. Filocrono e número de folhas da canola em diferentes condições ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 6, p. 573-581, 2013.

DAS, S.; TYAGI, A. K.; KAUR, H. Cancer modulation by glucosinolates: a review. *Current Science*, Bengaluru, v. 79, p. 1665-1671, 2000.

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

DOGAN, E.; COPUR, O.; KAHRAMAN, A.; KIRNAK, H.; GULDUR, M. E. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, v. 98, p. 1403-1408, 2011. Elsevier B. V. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.006>.

DRINKWATER, L. E.; WAGONER, P.; SARRANTONIO, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, London, v. 396, p. 262-265, 1998.

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*, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.

EDWARDS, L; HERTEL, K. *Canola growth and development*. 2011 Disponível em: <<http://www.dpi.nsw.gov.au/aboutus/>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

EL-HABBASHA, S. F.; EL-SALAM, M. S. Response of two canola varieties (*Brassica napus* L.) to nitrogen fertilizer levels and zinc foliar application. *International Journal of Academic Research*, Baku, v. 2, p. 60, 2010.

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. *Meteorology, Environmental and Arid Land Agriculture Science*, Jeddah, v. 20, p. 33-47, 2009.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T. F. C. *Introduction to quantitative genetics*. 4 ed. Longman: Essex UK, 1996. 464 p.

FANTE JR, L.; REICHARDT, K. Avaliação do sistema radicular por diferentes métodos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: PEQUENA PROPRIEDADE X DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 10, 1994, Florianópolis. *Anais...* Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 318-319.

FANTE JR, L.; REICHARDT, K.; JORGE, L .A. C.; BACCHI, O. O. S. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 56, p. 1091-1100, 1999.

FARAJI, A.; LATIFI, N.; SOLTANI, A.; RAD, A. H. S. Effect of high temperature stress and supplemental irrigation on flower and pod formation in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars at mediterranean climate. *Asian Journal of Plant Science*, Dubai, v. 7, n. 4, p. 343-351, 2008.

FAROOQ, M.; JABRAN, K.; CHEEMA, Z.A.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K. H. M. Role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*, Malden, v. 67, p. 494-506, 2011.

FAVARIN, J. L.; NETO, D. D. GARCIA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

FEHR, W. R. *Principles of cultivars development*. New York: Macmillan, 1987. 536 p.

FITTER, A. H. Characteristics and functions of root systems. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. *Plant Roots: The hidden half*. New York: Marcel Dekker, p. 3-24, 1991.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, London, v. 478, p. 337-342, 2011.

FONSECA, P. R. B. ; PARIZZOTO, P. A2 ; BAROZZI, A. J. ; SILVA, A. S.; SILVA, J. A. N. Desfolha artificial na cultura da canola. *Revista de Ciências Exatas e da Terra Unigran*, Dourados, v. 2, n.1, p. 16-24, 2013.

FUKAI, S.; COOPER, M. Development of drought-resistant genótipos using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Research*, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 67-86, 1995.

GAISER, T.; PERKONS, U.; KÜPPER, P.M.; KAUTZ, T.; UTEAU-PUSCHMANN, D.; EWERT, F.; ENDERS, A.; KRAUSS, G. Modeling biopore effects on root growth and biomass production on soils with pronounced subsoil clay accumulation. *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 256, p. 6-15, 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*, Ottawa, v. 84, p. 697-704, 2004.

GAN, Y. T., CAMPBELL, C. A., JANZEN, H. H., LEMKE, R., LUI, L. P., BASNYAT, P.; MCDONALD, C. L. Root mass for oilseed and pulse crops: Growth and distribution in the soil profile. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 89, p. 883-893, 2009.

GEWIN, V. An underground revolution. *Nature*, London, v. 466, p. 552-553, 2010.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 325-334, 2003.

GRANT, J. C.; NICHOLS, J. D.; YAO, R. L.; SMITH, R. G. B.; Depth distribution of roots of *Eucalyptus dunnii* and *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* in different soil conditions. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 269, p. 249-258, 2012.

GREGORY, P. J. Root growth and activity. In: *Physiology and determination of crop yield*. Madison, WI: ASA, 1994, p. 65-93.

GUNASEKERA, C. P.; MARTIN, L. D.; SIDDIQUE, K. H. M.; WALTON, G. H. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: 1. Crop growth and seed yield. *European Journal Agronomy*, v. 25, p. 1-12, 2006.

HALBRENDT, J. M.; BROWN, D. J. F. Aspects of biology and development of *Xiphinema americanum* and related species. *Journal of Nematology*, Loudonville, v. 25, n. 3, p. 355-360, 1993.

HALBRENDT, J. M.; BROWN, D. J. F.; ROBBINS, R. T.; VRAIN, T.C. Geographic distribution of *Xiphinema americanum* – group nematodes with three and four juvenile-stages. *Russian Journal of Nematology*, v. 4, p. 163-171, 1996.

HODGE, A. The plastic plant: Root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *New Phytologist*, Oak Ridge, v. 162, n.1, p. 9-24, 2004.

HOLETHI, S.M.; AIDY, I. R.; BASTAWISI A. O.; DRAZ, A. E. Weed management using allelopathic rice varieties in Egypt. In: OLOFSDOTTER, M. (ed). *Allelopathy in Rice*. Manila: International Rice Research Institute, 1998. p. 27-37.

HUANG, B.; FRY, J. D. Root anatomical, morphological, and physiological responses to drought stress for tall fescue cultivars. *Crop Science*, Madison, v. 38, p. 1017-1022, 1998.

IAPAR, 2014. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Classificação climática. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. 2012. *Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009*. Tabela 2393 - Aquisição alimentar domiciliar per capita anual por grupos, subgrupos e produtos. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

IRIARTE, I.; VALETTI, O. *Cultivo de colza*. 1. ed. Buenos Aires: INTA, 2008. 256 p.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; SOARES, Â. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. *Coffee Science*, Lavras, v. 1, p. 14-20, 2006.

JORGE, L. A. C.; RESENDE, P. C. S.; POSADAS, D. A.; FREITAS JUNIOR, E.; CRESTANA, S. Comparação de técnicas de análise de imagens digitais na determinação do comprimento de raízes. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: SBCS, 1994. p. 314-315.

JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; ABI SAAB, O. J. G.; MEDINA, C. C.; GUIMARÃES, M. F.; NEVES, C. S. V. J.; CRESTANA, S.; CINTRA, F. L. D.; BASOI, L. H.; FERNANDES, S. B. V. Aquisição de imagens de raízes. In: JORGE, L. A. C. (Ed.). *Embrapa - Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS*. São Carlos: Embrapa-CNPDI, 1996. 48 p.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. *Recomendações práticas para utilização do SIARCS 3.0 nos estudos de raízes, cobertura vegetal, folhas e outras aplicações*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1996. 34 p. (Recomendação Técnica, 4).

JORGE, L. A. C. Sistema radicular: atualização do método SIARCS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. Novos desafios do carbono no manejo conservacionista. *Resumos...* Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. *Safira: sistema de análise de fibras e raízes*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 24).

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. *Safira: Manual de utilização*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77135/1/manual-safira-2013.PDF>>. Acesso em 24 fev. 2015.

JUNIOR, J. L.; MORAES, M. F.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p173-181, 2008.

KAEFER, J. E.; GUIMARÃES, V. F.; RICHART, A.; TOMM, G. O.; MÜLLER, A. L. Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 49, n. 4, 2014.

KAMKAR, B.; DANESHMAND, A. R.; GHOOSHCHI, F.; SHIRANIRAD, A. H.; SAFAHANILANGEUDI, A. R. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under semiarid environment. *Agricultural Water Management*, [S.l.], v. 98, p. 1005-1012, 2011.

KARAASLAN, D. The effect of different nitrogen doses on seed yield, oil, protein and nutrient contents of spring rape. *Pakistan Journal of Botany*, Karachi, v. 40, p. 807-813, 2008.

KIMBER, D.S., MCGREGOR, D.I., The species and their origin, cultivation and world production, In: KIMBER, D.S.; MCGREGOR, D.I. *Brassica Oil Seeds: Production and Utilization*. CAB International, Wallingford, 1995, p. 1-7.

KIRKEGAARD, J. A.; SARWAR, M.; WONG P. T W.; MEAD, A. Biofumigation by brassicas reduces take-all infection. In: AGRONOMY GROWING A GREENER FUTURE. *Proceedings...Australian Agronomy Conference*, 9, Wagga Wagga, p. 465-468, 1998.

KÖPKE, V. Methods for studying root growth. In: SYMPOSIUM ON THE SOIL/ROOT SYSTEM, Londrina, 1981. *Proceedings... Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná*, p.303-318, 1981.

KOSCIELNY, C. B.; GULDEN, R. H. Seedling root length in *Brassica napus* L. is indicative of seed yield. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 92, n. 7, p. 1229-1237, 2012.

KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; GAVIRAGHI, J. Herdabilidade e correlação fenotípica de caracteres relacionados à produtividade de grãos e à

morfologia da canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1625-1632. 2011.

KUBOTA, A.; HOSHIBA, K.; BORDON, J. Green-manure turnip for soybean based no-tillage farming systems in eastern Paraguay. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 62, p. 150-158, 2005.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. *Girassol no Brasil*. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

LIAO, H.; YAN, X.; RUBIO, G.; BEEBE, S. E.; BLAIR, M. W.; LYNCH, J. P.; Genetic mapping of basal root gravitropism and phosphorus acquisition efficiency in common bean. *Functional Plant Biology*, Clayton South, v. 31, p. 959-970, 2004.

LIMA, I. M.; SOUZA, R. M.; SILVA, C. P.; CARNEIRO, R. M. D. G. *Meloidogyne* spp. from preserved areas of Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 29, n. 1, p. 31-38, 2005.

LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 109, p. 189-201, 1973.

LOURENÇO, M. E.; PALMA, P. M. *A cultura da colza: aspectos da técnica cultural*. Évora: Universidade de Évora. 2006. 10 p.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, p.175-187, 2004

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. *Advance in Agronomy*, São Diego, v. 43, p. 107-153, 1990.

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; TOMM, G. O.; BIALOZOR, A.; AMARAL, A. D.; PIVOTO, D. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1549-1555, 2012.

LYNCH, J. P. Root architecture and nutrient acquisition. In: BASSIRIRAD, H. (Ed.). *Nutrient acquisition by plants: An ecological perspective*. Springer-Verlag: Berlin, 2005. p. 147-183.

LYNCH, J. P. Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany*, Clayton South, v. 55, p. 493-512, 2007.

LYNCH, J. P.; BROWN, K. M. Whole-plant adaptations to low phosphorus availability. In: HUANG, B. (Ed.). *Plant environment interactions*. 3.ed. Taylor and Francis: New York, p. 209-242. 2006.

MAC KEY, J. The wheat root. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 4 Columbia, 1973. *Proceedings...* University of Missouri, 1973, p. 827-42.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARX, D. H. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. V. Resistance of mycorrhizae to infections mycelium of *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology*, Salinas, v. 61, p. 1472-1473, 1970.

MATERECHERA, S. A.; DEXTER, A. R.; ALSTON, A. M. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. *Plant Soil*, [S.l.], v. 135, p.31-41, 1991.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S.V.J.; AITA C.; BORDIN, I.; PRETI, E.; ZACCHEO, P. V. C.; AGUIAR, R. S.; URQUIAGA, S. Aporte de matéria seca por raízes e parte aérea de plantas de cobertura de verão. *Semina: Ciências Agrárias*, Recife, v. 34, p. 675-682, 2013.

MILLER, C.R; OCHOA, I.; NIELSEN, K.L.; BECK, D.; LYNCH, J.P. Genetic variation for adventitious rooting in response to low phosphorus availability: potential utility for phosphorus acquisition from stratified soils. *Functional Plant Biology*, Clayton South, v. 30, p. 973-985, 2003.

MIRALLES, D. J.; FERRO, B. C.; SLAFER, G. A. Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. *Field Crops Research*, [S.l.], v. 71, p. 211-223, 2001.

MORAES, C. B.; MORI, E. S. Polinização Controlada no Melhoramento Genético Florestal. In: Curso Avanços tecnológicos na Silvicultura - SEAB - Semana de estudos agropecuários e florestais de Botucatu, 25, 2011, Botucatu. *Anais...Botucatu*: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu/UNESP, 2011.

MORRA, M. J.; BOREK, V. Glucosinolate preservation in stored Brassicaceae seed meals. *Journal of Stored Products Research*, v. 46, p. 98-102, 2010.

MORRISON, M. J. Heat stress during reproduction in Summer rape. *Canadian Journal Plant of Science*, Ottawa, v. 71, p. 303-308, 1992.

MOSSE, B.; STRIBLEY, D. P.; LE TACON, F. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Advances in Microbial Ecology*, New York, v. 5, p. 137-210, 1981.

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*, Jordan, v. 5, p. 2625-2627, 2011.

MOYER, J. R.; HUANG, H. C. Effects of aqueous extracts of crop residues on germination and seedling growth of ten weed species. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, Taipei, v.38, p. 131-139, 1997.

MURPHY, S. L.; SMUCKER, A. J. M. Evaluation of video image analysis and line intercept methods for measuring root systems of alfalfa and ryegrass. *Agronomy Journal*, Madison, v. 87, n. 5, p. 865-868, 1995.

NANDA, R.; BHARGAVA, S.C.; RAWSON, H.M. Effect of sowing date on rates of leaf appearance, final leaf numbers and areas in *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B.napus* and *B. carinata*. *Field Crops Research*, v. 42, n. 2, p. 125-134, 1995.

NARAYANAN, S.; VARA PRASAD, P. V. Characterization of a spring wheat association mapping panel for root traits. *Agronomy Journal*, Madison, v. 106 , n. 5, p. 1593-1604, 2014.

NEVES, R. *Potencial alelopático da cultura da canola (Brassica napus L. var. oleifera) na supressão de picão-preto (Bidens sp.) e soja*. 2005. 77 p. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. Disponível em: <[www.upf.br/ppgagro/download/ronaldoneves.pdf](http://www.upf.br/ppgagro/download/ronaldoneves.pdf)>. Acesso em: 29 jan. 2015.

NIBAU, C.; GIBBS, D. J.; COATES, J. C. Branching out in new directions: the control of root architecture by lateral root formation. *New Phytologist*, Oak Ridge, v. 179, p. 595-614, 2008.

NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, 2008.

NIED, A. H. *Parâmetros bioclimáticos e resposta da canola ao ambiente físico*. 2013. 135f. Tese. (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ÖZTÜRK, Ö. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, Chillán, v. 70, p. 132-141, 2010.

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*, Gorgan, v. 1, p. 129- 140, 2007

PANDEY, J.P.; TORRI, E.J.H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean *Glycine max* (L) Merrill. *Crop Science*, Madison, v. 13, n. 5, p. 505-507. 1973.

PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A.; SCHUCH, L. O. B.; VIEIRA, J. F. V.; RUFINO, C. DE A.; JÚNIOR, J. DE S. A. *Princípios fisiológicos na produção de sementes*. In: Sementes: Produção, qualidade e inovações tecnológicas. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2013. 571p.

PETERSEN, J.; BELZ, R.; WALKER, F.; HURLE, K.; Weet supression by release of isothiocyanates from turnip-rap mulch. *Agronomy Journal*, Madison, v. 93, p. 37- 43, 2001.

POTTER, M. J.; DAVIES, K.; RATHJEN, A. J. Suppressive impact of glucosinolates in *Brassica* vegetative tissues on root lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. *Journal of Chemical Ecology*, [S.l.], v. 24, p. 67-80, 1998.

POTTER, T.; MARCROFT, S.; WALTON, G.; PARKER, P. Climate and Soils. In: SALISBURY, P.A.; POTTER, T.C.; MCDONALD, G.; GREEN, A.G. (Eds). *Canola in Australia: the first thirty years*, 1999. p. 5-8.

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

RATHKE, G.-W.; BEHRENS, B.; DIEPENBROCK, W. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, [S.l.], v. 117, p. 80-108, 2006.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, p. 1805-1816, 2008.

RIGON, J.; CHERUBIN, M.; CAPUANI, S.; WASTOWSKI, A.; ROSA, G. Efeito alelopático de extrato aquoso foliar de canola sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4., E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1. João Pessoa, 2010, CD-ROM.

RIZZARDI, A.; RIZZARDI, M. A.; LAMB, T. D.; JOHANN, L. B. Potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 717-724. 2008.

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*, [S.l.], v. 53, p. 643-651, 2002.

RYSER, P. The mysterious root length. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 286, n. 1/2, p. 1-6, 2006.

SAFIR, G. R.; DUNIWAY, J. M. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: SCHENCK, N.C. (Ed.). *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul: American Phytopathological Society, 1982. p.77-80.

SANTANA, C. T. C. de. *Comportamento de milho (Zea mays L.) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral*. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

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, na Embrapa Trigo*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 10 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de. V.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T.; J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B.; CRUZ, M.C.P.; CAMPOS, F.P.; FERREIRA, M.P.E.; OLIVEIRA, R.F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 27-34. 2008.

SCHENCK, N.C.; SCHROEDER, V. N. Temperature response of *Endogone mycorrhiza* on soybean roots. *Mycology*, Beijing, v. 69, n. 3, p. 600-605, 1974.

SHAH, Z.; SHAH, S. H.; PEOPLES, M. B.; SCHWENKE, G. D.; HERRIDGE, D. F. Crop residue and fertiliser N effects on nitrogen fixation and yields of legume-cereal rotations and soil organic fertility. *Field Crops Research*, [S.l.], v. 83, p. 1-11, 2004.

SHAHIN, Y.; VALIOLLAH, R. Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Central European Agriculture*, [S.l.], v. 10, p. 115-122, 2009.

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*, Nairobi, v. 10, p. 9309-9313, 2011.

SHARIFI, R. S.; ZADEH, M. Z.; SEIEDI, M. N. Evaluation of yield and growth indices of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in different nitrogen fertilization levels. *Journal of Phytology*, Trivandrum, v. 1, p. 475-481, 2009.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. *Revista de Ciência Agroveterinárias*, Lages, v. 08, n. 02, p.152-163, 2009.

SILVA, J. A. G.; MOTTA, M. B.; WINCH, J. A.; CRESTANI, M.; FERNANDES, S. B. V.; BERTO, J. L.; GAVIRAGHI, F.; MARTINS, J. A. K.; WAGNER, J. F.; VALENTINI, A. P. F.; ZAMBONATO, F. Dessecação em pré-colheita como estratégia de manejo na redução de perdas por fatores de ambiente em canola. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 17, p. 15-24, 2011.

SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 33-42. 2003.

SINGH, K. A. Effect of nitrogen levels on yield, root biomass distribution, nitrogen recovery by forage grasses and changes in soil properties of acid Inceptisol. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v. 69, p. 551-554, 1999.

SIVAMANI, E.; BAHIELDIN, A.; WRAITH, J. M.; AL-NEMI, T.; DYER, W. E.; HO, T. D.; QU, R. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley *HVA1* gene. *Plant Science*, [S.l.], v. 155, p.1-9, 2000.

SNOWDON, P.; EAMUS, D.; GIBBONS, P.; KHANNA, P.; KEITH, H.; RAISON, J.; KIRSCHBAUM, M. *Synthesis of allometrics, review of root biomass and design of future woody biomass sampling strategies*. Australia, National Carbon Accounting System. 2002. 139 p. (Technical Report, 17).

SOUZA; C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

SPIERTZ, J. H. H.; EWERT, E. Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel: opportunities and constraints. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, [S.l.], v. 56, n. 4, p. 281-300, 2009.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. *Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto*. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 40 p. (Documentos, 191).

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2. ed. Porto Alegre: Emater, 2008. 222 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Trad. Santarém, E.R. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TAYO, T.; MORGAN, D. G. Quantitative analysis of the growth, development and distribution of flowers and pods in oil seed rape. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, n. 85, p. 103-110, 1975.

THOMAS, P. *The growers' manual*. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <[http://www.canolacouncil.org/canola\\_growers\\_manual.aspx](http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx)>. Acesso em: 10 dez. 2014.

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

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos. *Tecnologia para Produção de Canola no Rio Grande do Sul*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 39 p. Disponível em: Acesso em: <[http://trigo.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do113.pdf](http://trigo.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.pdf)>. Acesso em: 17 mar. 2015.

TOMM, G. O. *Híbridos de canola Hyola empregados na América do Sul*. [S. l.]: Advanta: Pacific Seeds, 2009.

TOMM, G. O.; MENDES, M.R.P.; FADONI, A.C.; CUNHA, G.R. *Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola de ciclo precoce e médio, em Maringá, Paraná*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 13 p. 2010.

UREMIS, I.; ARSLAN, M.; ULUDAG, A.; SANGUN, M. K. Allelopathic potentials of residues of 6 brassica species on johnsongrass *Sorghum halepense* (L.) Pers. *African Journal of Biotechnology*, v. 8, n. 15, p. 3497-3501, 2009.

USDA Oilseeds: *World Market and Trade*. In: Circular Series: U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2011. p. 1-33.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A. Fisiologia do sistema radicular. In: *Cana-de-açúcar*. São Paulo: Instituto Agronômico de Campinas, 882 p., 2008.

VERCRUYSSSEN, L.; GONZALEZ, N.; WERNER, T.; SCHMULLING, T.; INZE, D. Combining enhanced root and shoot growth reveals cross talk between pathways that control plant organ size in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, Palo Alto, v. 155, p. 1339–1352, 2011.

WASEL, Y.; EISEL, A. Functional diversity of various constituents of a single root system. In: WASEL, Y.; EISEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.) *Plant roots: The hidden half*. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 157-174.

YAN, X. The roots of P-efficient soybean: theories and practices. In: LI, C. J. (Ed.). *Plant nutrition for food security, human health and environmental protection*. Tsinghua University Press: Beijing, 2005. p. 36-37.

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

YASUMOTO, S.; MATSUZAKI, M.; HIROKANE, H.; OKADA, K. Glucosinolate content in rapeseed in relation to suppression of subsequent crop. *Plant Production Science*, Chiyoda-ku, v. 13, n. 2, p. 150-155, 2010.

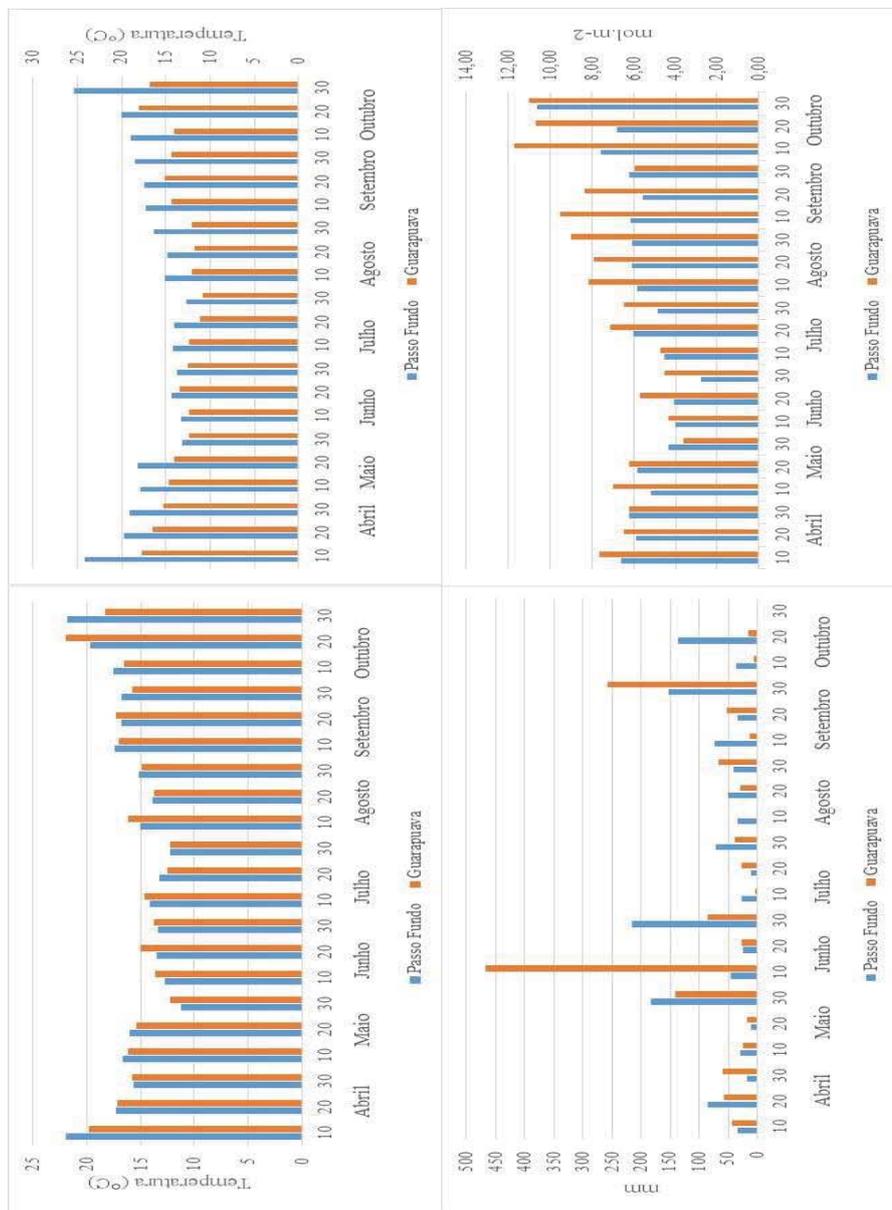
YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 23, p. 437-464, 1972.

YOUNESABADI, M. Study of allelopathic interference of rapeseed (*Brassica napus*) var. Belinda on germination and growth of cotton (*Gossypium hirsutum*) and its dominant weeds. In: WORLD CONGRESS ON ALLELOPATHY, 14, 2005. Charles Sturt University: Wagga Wagga, 2005. 283 p.

ZHANG, H. P., BERGER, J. D., MILROY, S., Genotype  $\times$  environment interaction of canola (*Brassica napus* L.) in multi-environment trials. Australian Research Assmbley on Brassicas, 17. Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 2011

ZHU, J; KAEPLER, S; LYNCH, J. P. Mapping of QTL for lateral root branching and length in maize (*Zea mays* L.) under differential phosphorus supply. *Theoretical and Applied Genetics*, [S.l.], v. 111, p. 688-695, 2005.

**ANEXOS**



Anexo 1. Caracterização mesoclimática de mês a mês dos experimentos realizado nos municípios de Passo fundo e Guarapuava. Passo Fundo, 2015

