

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA DE SÍLIQUAS E TAXA DE CRESCIMENTO DE
GRÃOS DE CANOLA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E DATAS DE
SEMEADURA

Elizandro Fochesatto
Engenheiro Agrônomo- IDEAU

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Ênfase Agrometeorologia

Porto Alegre (RS), Brasil
Agosto de 2015

CIP - Catalogação na Publicação

Fochesatto, Elizandro

Acúmulo de matéria seca de siliquas e taxa de crescimento de grãos de canola sob doses de nitrogênio e datas de semeadura / Elizandro Fochesatto. -- 2015.
148 f.

Orientadora: Homero Bergamaschi.
Coorientadora: Genei Antonio Dalmago.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Brassica napus. 2. Estruturas reprodutivas. 3. Matéria seca de grãos. 4. Coeficiente de extinção. 5. Radiação solar. I. Bergamaschi, Homero, orient. II. Antonio Dalmago, Genei, coorient. III. Título.

ELIZANDRO FOCHE SATTO
Bacharel em Agronomia - Faculdade IDEAU

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 31.08.2015
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 15.12.2015
Por

HOMERO BERGAMASCHI
Orientador - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

GENEI ANTONIO DALMAGO
Coorientador - EMBRAPA Trigo

CHRISTIAN BREDEMEIER
PPG Fitotecnia/UFRGS

CLEUSA ADRIANE MENEGASSI BIANCHI-KRÜGER
UNIJUÍ

JORGE ALBERTO DE GOUVÊA
EMBRAPA Trigo

PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais, Henrique Fochesatto e Marines A. Fochesatto, por me apoiarem e incentivarem durante toda a vida, além de me proporcionarem condições para chegar até o presente momento. Também, quero agradecer ao meu irmão Edivan Fochesatto, pelo companheirismo de irmão, sobretudo por me incentivar a seguir adiante.

Agradeço à minha noiva, Janaína Pereira dos Santos, um exemplo de pessoa, que tive a graça de conhecer durante as idas e vindas à UFRGS, por todo o apoio, pelo incentivo e pelos momentos bons que tem me proporcionado.

Agradeço ao Professor Homero Bergamaschi, por me orientar durante este período de mestrado, pelos seus ensinamentos, pela grande contribuição na formação acadêmica e pessoal, pelos momentos bons de conversa no Setor de Agrometeorologia da UFRGS, e por ser um exemplo de professor e pessoa.

Agradeço ao Dr. Genei A. Dalmago pela longa parceria de trabalho, pela grande contribuição na formação acadêmica e pessoal, pela amizade construída ao longo deste período, pelos conselhos e apoio moral, incentivos e por ser um exemplo de profissional e pessoa.

Agradeço aos professores da UFRGS pelos ensinamentos, aos colegas do Setor de Agrometeorologia e aos demais colegas de outros departamentos pelo convívio, troca de experiências e conhecimentos.

À Embrapa Trigo, em especial ao Laboratório de Agrometeorologia pelo período de convívio, pela parceria de trabalho durante o período que antecedeu meu mestrado e também durante o período do mestrado, por todo o apoio da equipe, pelos momentos de risadas e distração.

De modo geral, quero agradecer a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que o trabalho fosse realizado. Aqui fica o meu singelo agradecimento a todos, “Muito Obrigado”.

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA DE SÍLIQUAS E TAXA DE CRESCIMENTO DE GRÃOS DE CANOLA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E DATAS DE SEMEADURA ¹

Autor: Elizandro Fochesatto
Orientador: Homero Bergamaschi
Coorientador: Genei Antônio Dalmago

RESUMO

Apesar da canola estar sendo estudada há várias décadas, no Brasil, pouco se sabe sobre a resposta das plantas às condições do ambiente que influenciam o seu rendimento de grãos. Este estudo teve por objetivo avaliar o acúmulo de matéria seca em siliquas, bem como a taxa de crescimento de grãos, em diferentes posições na planta, em função da disponibilidade de nitrogênio (N) e de condições ambientais promovidas por diferentes datas de semeadura. Por isso, foram realizados dois experimentos de campo, sendo um deles com diferentes doses de N (10, 20, 40, 80, 160 kg ha⁻¹) aplicado em cobertura e outro com diferentes datas de semeadura (23/04/2014, 29/05/2014 e 16/07/2014). Os experimentos foram conduzidos em Coxilha, RS, na safra de 2014. As seguintes variáveis foram avaliadas: índice de área de estruturas reprodutivas e interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) por essas estruturas, no experimento com doses de N e, em ambos os experimentos, o total de matéria fresca e seca da siliquas, a matéria seca de siliquas sem grãos, a matéria seca de grãos por siliqua e a taxa de crescimento de grãos. As avaliações foram feitas na haste principal e no primeiro ramo primário, em diferentes estratos (inferior, médio e superior) da haste principal e do primeiro ramo primário. A interceptação de RFA pelas estruturas reprodutivas variou de 45 a 70%, sendo que a mais elevada ocorreu na dose de 160 kg ha⁻¹ de N. O coeficiente de extinção para RFA das estruturas reprodutivas foi de 0,44 para doses não limitantes de N. A massa de matéria fresca de siliquas variou ao longo do ciclo, de 500 a 600 mg entre doses de N e de 200 a 600 mg entre as datas de semeadura. O maior acúmulo de matéria seca total de siliquas ocorreu na haste principal e no terço inferior da inflorescência, variando de 56 a 94 mg, independentemente do nível de N e da data de semeadura. A matéria seca de siliquas sem grãos seguiu a mesma tendência da matéria seca total de siliquas. A matéria seca de grãos por siliqua, no final do enchimento dos grãos, foi maior nas doses de 10 e 20 kg ha⁻¹ de N (41,75 e 45,66 mg) do que nas demais doses de N. Entre as datas de semeadura, o maior acúmulo de matéria seca de grãos por siliqua ocorreu na haste principal e nas segunda e terceira datas de semeadura. Entre estratos, o terço médio teve o maior acúmulo de matéria seca de grãos por siliqua, no final do enchimento dos grãos. Na primeira data de semeadura, a matéria seca de grãos foi reduzida pela ocorrência de geadas. Independentemente dos níveis de manejo, o maior acúmulo de matéria seca de grãos ocorreu na haste principal e no terço inferior, em comparação com outras posições da inflorescência.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (148 p.) Agosto, 2015.

ACCUMULATION OF DRY MATTER OF SILIQUES AND GROWTH RATE OF GRAINS IN CANOLA SUBJECTED TO NITROGEN DOSES AND PLANTING DATES¹

Author: Elizandro Fochesatto
Adviser: Homero Bergamaschi
Co-adviser: Genei Antônio Dalmago

ABSTRACT

Despite the canola is been studied for several decades, in Brazil, little is known about the plant development and grain production of this crop. This study aimed to evaluate the dry matter accumulation in siliques, and the growth rate of grains in different positions of plants, as function of the availability of nitrogen (N) and environmental conditions promoted by different sowing dates. Therefore, two field experiments were conducted in Coxilha, RS, Brazil, one of them with different doses of N (10, 20, 40, 80, and 160 kg ha⁻¹) applied in top dressing, and another with different sowing dates (April 23th, May 29th, and July 16th of 2014). The following variables were evaluated: area index of reproductive structures and interception of the photosynthetically active radiation (PAR) by these structures, in the experiment with N doses. Meantime, the total fresh and dry weight of siliques, the dry matter of siliques without grains, the dry matter of grains per silique, and the grain growth rate were determined in both experiments. These evaluations took place on the main stem and on the first primary branch, in different strata (lower, middle and upper) of the main stem and of the first main branch. The interception of PAR by reproductive structures ranged from 45 to 70%, and the highest value occurred in the dose of 160 kg ha⁻¹ of N. The extinction coefficient for PAR by the reproductive structures was 0.44 for the non-limiting doses of N. The fresh weight of siliques varied throughout the cycle, ranging from 500 to 600 mg among the doses of N, and from 200 to 600 mg among the sowing dates. The highest accumulation of total dry matter of siliques occurred on the main stem and in the lower third of the inflorescence, ranging from 56 to 94 mg, regardless of the level of N and of sowing dates. The dry matter of siliques without grains followed the same trend of total dry matter of siliques. At the end of grain filling, the dry matter of grains per silique was higher in doses of 10 and 20 kg ha⁻¹ N (41.75 and 45.66 mg) than in the other doses of N. Among the sowing dates, the largest accumulation of dry matter of grains per silique occurred on the main stem, and in the second and third sowing dates. Among strata, the middle third had the largest accumulation of dry matter of grains per silique, at the end of grain filling. The grain dry matter decreased due to the occurrence of frost, for the first sowing date. Regardless of management levels, the largest dry matter of grains occurred on the main stem and in the lower third compared to the other positions of the inflorescence.

¹ Master of Science in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (148p.) August, 2015.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Caracterização da canola.....	5
2.1.1 Origem e distribuição da canola no mundo e no Brasil.....	5
2.1.2 Desenvolvimento e fenologia da canola.....	7
2.2 Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas estruturas reprodutivas.....	11
2.3 Coeficiente de extinção da RFA.....	14
2.4 Matéria fresca de síliqua.....	15
2.5 Matéria seca de síliquas.....	19
2.6 Matéria seca de grãos.....	22
2.7 Taxa de crescimento de grãos.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Localização dos experimentos.....	27
3.2 Descrição dos experimentos avaliados.....	27
3.3 Delineamento experimental.....	28
3.3.1 Experimento de doses de nitrogênio.....	28
3.3.2 Experimento de datas de semeadura.....	29
3.4 Dados Meteorológicos.....	31
3.5 Balanço hídrico meteorológico.....	31
3.6 Determinações fenológicas.....	32
3.7 Determinação do acúmulo térmico.....	33
3.8 Determinação da área de síliqua.....	34
3.9 Determinação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas estruturas reprodutivas.....	35
3.10 Avaliação do desenvolvimento das síliquas.....	36
3.10.1 Determinação da matéria fresca de síliqua.....	38
3.10.2 Determinação da matéria seca.....	39
3.10.3 Determinação da taxa de crescimento de grãos.....	39
3.11 Análise estatística.....	41
3.11.1 Índice de área das estruturas reprodutivas (IAS).....	41
3.11.2 Radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAi).....	41
3.11.3 Matéria fresca de síliqua.....	41
3.11.4 Matéria seca total, matéria seca de síliqua (sem grãos) e matéria seca de grãos por síliqua.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Condições meteorológicas do período experimental.....	45
4.2 Índice de área das estruturas reprodutivas (IAS).....	47

	Página
4.3 Intercepção de RFA pelas estruturas reprodutivas	49
4.4 Coeficiente de extinção para RFA	51
4.5 Matéria fresca de síliquas	54
4.4 Matéria Seca de síliquas	66
4.4.1 Matéria seca total de síliquas	66
4.4.1.1 Experimento com diferentes doses de nitrogênio aplicado	66
4.4.1.2 Experimento com diferentes datas de semeadura	72
4.4.2 Matéria seca de síliquas	82
4.4.2.1 Experimento com diferentes doses de nitrogênio aplicado	82
4.4.2.2 Experimento com diferentes datas de semeadura	89
4.5 Matéria seca de grãos por síliqua	100
4.5.1 Experimento doses de nitrogênio.....	100
4.5.2 Experimento de datas de semeadura.....	105
4.6 Taxa de crescimento de grãos	114
4.6.1 Experimento com diferentes doses de N	114
4.6.2 Experimento com diferentes datas de semeadura.	116
5 CONCLUSÕES	119
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
7 APÊNDICES	128

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Estádios fenológicos a partir do florescimento da canola, adaptados de Cetiom (2004) (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du Chanvre) e Adaptado de Iriarte e Valetti, (2008).	33
2. Datas da primeira coleta de siliqua da haste principal (HP), nos terços inferior (TI), mediano (TM.) e superior (TS) e, TI, e TM do primeiro ramo primário emitido, nos experimentos de doses de nitrogênio e datas de semeadura em canola. Passo Fundo, RS, 2014.	39
3. Estatísticas descritivas e correlação de Pearson para temperatura máxima do ar (Tmax), temperatura média do ar (Tmed) e temperatura mínima do ar (Tmin), precipitação pluvial (Prec. Pluvial) e radiação solar global (Rg) decedial, de abril a novembro de 2014 e médias climatológicas de 1961 a 1990. Passo Fundo - RS, 2014.	46
4. Índice de área das estruturas reprodutivas, siliquas e hastes (IAS) da canola, em duas datas de avaliação e diferentes doses de nitrogênio N (kg ha ⁻¹) aplicado em cobertura. Coxilha, RS. 2014.	47
5. Matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola nos terços medianos da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado (kg ha ⁻¹) em cobertura, e MSTS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), para as mesmas doses de N aplicado, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	67
6. Coeficientes do modelo exponencial de crescimento para matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola para haste principal (HP) e ramo primário (R1), em diferentes doses de N aplicado (kg ha ⁻¹) e para MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	71
7. Matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	73

8. Coeficientes do modelo exponencial que descreve o acúmulo da matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 75
9. Matéria seca total de siliquas (MSTS) da canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) do ramo primário (R1), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSTS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 76
10. Coeficientes do modelo sigmoidal para acúmulo de matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e ramo primário (R1), e MSTS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) nas segunda e terceira datas de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 82
11. Matéria seca de siliquas (MSS) de canola no terço mediano da haste principal (HP) e no primeiro ramo primário (R1), em diferentes doses de N aplicado e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 85
12. Coeficientes das etapas crescente (positivo) e decrescente (negativo) do modelo de crescimento da matéria seca de siliquas (MSS) de canola na haste principal (HP) e no ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado, e coeficientes do modelo exponencial para matéria seca de siliquas MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 88
13. Matéria seca de siliquas (MSS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 91
14. Matéria seca de siliquas (MSS) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) para os terços inferior (TI) e mediano (TM), na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 94

	Página
15. Matéria seca de síliquas (MSS) dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	95
16. Matéria seca de síliquas (MSS) de canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e ramo primário (R1) e MSS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), na terceira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	95
17. Coeficientes do modelo sigmoidal para matéria seca de síliquas (MSS) dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b) e MSS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c), na terceira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	99
18. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) da canola no terço mediano da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado e MSGs nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), para as mesmas doses de N, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	101
19. Coeficientes do modelo sigmoidal de crescimento para matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola para haste principal (HP) e ramo primário (R1), em diferentes doses de N aplicado (kg ha^{-1}) e para MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	104
20. Matéria seca de grão por síliqua (MSGs) da canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSGs do terço mediano (TM) e do terço superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, representadas por valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	106
21. Coeficientes do modelo sigmoidal que descreve o acúmulo da matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	108

22. Matéria seca de grãos (MSG) da canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSG nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 110
23. Coeficientes do modelo sigmoidal para acúmulo de matéria seca total de siliques (MSTS) de canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSTS nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e ramo primário (R1), e MSTS nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas segunda e terceira datas de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 114
24. Coeficientes de ajuste da função Gompertz que descreve o aumento da matéria seca de grãos (mg /grau-dia) da canola, para os terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e terço mediano (TM) do primeiro ramo primário (R1), nas doses de N aplicado de 10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹. Coxilha, 2014. 115
25. Coeficientes de ajuste da função Gompertz que descreve o acúmulo de matéria seca de grãos (mg /grau-dia) da canola, nos terço mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e terço mediano (TM) do primeiro ramo primário (R1), na primeira data de semeadura, e nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal e terços inferior (TI) e mediano (TM) do primeiro ramo primária (R1), nas segunda e terceira datas de semeadura da canola. Coxilha, RS, 2014. 117

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Danos causados por geada em siliques de canola (pontos pretos e áreas claras) no experimento de doses de nitrogênio. Coxilha, RS, 2014.	48
2. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas estruturas reprodutivas (siliques e haste/ramos) da canola, entre 20/08/2014 e 23/09/2014, do final do florescimento a 10 dias antes da maturação fisiológica, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (10, 20, 40, 80, 160 kg ha ⁻¹). Coxilha, RS, 2014.	50
3. Eficiência de interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa média (ϵ_i) pelas estruturas reprodutivas (siliques e hastes) de canola, em função das doses de nitrogênio aplicado. Coxilha, RS, 2014.	50
4. Coeficiente de extinção (k) médio para radiação fotossinteticamente ativa (RFA), representado pelo coeficiente angular da equação de regressão linear entre o logaritmo natural da RFA não interceptada ($1-\epsilon_i$) e o índice de área das estruturas reprodutivas (IAS), para os dados obtidos em todas as doses de nitrogênio aplicado em cobertura, em duas datas de avaliação (08/09/2014 e 22/09/2014). Coxilha, RS, 2014.	52
5. Coeficiente de extinção (k) médio para radiação fotossinteticamente ativa (RFA), representado pelo coeficiente angular da equação de regressão linear entre a RFA não interceptada ($1-\epsilon_i$) e o índice de área das estruturas reprodutivas (IAS), para as doses de nitrogênio de 80 e 160 kg/N ha ⁻¹ , em duas datas de avaliação (08/09/2014 e 22/09/2014). Coxilha, RS, 2014.	53
6. Matéria fresca de siliques dos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário emitido, para doses de nitrogênio (10, 20, 40, 80 e 160 kg ha ⁻¹ de N), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola. Coxilha, RS, 2014.	56
7. Matéria fresca de sílica dos terços mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal e do terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da primeira data de semeadura da canola. Coxilha, RS, 2014.	57
8. Matéria fresca de siliques dos terços inferior (RPTI), mediano e superior (HPTS) da haste principal (a) e dos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, da segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	61

9. Matéria fresca de siliques dos terços inferior (RPTI), mediano (UPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e do terço inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia), após a floração da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014. 62
10. Redução da matéria fresca de siliques nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (RPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração, para a segunda data de semeadura. (*) indica que os coeficientes das equações são significativos; (ns) indica que os coeficientes das equações não são significativos a 5% de probabilidade de erro. Coxilha, RS, 2014. 64
11. Redução da matéria fresca de siliques dos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal e dos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, para a terceira data de semeadura, (ns) indica que os coeficientes das equações não são significativos a 5% de probabilidade de erro. Coxilha, RS, 2014. 65
12. Matéria seca total de siliques (MSTS) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), para diferentes doses de N (10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) aplicado (b), e MSTS dos terços mediano (HP TM) e superior (HP TS) (c) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N aplicado (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 68
13. Matéria seca total de siliques (MSTS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 75
14. Matéria seca total de siliques (MSTS) da canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a, d), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b, e) e MSTS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c, f) nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 80
15. Evolução da matéria seca de siliques (MSS) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a) e para diferentes doses de N (kg ha⁻¹) aplicado (b), e MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) (c) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014. 86

	Página
16. Evolução da matéria seca de siliquas (MSS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), e MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (b), na primeira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	91
17. Evolução da matéria seca de siliquas (MSS) de canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), e MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b), na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	96
18. Evolução da matéria seca de siliquas (MSS) de canola dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	98
19. Matéria seca de siliquas (MSS) da canola dos terço inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) do ramo primário (R1) (a), e MSS dos terço inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal principal (HP) e ramo primário (R1) (b), e MSS dos terço inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c), na terceira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, representadas por valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	100
20. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), para diferentes doses de N aplicado (kg ha^{-1}) (b), e MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) (c) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	102
21. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	108
22. Matéria seca de grãos por siliquas (MSGs) de canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e no ramo primário (R1) (a, d), MSGs nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e no ramo primário (R1) (b, e) e MSGs nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c, f) nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	113

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Temperaturas do ar média, totais de radiação global e totais de precipitação pluvial, em valores diários, de abril a novembro de 2014, período de execução dos experimentos com canola. Coxilha, RS, 2014.	128
2. Temperatura do ar mínima e máxima diárias, de abril a novembro de 2014, período de execução dos experimentos com canola. Coxilha, RS, 2014.	128
3. Excesso (Exc, valores positivos) e deficiência hídrica (Def, valores negativos) calculados por balanço hídrico climático (Thorntwaite-Mather, 1955), entre abril e novembro de 2014, período em que os experimentos de doses de nitrogênio e épocas de semeadura de canola foram conduzidos no campo. Coxilha, RS, 2014.	129
4. Número de ramos (NR), número de siliques (NSLQ) e número de siliques abortadas (NSLQAB) por planta, em função de doses de nitrogênio (doses de N) aplicado em cobertura. Coxilha, RS, 2014.	129
5. Matéria fresca de siliques da haste principal, nos terços mediano e superior da inflorescência da canola, em diferentes doses de nitrogênio (10, 20, 40, 80, 160 kg ha ⁻¹) aplicado em cobertura, para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	130
6. Matéria fresca de siliques (mg) do primeiro ramo primário emitido entre os terços mediano e superior da inflorescência de canola, para doses de nitrogênio (10, 20, 40, 80, 160 kg ha ⁻¹) aplicado em cobertura, para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	130
7. Matéria fresca de siliques dos terços mediano (HPTM) e superior (RPTS) da haste principal da inflorescência, após a floração da primeira data de semeadura da canola, para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	131
8. Matéria fresca de siliques em diferentes datas de coleta, para os terços inferior (RPTI), mediano (RPTM) e superior (RPTS) da inflorescência de canola, em duas datas de semeadura (segunda e terceira), para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.....	131

	Página
9. Matéria fresca de siliquas (mg) para os terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário da canola, em duas datas de semeadura (segunda e terceira), para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	132
10. Matéria fresca de siliquas (MF) e matéria seca de siliquas (MS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (HP) (a) e para os terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário (R1) (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, na segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	132
11. Matéria fresca de siliquas (MF) e matéria seca de siliquas (MS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (HP) (a) e para os terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário (R1) (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	133
12. Matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola (mg) nos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (kg ha^{-1}), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	133
13. Matéria seca total de siliquas (MSTS) nos terços mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (HP) e no terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia), da primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	134
14. Matéria seca total de siliquas (MSTS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia) da segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	134
15. Matéria seca total de siliquas (MSTS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	134
16. Matéria seca de siliquas (MSS) nos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (10, 20, 40, 80 e 160 kg ha^{-1}), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	135
17. Matéria seca de siliquas (MSS) nos terços mediano (HPTM) e superior da haste principal (HPTS) e no terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia), na primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	135

	Página
18. Matéria seca de síliquas (MSS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e no terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia) da segunda data de semeadura, em. Coxilha, RS, 2014.	136
19. Matéria seca de síliquas (MSS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do último ramo primário (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	136
20. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola nos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (kg/ha^{-1}), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	137
21. Matéria seca de grãos por síliquas (MSGs) da canola nos terços mediano (HPTM) e superior da haste principal (HPTS) e no terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia), na primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.....	137
22. Matéria seca de grãos por síliquas (MSGs) de canola nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia) da segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.....	138
23. Matéria seca total de síliquas nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e terço superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do último ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	138
24. Número de grãos por síliqua (NGS) de canola no terço mediano da haste principal (HP) e no primeiro ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado (kg ha^{-1}), e NGS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), para as mesmas doses de N aplicado, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	139
25. Número de grãos por síliqua (NGS) da canola no terço mediano (TM) da inflorescência da haste principal (HP) e no primeiro ramo primário (R1), e NGS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, representadas por valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	140

	Página
26. Número de grãos por siliqua (NGS) da canola (mg) nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), MSTS nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1) e NGS nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	141
27. Matéria seca de grão de canola, nas doses de 10 (a), 20 (b) 40 (c) 80 (d) e 160 (e) kg ha ⁻¹ de N aplicado, no terço mediano da haste principal, em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	142
28. Matéria seca de grão de canola, entre as doses de 10 (a), 20 (b) 40 (c) 80 (d) e 160 (e) kg N ha ⁻¹ para o terço superior da haste principal em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	143
29. Matéria seca de grão de canola, as doses de 10 (a), 20 (b) 40 (c) 80 (d) e 160 (e) kg N ha ⁻¹ para o terço mediano do primeiro ramo primário emitido em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	144
30. Matéria seca de grão de canola, no terço mediano (a) terço superior (b) da haste principal e no terço mediano (c) do primeiro ramo primário emitido da primeira data de semeadura em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.....	145
31. Matéria seca de grão de canola, nos o terços inferior (a) mediano (b) superior (c) da haste principal e nos terços inferior (d) e mediano (e) do primeiro ramo primário emitido na segunda data de semeadura em função do acúmulo (Graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	146
32. Matéria seca de grão de canola, nos terços inferior (a) mediano (b) e superior (c) da haste principal e nos terços inferior (d) e mediano (e) do primeiro ramo primário emitido na terceira data de semeadura em função do acúmulo (Graus-dia). Coxilha, RS, 2014.	147
33. Esquema de coleta das síliquas nos terços mediano e superior da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário emitido, no experimento de doses de N e na primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	148
34. Esquema de coleta das síliquas nos terços inferior, mediano e superior da haste principal e nos terços inferior e mediano primeiro do ramo primário emitido, nas segunda e terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.	148
35. Laudo da análise química de solo da área de instalação dos experimentos de doses de N e datas de semeadura, para diferentes camadas de solo. Coxilha, RS, 2014.	148

1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) vem sendo pesquisada no Brasil desde a década de 1970, cujos primeiros resultados foram divulgados nos anos 1980. Os trabalhos de pesquisa no País, com essa oleaginosa, são diversificados, mas se concentraram em aspectos gerais da cultura. Neste sentido, ainda são raros estudos que avaliam, especificamente e com a profundidade requerida, diversos processos importantes sobre as resposta das plantas às condições do ambiente que influenciam, significativamente, seu rendimento de grãos.

Entender o processo de interceptação da radiação solar pelas estruturas reprodutivas é o primeiro passo, para que avanços no rendimento de grãos sejam obtidos. No Brasil, Nied (2013) realizou o primeiro estudo neste sentido e apontou que, a partir do florescimento, a interceptação da radiação solar foi realizada, principalmente, pelas síliquas, quando a produção de matéria seca de síliquas e grãos, na sua maior parte, é dependente da radiação interceptada pelas síliquas. Esta resposta foi obtida para um ciclo de cultivo, considerando uma condição média de manejo, especificada pelas indicações técnicas para a canola. Para variações no manejo da cultura, esta resposta ainda não é conhecida. Por isto, torna-se importante avançar neste sentido, considerando que, durante o ciclo, a canola apresenta relações diferentes de interação com a radiação solar, marcadas por dois tipos de estruturas biológicas: folhas, no início do ciclo, e estruturas reprodutivas, do meio para o final do ciclo, ao contrário de outras culturas de

importância agrícola, como trigo, soja e milho. Nestas espécies a radiação solar é, majoritariamente, interceptada pelas folhas, que são as estruturas responsáveis por quase toda fotossíntese, diferente da canola, cujas siliquas também desempenham papel importante.

Paralelamente à interceptação da radiação solar pelas estruturas reprodutivas, a compreensão dos processos envolvidos na produção de matéria seca pelas mesmas e no enchimento de grãos são de fundamental importância para as condições de cultivo do Sul do Brasil. A canola apresenta alta plasticidade fenotípica e responde de forma distinta a condições ambientais adversas, ou seja, em condições desfavoráveis de temperatura do ar radiação solar e precipitação pluvial, o crescimento e desenvolvimento da canola é afetado, em comparação a outras espécies, de maneira que sua resposta produtiva nem sempre é satisfatória, o que compromete a cultura como opção de cultivo durante o período de outono-inverno, quando a maior parte das áreas de produção de grãos fica ociosa. Isto pode ser verificado na variabilidade do rendimento médio de grãos da cultura, no País, que tem oscilado entre 608 e 1.503 kg ha⁻¹ nos últimos anos o que é muito inferior ao potencial produtivo dos genótipos de canola utilizados, estimado em 4.500 kg ha⁻¹.

Diante da variabilidade produtiva e dos, relativamente, baixos rendimentos de grãos que a cultura da canola apresenta no Brasil, em relação ao seu potencial de produção de grãos, destaca-se a necessidade de estudos que permitam compreender a evolução do acúmulo de matéria seca das siliquas, que apresenta elevada relação com a produção de grãos. Além disso, é de grande importância obter conhecimento acerca das estratégias de formação e enchimento de grãos que a canola adota, especialmente quanto à taxa de enchimento de grãos adotada pela planta, nas diferentes posições dos ramos (terços inferior, mediano e superior) e nos diferentes ramos da planta (haste

principal e ramos que compõem a inflorescência). Para a busca destas informações, são necessários estudos sob diferentes condições e níveis de fatores que implicam em variabilidade de resposta quanto à formação do rendimento de grãos em canola, como sendo, por exemplo, datas de semeadura e doses de nitrogênio aplicado.

Alguns estudos realizados em outros países, sobre a produção de matéria seca de síliquis e grãos, têm demonstrado que a mesma é maior na base dos ramos que no ápice da planta. Isto acontece em razão da maior oferta de fotoassimilados, os quais são redirecionados das folhas para as primeiras síliquis que começam a se desenvolver (Clarke, 1979; Wang *et al.*, 2011;). Porém, ainda são escassos estudos que possam avaliar a produção de matéria seca de síliquis e grãos em diferentes haste/ramos e nas diferentes posições, dentro de uma mesma haste/ramo, sob diferentes condições de manejo em canola. No contexto atual da produção de canola no Brasil, em que a mesma é produzida, quase exclusivamente, na Região Sul, onde a variabilidade meteorológica é elevada durante o ciclo, associada à alta plasticidade da cultura, é de extrema importância conhecer, com profundidade, a produção de matéria seca de síliquis e de grãos. Neste sentido, a hipótese deste trabalho é de que a alta variabilidade meteorológica da Região Sul do Brasil, associada à grande plasticidade da cultura, não altera a lógica de distribuição da produção de matéria seca de síliquis e grãos na planta. Ou seja, a produção de matéria seca é maior na haste principal, em comparação aos ramos e, dentro da mesma inflorescência, ela é maior no estrato inferior do que nas demais porções da mesma.

O Rio Grande do Sul detém a maior área de cultivo de canola no Brasil e se credencia como vetor importante para a expansão da cultura em outras regiões do País. Por isto, avanços na compreensão de todo o processo de formação do rendimento de grãos nas plantas pode contribuir no aperfeiçoamento de técnicas de manejo existentes e

no desenvolvimento de novas técnicas, que venham a ser aplicadas nessa cultura, inclusive em outras regiões. Considerando ser importante a compreensão de respostas produtivas da cultura da canola às condições que promovam variabilidade de ambientes de cultivo, o presente estudo teve por objetivo principal avaliar a interceptação de radiação solar pelas estruturas reprodutivas, o acúmulo de matéria seca pelas síliquas e a taxa de crescimento de grãos, em diferentes posições da planta de canola, em função de doses de nitrogênio e datas de semeadura.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Determinar a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas estruturas reprodutivas (síliquas e hastes);
- Avaliar a produção de matéria fresca de síliquas em diferentes estratos da haste principal e do primeiro ramo primário;
- Avaliar a produção de matéria seca de síliquas em diferentes estratos da haste principal e do primeiro ramo primário;
- Avaliar a produção de matéria seca de grãos por síliqua em diferentes estratos da haste principal e do primeiro ramo primário;
- Determinar a taxa de crescimento de grãos em diferentes estratos da haste principal e do primeiro ramo primário.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da canola

2.1.1 Origem e distribuição da canola no mundo e no Brasil

A história do cultivo de *Brassica napus* iniciou em áreas próximas do Mediterrâneo e no Norte da Europa, a partir de cruzamentos da *B. oleracea* e *B. rapa* (Oecd, 1997; Edwards & Hertel, 2011). No entanto, os primeiros relatos são de que a colza foi cultivada há quatro mil anos, na Índia, e por volta de dois mil anos atrás, no Japão (Sistema, 1981; Thomas, 2003; Edwards & Hertel, 2011). Na Europa, o cultivo de colza iniciou no século XIII e expandiu-se por toda a Europa em meados do século XV (Iriarte *et al.*, 2008; Edwards & Hertel, 2011). No Brasil, a cultura da colza (*Brassica napus* L. var. oleífera Metzg), foi introduzida no Rio Grande do Sul em 1974, sendo os primeiros resultados de pesquisa divulgados a partir de 1980 (Sistema, 1981).

Na década de 1960, foi dado início ao melhoramento genético da cultura de colza no Canadá, com a finalidade de reduzir o teor de ácido erúico, que é prejudicial à saúde humana, e de glucosinalatos no farelo, que são prejudiciais à alimentação animal (Thomas, 2003). Em atendimento aos padrões de qualidade definidos, esses limites não podem ultrapassar de 2% e 30 $\mu\text{mol g}^{-1}$, respectivamente (Edwards & Hertel, 2011). Com as mudanças nos teores destes componentes presentes no óleo e no farelo, a colza

passou a ser denominada de canola (*Canadian oil low acid*), que é um termo genérico adotado internacionalmente (Thomas, 2003; Iriarte *et al.*, 2008).

Atualmente, a canola é a terceira oleaginosa mais produzida no mundo, sendo superada somente pelas culturas de soja e palma. Na safra de 2014, a produção mundial de canola foi de aproximadamente 70,07 milhões de toneladas. Os maiores produtores de canola são a União Europeia (EU-27), China e Canadá (USDA, 2013). O Brasil está entre os países produtores, porém em menor escala, em relação aos demais, correspondendo a 0,1 % da produção mundial. A área cultivada com canola no Brasil, na safra de 2014, foi de 44,7 mil hectares (Conab, 2015b). Historicamente, o Rio Grande do Sul tem tido a maior área semeada do País, com estimativa de 39 mil hectares na safra de 2015. Em segundo lugar, está o Paraná, com 8,9 mil hectares (Conab, 2015b).

Na safra de 2013, o Brasil produziu 60,5 mil toneladas de canola e na safra de 2014 a produção foi de 36,3 mil toneladas. Isto demonstra que houve redução de 40% na produção de grãos, entre os anos, respectivamente. O rendimento médio de grãos em 2013 foi de 1.330 kg ha⁻¹ e, em 2014, foi de 812 kg ha⁻¹, denotando queda de 39%. No Rio Grande do Sul, foi registrado o menor rendimento médio de grãos, de 720 kg ha⁻¹, em consequência da ocorrência de geadas durante o período reprodutivo. Na safra de 2015, em escala de País, é estimada uma produção de 61,3 mil toneladas, com rendimento médio de grãos de 1.529 kg ha⁻¹ (Conab, 2015a; Conab, 2015b).

A produção de canola é destinada, preferencialmente, à fabricação de óleo para a alimentação humana, devido às propriedades nutricionais (ômega 3, vitamina E, elevado teor de gorduras monoinsaturadas e baixo teor gorduras saturadas). O farelo, que é o subproduto da extração de óleo de canola, é destinado à formulação de ração animal, devido ao seu alto teor de proteína (34 a 38%) (Iriarte; Valetti, 2008; Tomm,

2009). Outra grande importância do óleo extraído de grãos de canola é a destinação para produção de biodiesel, a ser misturado ao óleo diesel para abastecer veículos e máquinas agrícolas (Tomm *et al.*, 2009).

2.1.2 Desenvolvimento e fenologia da canola

Sob o ponto de vista de crescimento e desenvolvimento das plantas, a canola possui genótipos que são denominados de primavera e de inverno. Os genótipos de inverno são cultivados em regiões de clima temperado (Friedt & Snowdon, 2009), por necessitarem temperaturas do ar abaixo de 7°C por, aproximadamente, sete semanas, para que ocorra o processo de vernalização, o qual induz as plantas ao florescimento. Sendo assim, esses genótipos devem ser semeados no outono (Iriarte & Valetti, 2008).

No Brasil, são cultivados apenas genótipos de primavera, os quais não necessitam de vernalização para que ocorra o processo de indução floral (Tomm *et al.*, 2009). A semeadura dos genótipos de primavera é realizada, preferencialmente, durante o período de outono, quando as condições de temperatura do solo e do ar são favoráveis ao crescimento inicial das plantas no campo, já que o inverno, normalmente, não é rigoroso a ponto de matar as plantas, por temperaturas do ar negativas (Dalmago *et al.*, 2009), ao contrário do que pode acontecer em regiões de clima temperado. Também na Austrália, um dos países que vem se destacando na produção de canola, são cultivadas variedades de primavera (Friedt & Snowdon, 2009).

A cultura da canola apresenta importância econômica, social e ambiental para a produção sustentável de grãos no Brasil. Um dos aspectos relevantes é a sua inserção no sistema de rotação de culturas produtoras de grãos, por contribuir na redução de moléstias e pragas, que permanecem nos restos culturais de milho, soja, trigo, cevada e aveia. Ela pode contribuir, ainda, na redução de plantas daninhas, devido ao uso de

herbicidas seletivos, bem como pode auxiliar na ciclagem de nutrientes, aumentando sua disponibilidade para culturas sucessoras, como de nitrogênio, para milho e soja (Thomas, 2003). Além disso, a canola pode ocupar áreas ociosas, no inverno, especialmente no Sul do Brasil, que não são utilizadas para cultivo de poáceas, como trigo, aveia e cevada, aumentando a renda dos agricultores (Tomm *et al.*, 2009). Alguns estudos apontam potencial para a expansão da canola para a região central do Brasil (Tomm *et al.* 2012), para cultivo após soja e/ou milho.

O desenvolvimento das plantas da canola é contínuo. Porém, a duração de cada etapa do ciclo é influenciada pela temperatura do ar, pelo fotoperíodo (duração do dia) e pela umidade relativa do ar (Thomas, 2003; Edwards & Hertel, 2011). As principais etapas fenológicas são: emergência, formação de roseta, início do alongamento da haste principal, início do florescimento, florescimento pleno, desenvolvimento de síliquas, formação e maturação de grãos, as quais são facilmente identificadas por meio da escala fenológica descritiva do CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du Chanvre (2004), adaptada por Iriarte & Valetti (2008).

A germinação e a emergência da canola tem duração entre 4 e 15 dias. Esta variação depende de vários fatores, dentre os quais os mais importantes são, tamanho da semente, profundidade de semeadura, temperatura e umidade do solo. Estes fatores são preponderantes na uniformidade de emergência das plântulas, no crescimento inicial das plantas e no estabelecimento de uma adequada população de plantas (Thomas, 2003; Iriarte & Valetti, 2008; Edwards & Hertel, 2011). Após a emergência, os cotilédones e o ponto de crescimento ficam expostos ao ambiente externo ao solo, torna-o susceptível a danos provocados por insetos, granizo e geada, podendo levar a plântula à morte (Iriarte & Valetti, 2008; Dalmago *et al.*, 2010; Edwards & Hertel, 2011).

Com o ponto de crescimento exposto na superfície do solo, em 4 a 8 dias ocorre o aparecimento das primeiras folhas verdadeiras, as quais captam radiação solar para o processo de fotossíntese, necessária ao crescimento do restante das estruturas (raízes e folhas) (Edwards & Hertel, 2011). Logo após o aparecimento das primeiras folhas, inicia-se a formação da roseta, com folhas mais velhas na periferia e folhas mais jovens se formando no centro da planta, quando o crescimento da haste principal ainda não se iniciou (Thomas, 2003; Edwards & Hertel, 2011). Normalmente, em condições adequadas, as plantas produzem 9 a 30 folhas (Thomas, 2003). Segundo Edwards & Hertel (2011), formam-se 10 a 15 folhas, mas, para Dalmago *et al.* (2013), o número médio de folhas varia de 12 a 16. Este número depende da cultivar, das condições de cultivo (temperatura do ar e do solo e umidade do solo), além da época de semeadura, nutrição e população de plantas (Edwards & Hertel, 2011; Dalmago *et al.*, 2013).

Com a roseta formada, e com aproximadamente 8 a 9 folhas, inicia-se o alongamento da haste principal (Edwards & Hertel, 2011). Vistos de cima, os botões florais estão ainda protegidos pelas folhas e, na medida em que o caule vai se alongando, os botões florais se tornam livres (fora das folhas) e espaçados uns dos outros. Antes da abertura da primeira flor, que caracteriza o início do período reprodutivo, a haste principal atinge em torno de 30 a 60% do seu tamanho máximo (Thomas, 2003), sendo que o comprimento do caule é máximo quando a planta atinge o florescimento pleno (Edwards & Hertel, 2011). A altura das plantas de canola varia de 50 a 175 cm, dependendo da espécie (*B. napus* ou *B. rapa*) e da cultivar.

O número de ramos por planta varia com a população de plantas e o espaçamento (Krüger *et al.*, 2011). Em lavouras, normalmente são emitidos quatro a seis ramos por planta, enquanto que, em plantas isoladas, podem variar de 2 a 12 ramos (Thomas, 2003). Cada ramo primário desenvolve de 1 a 4 folhas e um botão floral

(Edwards & Hertel, 2011). Em estudo realizado por Dalmago *et al.* (2013), foi observado que o número de folhas em cada ramo varia, em média, de 2,9 a 4,9 folhas emitidas. Esta variação está relacionada com a época de semeadura e com a precocidade da cultivar.

A ordem de emissão de ramos, flores e o início do florescimento dos ramos primários ocorrem de cima para baixo, ou seja, o primeiro ramo abaixo da haste principal é o primeiro a ser emitido e, os demais ramos se desenvolvem abaixo deste (Julien *et al.*, 2011). A abertura da primeira flor, na haste principal caracteriza o início do florescimento. Nos racemos a abertura e a fertilização das flores ocorre da base do ramo para o ápice (florescimento acrópico). O início do florescimento dos ramos primários ocorre, aproximadamente, entre dois a quatro dias após o início do florescimento da haste principal (Iriarte & Valetti, 2008).

Como a canola tem hábito de florescimento indeterminado, a duração deste período pode variar de 14 a 35 dias (Thomas, 2003; Iriarte & Valetti, 2008; Edwards & Hertel, 2011). As plantas produzem muitas flores, mas, normalmente, cerca de 40 a 55% atingirão a maturidade e originarão siliques produtivas. O restante será abortado, naturalmente, devido à incapacidade da planta em reter todas as flores produzidas (Thomas, 2003; Iriarte & Valetti, 2008; Edwards & Hertel, 2011).

A partir do momento em que a flor se abre, a duração do período de polinização é de, até, três dias. O processo de polinização das flores tem duração de 24 h. Assim que a flor é fecundada, em aproximadamente dois dias ocorre a queda das pétalas e a síliqua passa a se tornar visível (Thomas, 2003; Iriarte & Valetti, 2008).

Ao mesmo tempo em que a planta está florescendo, no terço inferior da haste principal ocorre o rápido crescimento das siliques, que atingirão tamanho entre 6 e 9 cm de comprimento (Edwards & Hertel, 2011). Na primeira metade do desenvolvimento

das síliquas, os grãos atingem, aproximadamente, 35% da matéria seca final (Hocking & Mason, 1993). No estágio de maturação fisiológica, o peso total dos grãos é de, aproximadamente, 60 % do peso total da síliqua. O número de grãos por síliqua varia de 15 a 25 (Edwards & Hertel, 2011). Thomas (2003) indica número mais elevado, variando de 15 a 40 grãos por síliqua, divididos em duas camadas de grãos, separadas por uma membrana interna longitudinal chamada de falso-septo (Fernandes, 1972).

A maturação fisiológica é considerada quando 60 % dos grãos de cada síliqua, na haste principal, mudam a coloração de verde para marrom. Este critério deve ser adotado para evitar perdas no peso de mil grãos. Se for feito o corte e enleiramento, antes dos grãos atingirem este estágio, ocorre redução de 10 % no peso final de grãos (Edwards & Hertel, 2011). O período entre o início do florescimento e a maturação fisiológica é de, aproximadamente, 80 dias (Iriarte & Valetti, 2008; Edwards & Hertel, 2011).

2.2 Intercepção da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas estruturas reprodutivas

A produtividade das culturas agrícolas está intimamente ligada à quantidade de radiação solar interceptada e ao quanto dessa energia vai para produção de matéria seca. A eficiência com que a radiação solar é interceptada e transformada em fotoassimilados depende da área foliar e da arquitetura das folhas, que definem a eficiência com que as folhas interceptam a radiação solar, e do tempo de sobrevivência das folhas (Yates & Steven, 1987).

Para que ocorra o máximo de intercepção de radiação solar, na cultura, é necessário o rápido desenvolvimento da área foliar (Diepenbrock, 2000; Edwards & Hertel, 2011). Para canola, índices de área foliar (IAF) próximos ou iguais a quatro,

normalmente, possibilitam a interceptação de cerca de 90% da radiação solar que incide sobre o dossel da cultura (Edwards & Hertel, 2011). Em estudo realizado com canola de primavera, Nied (2013) observou que 94% da eficiência de interceptação da RFA foi alcançada com IAF em torno de dois. Desta forma, pode-se dizer que um rápido desenvolvimento da área foliar é necessário, pois aumenta a produção e o acúmulo de reservas (fotoassimilados) para uso durante o período reprodutivo.

A partir do florescimento da canola, a interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa pelas folhas é reduzida, devido ao sombreamento causado pelas estruturas reprodutivas e, também, pelo sombreamento mútuo provocado entre plantas vizinhas (Brunel-Muguet, 2013; Nied, 2013). Além disso, o aumento do ângulo zenital durante o período de outono-inverno (período de cultivo na Região Sul do Brasil) reduz a penetração da radiação solar no dossel, devido ao sombreamento entre plantas e entre as linhas de cultivo (Müller & Bergamaschi, 2005). Porém, o fator de maior contribuição na redução da RFA que chega às folhas é a reflexão causada pelas flores, que pode ser de 60 a 80% (Takashima *et al.*, 2013). De acordo com Pinto (2015), em pleno florescimento, a maior parte da RFA que chega ao topo do dossel é refletida ou absorvida pelas flores e não consegue atingir as folhas, que são os principais órgãos fotossintetizantes. Assim, apenas 40% da RFA que atinge o dossel é transmitida para as folhas, de acordo com estimativas realizadas por Mendham *et al.* (1981) e Yates & Steven (1987), em razão da coloração amarela, a qual também aumenta a reflexão do vermelho (Andersen *et al.*, 1996).

Em estudos realizados com canola sem pétalas (apétalas), foi observado aumento de 30% na radiação que chega às folhas, no pico máximo do florescimento (Fray *et al.*, 1996; Thomas, 2003). Isso representa aumento significativo na quantidade e na qualidade da radiação solar que atinge as folhas, em relação à canola cujas flores

possuem pétalas (Andersen *et al.*, 1996). Desta forma, na canola com flores contendo pétalas, há necessidade de adoção de estratégias para aumentar a interceptação de radiação solar pelas folhas e produção de fotoassimilados para suprir a demanda das plantas, durante o período de florescimento e enchimento de grãos.

Aumentar a captação de radiação solar pelas flores é a primeira estratégia adotada pelas plantas de canola, como demonstrado por Justes *et al.*, (2000), porém, o aumento de RFA interceptada ocorre em pequena quantidade. A segunda estratégia, e mais importante, é a interceptação da RFA pelas hastes e siliques (estruturas reprodutivas), que ocorre, gradualmente, com o aumento do índice de área dessas estruturas (IAS) (Diepenbrock, 2000), para fazer fotossíntese (Mogensen *et al.*, 1997; Diepenbrock, 2000; Nied, 2013). A contribuição destas estruturas na fotossíntese varia de 70 a 100%, entre o florescimento e a maturação fisiológica dos grãos (Sheoran *et al.*, 1991). Os fotoassimilados produzidos serão utilizados na manutenção das necessidades fisiológicas e no enchimento de grãos (Mogensen *et al.*, 1997; Nied, 2013).

A fotossíntese realizada pelas siliques é menor que a realizada pelas folhas. Quando comparada à taxa fotossintética máxima, observa-se que, nas folhas, ela é de $43 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, enquanto que, nas siliques, ela varia com a idade das mesmas, sendo de $13,6 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ em siliques novas, $12 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ em siliques de meia idade e de $4,6 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ quando estão próximas à maturação, demonstrando que, à medida em que as siliques completam o ciclo, a taxa fotossintética diminui (Mogensen *et al.*, 1997). Desta forma, a fotossíntese de siliques, em média, é em torno de 75% menor daquela que ocorre nas folhas (Rode *et al.*, 1984).

Diante da importância que tem a interceptação da RFA pelas estruturas reprodutivas, e para que estas tenham o máximo de aproveitamento da RFA que atinge as mesmas, as plantas necessitam estar em adequado estado de nutrição, de temperatura

do ar e de disponibilidade hídrica (Nied, 2013). Desta forma, o monitoramento da interceptação e da incidência da RFA que chega às estruturas reprodutivas permite calcular indicadores importantes para o desenvolvimento da planta (Chang 1968; Varlet-Grancher *et al.*, 1989). Neste caso, permite entender a relação existente entre a evolução do IAS e a interceptação da RFA. Também, a eficiência de interceptação e o IAS podem permitir estimar o coeficiente de extinção (Monsi & Saeki, 1953).

2.3 Coeficiente de extinção da RFA

A partir da adaptação da lei de Beer, o coeficiente de extinção da radiação solar foi sugerido para ser aplicado a comunidades vegetais por Monsi & Saeki (1953). O mesmo indica a atenuação que a radiação solar sofre na medida em que penetra no interior do dossel de uma comunidade de plantas. A atenuação, via de regra, assume uma forma exponencial em relação ao índice de área foliar (IAF) e, no caso da canola, também, ao índice das estruturas reprodutivas (IAS). Portanto, a estimativa do coeficiente de extinção é obtida a partir da manipulação matemática da função exponencial da lei de Beer (Monsi & Saeki, 1953).

O coeficiente de extinção foi determinado para diversas culturas de produção de grãos, como é o caso da cultura milho (Müller & Bergamaschi, 2005), da soja (Martonaro, 2007), do trigo (Yunusa *et al.*, 1993), da colza de inverno (Gabrielle *et al.*, 1998) e da canola de primavera (Nied *et al.*, 2013). Segundo os autores, o coeficiente de extinção pode ser afetado por vários fatores, dentre os quais a disponibilidade hídrica, a arquitetura foliar e o arranjo de plantas. Chang (1968) indica que a altura de plantas, o ângulo de incidência da radiação e a transmissividade das folhas à radiação solar, são fatores que afetam a distribuição da radiação solar no dossel das culturas. Porém, para canola de primavera, Nied (2013) observou que não houve diferença no coeficiente de

extinção entre datas de semeadura e genótipos de canola, avaliados em dois anos experimentais, porém relata que no estudo não foi considerada a contribuição das estruturas reprodutivas na extinção da luz.

Diante das observações realizadas por Nied (2013), percebe-se a necessidade e a importância de estudos para determinar o coeficiente de extinção da radiação solar pelas estruturas reprodutivas, para as condições de cultivo da canola no Brasil. São escassos os estudos que determinaram o coeficiente de extinção para as estruturas reprodutivas da canola. Um dos poucos estudos, neste sentido, é o de Andersen *et al.* (1996), o qual aponta para um coeficiente de extinção de 0,5. No entanto, Nied (2013) encontrou coeficiente de extinção médio de 0,98, durante todo o ciclo da canola. Considerando a diferença entre os resultados encontrados por Andersen *et al.* (1996) e por Nied (2013), é possível estimar o coeficiente de extinção da radiação solar das estruturas reprodutivas da canola, como sendo em torno de 0,48. No entanto, essa estimativa pode não estar correta, devido às siliques apresentarem estruturas e distribuição ao longo dos ramos diferente das folhas, ou seja, as folhas são estruturas relativamente grandes comparadas ao tamanho de uma síliqua, que atinge em torno de 6 a 9 cm de comprimento e espessura de 3 a 4 mm.

2.4 Matéria fresca de síliqua

O desenvolvimento das siliques se inicia com a fertilização das flores. Aproximadamente dois dias após à fertilização, as pétalas caem e as siliques se tornam visíveis (Thomas, 2003; Iriarte & Valetti, 2008). Num mesmo ramo, em paralelo à fecundação das flores, sobrevém o desenvolvimento das siliques, de acordo com a ordem de abertura das flores. Assim, a abertura e a fecundação das flores ocorrem da base do ramo para o ápice, sendo que, por sua vez, a ordem de aparecimento dos ramos

ocorre do ápice para a base da planta (Jullien *et al.*, 2011). Ou seja, a haste principal é a primeira a se tornar visível e os ramos primários aparecem em ordem inversa ao crescimento da planta, de cima para baixo. Sendo assim, a dinâmica de formação das síliquas é associada à ordem cronológica de abertura das flores, ocorrendo da base dos ramos em direção ao ápice (Edwards & Hertel, 2011; Jullien *et al.*, 2011). Na haste principal, a velocidade de formação de síliquas é maior que nos demais ramos da planta (Jullien *et al.*, 2011).

O crescimento das síliquas é rápido. Assim que essas atingem o comprimento máximo, também atingem o peso fresco máximo (Hocking & Mason, 1993). Há variação no comprimento das síliquas, com relatos de 6,0 a 9,0 cm (Edwards & Hertel, 2011) e 5,0 a 5,5 cm (Hocking & Mason, 1993), com aumento de até sete vezes o comprimento inicial, conforme relato de Bennett *et al.*, (2011).

Conforme estudo realizado por Hua *et al.* (2014), que avaliou o acúmulo de matéria fresca de duas cultivares de canola de inverno, sendo uma delas com baixo teor de óleo e outra com alto teor de óleo, avaliadas em 2010 e 2011, foi observado que, até 30 dias após a antese, a taxa de crescimento das síliquas é praticamente linear. Foi constatado que as síliquas atingiram 79% e 88% do seu peso fresco, numa cultivar de alto teor de óleo, e 91% e 79% do peso fresco, numa cultivar com baixo teor de óleo, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente. Segundo esses autores, as síliquas atingem o peso máximo em, aproximadamente, 40 dias após a antese, com peso fresco ao redor de 500 mg. De acordo com Pavlista *et al.* (2012), o acúmulo de matéria fresca de síliquas tem crescimento rápido dos 20 aos 40 dias após a antese, totalizando aproximadamente 150 mg. Já, para Hocking & Mason (1993), que avaliaram matéria fresca de síliqua na parte basal da haste principal em canola de primavera, a matéria fresca de síliquas é

máxima entre 40 e 50 dias após a antese, com peso de matéria fresca de siliques de, aproximadamente, 400 mg.

Observa-se que, entre canola de inverno e canola de primavera, ocorre diferença no acúmulo de matéria fresca máxima de siliques, embora o número de dias para atingir o peso máximo seja o mesmo. No experimento de Pavlista *et al.* (2012), o peso máximo de matéria fresca foi inferior aos encontrados por Hocking & Mason (1993) e Hua *et al.* (2014). No caso, como os autores não discriminaram em qual ramo ou posição do ramo foi avaliada a matéria fresca de siliques, este pode ser um ponto importante, que necessita ser estudado, para verificar se ocorre diferença na matéria fresca, em conformidade com as posições no ramo e entre os ramos.

A posição das siliques no ramo e os diferentes ramos da planta podem causar diferenças no peso de matéria fresca, uma vez que as primeiras siliques que se formam tem aporte de fotoassimilados das folhas e do caule. De acordo com Rose *et al.* (2008) e Wang *et al.* (2011) as primeiras siliques que se formam, na base do ramo, têm maior disponibilidade de fotoassimilados que as siliques do ápice do ramo. A mesma coisa acontece entre os ramos, ou seja, os ramos que estão mais distantes da fonte recebem uma quantidade menor de fotoassimilados, devido à competição com ramos mais próximos, que tem maior força de dreno. De acordo com Ghosh & Chatterjee (1988), após o florescimento, os ramos que recebem maior quantidade de radiação solar tem capacidade para produzir mais fotoassimilados e distribuí-los mais eficientemente. Sendo assim, pode-se dizer que a matéria fresca de siliques pode ser diferente dentro do mesmo ramo e que, de modo geral, as siliques da haste principal podem apresentar maior matéria fresca, em comparação aos demais ramos: primários, secundários e terciários.

Ao atingir o peso fresco máximo, inicia-se a redução, de modo gradual, devido à desidratação das siliquas (Hocking & Mason, 1993; Pavlista *et al.*, 2012; Hua *et al.*, 2014). A redução no peso fresco de siliquas está relacionada com a remobilização de fotoassimilados e nutrientes para os grãos, de acordo com Habekotte (1993).

Durante o período reprodutivo da canola, as condições do ambiente podem causar aborto de flores, siliquas e grãos, além de afetar o desenvolvimento posterior das siliquas (Thomas, 2003; Faraji, 2010). Uma das condições ambientais que mais afetam o desenvolvimento de siliquas é a temperatura do ar elevada, acima de 27 °C, que provoca aborto de siliquas e grãos, reduzindo, conseqüentemente, o rendimento de grãos (Angaldi *et al.*, 2000; Thomas 2003; Faraji, 2010). Além disso, Nied (2013) observou que semeaduras realizadas em junho e julho necessitam acúmulo térmico mais elevado para completar o subperíodo de florescimento à maturação fisiológica, destacando a deficiência hídrica como a provável causa do aumento da necessidade térmica para completar o subperíodo. Isto também foi observado por Fochesatto (2012), que encontrou correlação positiva entre déficit hídrico e necessidade térmica para completar o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica. As condições ambientais desfavoráveis, relatadas anteriormente, podem acelerar o desenvolvimento de siliquas. O contrário acontece com temperaturas do ar abaixo de 20°C. Estudando a cultura da colza (mesma espécie da canola), Fochesatto (2012) encontrou correlação positiva entre a necessidade térmica e a temperatura mínima do ar. Luz *et al.* (2012) também afirmaram que a redução na temperatura do ar aumenta a necessidade térmica para completar o ciclo da cultura da canola/colza.

Ainda não se pode afirmar que a hipótese acima descrita seja verdadeira, pois estudos que avaliam o efeito das condições de ambiente no crescimento da matéria fresca de siliquas em canola são desconhecidos para as condições de cultivo do Brasil.

2.5 Matéria seca de siliquas

Na cultura da canola, as siliquas desempenham papel relevante no desenvolvimento de grãos, pois, ao encapsular os grãos em crescimento, protege-os contra o ataque de patógenos e pragas (Bennet *et al.*, 2011). Além disto, uma das funções da síliqua é, também, contribuir na produção de fotoassimilados e nutrientes para o desenvolvimento de grãos (Bennet *et al.*, 2011), ao contrário de outras culturas, como a soja, que armazena fotoassimilados no caule e nas folhas para, depois, remobilizá-los para os grãos (Westgate *et al.*, 1989). Diante disto, é importante compreender o processo de acúmulo da matéria seca nas siliquas, pois a duração do subperíodo do florescimento à maturação fisiológica pode interferir no peso final de grãos e, como consequência, no rendimento final de grãos (Major *et al.*, 1978).

Outro aspecto importante, relacionado à produção de matéria seca de siliquas, é a posição destas no ramo e a posição do ramo na planta. A haste principal é a primeira a iniciar o florescimento. Consequentemente, ela recebe maior quantidade de fotoassimilados provenientes das folhas que os ramos e, com isso, apresenta maior peso seco de siliquas em comparação aos ramos (Diepenbrock & Geisler, 1979). Além disto, as siliquas que estão na base dos ramos recebem a maior carga de fotoassimilados (Clarke, 1979), devido ao IAF máximo ocorrer no início do florescimento (Thomas, 2003; Nied 2013; Pinto, 2015) e, também, pela menor competição por assimilados entre as siliquas no mesmo ramo. A partir do momento em que o IAF inicia o decréscimo, a competição por assimilados começa a aumentar entre as siliquas, no mesmo ramo e entre os ramos, pois a redução na área foliar resulta em menor produção e disponibilidade de fotoassimilados para a evolução da matéria seca (Clarke, 1979).

Avaliando matéria seca de siliquas na parte basal da haste principal em canola de primavera, Hocking & Mason (1993) demonstraram que a mesma atinge o máximo

acúmulo aos 50 dias após a antese, com peso máximo de 55 mg, aproximadamente. Já em canola de primavera cultivada em ambiente controlado, Diepenbrock & Geisler (1979) observaram que a matéria seca de síliquas tem crescimento rápido e linear dos 16 aos 24 dias após o florescimento, quando atinge peso máximo. Foi verificado, também, que a haste principal apresenta matéria seca mais elevada que nos demais ramos emitidos. De acordo com os autores, ocorre redução na matéria seca de síliqua do segundo para o quinto ramo primário.

O acúmulo de matéria seca de síliquas, em canola de inverno, é rápida até 30 dias após a antese, quando são produzidos entre 84 e 89% da matéria seca total de síliquas, em cultivares de baixo e alto teor de óleo, respectivamente (Hua *et al.*, 2011). Esses autores, também, demonstram que a matéria seca de síliquas atinge o peso máximo em 40 dias após a antese, que varia de 80 a 85 mg por síliqua para cultivares de baixo e alto teor de óleo, respectivamente. Em outro estudo realizado por Norton & Harris (1975), avaliando a produção de matéria seca de síliquas em canola de inverno, foi constatado que o tempo necessário para atingir o máximo acúmulo de matéria seca é de 7 semanas. Isto representa, aproximadamente, 50 dias, com cerca de 85 mg de matéria seca por síliqua. Esses autores observaram que, na sétima semana de crescimento da matéria seca de síliquas, a mesma representava, aproximadamente, 75% do seu peso total. Nos resultados encontrados por Hua *et al.* (2014) e por Norton & Harris (1975) observa-se que o acúmulo máximo de matéria seca de síliquas é praticamente o mesmo. Porém, o tempo necessário para atingir a matéria seca máxima foi maior no estudo realizado por Norton & Harris (1975).

Avançando nos estudos, Hua *et al.* (2014) determinaram a taxa de crescimento da matéria seca de síliquas, que foi de 9,8 mg por dia⁻¹ para uma cultivar com alto teor de óleo (não sendo relatada a taxa da cultivar de baixo teor de óleo).

Comparando-se o tempo necessário para atingir o máximo acúmulo de matéria seca de siliquas entre a canola de primavera e de inverno, pode-se dizer que existe uma diferença de, aproximadamente, 26 dias. Por sua vez, na comparação da matéria seca máxima acumulada entre canola de inverno e de primavera, observa-se que os genótipos de inverno apresentam em torno de 33% a mais de matéria seca de siliquas que os de primavera. O que pode explicar o menor tempo para atingir a máxima matéria seca de siliquas em canola de inverno é a maior disponibilidade de fotoassimilados no início da formação de siliquas (Clarke, 1979), em razão do ciclo mais longo, comparada com a canola de primavera.

Ao atingir o ponto de máxima matéria seca de siliquas, começa o decréscimo do "peso seco", ou seja, ocorre a remobilização de nutrientes e fotoassimilados para os grãos (Hocking & Mason, 1993; Hua *et al.*, 2014). Hocking & Mason (1993) observaram que, após a matéria seca ter atingido o valor máximo, ocorreu perda de 10,7 mg por siliquas. Esses autores comentam que a perda de matéria seca pelas siliquas representa 11% da matéria seca da semente madura, ou seja, aproximadamente o peso de 3,6 sementes por síliqua.

Em se tratando de matéria seca total de siliquas (síliqua + grãos), Norton & Harris (1975) demonstram que a matéria seca total de siliquas, em canola de inverno, aumenta até 12 semanas após o florescimento. Pavlista *et al.* (2012) também observaram crescimento na matéria seca total de siliquas até 82 dias após a semeadura. De acordo com os autores citados anteriormente, o aumento da matéria seca total, até o final da maturação fisiológica, se dá por conta, principalmente, do aumento de peso dos grãos.

2.6 Matéria seca de grãos

Após a abertura e fecundação das flores, inicia-se o desenvolvimento dos grãos. Primeiro, os grãos passam por um processo intenso de divisão celular, que vai de 15 a 30 dias após o início do florescimento (Norton & Harris, 1975; Lardom & Triboi-Blondel, 1994). Após finalizado o processo de divisão celular, começa a expansão dos grãos, que tem duração aproximada de 12 dias (Edwards & Hertel, 2011).

A divisão celular e expansão dos grãos podem ser consideradas como a primeira etapa do crescimento dos grãos (Norton & Harris, 1975). O ganho de peso dos grãos, nesta etapa, é lento (Norton & Harris, 1975; Lardom & Triboi-Blondel, 1994), em razão do alto teor de água no seu interior, que os deixa com aparência translúcida (Thomas, 2003). Nela, o embrião ainda não iniciou o crescimento (Norton & Harris, 1975).

O início do crescimento do embrião ocorre em torno de 30 dias após o florescimento, conforme Norton & Harris (1975). Para Lardom & Triboi-Blondel (1994), o crescimento do embrião começa em, aproximadamente, 20 dias após o início do florescimento. Independentemente do período de início do crescimento do embrião, esta etapa é marcada pelo rápido crescimento do embrião e, também, pela deposição de reservas na forma de proteínas e lipídios nos grãos (Norton & Harris, 1975; Lardom & Triboi-Blondel, 1994). Esta pode ser considerada a segunda etapa de crescimento dos grãos, conforme Norton & Harris (1975). No trigo, que é cultivado na mesma estação de crescimento que a canola, Aude *et al.* (1994) observaram que, após a intensa divisão celular, inicia-se o processo de deposição de fotoassimilados no endosperma e o crescimento do embrião.

Na terceira e última etapa, descrita por Norton & Harris (1975), que vai da sexta à décima-segunda semana, os grãos atingem o máximo peso de matéria seca. Porém, esses autores comentam que as sementes aparentam estar completas na nona semana de

desenvolvimento, levando, aproximadamente, 63 dias para os grãos atingirem o estágio de maturação fisiológica. Entre a nona e a décima segunda semanas, ocorre apenas a desidratação dos grãos.

Em canola de primavera, Hocking & Mason (1993) observaram que o peso de grãos aumenta até os 75 dias após a antese, quando estabiliza, indicando o encerramento deste processo. Já para canola de inverno, Hua *et al.* (2011) e Hocking & Mason (1993) demonstraram que o grão atinge peso máximo entre 40 e 55 dias após a antese. O momento em que os grãos estão totalmente maduros, que pode ser considerado como o ponto de colheita, varia entre 81 e 84 dias após a antese.

2.7 Taxa de crescimento de grãos

O acúmulo de matéria seca nos grãos é uma etapa importante na elaboração do rendimento de grãos. O peso de grão é considerado o último componente definido na constituição do rendimento de grãos. Este, por sua vez, depende da taxa de acúmulo da matéria seca e, também, da duração do período de enchimento de grãos (Aude *et al.*, 1994). A taxa de crescimento de grãos está diretamente relacionada com a produção e disponibilidade de assimilados durante o período de enchimento de grãos (Habekotté, 1993). Sendo assim, altas taxas de crescimento de grãos conferem rendimentos de grãos mais elevados (Didonet *et al.*, 2001).

Na literatura, verifica-se que inúmeros são os fatores que podem contribuir, de forma positiva ou negativa, na taxa de crescimento de grãos das culturas de trigo, milho e soja. Dentre eles, a ocorrência de doenças, temperatura do ar, disponibilidade de radiação, deficiência hídrica e fatores genéticos (Costa *et al.*, 1991; Aude *et al.*, 1994; Cunha *et al.*, 1998; Didonet *et al.*, 2001; Funk *et al.*, 2008).

Para a cultura da canola, são escassos estudos que avaliam a taxa de crescimento de grãos. Um dos poucos estudos que descrevem a taxa de crescimento de grão na cultura da canola foi realizado no ciclo de 1988/1989, com canola de inverno, cujos resultados foram publicados por Habekotté (1993). A taxa de crescimento de grãos foi avaliada em duas datas distintas do início do florescimento (21 de abril e 03 de maio) e, após, na inflorescência da haste principal e dos primeiro e segundo ramos primário, no mesmo experimento. Os resultados obtidos por Habekotté (1993) demonstram que a taxa de crescimento de grãos é da ordem de 0,0104 e 0,077 mg para cada grau-dia acumulado, nas data de 21 de maio e 03 de abril, o que leva a entender que, em diferentes estratos da inflorescência dos ramos (posição da síliquis nos ramos), a taxa de crescimento de grão é diferenciada, ou seja, na base dos ramos, a taxa de crescimento de grãos é maior em relação aos demais estratos da inflorescência. Porém, Habekotté (1993) não descreveu qual foi o fator ou causa que levou à diferença na taxa de crescimento de grãos, entre as datas de início da abertura das flores.

Sendo assim, é possível inferir que a possível resposta que explicaria a maior taxa de crescimento seria a maior disponibilidade de fotoassimilados para as primeiras síliquis ao se formarem. De acordo com Clarke (1979), Rose *et al.* (2008) e Wang *et al.* (2011), as síliquis que estão localizadas na parte basal dos ramos recebe maior quantidade de fotoassimilados translocados das folhas, em relação às síliquis localizadas nas partes mediana e superior dos ramos. De acordo com resultados encontrados por Nied (2013) e Pinto (2014), a partir do início do florescimento ocorre queda gradativa do índice de área foliar e, com isso, a produção de fotoassimilados pelas folhas começa a reduzir, gradualmente. Sendo assim, a competição por fotoassimilados entre as síliquis, no mesmo ramo, começa a aumentar.

Ainda para a cultura da canola, cabe investigar qual o efeito das condições do ambiente na taxa de crescimento de grãos, pois estudos desta natureza são escassos. Estudos neste sentido podem auxiliar na compreensão da variabilidade no rendimento de grãos na cultura da canola. Alguns estudos realizados apontam que temperaturas do ar elevadas, acima de 27⁰C, provocam aborto de grãos e redução no rendimento (Morrison & Stewart, 2002; Thomas, 2003). Além disso, temperaturas baixas, capazes de causar geada, também podem interferir na taxa de crescimento de grãos, pois podem levar à morte de grãos, bem como causar injúrias nos grãos, podendo reduzir a taxa de acúmulo de matéria seca nos mesmos, bem como interromper seu crescimento (Mills *et al.*, 1984; Lardom & Triboi-Blondel, 1994; Thomas, 2003; McClinchey & Kott, 2008).

Para outras culturas, como o trigo, por exemplo, Aude *et al.* (1994) comentaram que a temperatura do ar elevada, ou seja, acima da faixa tolerável durante o período de crescimento de grãos, tende a reduzir a taxa de crescimento dos mesmos e forçar a indução à maturação fisiológica. Já para a cultura do milho, Didonet *et al.* (2001) observaram que, em temperatura do ar mais elevadas, ou seja, dentro da faixa ideal para a cultura, a taxa de crescimento de grãos é maior e, conseqüentemente, ocorre elevação do peso de grãos. O contrário pode acontecer quando o milho inicia o período de florescimento em condições de temperaturas amenas, que provocam redução da taxa de crescimento de grãos e, conseqüentemente, reduzem o peso final de grãos. Observa-se que, em culturas de inverno (trigo) e de verão (milho), o efeito da temperatura do ar na taxa de crescimento de grãos é oposto, indicando que as espécies de inverno são sensíveis a temperaturas do ar elevadas, o que provoca redução na taxa de crescimento e no rendimento final de grãos.

A partir de modelos matemáticos não-lineares empíricos, é possível determinar o crescimento de grãos. A aplicação destes modelos permite reunir um conjunto de

informações num pequeno número de parâmetros, facilitando o entendimento e a interpretação do crescimento de grãos (Funk *et al.*, 2008). Sendo assim, para a canola de inverno, Habekotté (1993) utilizou modelo matemático do tipo logístico para descrever o crescimento de grãos. O modelo logístico descreve, de forma simétrica, a curva de crescimento do grão (Funk *et al.*, 2008). Na cultura do trigo, também, foi determinada a taxa e a duração do crescimento de grãos, através de quatro modelos matemáticos: o modelo logístico, o modelo de Richards, a função Gompertz e a equação Beta (Funk *et al.*, 2008). Na cultura da soja Cunha *et al.* (1998) utilizaram um modelo do tipo assintótico (função Gompertz), conforme metodologia descrita por Perreira & Arruda (1978), para descrever o crescimento de grãos em três diferentes épocas de semeadura.

É possível verificar que vários modelos matemáticos não-lineares podem ser utilizados para descrever o crescimento de grãos. Desta maneira, cabe ao pesquisador escolher um modelo que melhor se adapte para ser utilizado para descrever o crescimento de grãos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no ano de 2014, em área experimental da Embrapa Trigo, localizada no município de Coxilha, RS, nas coordenadas geográficas de 28° 11' 40"S e 52° 10' 20"W, a 689 m de altitude. A região apresenta clima do tipo Cfa, de acordo com a classificação climática de Köppen, com precipitação pluvial anual de 1.788 mm, de acordo com as normais climatológicas de 1961 a 1990. A temperatura média do ar do mês mais quente é de 22⁰C e a média do mês mais frio é de 12,9⁰C (Inmet, 2009).

O solo predominante na região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico, caracterizado por possuir boa drenagem, ser profundo a muito profundo e com aptidão para cultivos anuais de grãos (Streck *et al.*, 2008).

3.2 Descrição dos experimentos avaliados

Para a realização deste trabalho foram feitas avaliações em dois experimentos em 2014, cujos objetivos originais foram: a) avaliar a resposta espectral da canola, em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (Pinto, 2015); b) avaliar o efeito da geada durante o desenvolvimento inicial das plantas de canola, em diferentes formas de distribuição da palha na superfície do solo e datas de semeadura (Kovaleski, 2015). Em ambos experimentos foi utilizado o híbrido Hyola 61, que

apresenta ciclo médio e possui estabilidade no rendimento de grãos, quando submetido a períodos de frio intenso e deficiência hídrica (Tomm *et al.*, 2009). Para efeito deste trabalho, os experimentos serão caracterizados como: doses de nitrogênio e datas de semeadura.

3.3 Delineamento experimental

3.3.1 Experimento de doses de nitrogênio

O delineamento utilizado neste experimento foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco doses de nitrogênio (N): 10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹ de N. A área de cada parcela foi de 60 m², totalizando área total do experimento de 1.200 m². A semeadura foi realizada com semeadora de parcela, modelo SHP, da marca Semeato. O espaçamento entre linhas foi de 0,34 m e densidade mínima de 40 plantas m⁻², de acordo com as indicações para a cultura da canola (Tomm *et al.*, 2009). A cultura antecessora foi o feijão.

A semeadura do experimento foi realizada em 29 de abril de 2014, observando o período indicado para a canola, na região de Passo Fundo, de acordo com o zoneamento agroclimático para a cultura (Dalmago *et al.*, 2008). A adubação de base foi de 250 kg ha⁻¹ de NPK, da fórmula 4-20-20, de acordo com a análise de solo (Apêndice 35) buscando rendimento de grãos mínimo de 1.500 kg ha⁻¹ (Tomm *et al.*, 2009). A adubação de cobertura foi realizada com ureia e sulfato de amônio, seguindo as doses de N para cada parcela do experimento. As doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N foram parceladas em duas e três vezes, respectivamente, para maximizar seu aproveitamento durante o ciclo de desenvolvimento da canola. A aplicação do N foi realizada durante o estágio vegetativo, sendo a primeira aplicação na data de 29/05/2014 para todos os

tratamentos, A segunda aplicação de N foi na data de 10/06/2014 para as doses de N de 80 e 160 kg ha⁻¹ e a terceira aplicação de N foi realizada na data de 02/07/2014 somente para a dose de N de 160 kg ha⁻¹. Os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme indicação para a cultura, sendo que o controle de plantas invasoras foi realizado manualmente, quando necessário.

3.3.2 Experimento de datas de semeadura

No experimento de datas de semeadura o delineamento experimental, originalmente adotado, foi um bifatorial com blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: formas de distribuição da palha sobre o solo e datas de semeadura, com quatro tratamentos de distribuição de palha sobre o solo e três datas de semeadura. Para o presente trabalho, considerou-se apenas o fator data de semeadura, uma vez que os tratamentos de distribuição de palha têm efeito, apenas, no início do crescimento das plantas, desaparecendo com o fechamento do dossel, próximo à floração. Os tratamentos de distribuição da palha na superfície do solo, no experimento original, podem ser encontrados em Kovaleski (2015). As parcelas apresentavam 6 m de largura e 5 m de comprimento, com área de 30 m² por parcela, totalizando uma área de 480 m². A cultura antecessora foi o feijão.

A definição das datas de semeadura foi baseada no zoneamento agroclimático para a canola (Dalmago *et al.*, 2008) e no critério de abranger diferentes condições ambientais durante o ciclo de desenvolvimento das plantas. Sendo assim, a primeira data de semeadura foi em 23 de abril, a segunda em 29 de maio e a terceira em 16 de julho de 2014. A semeadura de 16 de julho foi feita fora do período indicado pelo zoneamento, devido a questões operacionais e à ocorrência de chuvas, que impossibilitaram a realização da mesma na data programada.

Antes da implantação do experimento foram coletadas duas amostras de solo, as quais foram encaminhadas para análise química. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Para compor as duas amostras foram coletadas 12 subamostras aleatórias, em diferentes pontos na área experimental.

A adubação de base foi definida de acordo com a interpretação da análise de solo da camada de 0-10 cm (Apêndice 35) e também procurando suprir as necessidades da cultura, conforme indicado por Tomm *et al.* (2009). Desta forma, a adubação de base constou de 16,2 kg de nitrogênio, 64,8 kg de fósforo, 48,6 kg de potássio, 9,2 kg de enxofre, 0,081 kg de boro, 0,27 kg de zinco e 0,015 kg de molibdênio por hectare. A mesma foi realizada com semeadora, modelo SHP, da marca Semeato, com espaçamento entre linhas de 0,34 m. A semeadura da canola, nas três datas, foi realizada de forma manual, sobre as linhas onde foi aplicada a adubação de base, com o auxílio de um protótipo de semeadora, desenvolvida pela Embrapa Trigo. O protótipo de semeadora foi regulado para obter população mínima de 40 plantas m⁻².

Para suprir as necessidades de N durante o ciclo da cultura, foi realizada adubação de cobertura, nas três datas de semeadura. A adubação foi parcelada em duas vezes, com a finalidade de maximizar o aproveitamento do nitrogênio durante o ciclo de desenvolvimento da canola. A primeira foi de 60 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia e a segunda de 40 kg ha⁻¹ de N e 45 kg ha⁻¹ de S, na forma de sulfato de amônio, as duas aplicações de N foram realizadas no período vegetativo. Os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme indicação para a cultura, sendo que o controle de plantas invasoras foi realizado manualmente por meio de capina, quando necessário.

3.4 Dados Meteorológicos

Durante o período experimental de 2014 foram coletados dados de temperatura mínima, média e máxima do ar, precipitação pluvial, umidade relativa do ar e radiação solar global, em estação meteorológica automática, localizada na área experimental da Embrapa Trigo, no município de Coxilha, RS, distante 300 m dos experimentos. Os dados foram coletados de abril a novembro de 2014 e utilizados para a caracterização meteorológica dos períodos experimentais. Os dados obtidos, também, foram comparados com as normais climatológicas de 1961-1990 (Inmet, 2009) e utilizados para o cálculo do balanço hídrico meteorológico de 2014.

3.5 Balanço hídrico meteorológico

O cálculo do balanço hídrico meteorológico sequencial, foi realizado pelo método descrito por Thornthwaite e Mather (1955), durante o período de desenvolvimento da canola, para cada um dos experimentos avaliados. A base de dados utilizada para os cálculos foi a mesma base de dados descrita no item anterior. Para o cálculo do balanço hídrico foi considerada a capacidade de água disponível - CAD de 75 mm.

A evapotranspiração de referência ET_o foi estimada utilizando o método de Penman-Monteith, conforme a equação 1:

$$ET_o = \frac{0,408(Rn) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e)}{T + 273}}{S + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Sendo s a tangente à curva que relaciona a pressão de saturação do vapor d'água e a temperatura do ar, em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$; γ o coeficiente psicrométrico, em $\text{kPa } ^\circ\text{K}^{-1}$; Rn o saldo de radiação, em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$; $(e_s - e)$ o déficit de saturação do ar, em kPa ; u_2 a

velocidade do vento medida a 2 m acima do solo, em m s^{-1} ; T a temperatura média do ar, em $^{\circ}\text{C}$.

A tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água foi estimada com a equação 2:

$$s = \frac{2503}{(T + 237,3)^2} \exp \frac{17,27T}{T + 237,3} \quad (2)$$

Onde T é a temperatura média do ar, em $^{\circ}\text{C}$.

O saldo de radiação foi estimado por meio da equação (Bergamaschi *et al.* 2003):

$$Rn = -0,788 + 0,69RG \quad (3)$$

Sendo Rg a radiação global em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

A pressão parcial (e) e a pressão de saturação de vapor (es) foram estimados com as equações 4 e 5:

$$e = (es \cdot UR) / 100 \quad (4)$$

$$es = 0,6108 \cdot 10^{\left[\frac{7,5T}{237,3+T}\right]} \quad (5)$$

sendo UR a umidade relativa do ar, em %, e T a temperatura média do ar, em $^{\circ}\text{C}$.

3.6 Determinações fenológicas

A caracterização dos eventos fenológicos da cultura foi realizada pela observação das datas de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento da canola (Tabela 1). As observações fenológicas foram realizadas durante todo o ciclo, mas, para efeito deste trabalho, foi considerada a partir da floração, período de coleta dos dados no campo. As observações foram realizadas semanalmente, em cada unidade experimental, para ambos os experimentos. O critério adotado para a mudança de estágio foi quando 50% das plantas encontravam-se no mesmo.

TABELA 1. Estádios fenológicos a partir do florescimento da canola, adaptados de Cetiom (2004) (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du Chanvre) e Adaptado de Iriarte e Valetti, (2008).

Estádio	Caracterização	Subperíodo
F1	Primeiras flores abertas (início do florescimento)	FLORESCIMENTO  F1
F2	Alongamento ramo principal, várias flores abertas	
G1	Queda de pétalas, 10 primeiras síliquas com 2 cm	
G3	Síliquas com mais de 4 cm	
FF	Final do florescimento	MATURAÇÃO  G4
G4	10% das síliquas com grãos com coloração escura	
G5	90% das síliquas com grãos com coloração escura	

3.7 Determinação do acúmulo térmico

A determinação do acúmulo térmico (graus-dia) necessário para completar os estádios fenológicos da canola, foi realizada através do método de Graus-Dia (Ometo, 1981), o qual considera cinco casos diferentes, de acordo com as equações descritas a seguir. Cada um dos casos considera a temperatura base inferior (5⁰C) e temperatura basal superior (30⁰C), de acordo com Dalmago, (2009). Para a realização do calculo foi utilizada a temperatura máxima e mínima do ar como seguem:

O método de cálculo leva em consideração cinco combinações, as quais necessitam das temperaturas basais inferior (Tb) e superior (TB) da cultura, as temperaturas mínimas (Tm) e máximas (TM) do ar ocorridas no dia. Dos cinco casos previstos, três ocorreram no período experimental, a saber:.

Caso 1 (o mais frequente): Quando a temperatura do ar permanece no intervalo entre as temperaturas basais inferior e superior, durante as 24 horas do dia.

$$GD = \left(\frac{TM - Tm}{2} \right) + (Tm - Tb) \quad (6)$$

Caso 2: Quando a temperatura mínima do ar é menor que a temperatura basal inferior da cultura e a temperatura máxima do ar é inferior à temperatura basal superior da cultura;

$$GD = (TM - Tb)^2 / (TM - Tm) \quad (7)$$

Caso 3: Quando a temperatura máxima do ar ultrapassa a temperatura basal superior da cultura e a temperatura mínima do ar é inferior à temperatura basal superior da cultura.

$$GD = (Tm - Tb) + \left[\frac{TM - Tm}{2} \right] - \left[\frac{TM - TB)^2}{2(TM - Tm)} \right] \quad (8)$$

Com os valores obtidos (graus-dia) foi calculado o somatório do ganho térmico diário do florescimento à maturação fisiológica, em cada unidade experimental, e em ambos os experimentos, considerando cada terço da haste principal e primeiro ramo primário emitido.

3.8 Determinação da área das estruturas reprodutivas

A área das estruturas reprodutivas (síliquas e haste/ramos) foi determinada apenas para o experimento de doses de N. Para a mesma foram coletadas duas plantas pareadas de canola, em duas datas: 8 e 22 de setembro de 2014, quando as plantas se encontravam em estágio de 10 % das síliquas com grãos de coloração escura (G4). Logo após a coleta, as plantas foram levadas ao laboratório, onde foram separadas as síliquas e as haste/ramos da inflorescência, para determinação da área das síliquas e de haste/ramos, com planímetro óptico modelo LI 3000 (LICOR, Lincon, EUA). Com a área das síliquas e haste/ramos determinou-se o índice de área das estruturas reprodutivas (IAS), pela equação 6:

$$IAS = AS/S \quad (9)$$

Sendo AS a área das estruturas reprodutivas de uma planta (m²) e S a área da superfície ocupada pela amostra (m²).

3.9 Determinação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas estruturas reprodutivas

A radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada pelas estruturas reprodutivas foi medida com um conjunto de barras, contendo cinco sensores de silício amorfo em cada barra, espaçados a cada 20 cm. As mesmas foram conectadas a um multiplexador de canais e este conectado a um *datalogger* Campbell modelo CR1000. Antes da instalação, as barras foram calibradas com um sensor *quantum* modelo (Sp-110) da marca *Apogee*. A tomada das leituras foi feita a cada 30 s e as médias foram calculadas e armazenadas no *datalogger* a cada 15 min.

A RFA incidente sobre o dossel de canola (RFA_{inc}) foi medida com um sensor *quantum* a 100 m do experimento. A RFA transmitida (RFA_{tr}) pelas estruturas reprodutivas da canola (haste/ramos e siliquis) foi medida com três barras de sensores por tratamento, posicionadas logo acima das folhas e abaixo das estruturas reprodutivas, de forma transversal às linhas de plantas. As medições foram iniciadas em 20 de agosto (oito dias após o final do florescimento) e finalizadas na maturação fisiológica, no dia 2 de outubro. Porém, os dados foram considerados até 23 de setembro, devido a falhas nos registros de dados após esta data.

A partir dos dados diários de RFA coletados no campo foi calculada a RFA interceptada (RFA_i) pelas estruturas reprodutivas, com a equação:

$$RFA_i = RFA_{inc} - RFA_{tr} \quad (10)$$

Sendo RFA_{inc} a radiação solar fotossinteticamente ativa incidente sobre o dossel e RFA_{tr} a radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida pelas estruturas reprodutivas.

A eficiência de interceptação da RFA (ε_i) foi calculada segundo Pandolfo (1995), pela equação:

$$\varepsilon_i = RFA_i / RFA_{inc} \quad (11)$$

O coeficiente de extinção (k) para RFA_{tr} foi estimado em função das ε_i e do IAS de todos os tratamentos e datas de avaliação do IAS, em conjunto, pelo ajuste do coeficiente “b” na linearização da equação de Monsi & Saeki (1953), a qual resulta da adaptação da lei de Beer, de acordo com a equação:

$$\ln(1 - \varepsilon_i) = -k \cdot IAS \quad (12)$$

Sendo k o coeficiente de extinção para RFA_{tr} , ε_i eficiência de interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa pelo dossel e IAS o índice de área das estruturas reprodutivas.

3.10 Avaliação do desenvolvimento das siliquas

As determinações de variáveis de desenvolvimento de siliquas foram feitas em uma planta por parcela, totalizando quatro plantas por tratamento, no experimento de doses de nitrogênio e 16 plantas em cada tratamento do experimento de datas de semeadura. A frequência das avaliações foi de, aproximadamente, sete dias e em cada avaliação foram utilizadas plantas diferentes dentro das parcelas.

Em todos os experimentos, foram avaliadas as inflorescências da haste principal e do primeiro ramo primário emitido, ou seja, o primeiro ramo inserido na haste principal da inflorescência. Em cada inflorescência, a haste/ramos foi dividida em três estratos, denominados de terço inferior, terço médio e terço superior (Apêndice 33 e 34). A definição de cada terço foi feita de acordo com o desenvolvimento das plantas e/ou haste/ramos, de cada experimento ou etapa do mesmo.

Na haste principal das plantas do experimento de doses de nitrogênio e da primeira semeadura, do experimento de datas de semeadura (Apêndice 33), as primeiras 20 siliquas formadas, fixadas ou não (viáveis e abortadas), foram consideradas como terço inferior. O terço médio foi considerado como sendo as 20 siliquas subsequentes ao

terço inferior, enquanto que o terço superior foi considerado como sendo as síliquas formadas acima das primeiras 40 síliquas, ou acima do terço médio. No primeiro ramo primário, devido ao menor desenvolvimento e, conseqüentemente, menor produção de síliquas, o terço inferior e mediano foi composto por 10 síliquas, enquanto que as síliquas acima desse limite foram consideradas como pertencentes ao terço superior (Apêndice 33). Para estes casos, não foi possível avaliar as síliquas do terço inferior das inflorescências, pelas mesmas encontrarem-se em estágio avançado de desenvolvimento, no momento em que se iniciaram as coletas.

Nas segunda e terceira sementeiras, do experimento de datas de sementeira (Apêndice 34), o terço inferior da haste principal foi considerado como sendo as 15 primeiras síliquas, enquanto que o terço médio foi considerado como sendo as 15 síliquas subsequentes e o terço superior como sendo as síliquas formadas acima destas. Para o primeiro ramo primário das plantas dessas duas datas de sementeira, o limite do terço inferior foi com 10 síliquas formadas e as 10 síliquas subsequentes foram consideradas como sendo o terço médio. As síliquas formadas acima destas 20 síliquas (terço inferior e médio) foram consideradas como sendo o terço superior. Para as segunda e terceira sementeiras foram avaliadas síliquas dos três terços na haste principal e dois terços no ramo primário.

Para cada terço, de todas as haste/ramos e plantas de ambos os experimentos, foram avaliadas cinco síliquas a cada avaliação semanal. No caso do terço médio das hastes principais das plantas de canola, do experimento de doses de nitrogênio e da primeira sementeira do experimento de datas de sementeira, foram desconsideradas as primeiras dez síliquas e avaliadas as cinco síliquas subsequentes. No terço superior das mesmas hastes foram avaliadas as primeiras cinco síliquas da base do terço e as restantes foram desconsideradas. Para o primeiro ramo primário, das mesmas condições

experimentais, foi avaliado apenas o terço médio e foram consideradas apenas as primeiras cinco siliquas da base do terço e desconsideradas as demais.

Para as segunda e terceira sementeiras do experimento de datas de sementeira foi considerada uma lógica semelhante, com ajustes em função das diferenças de desenvolvimento das plantas. Para o terço inferior, mediano e superior da haste principal foram avaliadas as primeiras cinco siliquas da base de cada terço. Para o primeiro ramo primário foram avaliadas as primeiras cinco siliquas da base de cada terço e as demais foram desconsideradas.

3.10.1 Determinação da matéria fresca de síliqua

A determinação da matéria fresca de síliqua (MFS) foi realizada nos dois experimentos, em todos os terços analisados e datas de avaliação. As datas da primeira coleta de siliquas, para os experimentos de doses de N e datas de sementeira, em cada haste e terço, estão indicadas na Tabela (2). As siliquas selecionadas em cada terço foram cortadas no ponto de inserção do pedicelo, com o auxílio de uma tesoura de poda e foram, imediatamente, acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e armazenadas em caixa de isopor, para evitar perda de água pelas mesmas. Após o término da coleta, as siliquas foram levadas para laboratório e pesadas em balança com resolução de 0,0001 g. Nas coletas em que não foi possível realizar a pesagem imediatamente após a retirada das siliquas das plantas, as mesmas foram mantidas nas embalagens plásticas e foram armazenadas em geladeira, com temperatura constante até o dia seguinte, quando foi feita a pesagem. A partir da matéria fresca das cinco siliquas foi calculada a matéria fresca média de uma síliqua.

TABELA 2. Datas da primeira coleta de siliqua da haste principal (HP), nos terços inferior (TI), mediano (TM.) e superior (TS) e, TI, e TM do primeiro ramo primário emitido, nos experimentos de doses de nitrogênio e datas de semeadura em canola. Passo Fundo, RS, 2014.

Experimento	Data início da coleta de siliqua				
	Haste principal			Ramo primário	
	TI	TM	TS.	TI	TM
Doses de N	-(¹)	07/08	07/08	-	07/08
Primeira data de semeadura	-	08/08	08/08	-	08/08
Segunda data de semeadura	28/08	05/09	05/09	05/09	05/09
Terceira data de semeadura	09/10	09/10	09/10	09/10	09/10

⁽¹⁾ O hífen significa que não foi realizada avaliação no terço, durante todo o experimento.

3.10.2 Determinação da matéria seca

Após a determinação da matéria fresca, em cada data de coleta, as síliquas foram armazenadas em embalagens de papel e colocadas para secar em estufa de secagem de material vegetal, com circulação de ar forçada na temperatura de 60⁰C, por um período de 72 h. Na sequência, a matéria seca total das cinco síliquas foi determinada em balança com resolução de 0,0001 g e foi calculada a matéria seca de uma siliqua. Em seguida, as síliquas foram debulhadas e foi contado o número de grãos por siliqua. Posteriormente, os grãos foram secados novamente, na mesma estufa e condições de temperatura e tempo de secagem, determinou-se a matéria seca dos grãos em balança com resolução de 0,0001 g.

A partir da matéria seca total das síliquas e da matéria seca dos grãos foi calculada a matéria seca de siliqua, pela diferença entre a massa de matéria seca total de síliquas e a massa da matéria seca dos grãos.

3.10.3 Determinação da taxa de crescimento de grãos

A partir da massa da matéria seca de grãos das cinco síliquas e do número de grãos da mesma amostra, de cada coleta, foi determinada a matéria seca de um grão (mg), com a equação:

$$MSG = \frac{Pg_s}{Ng_s} \quad (15)$$

Sendo MSG a massa de matéria seca de um grão (mg), Pg_s a massa de matéria seca de grãos das cinco síliquas da amostra e Ng_s o número de grãos da amostra de cinco síliquas.

Com a MSG (mg) de cada data de coleta e a soma térmica acumulada correspondente, foi determinada a taxa de crescimento de grão, para cada terço de todas as haste/ramos e experimentos executados. O ajuste foi realizado pelo modelo matemático de regressão assintótica, função *Gompertz*, conforme metodologia descrita por Pereira & Arruda (1987), a qual tem como variável dependente a MSG acumulada (mg) e como variável independente o acúmulo térmico (graus-dia) do florescimento à maturação fisiológica. A equação genérica da função assintótica de *Gompertz* utilizada foi:

$$MSG = \exp[ag - \exp(-bg - cgST)] \quad (16)$$

Sendo MSG a matéria seca de um grão (mg); ag , bg e cg os coeficientes de ajuste do modelo matemático e ST o acúmulo térmico (graus-dia) para cada data de coleta.

Com as equações ajustadas para cada terço e hastes, nos experimentos de dose de nitrogênio e datas de semeadura, foi calculado o valor assintótico, o qual define o limite superior da massa da matéria seca de um grão (mg), X o ponto de inflexão (representado pelo acúmulo térmico), demonstrando o início do período de maior velocidade do crescimento de grãos (fase linear) e Y a massa da matéria seca do grão naquele momento.

3.11 Análise estatística

Para as análises estatísticas foi utilizado o programa SAS (SAS INSTITUTE INC., 2015). A análise de variância dos dados foi feita considerando o delineamento experimental adotado para cada experimento e variável avaliada. O procedimento utilizado foi o “glm” (*general linear models*). Os efeitos principais e as interações foram consideradas significativas a 5% de probabilidade de erro. As comparações entre as médias foram avaliadas pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade de erro.

3.11.1 Índice de área das estruturas reprodutivas (IAS)

A análise de variância para esta variável foi realizada considerando-se o delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo. Os fatores foram doses de N, na parcela principal, e datas de avaliação, em subparcelas.

3.11.2 Radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAi)

A análise de variância da RFAi foi realizada com os dados de eficiência de interceptação da RFA, considerando os fatores doses de N e datas de coleta. O delineamento utilizado para esta análise foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que a parcela principal foi composta pelas doses de N e a subparcela as datas de avaliação do IAS.

3.11.3 Matéria fresca de síliqua

A análise de variância da matéria fresca (MFS) de síliqua foi realizada para cada data de coleta e para a haste principal e o primeiro ramo primário emitido. Os fatores considerados foram doses de nitrogênio, data de semeadura e terço. No experimento

doses de N, para a haste principal, o delineamento utilizado para a análise foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que a parcela principal era composta por doses de N e a subparcela, terço. No primeiro ramo primário emitido, o delineamento utilizado para análise foi de blocos casualizados, sendo considerado como fator doses de N.

No experimento de datas de semeadura, a primeira data de semeadura foi analisada separadamente das segunda e terceira datas de semeadura, pelo fato de ter apenas o terço mediano e superior da haste principal e o terço mediano no primeiro ramo primário emitido. Desta forma, para a primeira data de semeadura foi analisado somente o haste principal. O delineamento utilizado para análise foi de blocos casualizados, sendo considerados como fator os terços. O primeiro ramo primário emitido não foi analisado.

Nas segunda e terceira datas de semeadura, o delineamento utilizado para a análise foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que a parcela principal foi composta pelas datas de semeadura e a subparcela os terços. Esta análise foi realizada para a haste principal e para o primeiro ramo primário emitido.

3.11.4 Matéria seca total, matéria seca de síliqua (sem grãos) e matéria seca de grãos

A análise de variância da matéria seca total de síliqua (MSTS) e matéria seca de síliquas sem grãos (MSS), foi realizada para cada data de coleta, para a haste principal e o primeiro ramo primário emitido e para os terços (terço inferior, terço mediano e terço superior). Os fatores considerados foram doses de nitrogênio, data de semeadura, haste/ramo e terço. No experimento doses de N, para a haste principal, o delineamento utilizado para a análise foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que a

parcela principal era composta por doses de N e a subparcela terço. Para analisar o terço mediano entre a haste principal e o primeiro ramo primário, o delineamento utilizado para análise foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que, a parcela principal foi composta por doses de N e a subparcela ramos.

No experimento de datas de semeadura, procedeu-se à análise individual para cada data de semeadura pelo fato de a primeira data conter apenas o terço mediano e superior da haste principal e terço mediano do primeiro ramo primário emitido. Outro motivo para adotar análise separada das datas é que, em cada coleta realizada, o acúmulo térmico era diferente. Sendo assim, na primeira data de semeadura a análise para o terço mediano e superior da haste principal. O delineamento utilizado para analisar foi de blocos casualizados, sendo considerados como fator os terços. Também se procedeu à análise entre os ramos (haste principal e primeiro ramo primário emitido) para o terço mediano. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, sendo considerados como fator os ramos.

Nas segunda e terceira datas de semeadura foram analisados os terços (inferior, mediano e superior) da haste principal. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, sendo considerados como fator os terços. Também foram analisados o terço inferior e mediano da haste principal e primeiro ramo primário. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que a parcela principal foi composta pela haste/ramo (principal e primeiro ramo primário emitido) e a subparcela foi composta pelos terços (mediano e superior).

A partir da análise de variância foram ajustados modelos matemáticos não lineares para descrever a evolução da matéria seca total de síliqua e matéria seca de grãos por síliqua. Os modelos foram ajustados para a haste principal e ramo primário e para os terços inferior, mediano e superior.

Para a matéria seca total de síliqua no experimento de doses de nitrogênio e para a primeira data de semeadura foi ajustado um modelo exponencial para descrever a evolução da matéria seca total de síliqua, conforme equação abaixo:

$$y = y_0 + a[1 - e^{-bx}] \quad (17)$$

Sendo y a matéria seca total de síliqua, y_0 o ponto de estabilização, a representa o acúmulo térmico onde inicia a fase de maior velocidade de crescimento da matéria seca total de síliqua e bx a taxa de crescimento da matéria seca total de síliqua.

Nas segunda e terceira datas de semeadura, o modelo utilizado para descrever a evolução da matéria seca total de síliqua foi o modelo sigmoidal, conforme equação abaixo:

$$y = \frac{a}{1 + e^{-\left[\frac{x-x_0}{b}\right]}} \quad (18)$$

Sendo y a matéria seca total de síliqua, a representa o valor assintótico ou seja valor de estabilização da matéria seca de síliqua, b representa a fase linear do acúmulo da matéria seca total de síliqua e x_0 representa o acúmulo térmico após o florescimento, quando se inicia a taxa média máxima de acúmulo da matéria seca total de síliqua.

Para descrever a produção de matéria seca de síliquas (somente casca) e para descrever a perda de matéria seca de síliquas foi ajustado modelo linear, para o experimento de doses de nitrogênio e para a primeira e segunda época de semeadura. Já para a terceira época, foi ajustado modelo sigmoidal, como já descrito anteriormente.

Para descrever a evolução da matéria seca de grão também foi utilizado um modelo sigmoidal para o experimento de doses de nitrogênio, para as primeira, segunda e terceira datas, conforme descrito anteriormente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas do período experimental

As correlações entre as variáveis meteorológicas e as médias das séries históricas das mesmas foram positivas e significativas para a temperatura média, máxima e mínima do ar e para radiação solar global (Tabela 3). Isto demonstra que, para estes elementos, o ano de 2014 seguiu a condição normal da região. Já a precipitação pluvial não apresentou correlação significativa, indicando que a precipitação pluvial decendial não seguiu a condição normal da região, ou seja, apresentou precipitação mais elevada em relação à normal.

Durante o período experimental a temperatura média do ar variou de 7,6 a 25⁰C, com média de 16,6⁰C, a temperatura mínima do ar variou de 3,1 a 19⁰C, com média de 12,6⁰C, e a temperatura máxima do ar foi de 11 a 33⁰C, com média de 22,0⁰C, de abril a novembro de 2014 (Apêndices 1 e 2). Observa-se que, durante o período experimental, houve a ocorrência de temperatura do ar abaixo da mínima basal da canola, que é de 5⁰C, e acima da máxima basal, que é de 30⁰C, quando o crescimento das plantas é inibido ou insignificante (Thomas, 2003). Temperaturas do ar de 3⁰C ou abaixo, registradas no abrigo meteorológico, podem estar relacionadas com a ocorrência de geada (Grodzki *et al.*, 1996), sendo que esta, quando atinge a cultura da canola nos estádios iniciais de desenvolvimento, pode levar à morte de plantas, se as mesmas não estiverem aclimatadas (Dalmago *et al.*, 2010; Kovaleski, 2015). Além disso, a ocorrência de geadas no período reprodutivo pode levar à morte de grãos e siliquis

(Mills *et al.*, 1984; Thomas, 2003; McClinchey & Kott, 2008). Por outro lado, temperaturas do ar acima de 27°C podem prejudicar a fertilização das flores e provocar aborto de síliquas (Thomas, 2003). Foi registrada a ocorrência de geadas durante o período reprodutivo, em 19/07/2014, 26/07/2014, 27/07/2014, 14/08/2014 e 28/08/2014, de intensidade variável, de acordo com observações realizadas por Kovaleski (2015). A ocorrência de geadas, durante o período reprodutivo, pode causar aborto de flores já abertas e síliquas em estádios iniciais de formação (Thomas, 2003; Edwards & Hertel, 2011). Se a geada ocorrer quando os grãos apresentam alto conteúdo de água, podem causar aborto dos mesmos ou injúrias, reduzindo o tamanho final dos grãos (Mills *et al.*, 1984) e, por consequência, o potencial de rendimento de grãos da cultura.

TABELA 3. Estatísticas descritivas e correlação de Pearson para temperatura máxima do ar (Tmax), temperatura média do ar (Tmed) e temperatura mínima do ar (Tmin), precipitação pluvial (Prec. Pluvial) e radiação solar global (Rg) decendial, de abril a novembro de 2014 e médias climatológicas de 1961 a 1990. Passo Fundo - RS, 2014.

Ano	Temperatura do ar (°C)			Prec. Pluvial (mm dec ⁻¹)	Rg (MJ m ⁻² dia ⁻¹)
	Tmax	Tmed	Tmin		
Média					
2014	22,0	16,6	12,6	61,1	11,9
1961-1990	26,7	15,6	6,81	50,7	13,9
Desvio padrão					
2014	3,9	2,9	2,4	60,6	4,1
1961-1990	2,4	2,5	2,6	11,9	4,0
Coefficiente de variação (%)					
2014	17,6	17,8	19,2	99,1	34,7
1961-1990	8,9	16,0	38,0	19,5	15,5
Coefficiente de correlação de Pearson					
2014	0,91***	0,93***	0,78***	-0,03^{ns}	0,86***

*** Correlação de Pearson significativa a 1% pelo teste t; ^{ns} Correlação de Pearson não significativa a 1% pelo teste t.

Houve excesso hídrico em, praticamente, todo o período experimental (Apêndice 3), resultante da precipitação pluvial ocorrida, que foi superior à normal climatológica da região. A maior frequência de chuvas ocorreu de maio e junho (Apêndice 1). O total acumulado de precipitação pluvial foi de 1.467 mm em todo o período experimental, enquanto que o total normal do mesmo período é de 1.213 mm. Portanto, durante o

experimento ocorreram 254 mm a mais, em relação à normal climatológica. Ou seja, a precipitação pluvial total do período experimental foi 17% superior à normal climatológica do mesmo período.

4.2 Índice de área das estruturas reprodutivas (IAS)

Na avaliação do índice de área das estruturas reprodutivas (IAS) houve interação entre doses de nitrogênio e datas de avaliação (Tabela 4). Houve diferença significativa de IAS entre doses de nitrogênio (N) apenas para a data de 08/09/2014. A dose de 40 kg ha⁻¹ de N aplicado apresentou o menor IAS. Na segunda data de avaliação, não houve diferença significativa no IAS entre tratamentos de N e, também, não foi encontrada diferença significativa entre as datas de avaliação (Tabela 4).

TABELA 4. Índice de área das estruturas reprodutivas, siliques e hastes (IAS) da canola, em duas datas de avaliação e diferentes doses de nitrogênio N (kg ha⁻¹) aplicado em cobertura. Coxilha, RS. 2014.

Doses de Nitrogênio	Data de avaliação / IAS (m ² m ⁻²)		Média
	08/09/2014	22/09/2014	
10	2,90 a A*	1,98 a A	2,44
20	2,47 a A	1,89 a A	2,22
40	1,52 b A	2,22 a A	2,37
80	3,11 a A	1,94 a A	2,53
160	3,04 a A	1,99 a A	2,52
Média	2,60	2,01	
CV (%)	31	22	

* Letras minúsculas representam comparações entre as doses de N na coluna e letras maiúsculas representam comparações entre as datas para cada tratamento na linha. Pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro CV = coeficiente de variação.

Avaliando o IAS para canola de inverno, sob diferentes doses de N (0, 135 e 270 kg ha⁻¹ de N), Justes *et al.* (2000) observaram aumento do mesmo até o final do enchimento de grãos, para as três doses de N utilizadas, sendo da ordem de 2,6 m² m⁻² na dose de 270 kg ha⁻¹ de N, com densidade de 60 plantas m⁻². Em estudo realizado por Gammelvind *et al.* (1996), testando três doses de N (0, 100 e 200 kg ha⁻¹), com

densidade de 106 plantas m^2 em cultivo irrigado e não irrigado de canola de inverno, observou-se IAS em torno de 4 $m^2 m^{-2}$ para a dose de 200 $kg ha^{-1}$.

Os resultados encontrados neste experimento não seguiram a mesma lógica encontrada por Justes *et al.* (2000) e Gammelvind *et al.* (1996), o que pode estar associado à densidade média de 33 plantas por metro quadrado obtida, abaixo da população citada por esses autores. Outros fatores também podem ter afetado o IAS, como a instabilidade desta variável, devido à baixa população de plantas, o ciclo indeterminado e a plasticidade das plantas da canola, ou seja, sua elevada capacidade de ajuste dos componentes morfológicos em função da densidade de plantas ou falhas no dossel (Krüger *et al.*, 2011; Jacob *et al.*, 2012). Além disso, a ocorrência de geada durante o período reprodutivo também pode ter contribuído, uma vez que foram observadas síliquas abortadas (Apêndice 4) e lesões em síliquas com mais de 4 cm de comprimento, caracterizando danos por congelamento (Figura 1). Com isto, o coeficiente de variação foi elevado (Tabela 4), indicando grande variabilidade no IAS e justificando, em parte, os resultados encontrados. Conforme Pimentel Gomes (1985), coeficientes de variação entre 20 e 30% são considerados altos, sendo que acima de 30% são considerados muito altos.



FIGURA 1. Danos causados por geada em síliquas de canola (pontos pretos e áreas claras) no experimento de doses de nitrogênio. Coxilha, RS, 2014.

4.3 Intercepção de RFA pelas estruturas reprodutivas

No período de medições, a eficiência de intercepção (ϵ_i) da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas estruturas reprodutivas apresentou resposta diferente entre doses de N aplicado (Figura 2). Na dose de 160 kg ha⁻¹ de N a eficiência de intercepção de RFA foi a mais elevada entre os tratamentos, mantendo-se acima de 70%, com pouca variação no período, o que sugere uma composição mais densa das estruturas reprodutivas, com maior número de síliquas (Apêndice 4). As doses de 10 e 20 kg ha⁻¹ propiciaram menor eficiência de intercepção de RFA, que variou de 45 a 55%. Além disso, as mesmas tiveram elevada oscilação (Figura 2), demonstrando composição menos densa das estruturas reprodutivas (Apêndice 4). Os resultados de eficiência de intercepção referentes às duas maiores doses de N aplicado se equivalem aos valores obtidos por Chartier *et al.* (1983) e Nied *et al.* (2014), que encontraram variação entre 70 e 80% na ϵ_i . Nas menores doses de N (10 e 20 kg ha⁻¹), a ϵ_i foi inferior às doses máximas, ficando entre 45 e 55%. Esta resposta, em parte, pode ser atribuída à limitação de N para o processo fotossintético (Kaefer, 2012) e, conseqüentemente, menor produção de estruturas reprodutivas, em relação às maiores doses de nitrogênio. Porém, a geada que ocorreu em 28/08/2014, durante o período reprodutivo, também pode ter afetado a intercepção da RFA nas menores doses de N aplicado. Isso é evidente na maior oscilação dos resultados nos tratamentos 10, 20 e 40 kg ha⁻¹ (Figura 2), a partir da data em que houve geada, o que não ocorreu nas doses mais elevadas, de 80 e 160 kg ha⁻¹. Nas doses de 80 e 160 kg ha⁻¹, o IAS mais denso e estável compensou a perda de síliquas, especialmente na dose de 160 kg ha⁻¹, que tinha maior disponibilidade de N, fazendo com que as plantas continuassem a emitir flores e formar síliquas (Apêndice 4).

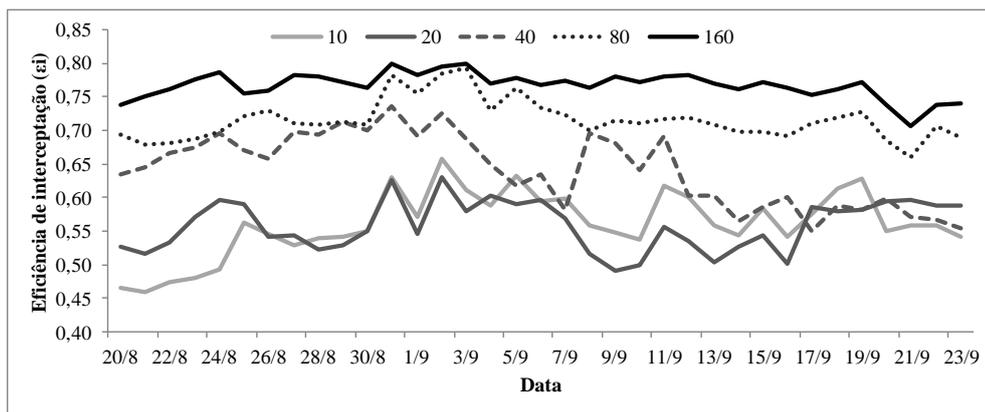


FIGURA 2. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas estruturas reprodutivas (siliques e haste/ramos) da canola, entre 20/08/2014 e 23/09/2014, do final do florescimento a 10 dias antes da maturação fisiológica, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (10, 20, 40, 80, 160 kg ha⁻¹). Coxilha, RS, 2014.

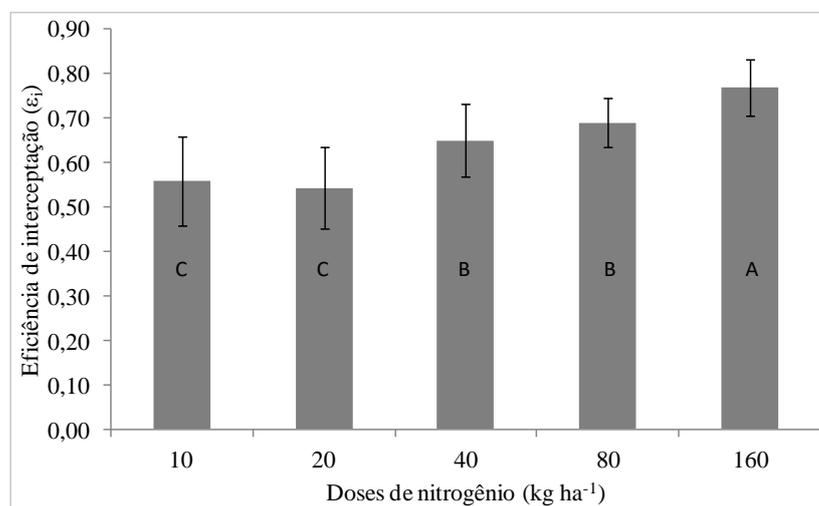


FIGURA 3. Eficiência de interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa média (ϵ_i) pelas estruturas reprodutivas (siliques e hastes) de canola, em função doses de nitrogênio aplicado. Coxilha, RS, 2014.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre doses de N pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro.

As médias de eficiência de interceptação de RFA (ϵ_i), no período de 20/08/2014 a 23/09/2014, apresentaram diferença significativa entre doses de N aplicado (Figura 3). O tratamento de 160 kg ha⁻¹ de N apresentou a maior eficiência de interceptação de RFA pelas estruturas reprodutivas entre todos os tratamentos, que foi de 77%. Com 40 e 80 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura, a eficiência de interceptação de RFA foi intermediária e não diferiu entre as mesmas. Já, nas doses de 10 e 20 kg ha⁻¹ de N, a

eficiência de interceptação de RFA apresentou os menores valores, não diferindo entre as mesmas (Figura 3).

4.4 Coeficiente de extinção para RFA

Para todo o conjunto de dados, considerando todas as doses de N aplicado e as duas datas de avaliação, a média do coeficiente de extinção para radiação fotossinteticamente ativa (RFA) das estruturas reprodutivas foi de 0,44 (Figura 4). Este valor foi menor em, aproximadamente, 12% daquele encontrado por Andersen *et al.* (1996) para as estruturas reprodutivas, que foi de 0,5. Também, ele foi cerca de 10% menor que o valor deduzido a partir dos dados de Nied (2013), cuja estimativa resultou em um coeficiente de extinção médio de 0,48.

Esta diferença pode ser atribuída, principalmente, à variabilidade nas condições meteorológicas entre os anos experimentais, especialmente na temperatura do ar mais elevada, em 2014 (Apêndice 1), comparada àquela observada nos experimentos de Nied (2013), bem como ao menor espaçamento entre linhas (20 cm) e à população de plantas mais homogênea (40 plantas m⁻²) nos experimentos de Nied (2013), em relação a este trabalho, embora a canola apresente elevada capacidade de compensação, devido à alta plasticidade morfológica da cultura. Por outro lado, com espaçamentos entre linhas mais próximos e/ou maiores densidades de plantas, espera-se maior coeficiente de extinção, em comparação a espaçamentos entre linhas maiores e com menores densidades de plantas (Chang, 1968; Müller & Bergamaschi, 2005).

Quando se considerou apenas as duas maiores doses de N aplicadas, de 80 e 160 kg ha⁻¹ (Figura 5), o coeficiente de extinção para RFA foi de 0,46, ou seja, maior que o coeficiente médio para todas as doses de N em conjunto (Figura 4). Mesmo assim, o valor ainda foi menor que o encontrado por Andersen *et al.* (1996), porém, próximo da

estimativa realizada a partir dos resultados de Nied (2013), para todo dossel da canola. Além disso, a função linear obtida a partir dos maiores níveis de nitrogênio aplicado permitiu um ajuste melhor, em relação a todo conjunto de dados, o que pode ser verificado pelo coeficiente de determinação (R^2), que passou de 0,462 para 0,755 (Figuras 4 e 5).

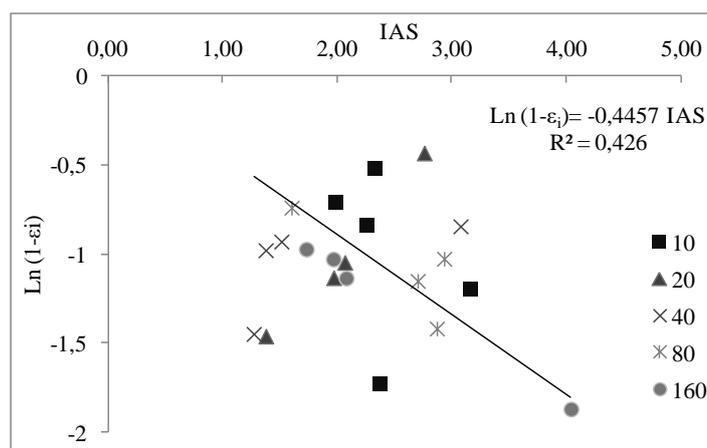


FIGURA 4. Coeficiente de extinção (k) médio para radiação fotossinteticamente ativa (RFA), representado pelo coeficiente angular da equação de regressão linear entre o logaritmo natural da RFA não interceptada ($1 - \epsilon_i$) e o índice de área das estruturas reprodutivas (IAS), para os dados obtidos em todas as doses de nitrogênio aplicado em cobertura, em duas datas de avaliação (08/09/2014 e 22/09/2014). Coxilha, RS, 2014.

Isto demonstra que, para as condições de cultivo da Região Sul do Brasil, há maior interceptação de RFA pelas estruturas reprodutivas da canola em condições não limitantes de nitrogênio, devido à maior produção de estruturas reprodutivas, em relação a condições de deficiência de nitrogênio. Esta característica é particularmente importante, uma vez que as estruturas reprodutivas da canola respondem por grande parte da fotossíntese responsável pela produção de grãos da canola (Mogensen *et al.*, 1997; Rode *et al.*, 1984). Além disso, a grande dispersão de pontos observada na Figura 4, quando foram considerados todos os níveis de nitrogênio, demonstra elevada desuniformidade na morfologia das plantas de canola submetidas às doses menores de

N aplicado. Em contrapartida, a Figura 5 evidencia que houve maior uniformidade morfológica nos níveis mais elevados de N aplicado, o que permitiu um melhor ajuste para o coeficiente de extinção de RFA das estruturas reprodutivas da canola.

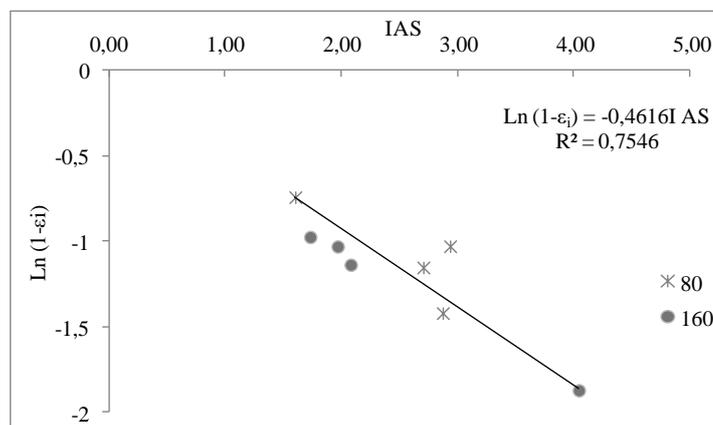


FIGURA 5. Coeficiente de extinção (k) médio para radiação fotossinteticamente ativa (RFA), representado pelo coeficiente angular da equação de regressão linear entre a RFA não interceptada ($1 - \epsilon_i$) e o índice de área das estruturas reprodutivas (IAS), para as doses de nitrogênio de 80 e 160 kg/N ha⁻¹, em duas datas de avaliação (08/09/2014 e 22/09/2014). Coxilha, RS, 2014.

Comparando o coeficiente de extinção das estruturas reprodutivas da canola com aquele obtido para todo o dossel de canola por Nied (2013), que foi de 0,98, Dreccer *et al.* (2000), que foi de 0,91 para o dossel de canola de primavera, e por Gabrielle *et al.* (1998), que foi de 0,75 para o dossel de colza de inverno, observa-se que as estruturas reprodutivas apresentam coeficiente de extinção menor que todo o dossel. Isso é explicado em razão da diferença existente na arquitetura foliar, comparada com a morfologia e disposição das siliqua e hastes da inflorescência. As síliquas têm 6 a 9 cm de comprimento e espessura de 3 a 4 mm, e são dispostas de forma alternada nas haste/ramos. Porém, as folhas são estruturas relativamente grandes, planas e dispostas alternadamente, fazendo com que ocorra maior extinção da radiação por unidade de área foliar, conforme demonstrado por Nied (2013). Em comparação ao trigo, que é uma cultura de mesma estação de crescimento da canola, observa-se que o coeficiente de

extinção das estruturas reprodutivas da canola se aproxima àquele do dossel dos genótipos de trigos mais recentes. Segundo Paris *et al.* (2013), o coeficiente de extinção de radiação das cultivares BRS Parrudo, BRS 327, BRS 331 e BRS Guamirim de trigo variaram de 0,48 a 0,75. No entanto, o menor coeficiente de extinção foi obtido com a cultivar BRS Parrudo, sendo este equivalente ao coeficiente de extinção das estruturas reprodutivas da canola, obtido neste estudo. Isto pode ser atribuído à arquitetura foliar da cultivar BRS Parrudo, que apresenta características diferenciadas das demais cultivares, com porte baixo, resistência ao acamamento e, sobretudo, com folhas mais eretas em relação às demais cultivares (Scheeren *et al.*, 2014).

4.5 Matéria fresca de síliquis

A matéria fresca de síliquis apresentou crescimento linear até 425 graus-dia (GD) acumulados, para os terços mediano e superior da haste principal, em todas as doses de N aplicadas em cobertura (Figura 6). Também, observou-se que ocorreu variação na matéria fresca de síliquis, que não seguiu a proporcionalidade entre as doses de N, tanto para o terço mediano quanto para terço superior da haste principal (Apêndice 5), indicando que o aumento nas doses de N aplicado não elevou a matéria fresca das síliquis. Esta discrepância, não esperada, da matéria fresca de síliquis entre as doses de N pode ter sido ocasionada pela ocorrência de geada no dia 14/08/2014, de intensidade forte, de acordo com avaliações realizadas por Kovaleski, (2015), para o mesmo local. A geada pode ter causado a morte de grãos, que já estavam em processo de formação, além de causar lesões nas próprias síliquis (Figura 1). Porém, como não foi registrada a data de abertura das flores em cada terço da haste principal, para cada tratamento de N, não foi possível identificar, com clareza, o estágio de desenvolvimento dos grãos, em termos de acúmulo térmico, no momento da ocorrência da geada. De

acordo com Thomas, (2003), aproximadamente duas semanas após o início da antese os grãos de canola estão com alto teor de água no seu interior (translúcidos) e a ocorrência de geada, neste estágio de desenvolvimento dos grãos, pode causar o aborto dos mesmos.

Avaliando o terço mediano do primeiro ramo primário emitido (Figura 6), observa-se que não ocorreu a mesma variação na matéria fresca de síliqua até 425 GD, que foi observada no terços mediano e superior da haste principal. Isto pode ter acontecido pelo fato dos grãos de canola estarem em estágio de desenvolvimento inferior àqueles da haste principal, o que pode ter minimizado os danos causados pela geada em todas as doses de N. Esta pode ser uma possível explicação em relação à ausência de diferenças na matéria fresca (Apêndice 6). Avaliando matéria fresca de síliquis no terço inferior da haste principal, Hocking & Mason (1993) descartaram o efeito das doses de N devido às diferenças serem muito pequenas entre as doses de N, em canola de primavera.

A partir de 425 GD, a matéria fresca de síliquis apresentou estabilização e até uma leve queda até 596 GD, tanto nos terços mediano e superior da haste principal quanto no terço mediano do primeiro ramo primário emitido (Figura 6). A ocorrência de geada em 28/08/2014, de intensidade fraca a moderada (Kovaleski, 2015), pode ter sido a causa da estabilização e queda na matéria fresca de síliquis até 596 GD, uma vez que não houve aclimação ao frio no período que antecedeu a essa geada, pois a temperatura do ar se elevou acima de 15 °C (Apêndice 1 e 2). De acordo Rapacz (1999), Rapacz *et al.* (2001), Rife & Zeinali (2003) e Tasseva *et al.* (2004), a aclimação ao frio inicia em temperaturas do ar entre 10 e 15 °C e se intensifica em temperaturas do ar abaixo desta faixa. Plantas de canola não aclimatadas, mesmo durante o período de

floração e início de enchimento de grão, apresentam perdas de produção de grãos quando submetidas a condições de geada (Dalmago *et al.*, 2010).

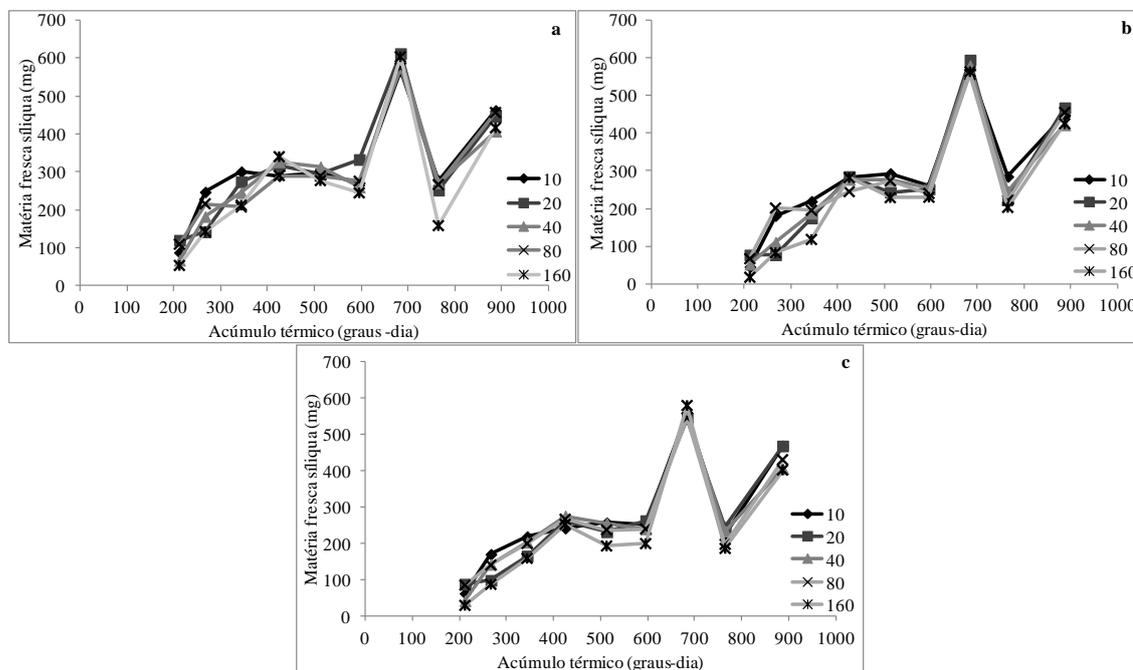


FIGURA 6. Matéria fresca de síliquas dos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário emitido, para doses de nitrogênio (10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹ de N), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola. Coxilha, RS, 2014.

De acordo com Mills *et al.* (1984), Thomas (2003), McClinchey & Kott (2008), a ocorrência de geada durante o enchimento de grãos pode causar aborto de grãos, principalmente no início, devido ao alto conteúdo de água no seu interior. Lardom & Triboni-Blondel (1994) observaram que a geada causa inibição do crescimento do embrião e do enchimento de grãos, levando à inatividade do grão. Além da morte de grãos, a geada pode causar injúrias e redução no tamanho e no peso de grãos (Mills *et al.*, 1984), conforme foi observado no experimento com doses de N (Figura 1).

A matéria fresca de síliquas de canola, na primeira data de semeadura (23/04/2013) do segundo experimento (Figura 7), também foi afetada pela ocorrência de geadas. Porém, a data de início do florescimento ocorreu com, aproximadamente, uma

semana de antecedência em relação ao experimento de doses de N. Verifica-se que, a partir da segunda coleta realizada (334 GD), ocorreu redução na velocidade de acúmulo da matéria fresca nos terços mediano e superior da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário emitido. Neste caso, tanto a redução no ganho da matéria fresca como a estabilização e a leve queda da matéria fresca (Figura 7) estão associadas à ocorrência de geada em 14/8/2014 e 28/8/2014. Sendo assim, os efeitos são semelhantes aos observados e discutidos no experimento de doses de N.

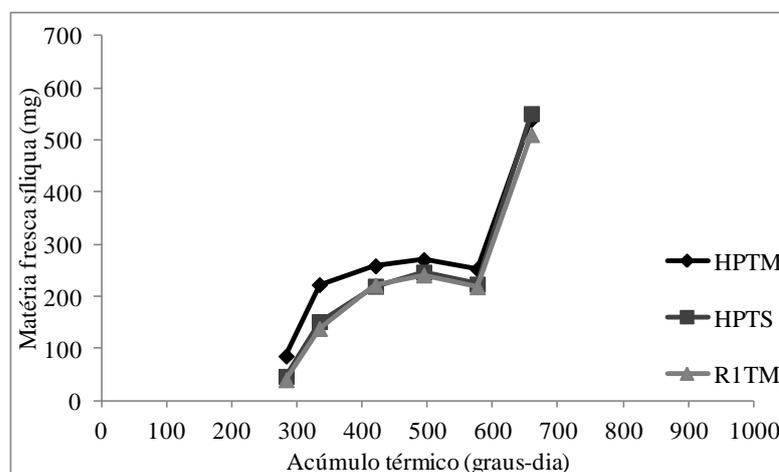


FIGURA 7. Matéria fresca de siliques dos terços mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal e do terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da primeira data de semeadura da canola. Coxilha, RS, 2014.

Após a ocorrência de geada, as condições de temperatura do ar, radiação solar e precipitação pluvial (Apêndice 1 e 2) foram favoráveis à continuidade do desenvolvimento das siliques. Isto possibilitou, novamente, ganhos em matéria fresca das siliques, tanto para terços da haste principal, do experimento de doses de N, quanto para os terços do primeiro ramo primário, emitido pelas plantas da primeira semeadura do experimento de datas de semeadura de canola. Os valores máximos de matéria fresca de siliques oscilaram entre 500 e 600 mg, próximo a 670 GD, em ambos os experimentos. Na primeira data de semeadura, a última coleta de siliques foi feita na

colheita final do experimento, conforme estava programado e, portanto, não foi possível identificar a evolução final da matéria fresca das siliquas. Ao contrário, no experimento de doses de nitrogênio, observou-se nova queda na matéria fresca de siliquas, seguida de aumento significativo (Apêndice 5 e 6), na avaliação seguinte, em todas as doses de nitrogênio. A hipótese para essa resposta não é clara e não pode ser verificada apenas com os dados disponíveis neste trabalho, uma vez que exigiria frequência mais elevada de coleta de dados, em relação à frequência semanal de avaliações, adotada neste trabalho. Por outro lado, o aumento no ganho de matéria fresca, verificado na sequência (após 770 GD), pode ser atribuído ao enchimento de grãos presentes nas siliquas, e ainda viáveis, em consequência do retorno de condições ambientais adequadas para produção de matéria seca. Esta hipótese encontra suporte na elevada plasticidade fenotípica que a canola apresenta (Krüger *et al.*, 2011; Jacob *et al.*, 2012), bem como em observações de Thomas (2003), segundo o qual a ocorrência de estresse durante o crescimento dos grãos e expansão das siliquas pode interromper sua expansão e ocasionar a morte de grãos. Os grãos que sobreviverem ao estresse receberão uma carga maior de fotoassimilados e aumentarão rapidamente o seu peso, quando as condições do ambiente se tornarem favoráveis. Além disso, as reservas acumuladas nos grãos, que foram abortados ou danificados, serão remobilizadas para os grãos viáveis (Bennet *et al.*, 2011). Justes *et al.* (2000) demonstram esta estratégia da canola no crescimento do índice de área foliar, em que a ocorrência de geadas no período de vegetativo reduziu o índice de área foliar, mas que, no momento em que as condições ambientais tornam-se favoráveis novamente, o índice de área foliar apresentou crescimento linear. Por isto, é possível afirmar que os grãos que sobreviveram aos danos causados pela geada aumentaram de tamanho rapidamente, devido à maior disponibilidade de

fotoassimilados para o seu crescimento, numa sequência de prioridade, por meio do acionamento dos mecanismos ecológicos de sobrevivência da espécie.

Na segunda data de semeadura, a matéria fresca de siliques de canola aumentou até 407 GD (Figura 8). Isto representa, aproximadamente, a metade da curva matéria fresca ao longo do tempo das avaliações para os terços inferior, mediano e superior da haste principal e para os terços inferior e mediano do primeiro ramo primário emitido. Na terceira data de semeadura (Figura 9) o acúmulo de matéria fresca foi mais rápido, em relação à segunda data de semeadura, atingindo o valor máximo em apenas 299 GD para todos os terços dos ramos avaliados. Comparando as segunda e terceira datas de semeadura, houve redução no acúmulo térmico necessário para atingir a matéria fresca máxima de 27 %. De acordo com Thomas (2003), Fochesatto (2012) e Luz *et al.* (2012), temperatura do ar mais elevada durante o período de formação e enchimento de grãos, faz com que ocorra redução no tempo necessário para atingir a maturação fisiológica. Porém, Nied (2013) observou que, em semeaduras realizadas nos meses de junho e julho, a canola necessitou maior acúmulo térmico para completar o subperíodo que vai do início do florescimento à maturação fisiológica, em relação às semeaduras mais precoces, considerando o período indicado pelo zoneamento agroclimático (Dalmago *et al.*, 2008). De acordo com o mesmo autor, a deficiência hídrica foi a provável causa do aumento na necessidade térmica da canola para completar o referido subperíodo. Isto também foi observado por Fochesatto (2012), que encontrou correlação positiva entre o déficit hídrico e a necessidade térmica para completar o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica em colza. No entanto, nas condições de cultivo do ano de 2014, não se observou deficiência hídrica durante o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica, indicando que a temperatura do ar mais elevada foi a causa da menor necessidade de acúmulo térmico para a canola atingir a máxima

matéria fresca das siliques, em relação à segunda data de semeadura. A temperatura do ar elevada encurta o período final do enchimento de grãos (Thomas, 2003) e o subperíodo de final do florescimento à maturação fisiológica (Fochesatto, 2012; Luz *et al.*, 2012).

Quando a matéria fresca de siliques atinge o valor máximo significa que o tamanho das mesmas também é máximo (Hocking & Mason, 1993). De acordo com Edwards & Hertel (2011), o tamanho das siliques de canola de primavera varia de 6 a 9 cm de comprimento. Já, para Hocking & Mason (1993), o mesmo varia de 5 a 5,5 cm de comprimento. Ainda, avaliando matéria fresca de siliques de canola de primavera, na parte basal do terço inferior da inflorescência da haste principal, Hocking & Mason (1993) demonstraram que a matéria fresca de siliques foi máxima entre 40 e 50 dias após a antese. Já para canola de inverno, Hua *et al.* (2014) encontraram que a matéria fresca de siliques atingiu o valor máximo em, aproximadamente, 40 dias após a antese. Comparando esses resultados com aqueles encontrados nas segunda e terceira datas de semeadura de canola (Figura 8 e 9), observa-se que, para as condições de cultivo do Sul do Brasil, o tempo para atingir a máxima matéria fresca é inferior a esses valores, ficando entre 20 e 30 dias após antese, com acúmulo térmico variando entre 299 e 407 GD. Porém, o tempo da antese até a máxima matéria fresca pode ser diferente dos valores encontrados neste trabalho, se o início da floração da canola for acompanhada, individualmente, em cada terço da inflorescência e ramo considerado na avaliação.

No experimento de doses de N, comparando a primeira data de semeadura com as segunda e terceira datas de semeadura (Figura 6 a Figura 9), é possível verificar que a ocorrência de geada, na primeira data de semeadura, causou aumento no tempo térmico necessário para atingir o valor máximo da matéria fresca. Fochesatto (2012) encontrou correlação positiva entre a necessidade térmica e a temperatura mínima do ar para que a

colza (padrão canola) completasse o ciclo. Luz *et al.* (2012) também afirmaram que a redução na temperatura do ar aumenta a necessidade térmica para a canola completar o ciclo, o que pode estar relacionado com a ocorrência de geadas durante o ciclo da cultura, a qual causa danos ao crescimento e desenvolvimento da canola (Dalmago *et al.*, 2009). Se isto acontecer, durante o final do florescimento e início do enchimento de grãos, é provável que haja maior acúmulo térmico para a siliqua atingir a máxima matéria fresca, em relação a uma condição sem geada.

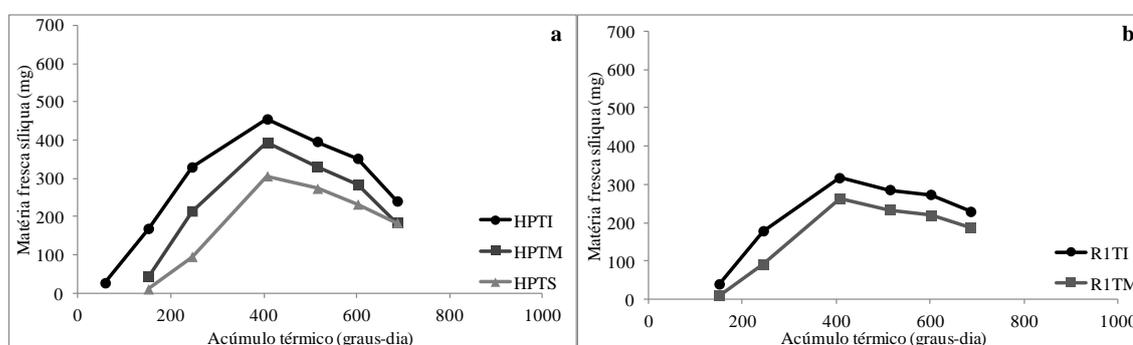


FIGURA 8. Matéria fresca de siliques dos terços inferior (RPTI), mediano e superior (HPTS) da haste principal (a) e dos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, da segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.

Avaliando a matéria fresca de siliques entre os terços da haste principal e do primeiro ramo primário da inflorescência da canola, observa-se que o terço inferior apresentou maior matéria fresca de siliques durante todo o período de avaliação, tanto para a segunda quanto para a terceira época de semeadura (Apêndices 8 e 9), em comparação aos demais terços das inflorescências. Isto é explicado, principalmente, pela remobilização de carboidratos e nutrientes das folhas para as primeiras siliques que se desenvolveram na parte basal da haste principal, pois o florescimento da canola ocorre da base para o ápice dos ramos. Desta maneira, as siliques do terço inferior da inflorescência recebem aporte maior de fotoassimilados e nutrientes das folhas, em

comparação às siliques situadas nos terços mediano e superior da haste principal e ramo primário (primeiro ramo primário emitido). De acordo com Hua *et al.* (2014), a maior oferta de fotoassimilados proporciona rápida expansão das siliques e dos grãos no estágio inicial de crescimento e desenvolvimento.

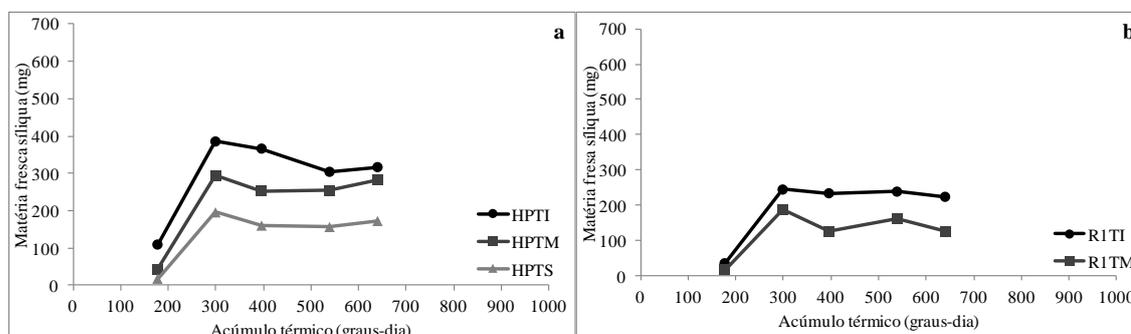


FIGURA 9. Matéria fresca de siliques dos terços inferior (RPTI), mediano (UPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e do terço inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia), após a floração da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.

Para o ramo primário o suprimento de fotoassimilados das folhas é menor, comparado aos demais, pois a maior demanda de fotoassimilados está na haste principal e nos ramos que estão abaixo do primeiro ramo primário emitido. Os ramos mais próximos da base, teoricamente, apresentam maior força de dreno de fotoassimilados, em comparação com o primeiro ramo primário emitido, localizado na parte superior da haste principal, perto da inflorescência principal, que está mais longe da fonte primária de fotoassimilados (folhas) e, normalmente, apresenta menor número de siliques, ou seja, força de dreno mais baixa. Desta forma, para o primeiro ramo primário emitido, a principal fonte de produção de fotoassimilados é a síliqua, por ser uma estrutura verde, que contém clorofilas e realiza fotossíntese (Rode *et al.*, 1984; Mogensen *et al.*, 1997).

Após atingir o valor máximo, a matéria fresca das siliques inicia o processo de perda de água, fazendo com que a matéria fresca diminua até um valor mínimo (Figura 8). O processo de perda de água está associado ao final da expansão das siliques e

grãos, quando tanto síliquis quanto grãos estão no seu tamanho máximo. Porém, embora as síliquis e grãos estejam em seu tamanho máximo, a matéria seca de síliquis continua aumentando, após a matéria fresca ter atingido seu peso máximo (Apêndice 10). Isto indica que, no momento em que se inicia a queda na matéria fresca de síliquis, os grãos ainda não estão totalmente cheios. Sendo assim, as síliquis continuam a fornecer fotoassimilados e nutrientes para que os grãos sejam preenchidos totalmente (Hocking & Mason, 1993), mas isso não causa aumento no matéria fresca.

As taxas de perda de água entre os terços da haste principal e do primeiro ramo primário da inflorescência são diferentes, significativamente (Figura 10), com valores de 0,734, 0,721 e 0,437 mg para cada grau-dia acumulado. Para os terços inferior e mediano da haste principal, as taxas de perda de água, praticamente, não apresentam diferença (Figura 10). Porém, quando comparadas àquela do terço superior da haste principal da inflorescência, a diferença na taxa de perda de água é de, aproximadamente, 40 %. No primeiro ramo primário (Figura 10), as taxas de perda de água foram de 0,297 e 0,262 mg por grau-dia acumulado, para os terços inferior e mediano do primeiro ramo primário da inflorescência, equivalendo-se a uma diferença de, aproximadamente, 12%. Comparando a taxa média de perda de água das síliquis, entre a haste principal e o primeiro ramo primário, a diferença é da ordem de 44%, sendo maior (0,63 mg) na haste principal e menor (0,28 mg) no primeiro ramo primário emitido.

Analisando a taxa de perda de água das síliquis da canola, entre os terços da haste principal da inflorescência, com a evolução da matéria seca de síliquis (Apêndice 10), é possível afirmar que a velocidade com que as síliquis perderam água esteve relacionada com o enchimento final de grãos, indicando que, após o ponto de máxima matéria fresca, a matéria seca continua aumentando até o final do ciclo. A provável causa da estabilização da matéria fresca é o enchimento final de grãos, o qual impede que as

síliquas se desidratem devido à demanda por fotoassimilados, necessária para complementar a deposição de óleo e proteínas nos grãos. Segundo Hocking & Mason (1993), quando as síliquas atingem a matéria fresca máxima, os grãos apresentam em torno de 35% da matéria seca que terão no final do completo enchimento de grãos. Os mesmos autores relatam que, durante a desidratação das síliquas, a matéria seca de grãos aumenta 42%. Também, constataram que, nos terços inferior e mediano da inflorescência da haste principal, a velocidade com que a matéria fresca decresce é maior do que no terço superior da haste principal da inflorescência. Isto é indicativo de que o ganho de matéria seca nos grãos está ocorrendo em consequência da remobilização de nutrientes e fotoassimilados da parede das síliquas para os grãos (Hocking & Mason, 1993).

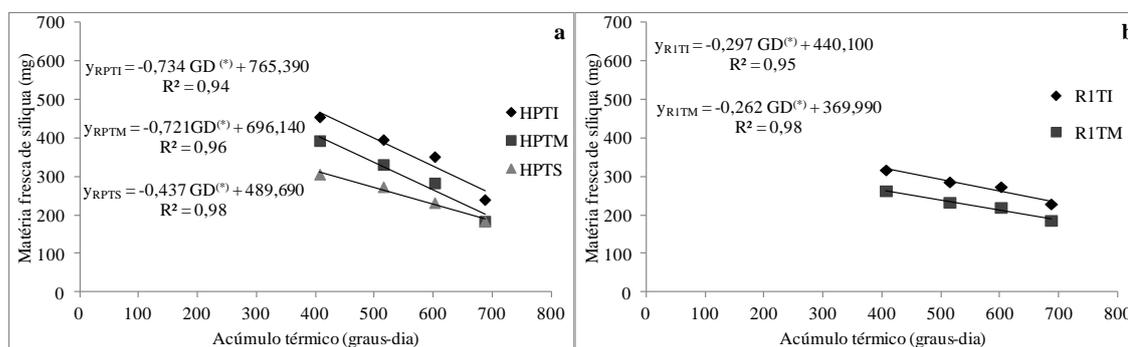


FIGURA 10. Redução da matéria fresca de síliquas nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (RPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração, para a segunda data de semeadura. (*) indica que os coeficientes das equações são significativos; (ns) indica que os coeficientes das equações não são significativos a 5% de probabilidade de erro. Coxilha, RS, 2014.

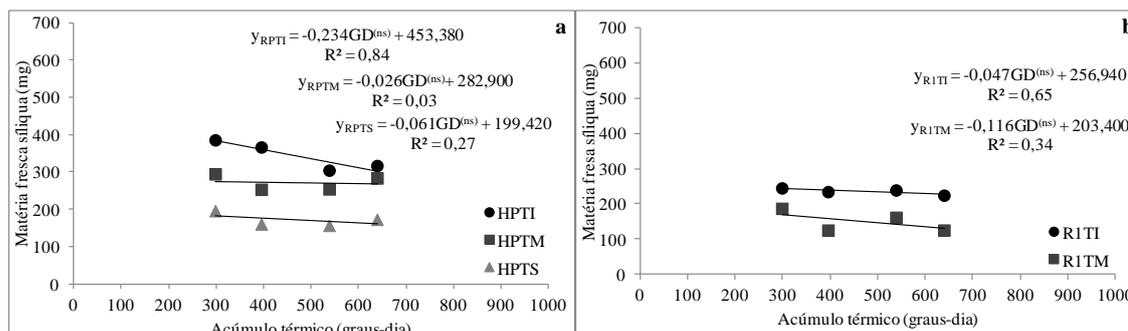


FIGURA 11. Redução da matéria fresca de síliques dos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal e dos terços inferior (RITI) e mediano (RITM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, para a terceira data de semeadura, (ns) indica que os coeficientes das equações não são significativos a 5% de probabilidade de erro. Coxilha, RS, 2014.

Comparando a taxa de perda de água pelas síliques dos terços inferior e mediano do primeiro ramo primário (Figura 10) com a evolução da matéria seca de síliques do primeiro ramo primário (Apêndice 10), verifica-se que a menor taxa de perda de água das síliques foi fortemente relacionada com o aumento da matéria seca das mesmas após o valor máximo da matéria fresca. A matéria seca produzida até o valor máximo de matéria fresca representa, aproximadamente, 75% e 66% da matéria seca total das síliques produzida até o final do ciclo. A menor matéria seca de síliques acumulada até a matéria fresca máxima explica o motivo pelo qual a taxa de perda de água no primeiro ramo primário emitido é menos acentuada em relação à haste principal.

Avaliando a terceira data de semeadura, tanto na haste principal quanto no primeiro ramo primário emitido, observa-se que a taxa de perda de água pelas síliques, em todos os terços da inflorescência da canola, não apresenta coeficiente significativo (Figura 11). O acúmulo térmico necessário para atingir a matéria fresca máxima (Figura 9) foi muito rápido, quando comparado com a segunda data de semeadura (Figura 8). Neste sentido, as síliques atingiram seu tamanho e matéria fresca máxima com 299 GD. Nesta condição, os grãos estão com sua estrutura formada, mas ainda estão em processo de enchimento, ou seja, acumulando óleo e proteínas. Desta forma, as síliques tendem a

manter alto teor de água, pois estão em grande atividade fotossintética para suprir a demanda de fotoassimilados e concluir o enchimento dos grãos. No Apêndice 11, é possível verificar que o acúmulo de matéria seca continua aumentando até a última coleta realizada, por conta do aumento da matéria seca de grãos (Hocking & Mason, 1993; Pavlista *et al.*, 2012).

4.4 Matéria seca de síliquas

4.4.1 Matéria seca total de síliquas

4.4.1.1 Experimento com diferentes doses de nitrogênio aplicado

A matéria seca total de síliquas (MSTS) apresentou o mesmo padrão de crescimento para os terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), para todas as doses de N (Apêndice 12).

A matéria seca de síliquas apresentou diferença significativa no terço mediano entre a haste principal e o ramo primário, entre os terços (TM e TS) da haste principal, bem como entre as doses de N aplicado (Tabela 5). Para o terço mediano, em praticamente todas as avaliações realizadas, expressas pelo acúmulo térmico, a haste principal apresentou maior MSTS em comparação ao ramo R1, indicando maior potencial produtivo. A evolução da matéria seca na HP e R1 ajustou-se a um modelo exponencial positivo (Figura 12) em função da soma térmica, com coeficientes de determinação de 0,99 e 0,97 para HP e R1, respectivamente (Tabela 6). No final do enchimento de grãos, a maior MSTS foi de 74 mg para o HP e de 67 mg para o R1, o que representa uma diferença de 9%. Estes são, praticamente, os valores de

estabilização indicados pelos modelos exponenciais em, aproximadamente, 1.000 GD acumulados após o florescimento.

TABELA 5. Matéria seca total de siliques (MSTS) de canola nos terços medianos da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado (kg ha^{-1}) em cobertura, e MSTS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), para as mesmas doses de N aplicado, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca total de siliques (mg)								
	212 ^(**)	267	344	425	513	596	684	765	887
Terço mediano									
Haste/Ramo									
HP	16 a	29 a	43 a	61 a	65 a	68 a	72 a	75 a	74 a
R1	11 b	20 b	32 b	47 b	46 b	56 b	60 a	60 b	67 b
CV (%)	46	31	28	22	18	14	20	18	13
Dose de N									
10	14 ab ^(*)	32 a	46 a	52 a	54 ab	60 a	61 a	73 a	80 a
20	19 a	19 b	37 a	52 a	53 ab	68 a	64 a	73 a	83 a
40	11 ab	26 ab	37 a	56 a	65 a	66 a	67 a	73 a	61 bc
80	17 a	27 ab	36 a	54 a	58 ab	65 a	65 a	66 ab	71 ab
160	8 b	18 b	30 a	57 a	47 b	52 b	71 a	51 b	58 c
CV (%)	46	31	28	22	18	14	20	18	13
Haste principal									
Terço									
TM	16 a ^(*)	29 a	44 a	61 a	65 a	68 a	72 a	75 a	74 a
TS	10 b	19 b	31 b	52 b	55 b	62 b	66 a	70 a	73 a
CV (%)	28	27	28	22	14	11	19	15	12
Dose de N									
10	13 ab ^(*)	33 a	46 a	57 a	59 abc	62 a	65 a	86 b	82 a
20	18 a	17 b	38 ab	54 a	55 bc	70 a	73 a	74 b	84 a
40	11 b	23 ab	36 ab	56 a	70 a	70 a	72 a	77 b	64 bc
80	16 ab	28 ab	36 ab	53 a	64 ab	67 a	64 a	71 ab	76 ab
160	7 c	18 b	27b	62 a	51 c	57 b	72 a	56 a	62 c
CV (%)	28	37	28	22	14	11	19	15	12

^(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa entre tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia) representam as datas em que foram coletadas as siliques.

A matéria seca de siliques mais elevada na haste principal está relacionada com a maior oferta de fotoassimilados oriundos das folhas, por ser o primeiro órgão a iniciar o florescimento, ou seja, o primeiro a demandar fotoassimilados das folhas, além de ser a maior porção da inflorescência. Esta resposta está de acordo com Diepenbrock & Geisler (1979), os quais demonstraram que a haste principal apresenta maior peso seco

de siliquas, em consequência de ser o primeiro dreno de fotoassimilados produzidos pelas folhas. Os mesmos autores demonstraram que os ramos que se desenvolvem depois da haste principal apresentam menor matéria seca de siliquas, como consequência do menor poder de dreno, em comparação à haste principal, como também pela produção de fotoassimilados, nesta condição, por ser dependente, quase exclusivamente, da fotossíntese realizada pelas siliquas.

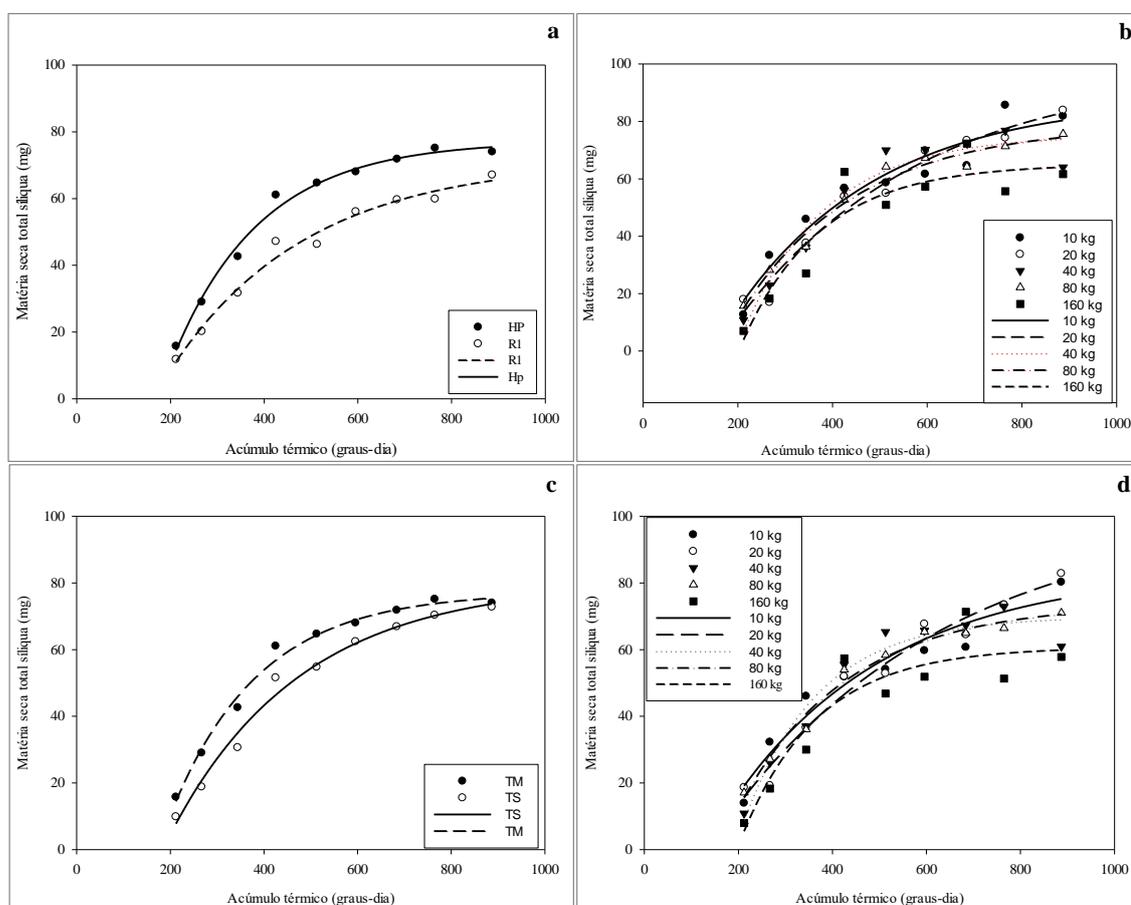


FIGURA 12. Matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), para diferentes doses de N (10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) aplicado (b), e MSTS dos terços mediano (HP TM) e superior (HP TS) (c) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N aplicado (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Comparando a matéria seca total de siliquas dos terços (TM e TS) da haste principal observa-se que, até 596 GD acumulados, o terço mediano apresentou maior MSTS, em comparação ao terço superior. A partir de 684 GD, a MSTS não apresentou

diferenças significativas entre TM e TS da haste principal (Figura 12). Provavelmente, esta resposta foi consequência da translocação de fotoassimilados produzidos pelas síliquas localizadas nos terços basal e mediano da haste principal para o terço superior. Isto é suportado pela estabilização da taxa de acúmulo de MSTS após 684 GD, associada à redução do coeficiente de variação, a partir daquele acúmulo térmico, indicando que a resposta observada foi uma consequência biológica das plantas (translocação de fotoassimilados) e não de outros fatores, como, por exemplo, do erro associado à metodologia de coleta de dados.

Para os terços TM e TS da haste principal, os dados também se ajustaram a um modelo do tipo exponencial positivo, que descreveu a evolução de MSTS como função da soma térmica acumulada a partir do florescimento (Figura 12 e Tabela 6). Também neste caso, os dados de MSTS apresentaram elevado ajuste ao modelo exponencial, com R^2 de 0,99 e 0,98 para os terços TM e TS, respectivamente (Tabela 6). Para os TM e TS, os modelos ajustados (Tabela 6) estabilizaram em valores de MSTS de, aproximadamente, 76 mg para ambos os terços da haste principal.

Para as diferentes doses de N aplicado, a MSTS apresentou elevada variabilidade durante sua evolução temporal, tanto no terço mediano da haste principal HP e do ramo R1 quanto nos terços mediano e superior da haste principal (Apêndice 12). Esta resposta pode ser melhor observada na Tabela 5, em que MSTS variou de maneira diversa entre as datas de avaliação. No entanto, de maneira geral, a MSTS foi menor nos tratamentos com maior aplicação de nitrogênio, especialmente no tratamento de 160 kg ha^{-1} , tanto para o terço mediano quanto para a HP. A menor MSTS na dose de N de 160 kg ha^{-1} se deveu ao dossel mais denso, com maior número de síliquas por planta (Apêndice 4). Isto indica que, em altas doses de N, a canola tende a produzir maior número de síliquas, embora com menor tamanho, enquanto que, em doses mais

baixas de N, há tendência em formar siliques de maior tamanho, com a finalidade de aumentar o potencial produtivo de grãos. Esta resposta está de acordo com a alta plasticidade fenotípica que a canola apresenta, o que pode ser observado pela redução do coeficiente de variação ao longo do tempo (graus-dias) de avaliação (Tabela 5).

A partir dos resultados da análise da variância (Tabela 5), foram ajustados modelos para descrever a evolução da MSTS ao longo do tempo, com base no acúmulo térmico a partir do florescimento da cultura. O melhor ajuste para esta evolução, em cada dose de N aplicado, se deu em modelos exponenciais, para os terços medianos da HP e do R1 e para a haste principal (Figura 12). O ajuste dos modelos foi mais elevado nas doses de N de 10, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹, com R² acima de 0,90, em comparação à dose de N de 160 kg ha⁻¹, cujo R² foi de 0,81 e 0,82 (Tabela 6). Esta resposta está de acordo com dados de rendimento de grãos, obtidos no mesmo experimento e apresentados por Pinto (2015), que indicaram redução no rendimento de grãos de canola na dose de 160 kg ha⁻¹ de N, em comparação à dose de maior eficiência de uso do N, entre 80 e 100 kg ha⁻¹ de N.

Avaliados em conjunto, os modelos de crescimento de MSTS para haste principal e terço médio da haste principal apresentaram menor quadrado médio do erro (QME) (6,23), em relação ao ramo primário principal (8,34) e seu terço superior (9,35). Isto é um indicativo de melhor ajuste e melhor capacidade preditiva dos modelos, em comparação aos demais modelos, os quais apresentam QME acima de 20 (Tabela 6). Isto, provavelmente, se deve ao fato da HP ser a primeira parte da inflorescência a ser emitida, recebendo menor efeito de condições ambientais adversas sobre a translocação de fotoassimilados, das folhas para as siliques. Esta resposta também pode acontecer dentro da mesma inflorescência, onde as siliques basais são os primeiros drenos a se beneficiarem dos fotoassimilados translocados a partir das folhas, em comparação às

síliquas medianas e superiores. Ou seja, quanto mais tarde os ramos e síliquas forem emitidas ou fixadas, dentro da inflorescência, mais expostos estarão aos efeitos de condições ambientais adversas. Segundo as doses de N, tanto no terço mediano quanto na haste principal, obteve-se o menor QME na dose de 80 kg ha⁻¹. Esta foi à dose de melhor eficiência técnica para rendimento de grãos, segundo Pinto (2015). Ou seja, foi aquela que proporcionou condições de disponibilidade de N adequadas para a plena produção da planta. Isto indica que a variabilidade de resposta da canola é menor em condições ambientais favoráveis e que, por consequência, a cultura é altamente responsiva em termos de ambiente, conforme afirmou Pinto (2015).

TABELA 6. Coeficientes do modelo exponencial de crescimento para matéria seca total de síliquas (MSTS) de canola para haste principal (HP) e ramo primário (R1), em diferentes doses de N aplicado (kg ha⁻¹) e para MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = y_0 + a [1 - \exp(-bx)]$ (mg)			R ²	Residual
	Y0	a	bx		
Terço mediano					
Haste/ramo					
HP	-114,5999	191,8501	0,0053	0,99	6,23
R1	-52,3820	123,9240	0,0034	0,97	8,34
Doses de N					
10	-37,2010 ^(ns)	121,3562	0,0029 ^(ns)	0,95	30,62
20	-32,2385 ^(ns)	133,9777	0,0021	0,95	22,18
40	-157,0796 ^(ns)	227,0973	0,0062	0,94	26,44
80	-70,5100	144,4028	0,0043	0,98	8,45
160	-142,0346	202,8094	0,0061	0,81	79,34
Haste principal					
Terço					
TM	-114,5999	191,8501	0,0053	0,99	6,23
TS	-74,4851	154,6853	0,0036	0,98	9,35
Doses de N					
10	-52,6682 ^(ns)	140,9143	0,0032 ^(ns)	0,91	45,90
20	-46,8727 ^(ns)	145,3790	0,0025	0,96	23,44
40	-151,5681 ^(ns)	226,9648	0,0057	0,92	40,67
80	-70,9495	149,6890	0,0040	0,97	12,78
160	-151,8146 ^(ns)	216,9711 ^(ns)	0,0060 ^(ns)	0,82	87,46

(ns) não significativo à 5% de probabilidade, pelo teste F.

Além dos fatores citados, a instabilidade na evolução da MSTS, observada no experimento com doses de N, pode ser explicada pela ocorrência de geada em 14/08/2014 e 18/08/2014, de intensidade forte e fraca a moderada, respectivamente (Kovaleski, 2015). O efeito da geada pode ser observado na MSTS em 684 GD, a qual não variou entre os tratamentos, em comparação às coletas anterior e subsequente, talvez pelo coeficiente de variação mais elevado. De acordo com Mills *et al.* (1984), Thomas (2003) e McClinchey & Kott (2008), a ocorrência de geada durante o enchimento de grãos pode causar aborto de grãos, principalmente no início do crescimento destes, devido ao alto conteúdo de água no seu interior. Lardom & Triboi-Blondel (1994) observaram que a geada também causa inibição do crescimento do embrião e do enchimento de grãos, levando à inatividade dos mesmos, também podendo causar injúrias e redução no tamanho e peso de grãos (Mills *et al.*, 1984), conforme foi observado no experimento com doses de N aplicado (Figura 1).

4.4.1.2 Experimento com diferentes datas de semeadura

Na primeira data de semeadura, a matéria seca total de síliquas (MSTS) apresentou o mesmo padrão de evolução nos terços médio (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e para o TM do primeiro ramo primário (R1) (Apêndice 13). A MSTS apresentou diferença significativa entre HP e R1 e entre os terços TM e TS da haste principal, em todas as avaliações realizadas (Tabela 7). Igualmente ao verificado no experimento com doses de N, a haste principal e o TM da haste principal apresentaram maior MSTS, em comparação a R1 e TS da HP, respectivamente (Tabela 7). A maior produção de MSTS na haste principal se atribui a que ela inicia o florescimento antes que o ramo primário, recebendo mais fotoassimilados das folhas.

Desta maneira, as siliquis da haste principal apresentam maior peso de matéria seca, em comparação aos ramos da planta (Diepenbrock & Geisler, 1979).

TABELA 7. Matéria seca total de siliquis (MSTS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca total de siliquis (mg)					
	283 ^(**)	334	420	494	576	659
Haste/Ramo						
HP	15 a ^(*)	39 a	48 a	55 a	57 a	56 a
R1	8 b	23 b	39 b	46 b	47 b	48 b
CV (%)	26	29	20	19	18	15
Terço de HP						
TM	15 a	39 a	48 a	55 a	57 a	56 b
TS	9 b	26 b	39 b	49 a	52 a	62 a
CV (%)	21	24	18	15	16	13

^(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramo e haste principal em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as siliquis

Quanto à variação da MSTS entre os terços médio (TM) e superior (TS) da HP, verificou-se que a mesma se manteve superior no TM, até 420 GD acumulados e, posteriormente, não houve mais diferença significativa entre os terços, até 576 GD. Porém, ao final do enchimento de grãos, observaram-se, novamente, diferenças significativas, com a MSTS sendo mais elevada no TS que no TM. Estes resultados podem estar relacionados à ocorrência de geada forte em 14/08/2014 e fraca a moderada em 28/08/2014 (Kovaleski, 2015), durante o crescimento das siliquis e grãos, ocasionando danos nas siliquis e levando à morte, pelo menos, parte dos grãos no interior das siliquis. No caso dos terços TM e TS da HP, é possível que os mesmos se encontrassem em estádios fenológicos diferentes, com TM no início do enchimento de grãos e TS iniciando o florescimento, durante a ocorrência da geada. Com isso, o acúmulo de MSTS no TS pode ter sido menos prejudicado pela ocorrência da geada, por ter iniciado o florescimento depois do TM e não ter sofrido aborto de embriões. Além

disso, após as geadas, as condições de temperatura do ar, radiação solar e precipitação pluvial (Apêndice 1 e 2) foram favoráveis à continuidade do desenvolvimento dos grãos que sobreviveram nas síliquas, favorecendo o acúmulo de MSTS no TS. Os grãos que sobreviveram ao estresse, provavelmente, receberam maior aporte de fotoassimilados, inclusive da remobilização das reservas acumuladas nos grãos que foram abortados ou danificados (Bennet *et al.*, 2011), aumentando rapidamente o peso, em comparação aos grãos do TM, que se encontravam em estágio mais avançado de crescimento.

Para fins de descrever a evolução da MSTS, foi ajustado modelo do tipo exponencial, tanto para HP e R1 quanto para TM e TS (Figura 13). Os mesmos apresentaram elevado coeficiente de determinação, variando entre 0,98 e 0,99 (Tabela 8). Entretanto, apesar de elevados os coeficientes R^2 de todos os modelos, os mesmos não foram significativos, o que inviabiliza a estimativa do ponto de inflexão, que identificaria o início da etapa linear de descrição da resposta pelo modelo. Como o coeficiente “b”, que representa a taxa média de crescimento de síliquas foi significativo, verificou-se que a HP e o TM acumulam matéria seca mais rapidamente que o R1 e o TS, conforme foi verificado no experimento com diferentes doses de N aplicado. Da mesma forma, a explicação para esse caso é mesma, já referenciada, de que as síliquas de R1 e TS são desfavorecidas por surgirem posteriormente àquelas da HP e TM, respectivamente.

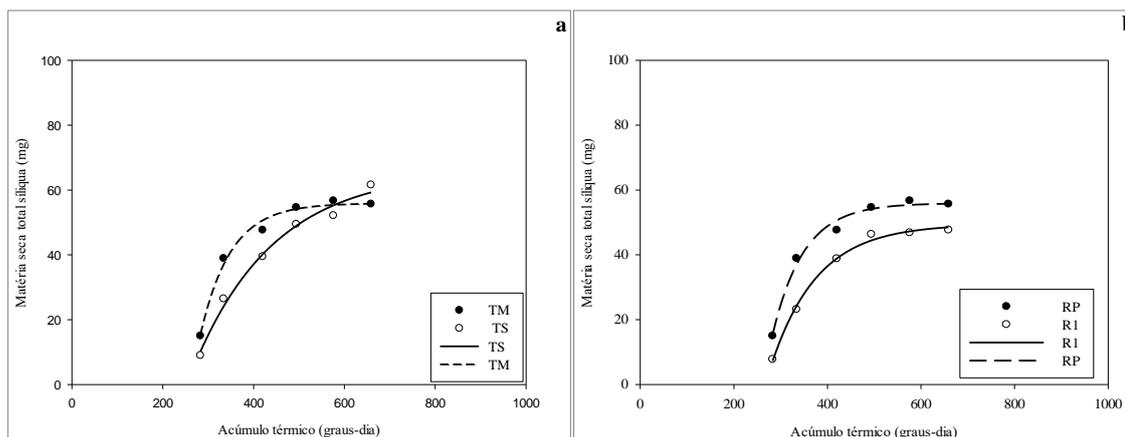


FIGURA 13. Matéria seca total de siliques (MSTS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

TABELA 8. Coeficientes do modelo exponencial que descreve o acúmulo da matéria seca total de siliques (MSTS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSTS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = y_0 + a [1 - \exp(-b x)]$ (mg)			R ²	Residual
	y ₀	a	bx		
Haste/Ramo					
HP	- 2682,5926 ^(ns)	2738,5299 ^(ns)	0,0149	0,98	4,93
R1	- 680,7162 ^(ns)	730,1888 ^(ns)	0,0101	0,99	1,98
Terço					
TM	- 2682,5926 ^(ns)	2738,5299 ^(ns)	0,0149	0,98	4,93
TS	- 207,5808 ^(ns)	273,6367 ^(ns)	0,0056	0,98	7,64

(ns) não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nas segunda e terceira datas de semeadura, a matéria seca total de siliques MSTS apresentou o mesmo padrão de crescimento na haste principal (HP), no primeiro ramo primário (R1) e em todos os terços avaliados (Apêndices 14 e 15). A análise da variância mostrou que não houve interação para a MSTS entre a localização dos ramos na planta e os terços dentro da inflorescência. Porém, a MSTS apresentou diferença significativa entre a HP e o R1, nas segunda e terceira datas de semeadura (Tabela 9), com maior MSTS em HP, em comparação ao R1, em todas as avaliações realizadas, representadas pelo acúmulo térmico. A diferença na MSTS entre HP e R1 foi mais

elevada no início das avaliações que no final das mesmas, com diferença variando entre 220 a 27%, respectivamente, na segunda data de semeadura, e entre 145 e 48%, respectivamente, na terceira data de semeadura. Igualmente à primeira data de semeadura, a maior produção de MSTs na HP do início do florescimento, ocorreu antes do R1, recebendo mais fotoassimilados das folhas (Diepenbrock & Geisler, 1979).

TABELA 9. Matéria seca total de siliques (MSTs) da canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) do ramo primário (R1), MSTs dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSTs dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca total de siliques (mg)						
	58 ^(**)	151	245	407	515	602	687
Segunda data de semeadura							
Haste/Ramos							
HP	5 ^(*)	16 a	36 a	77 a	85 a	91 a	89 a
R1	-	5 b	18 b	49 b	57 b	68 b	70 b
CV (%)	17	16	19	21	17	22	25
Terços							
TI	5	15 a	34 a	69 a	75 a	83 a	84 a
TM		6 b	20 b	57 b	67 a	76 a	75 b
CV (%)	17	14	19	21	17	22	25
Haste principal							
TI	5	23 a ^(*)	46 a	82 a	89 a	93 a	94 a
TM		8 b	27 b	72 a	82 a	89 a	85 a
TS		3 c	13 c	53 b	64 b	75 a	81 a
CV (%)	17	14	19	21	17	22	25
Terceira data de semeadura							
	177	299	396	539	640		
Haste/Ramos							
HP	12 a ^(*)	27 a	55 a	62 a	80 a		
R1	5 b	11 b	33 b	42 b	43 b		
CV (%)	19	22	37	35	26		
Terços							
TI	11 a	24 a	52 a	59 a	70 a		
TM	5 b	14 b	35 b	45 b	54 b		
CV (%)	19	22	37	35	26		
Haste principal							
TI	17 a ^(*)	30 a	65 a	67 a	85 a		
TM	7 bc	22 b	45 b	57 a	76 a		
TS	4 c	8 c	27 c	33 b	43 b		
CV (%)	50	35	32	30	23		

Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramos e entre os terços, em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as siliques.

Comparando a MSTS entre as datas de semeadura, observa-se que a matéria seca foi maior na segunda que na primeira data de semeadura, tanto para HP quanto para R1. Isto pode ser atribuído à temperatura do ar mais baixa no ciclo da segunda data de semeadura, em comparação à primeira e, com isto, aumentando o acúmulo térmico necessário para a formação das siliquis, fazendo com que as mesmas acumulassem mais MSTS que na primeira data de semeadura. O contrário aconteceu na terceira data de semeadura, quando a temperatura do ar foi mais elevada, com temperatura máxima do ar ultrapassando 30 °C, em alguns dias, durante o período de florescimento e enchimento de grãos. Além disso, a temperatura do ar mínima também esteve elevada, o que causou encurtamento do período de florescimento e enchimento de grãos.

De acordo com Thomas (2003), Fochesatto (2012) e Luz *et al.* (2012), temperatura do ar mais elevada durante o período de formação e enchimento de grãos, faz com que ocorra redução no tempo necessário para atingir a maturação fisiológica, reduzindo o acúmulo de MSTS. Nied (2013) observou que, em semeaduras realizadas nos meses de junho e julho, a canola necessitou um maior acúmulo térmico para completar o subperíodo que vai do início do florescimento à maturação fisiológica, em comparação às semeaduras mais precoces, considerando o período indicado pelo zoneamento agroclimático (Dalmago *et al.*, 2008). De acordo com o mesmo autor, a deficiência hídrica foi a provável causa do aumento na necessidade térmica da canola para completar o referido subperíodo. Isto também foi observado por Fochesatto (2012), que encontrou correlação positiva entre o déficit hídrico e a necessidade térmica para completar o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica em colza padrão canola. No entanto, nas condições de cultivo de 2014, não se observou deficiência hídrica durante o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica, indicando que a temperatura do ar mais elevada pode ter sido a causa

principal da menor necessidade de acúmulo térmico, para a canola atingir a máxima matéria seca das síliquis, em comparação à segunda data de semeadura. A temperatura do ar elevada encurta o período final do enchimento de grãos (Thomas, 2003) e o subperíodo de final do florescimento à maturação fisiológica (Fochesatto, 2012; Luz *et al.*, 2012).

Entre os terços, também, observou-se diferença, com o TI apresentando maior MSTS que o TM, em praticamente todas as avaliações das segunda e terceira data de semeadura, exceto em duas avaliações da segunda data de semeadura. Neste caso, a diferença entre os terços também diminuiu da primeira para as últimas avaliações, de 150 a 9% na segunda data de semeadura e de 120 a 30% na terceira data de semeadura. Ao considerar os terços dentro da inflorescência da HP, a maior MSTS foi encontrada no TI, seguido pelos TM e TS, sendo que este apresentou a menor MSTS em quase todas as avaliações. As diferenças de MSTS entre os terços foram maiores no início das medições e diminuíram nas últimas avaliações, como no caso da segunda data de semeadura, em que não houve diferença significativa na MSTS final (última avaliação). A maior produção de MSTS no TI se deve a que as primeiras síliquis recebem maior quantidade de fotoassimilados das folhas, em comparação aos TM e TS, cuja fotossíntese é realizada, prioritariamente, pelas próprias síliquis e hastes, devido à interceptação de radiação solar incidente pelas estruturas reprodutivas, durante o período de pleno enchimento de grãos. Após a completa formação das síliquis do TI, a produção de fotoassimilados das mesmas passa a ser redirecionada para as síliquis dos TM e TS, sucessivamente, fazendo com que a massa final da MSTS não apresente diferença, conforme foi observado na segunda data de semeadura. Porém, na ocorrência de fatores ambientais adversos e/ou manejo deficiente, como temperatura do ar elevada, deficiência hídrica e deficiência de nitrogênio, entre outros, esta compensação esperada

na MSTS dentro da inflorescência pode não acontecer e as diferenças tornam-se significativas. Isto explica, em parte, a resposta observada na terceira data de semeadura da canola em 2014.

Nas segunda e terceira datas de semeadura, a evolução da MSTS foi descrita por um modelo do tipo sigmoidal, tanto para HP e R1, quanto para TI, TM e TS, em função do acúmulo térmico (Figura 14 e Tabela 10). A diferença no tipo de modelo para descrever a evolução da MSTS, em comparação ao experimento de doses de nitrogênio e a primeira data de semeadura, se deve a que as avaliações do acúmulo de MSTS se iniciaram logo após a queda das pétalas, nas segunda e terceira datas de semeadura, ao contrário do que aconteceu no experimento de doses de nitrogênio e na primeira data de semeadura, cujas avaliações se iniciaram mais tarde.

Os modelos ajustados aos dados de MSTS apresentaram elevado coeficiente de determinação, variando entre 0,86 e 0,99. O ajuste foi melhor para os modelos da segunda data de semeadura, em comparação à terceira data de semeadura, conforme mostram os menores quadrados médios dos erros. A tendência de aumento da variabilidade e do valor absoluto do quadrado médio do erro dos modelos, à medida que a data de semeadura é atrasada, é consequência da temperatura do ar mais elevada durante o ciclo tardio das plantas de canola e à maior disponibilidade de radiação solar no mesmo. Essas duas condições, associadas à variação na disponibilidade de água no solo, em alguns anos, gera microclimas no dossel, que resultam em alta plasticidade das plantas de canola, quando estes são favoráveis. Em consequência disto, a variabilidade da amostragem aumenta e o erro tende a ser maior que em ambientes mais estáveis do ponto de vista térmico, hídrico e de disponibilidade de radiação solar, conforme ocorre em condições de pleno inverno (semeaduras mais precoces).

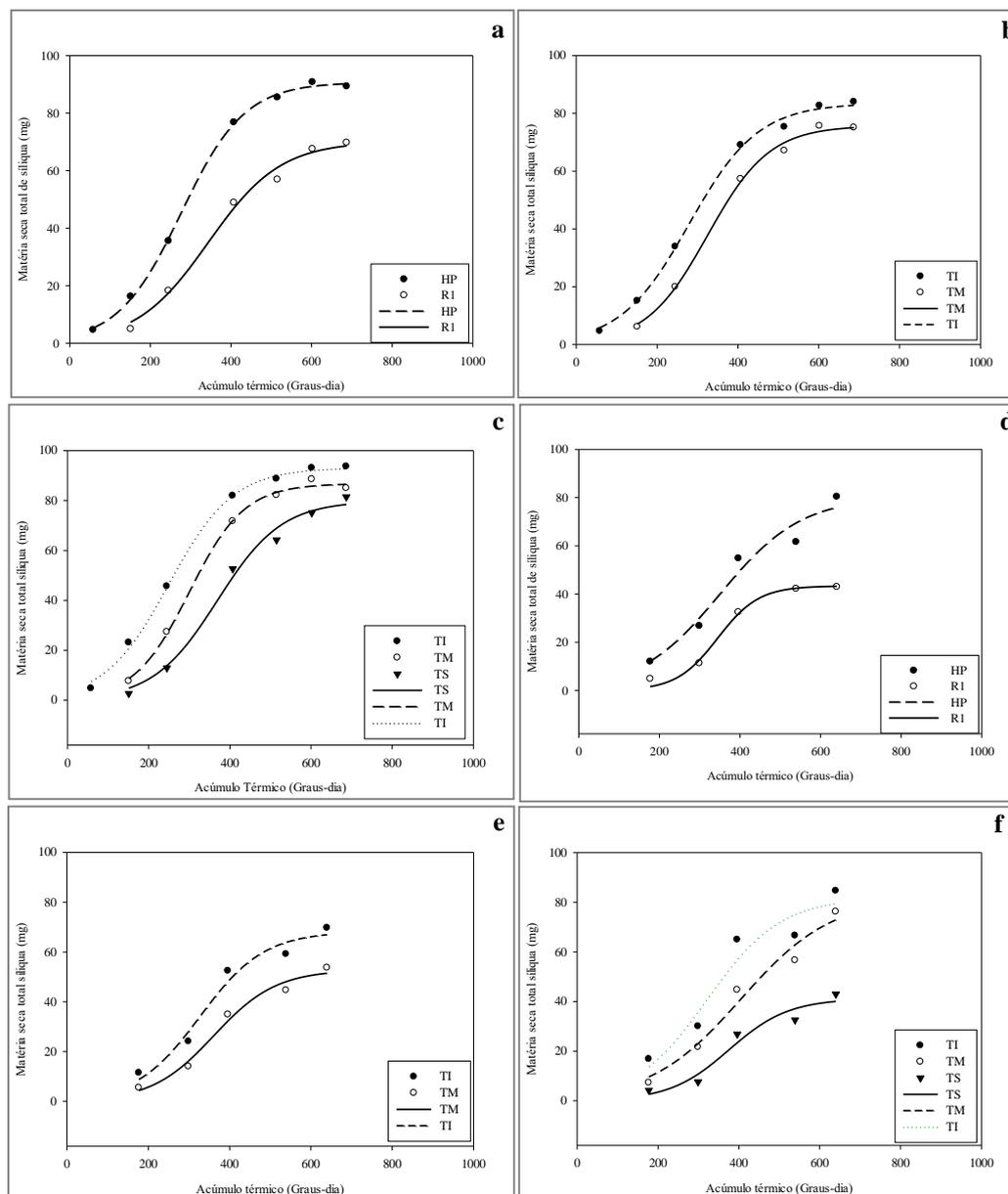


FIGURA 14. Matéria seca total de siliquis (MSTS) da canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a, d), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b, e) e MSTS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c, f) nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Avaliando os coeficientes dos modelos sigmóides ajustados (Tabela 10), verifica-se que o valor assintótico de acúmulo de MSTS, ou seja, o nível a partir do qual a MSTS deixa de aumentar (valor máximo teórico), representado pelo coeficiente “a” da Tabela 10, foi sempre maior na HP e no TI, em comparação ao R1 e TM e TS,

respectivamente, independente da data de semeadura. Ainda, neste mesmo sentido, quando comparados os terços na HP, ocorreu uma sequência lógica para o valor assintótico: $TI > TM > TS$, tanto em HP quanto em R1. Conforme já foi explicado, as síliquas da HP e do TI tem prioridade na alocação de fotoassimilados, em comparação às síliquas do R1 e dos TM e TS, respectivamente, seja na realocação de fotoassimilados das folhas para as síliquas ou dos fotoassimilados produzidos pela fotossíntese realizada pelas síliquas. A mesma resposta também ocorreu entre os terços TI, TM e TS na HP ou R1, em que as síliquas localizadas no TI são privilegiadas em relação às de TM e as de TM em relação às localizadas em TS. A adaptação ecológica da planta de canola, nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul, ainda é fortemente orientada para a sobrevivência da espécie, apesar do grande avanço no melhoramento genético do híbrido utilizado neste trabalho.

Com relação aos coeficientes “b” (Tabela 10), que representariam a taxa média de acúmulo de MSTS, durante a etapa linear de evolução da mesma, verificou-se que os mesmos não foram significativos na terceira data de semeadura, inviabilizando a estimativa da taxa média de acúmulo de MSTS, ao contrário do que aconteceu na segunda data de semeadura. Isto pode ter ocorrido em consequência do maior erro envolvido na coleta de dados na terceira data de semeadura, conforme já foi explicado. Por outro lado, para a segunda data de semeadura os coeficientes “b” não apresentaram diferenças consistentes entre HP e R1 e entre TI, TM e TS, indicando que, em média, o crescimento da MSTS é semelhante entre os tratamentos considerados (Tabela 10). Entretanto, foi observada a antecipação do início da etapa linear de acúmulo de MSTS em HP e TI, em relação a R1 e TM-TS, conforme o coeficiente “X0”. Este coeficiente representa o acúmulo térmico, após o florescimento da canola, em que inicia a taxa

máxima (média) de acúmulo de MSTS, ou seja, no ponto de inflexão do coeficiente “b”, quando se inicia a etapa linear de acúmulo de MSTS.

TABELA 10. Coeficientes do modelo sigmoidal para acúmulo de matéria seca total de síliquis (MSTS) de canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e ramo primário (R1), e MSTS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) nas segunda e terceira datas de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = a / \{1 + \exp[-(X - X_0) / b]\}$ (mg)			R ²	QME
	a	b	X ₀		
Segunda data de semeadura					
Haste/Ramo					
HP	90,6995	78,5227	276,7923	0,99	1,65
R1	70,0827	89,6222	343,8333	0,99	9,86
Terço					
TI	83,4966	85,4632	279,3497	0,99	3,77
TM	75,7315	76,5481	325,0912	0,99	4,37
Haste principal					
TI	93,2914	79,1965	247,9804	0,99	4,14
TM	86,8070	67,6940	300,1579	0,99	4,13
TS	79,8627 ^(*)	79,2894	369,0774	0,99	16,12
Terceira data de semeadura					
Haste/Ramo					
HP	80,1686	100,7549 ^(ns)	351,1409	0,91	63,51
R1	43,3311	51,1114	344,5505	0,97	6,53
Terço					
TI	68,2452	78,7092 ^(ns)	327,2660	0,94	35,45
TM	52,8486	76,5740 ^(ns)	361,2609	0,96	14,86
Haste principal					
TI	82,0190	90,6152 ^(ns)	320,4871	0,86	103,42
TM	82,0369	112,8410 ^(ns)	405,0153	0,94	42,43
TS	41,1760	73,7747 ^(ns)	375,9424	0,90	26,75

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; QME = quadrado médio do erro.

4.4.2 Matéria seca de síliquis

4.4.2.1 Experimento com diferentes doses de nitrogênio aplicado

A matéria seca de síliqua sem grãos (MSS) apresentou os mesmos padrões de aumento e decréscimo nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e no terço mediano (TM) do primeiro ramo primário emitido (R1) (Apêndice 16). A

etapa de acúmulo linear de MSS culminou entre 425 e 513 graus-dia após o florescimento, quando foi atingido o nível máximo e, após, a MSS apresentou uma etapa linear de decréscimo, até o término das avaliações (887 graus dia acumulados após o florescimento), em decorrência da translocação das reservas de fotoassimilados para a formação dos grãos (Figura 15). Isso foi observado em todos os tratamentos.

Houve diferença significativa de MSS entre HP e R1, considerando o terço mediano, e entre o TM e TS da HP em, praticamente, todas as avaliações realizadas, sendo mais elevada em HP e TM que em R1 e TS, tanto na etapa de crescimento linear quanto durante perda linear de MSS (Tabela 11). No final do crescimento linear (425 GD), HP e R1 apresentaram MSS máxima, de 48 e 38 mg, respectivamente, enquanto TM e TS apresentaram MSS máxima de 48 e 41 mg, respectivamente (Figura 15 e Tabela 11). Embora os valores de acúmulo máximo de MSS não sejam contrastantes entre ramos e terços da inflorescência, houve variação significativa na taxa de acúmulo, especialmente entre HP e R1. Neste caso, a taxa de acúmulo de MSS apresentou diferença de 17%, sendo de 0,158 mg GD⁻¹ para HP e 0,130 mg GD⁻¹ para R1. Já, entre TM e TS a diferença na taxa de acúmulo de MSS foi de apenas 3%, com valores de 0,156 e 0,151 mg GD⁻¹, respectivamente (Tabela 12).

De certa forma, esta resposta era esperada, pois a HP e o TM recebem maior aporte de fotoassimilados, remobilizados das folhas, comparados com R1 e TS, os quais iniciam o florescimento após. De acordo com Hua *et al.* (2014), a maior oferta de fotoassimilados proporciona rápida expansão das síliquas e dos grãos, nos estádios iniciais de desenvolvimento e, por esta razão, a HP e o TM apresentaram maior MSS, comparados a R1 e TS. Outro aspecto a considerar é que a HP e o TM, normalmente, apresentam maior número e maior tamanho de síliquas, o que significa maior força de dreno, em comparação a R1 e TS. As síliquas da base da inflorescência recebem maior

quantidade de fotoassimilados que as demais posições da mesma (Clarke, 1979). Além disso, outros ramos da planta também demandam fotoassimilados, aumentando a competição por fotoassimilados entre as siliquis do mesmo ramo e entre os ramos, ao mesmo tempo em que ocorre, paulatinamente, o decréscimo da área foliar. A redução na área foliar resulta em menor produção e disponibilidade de fotoassimilados, destinados à evolução da matéria seca (Clarke, 1979).

Para o terço médio da inflorescência e para a HP, a MSS apresentou diferença significativa entre as doses de N aplicado, tanto na etapa de crescimento quanto na etapa de remobilização de MSS (Tabela 11). Apesar da elevada variabilidade, de maneira geral, os valores mais elevados de MSS foram observados nas doses de N mais baixas (10 e 20 kg ha⁻¹ de N) e os valores mais altos ocorreram na dose mais elevada (160 kg ha⁻¹ de N), com faixa intermediária na dose de 80 kg ha⁻¹ de N (Tabela 11), independente das etapas crescente ou decrescente da MSS, tanto para o terço médio quanto para a HP. Esta resposta está de acordo com alta plasticidade fenotípica que a canola apresenta.

O crescimento da MSS foi linear até 425 GD, para as doses de N aplicado, exceto na dose de 80 kg ha⁻¹ de N, a qual atingiu a MSS máxima com 513 GD acumulados após o florescimento (Figura 15). Esta resposta foi verificada no terço mediano e também na HP, com pouca variação entre ambos. O atraso verificado, para a dose de 80 kg ha⁻¹ de N atingir a máxima MSS, está relacionado com a ocorrência de geada nas datas de 14/08/2014 e 28/08/2014. Naqueles dias, as siliquis do tratamento de 80 kg ha⁻¹ de N, provavelmente, estavam com desenvolvimento mais avançado, em comparação às siliquis das demais doses de N e, por isso, os danos causados pela geada foram mais agravantes para as siliquis deste tratamento, afetando a taxa de enchimento de grãos (Tabela 12) e retardando o alcance da máxima MSS. A dose de 80 kg ha⁻¹ de N

também apresentou a melhor eficiência técnica para o rendimento de grãos, de acordo com Pinto (2015), condição que pode ter auxiliado a recuperação e crescimento da MSS após a geada, até atingir o ponto de máxima MSS.

TABELA 11. Matéria seca de siliques (MSS) de canola no terço mediano da haste principal (HP) e no primeiro ramo primário (R1), em diferentes doses de N aplicado e MSTs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca de sílica (mg)								
	212 ^(**)	267	344	425	513	596	684	765	887
Terço mediano									
Haste/Ramo									
HP	13 a	24 a	35 a	48 a	46 a	43 a	40 a	39 a	37 a
R1	10 b	17 b	27 b	38 b	34 b	35 b	33 b	31 b	32 b
CV (%)	44	31	27	19	23	10	17	17	16
Dose de N (kg ha⁻¹)									
10	12 ab ^(*)	27 a	38 a	41 a	40 a	38 ab	34 a	37 a	39 a
20	16 a	16 b	31 a	41 a	37 a	42 a	36 a	38 a	38 a
40	9 ab	22 ab	31 a	44 a	43 a	40 a	37 a	36 a	31 ab
80	15 a	23 ab	30 a	43 a	45 a	42 a	36 a	34 a	35 ab
160	7 b	16 b	25 a	45 a	34 a	33 b	39 a	30 a	30 b
CV (%)	44	31	27	19	23	10	17	17	16
Haste principal									
Terço									
TM	13 a	24 a	35 a	48 a	46 a	43 a	40 a	39 a	37 a
TS	9 b	16 b	26 b	41 b	39 b	39 b	37 a	36 b	34 b
CV (%)	28	36	26	19	16	8	16	14	16
Dose de N (kg ha⁻¹)									
10	11 ab ^(*)	28 a	38 a	44 a	43 ab	38 bc	36 a	42 a	39 a
20	15 a	14 b	32 ab	43 a	39 ab	43 ab	41 a	38 ab	38 ab
40	9 bc	19 ab	30 ab	44 a	46 ab	42 ab	40 a	39 ab	32 ab
80	13 ab	24 ab	30 ab	41 a	47 a	43 a	37 a	36 ab	36 ab
160	6 c	16 b	23 b	50 a	37 b	37 c	40 a	31 b	30 b
CV (%)	28	36	26	19	16	8	16	14	16

^(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, entre doses de N e entre o ramo e haste principal, em cada coleta realizada; CV = coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia) representam as datas em que foram coletadas as siliques.

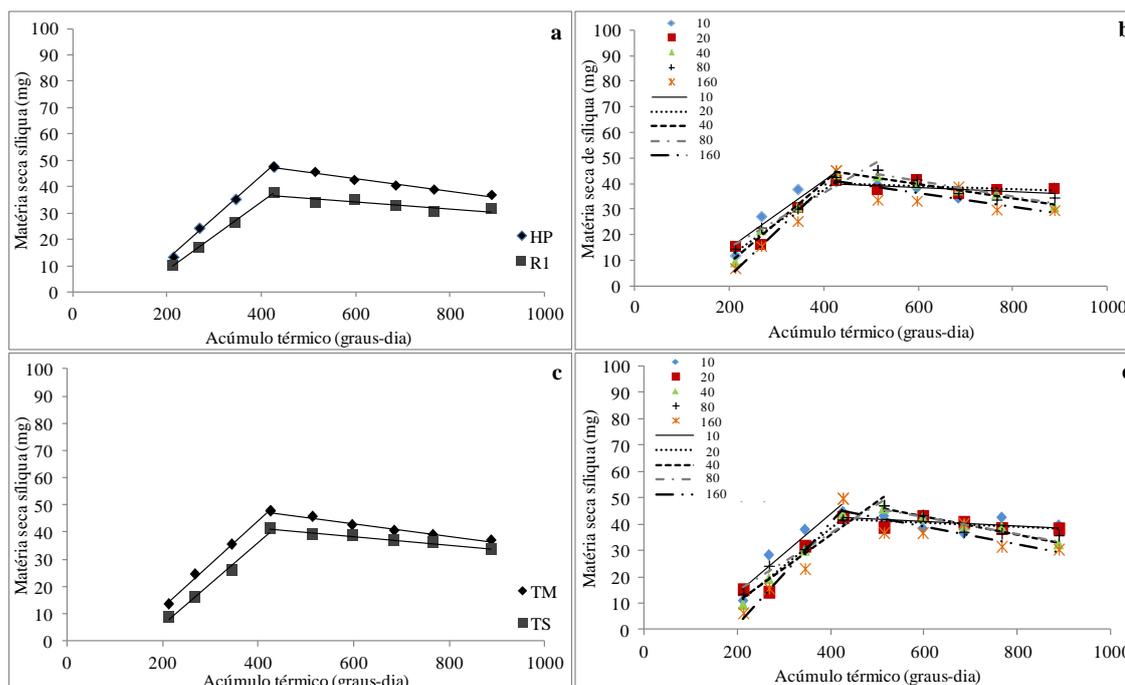


FIGURA 15. Evolução da matéria seca de siliquis (MSS) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a) e para diferentes doses de N (kg ha^{-1}) aplicado (b), e MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) (c) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

De maneira geral, as taxas de crescimento da MSS no terço mediano e na HP apresentaram alta variabilidade, com valores de 0,132, 0,129, 0,156, 0,106, 0,175 mg GD^{-1} e de 0,150, 0,172, 0,127, 0,111, 0,195 mg GD^{-1} , respectivamente, considerando as doses de N de 10, 20, 40, 80, e 160 kg ha^{-1} , respectivamente (Tabela 12). As menores taxas de acúmulo de MSS ocorreram no tratamento de 80 kg ha^{-1} de N e as maiores ocorreram no tratamento de 160 kg ha^{-1} de N, em ambos terço mediano e HP. Apesar da alta variação das taxas de acúmulo de MSS, não houve diferença significativa entre doses de N aplicado para MSS máxima, como pode ser observado na Tabela 11 e na Figura 15. Esta resposta pode ser atribuída ao efeito da geada sobre o desenvolvimento das siliquis e dos grãos, sendo que, possivelmente, o estágio de desenvolvimento das siliquis não era o mesmo em todas as doses de N. De acordo com Mills *et al.* (1984), Thomas (2003) e McClinchey & Kott (2008), a ocorrência de geada durante o

enchimento de grãos pode causar aborto de grãos, principalmente no início do acúmulo de matéria seca, devido ao alto conteúdo de água nos grãos. Lardom & Triboni-Blondel (1994) observaram que a geada também causa inibição do crescimento do embrião e do enchimento de grãos, levando à inatividade dos mesmos, podendo causar injúrias e redução no tamanho e no peso de grãos (Mills *et al.*, 1984), conforme foi observado no experimento com doses de N (Figura 1). Além disto, os grãos que sobreviveram ao estresse receberam maior carga de fotoassimilados e aumentaram, rapidamente, sua massa. Também, neste sentido, as reservas acumuladas nos grãos que foram abortados ou danificados podem ter sido remobilizadas para grãos viáveis (Bennet *et al.*, 2011).

Na etapa de decréscimo, as taxas de remobilização de matéria seca de síliquas foram de -0,024 e -0,013 mg GD⁻¹ para HP e R1, respectivamente, e de -0,151 e - 0,016 mg GD⁻¹ para TM e TS, respectivamente (Tabela 12 e Figura 15), indicando que a remobilização de fotoassimilados e nutrientes da casca da síliqua para o grãos foi maior na HP e, excepcionalmente, muito mais elevada no TM, em comparação a R1 e TS, respectivamente. Na HP a perda de MSS ocorreu a partir dos 425 GD e foi de 11 mg, enquanto que no R1 a perda foi de, apenas, 6 mg. Para TM e TS, a remobilização de MSS também ocorreu a partir dos 425 GD e foi de 11 e 7 mg, respectivamente (Tabela 11). É provável que, nestas condições, os grãos das síliquas do R1 e do TS, ainda não se encontravam completamente cheios e, por isto, as síliquas continuavam realizando fotossíntese, a fim de suprir a demanda de fotoassimilados para completar o enchimento de grãos.

TABELA 12. Coeficientes das etapas crescente (positivo) e decrescente (negativo) do modelo de crescimento da matéria seca de siliquis (MSS) de canola na haste principal (HP) e no ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado, e coeficientes do modelo exponencial para matéria seca de siliquis MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Etapa	Equação: (y = ax + b) (mg)		R ²
		a	b	
Terço médio				
Haste/Ramo				
HP	Crescente	0,158GD	-19,012	0,99
	Decrescente	-0,024GD	+57,438	0,98
R1	Crescente	0,130GD	-17,569	0,99
	Decrescente	-0,013GD	+42,360	0,75
Dose N (kg ha⁻¹)				
10	Crescente	0,132GD	-11,708	0,88
	Decrescente	-0,008GD	42,867	0,28
20	Crescente	0,129GD	-14,403	0,95
	Decrescente	-0,006GD	42,76	0,24
40	Crescente	0,156 GD	22,1	0,98
	Decrescente	-0,028GD	56,583	0,97
80	Crescente	0,106GD	-6,315	0,96
	Decrescente	-0,031GD	59,72	0,81
160	Crescente	0,175GD	-31,443	0,98
	Decrescente	-0,026GD	52,127	0,55
Haste principal				
Terço				
TM	Crescente	0,156GD	-19,012	0,99
	Decrescente	-0,151GD	+57,438	0,98
TS	Crescente	0,151GD	-24,235	0,99
	Decrescente	-0,016GD	+47,604	0,97
Dose de N (kg ha⁻¹)				
10	Crescente	0,150GD	-16,625	0,91
	Decrescente	-0,009GD	+46,390	0,23
20	Crescente	0,142GD	-18,490	0,93
	Decrescente	-0,008GD	+45,424	0,41
40	Crescente	0,1272GD	-15,052	0,91
	Decrescente	-0,034GD	+63,315	0,97
80	Crescente	0,111GD	-7,5024	0,97
	Decrescente	-0,031GD	+61,456	0,82
160	Crescente	0,195GD	-37,2	0,93
	Decrescente	-0,034GD	+59,52	0,69

Para os tratamentos de doses de N, à medida que aumentou a quantidade de N aplicado em cobertura, a taxa de remobilização de fotoassimilados e nutrientes, da casca das siliquis para os grãos, aumentou. Isto ocorreu tanto para o terço mediano quanto para a HP, variando de 1, 3, 13, 10 e 15 mg de MSS, entre o ponto de máxima MSS e o

ponto de colheita, no caso do terço mediano, e de 5, 5, 14, 11 e 20 mg de MSS, no caso da HP, para as doses de N de 10, 20, 40, 80, e 160 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 15). Isto pode ser atribuído a uma taxa de remobilização mais elevada em doses mais altas de nitrogênio (Tabela 12), em comparação aos demais tratamentos de N aplicado, demonstrando que, próximo à máxima eficiência técnica de utilização do N (Pinto, 2015), a translocação de fotoassimilados e nutrientes da casca da síliqua para os grãos foi mais eficiente e ocorreu em taxas mais altas. Desta forma, a canola consegue se adaptar, mais facilmente, às condições adversas do ambiente, devido à sua alta plasticidade fenotípica.

4.4.2.2 Experimento com diferentes datas de semeadura

A matéria seca de síliquis sem grãos (MSS) apresentou padrões semelhantes de crescimento e decréscimo nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e entre a HP e o primeiro ramo primário (R1), considerando o terço mediano, na primeira data de semeadura (Apêndice 17). Houve diferença significativa para MSS entre HP e R1, considerando o terço mediano, e também entre os terços TM e TS da HP, tanto na etapa de acúmulo de MSS quanto na remobilização da mesma para os grãos (Tabela 13). A MSS foi mais elevada na HP e no TM, em comparação ao R1 e ao TS, para todas as datas de avaliação, exceto na última data para TM e TS.

A etapa de acúmulo linear da MSS ocorreu até 494 GD, atingindo MSS final de 46 e 38 mg para HP e R1, respectivamente, sendo de 46 e 42 mg para TM e TS, respectivamente (Figura 16), correspondendo a diferenças de 21% e 9% a favor da HP e do TM, respectivamente. Os valores de MSS mais elevados na HP e TM estão relacionados com a maior oferta de fotoassimilados translocados das folhas para as inflorescências, em comparação a R1 e TS, devido ao florescimento ocorrer antes em

HP e TM, quando comparados a R1 e TS (Diepenbrock & Geisler, 1979). Além disso, quando ocorre o florescimento no R1 e, especialmente, no TS da inflorescência o IAF já se encontrava em declínio e, ao mesmo tempo, ocorrendo aumento da competição por fotoassimilados entre as siliquas da HP e R1 e entre as siliquas do TM e TS. De acordo com Hua *et al.* (2014), a maior oferta de fotoassimilados proporciona rápida expansão das siliquas e dos grãos, gerando maior força de dreno nos estádios iniciais de desenvolvimento, aumentando a MSS.

Na etapa de acúmulo, a MSS apresentou taxa de incremento de 0,145 e 0,150 mg GD⁻¹, para HP e R1, e de 0,150 e 0,159 mg por GD⁻¹ para TM e TS, correspondendo a diferenças de 3% e 6%, respectivamente (Figura 16), em favor de R1 e TS. Isto significa que as taxas de incremento de MSS foram mais elevadas em R1 e TS, comparados a HP e TM. Esta resposta é contrária à esperada, devido à maior força de dreno das siliquas da HP e TM. Porém, durante a formação das siliquas, na primeira data de semeadura, ocorreram geadas em 14/08/2014 e 28/20/2014, que podem ter causado maiores danos às siliquas e aos grãos, invertendo a lógica de acúmulo de MSS. A ocorrência de geada, durante o enchimento de grãos, pode causar aborto de grãos, principalmente no início do acúmulo de matéria seca, devido ao alto conteúdo de água no seu interior (Mills *et al.*, 1984; Thomas, 2003; McClinchey & Kott, 2008) e pode causar, também, inibição do crescimento do embrião e do enchimento de grãos, levando à inatividade dos mesmos e à redução no tamanho e no peso de grãos (Lardom & Triboi-Blondel, 1994; Mills *et al.*, 1984). Além disso, os grãos não afetados pelas geadas aumentam, rapidamente, a taxa de acúmulo de matéria seca e os grãos danificados remobilizam suas reservas para os grãos sadios (Bennet *et al.*, 2011). Isto afeta o acúmulo de MSS, uma vez que ocorre um redirecionamento dos fotoassimilados produzidos durante a fotossíntese. Também, deve-se ressaltar que as avaliações, na

primeira data de semeadura, iniciaram-se quando as siliquis já estavam em desenvolvimento avançado, alterando a taxa e acúmulo de MSS em HP e TM. Estes resultados são embasados por Clarke (1979), segundo o qual as primeiras siliquis, fixadas na base dos ramos, recebem maior carga de fotoassimilados que as demais.

TABELA 13. Matéria seca de siliquis (MSS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca de siliquis (mg)					
	283 ^(**)	334	420	494	576	659
Haste/Ramo						
HP	13 a ^(*)	34 a	41 a	46 a	45 a	43 a
R1	7 b	19 b	34 b	38 b	36 b	35 b
CV (%)	25	29	19	16	14	8
Terço						
TM	13 a ^(*)	34 a	41 a	46 a	45 a	43 a
TS	8 b	22 b	34 b	42 b	40 b	43 a
CV (%)	21	25	19	14	12	8

(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramo e haste principal e entre os terços em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. (**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as siliquis.

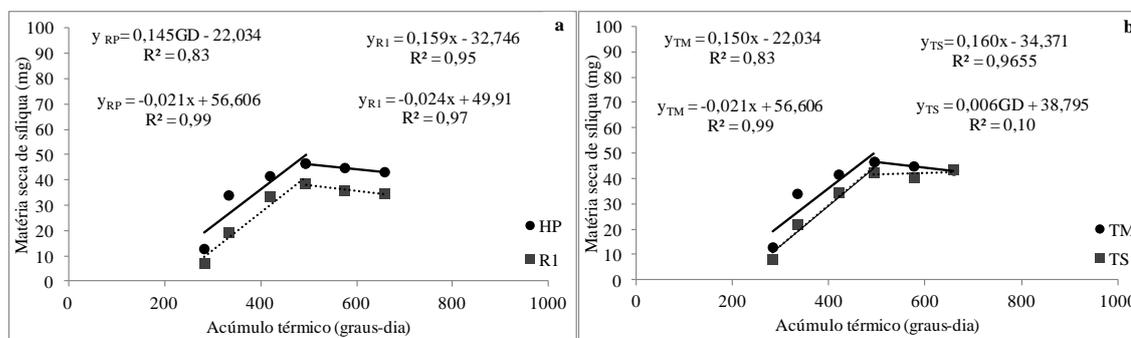


FIGURA 16. Evolução da matéria seca de siliquis (MSS) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), e MSS dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (b), na primeira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Na etapa de remobilização da MSS, que ocorreu do ponto de máxima MSS até a última avaliação realizada, a redução na MSS foi de 3 mg para a HP, R1 e TM, correspondendo, à remobilização de 7% da MSS para os grãos. No TS, praticamente

não houve remobilização da MSS, indicando que o enchimento dos grãos, nesse terço, foi consequência exclusiva da fotossíntese realizada pelas síliquas e/ou remobilização de outras partes da planta. De acordo com observações de Hocking & Mason (1993), após a matéria seca ter atingido o peso máximo, ocorreu perda de 10,7 mg por síliquas. Esses autores comentam que a perda de matéria seca pelas síliquas representa 11% da matéria seca da semente madura, ou seja, aproximadamente o peso de 3,6 sementes por síliqua. Comparando a perda de MSS encontrada neste trabalho com os resultados encontrados por Hocking & Mason (1993), verifica-se que, tanto a perda de MSS como a porcentagem de MSS remobilizada para os grãos foram relativamente inferiores, ou seja, a MSS remobilizada representou o peso de 1 grão. Diante disto, é possível que a ocorrência de geada, no período de crescimento da MSS, causou a morte ou injúrias de grãos, como já foi discutido na etapa de crescimento da MSS. Sendo assim, os grãos que sobreviveram aos danos por geada receberam grande aporte de fotoassimilados, ainda na etapa de crescimento. Com isso, os grãos se encheram rapidamente e não necessitaram de grande remobilização de fotoassimilados e nutrientes da casca da síliqua. Com relação à taxa de remobilização de MSS, a mesma foi de $-0,021$ e $-0,024$ mg GD⁻¹ para HP e R1, respectivamente, representando uma diferença de 12,5% e de $0,0206$ e $0,006$ mg por GD⁻¹ para TM e TS, respectivamente, com diferença de 71% (Figura 16).

Nas segunda e terceira datas de semeadura o padrão de crescimento da MSS foi semelhante para todos os terços (TI, TM e TS) e haste/ramos (HP e R1) (Apêndices 18 e 19). Para a segunda data de semeadura houve interação entre os terços e ramos, em algumas datas de avaliação, enquanto na terceira data de semeadura houve, apenas, efeito simples dos fatores. De maneira geral, a MSS foi significativamente mais elevada na HP, em comparação a R1, conforme foi observado na primeira data de semeadura e

no experimento com doses de N aplicado. Porém, entre os terços foram observadas poucas diferenças significativas, sendo que as exceções ocorreram nas avaliações em que houve interação significativa (Tabela 14). No entanto, quando foram avaliados separadamente os terços da HP (Tabela 15), em que TS também foi incluído na análise, verificou-se diferenças significativas entre os terços TI, TM e TS, nas duas primeiras avaliações, enquanto nas demais avaliações o TS apresentou menor MSS, em comparação aos terços TI e TM, exceto na última avaliação, em que não houve diferença significativa entre TI, TM e TS (Tabela 15). Na terceira data de semeadura a MSS apresentou diferença significativa entre HP e R1, entre TI e TM e entre TI, TM e TS da HP, em todas avaliações realizadas (Tabela 16). Igualmente às demais datas de semeadura e ao experimento com doses de N, a MSS foi mais elevada em HP e TI, comparados a R1 e TM e TS, respectivamente, indicando maior crescimento das síliquis. Esta resposta já foi explicada anteriormente e concorda com observações de Diepenbrock & Geisler (1979) e Hua *et al.* (2014).

Na etapa de acúmulo da MSS da segunda data de semeadura, o crescimento foi linear até 407 GD, atingindo valores máximos de 55 e 36 mg para HP e R1, respectivamente, representando uma diferença de 35%, e valores máximos de 49 e 43 mg para TI e TM, respectivamente, o que representa uma diferença de 12% (Figura 17). Porém, quando considerada apenas a HP, os valores máximos de acúmulo de MSS, durante a etapa linear, foram de 58, 53 mg para TI, TM, respectivamente, alcançados com 407 GD acumulados após o florescimento, e de 42 mg para TS, alcançados com 515 GD (Figura 18). Na terceira data de semeadura os valores máximos de MSS foram de 41,5 e 28,0 mg para HP e R1, 38 e 31 mg para TI e TM e 43,72, 39,60 e 26,67 mg para TI, TM e TS da HP, respectivamente. A mesma tendência dos valores máximos foi encontrada para as taxas de crescimento de MSS da segunda data de semeadura. Neste

caso, a HP apresentou o valor de 0,149 mg GD⁻¹, enquanto que para R1 a taxa de crescimento da MSS foi de 0,124 mg GD⁻¹ (Figura 17). Para TI, TM e TS a mesma foi da ordem de 0,150, 0, 180 e 0,120 mg GD⁻¹, respectivamente (Figura 18). A diferença no acúmulo máximo entre ramos e terços pode ser atribuída às diferenças temporais de floração, bem como entre as distintas forças de dreno de fotoassimilados entre as síliquis, localizadas em cada uma das distintas estruturas reprodutivas (ramos ou hastes) ou parte delas (terços) (Clarke, 1979; Diepenbrock & Geisler, 1979; Hua *et al.*, 2014).

TABELA 14. Matéria seca de síliquis (MSS) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) para os terços inferior (TI) e mediano (TM), na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Acúmulo térmico (Graus dia)	Haste principal e ramo primário / Mat. seca de síliquis (mg)				CV (%)
	Terço	HP	R1	Média	
85(**)	TI	5	-	5	18
	TM	-	-	-	
	Média	5			
151	TI	21 aA(*)	7 aB	14	21
	TM	7 bA	2 aA	5	
	Média	14	5		
245	TI	39 aA	19 aB	29	31
	TM	22 bA	8 bB	15	
	Média	31	14		
407	TI	58	40	49 a	19
	TM	52	33	43 a	
	Média	55 a	36 b		
515	TI	50	37	44 a	17
	TM	50	35	42 a	
	Média	50 a	36 b		
602	TI	50	37	43 a	23
	TM	45	38	41 a	
	Média	48 a	38 b		
687	TI	44	36	40 a	29
	TM	42	33	37 a	
	Média	43 a	34 b		

(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula e maiúscula não apresentam diferença significativa entre terços e entre ramo e haste principal em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. (**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

TABELA 15. Matéria seca de síliquis (MSS) dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Terço	Acúmulo térmico (Graus-dia) / Matéria seca de síliquis (mg)						
	58(**)	151	245	407	515	602	687
TI	5	19 a(*)	37 a	58 a	50 a	50 a	44 a
TM		7 b	22 b	53 a	50 a	46 a	42 a
TS		3 c	11 c	41 b	42 b	42 b	41 a
CV (%)	18	33	31	17	17	21	21

(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os terços em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. (**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

TABELA 16. Matéria seca de síliquis (MSS) de canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e ramo primário (R1) e MSS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), na terceira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca de síliquis (mg)				
	177(**)	299	396	539	640
Terços inferior e mediano					
Haste/Ramo					
HP	10 a(*)	22 a	38 a	38 a	42 a
R1	4 b	10 b	26 b	29 b	26 b
CV (%)	17	18	34	30	23
Haste principal e ramo primário					
Terço					
TI	10 a(*)	20 a	37 a	37 a	38 a
TM	5 b	12 b	27 b	30 b	31 b
CV (%)	17	18	34	30	23
Haste principal					
Terço					
TI	14 a(*)	25 a	44 a	40 a	43 a
TM	6 b	18 b	33 b	37 a	40 a
TS	3 c	7 c	22 c	24 b	29 b
CV (%)	43	35	28	24	22

Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramos e entre os terços em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. (**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

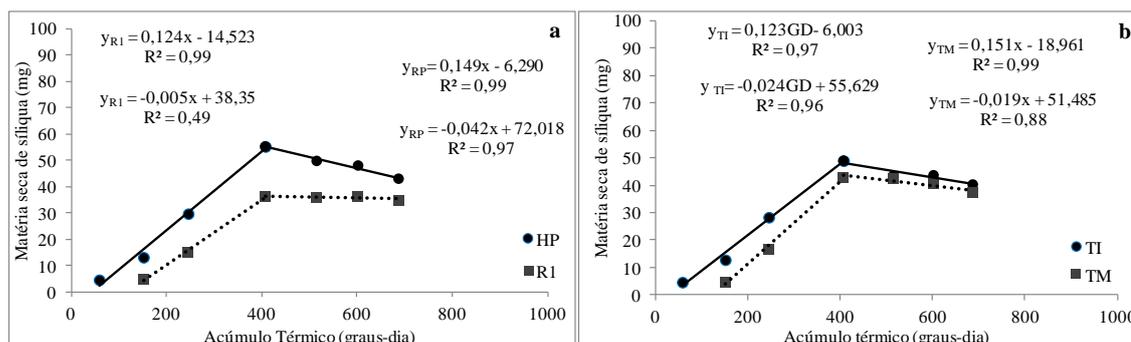


FIGURA 17. Evolução da matéria seca de siliquis (MSS) de canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), e MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b), na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Na etapa de remobilização da MSS, a HP e o R1 apresentaram redução de 13 e 2 mg, respectivamente, do ponto de máxima MSS até a última avaliação realizada (Figura 17). No caso de TI e TM a remobilização (redução) foi de 9 mg e 6 mg, respectivamente e, quando considerados os terços TI, TM e TS da HP, a remobilização de MSS foi de 14 e 11 mg para TI e TM, do ponto de máxima MSS até a última avaliação realizada, enquanto que para o TS as siliquis não perderam matéria seca, a qual permaneceu constante (Figura 18). De acordo com observações de Hocking & Mason (1993), após a MSS atingir o valor máximo, ocorreu perda de 10,7 mg por siliquis. Estes autores comentam que a perda de matéria seca pelas siliquis representou 11% da matéria seca da semente madura, que correspondeu ao peso de 3,6 sementes por siliqua. Comprando as perdas de MSS encontradas neste trabalho com os resultados de Hocking & Mason (1993), verificou-se que a perda de MSS e a porcentagem de MSS remobilizada para os grãos, na HP, foram semelhantes, pois, nesta situação, a MSS remobilizada na HP, representou o peso de 4,66 grãos. Já, a remobilização encontrada em TI e TM, corresponde, aproximadamente, a 3 e 2 grãos, respectivamente. Desta forma, a taxa de remobilização de MSS está diretamente relacionada com a maior remobilização de MSS

para os grãos (Hocking & Mason, 1993; Hua *et al.*, 2014). Esta informação indica que, no momento em que os grãos estão quase cheios, na HP, a síliqua reduz a fotossíntese (Mogensen *et al.*, 1997). O contrário foi observado em R1, em que a taxa de perda de MSS foi 88% inferior àquela da HP, indicando que as síliquas mantêm fotossíntese elevada até o final do ciclo, para conseguir encher os grãos, no R1. Sendo assim, a remobilização de MSS da casca da síliqua para os grãos foi muito pequena, equivalendo a 2 mg, ou seja, apenas 0,66 % da MSS, muito abaixo do que foi observado por Hocking & Mason (1993). Esta mesma resposta foi encontrada quando foram avaliados os TI, TM e TS da HP, em que a taxa de remobilização de MSS foi muito baixa em TS (Figura 18). Portanto, as síliquas do TS continuaram realizando fotossíntese até o final do ciclo para suprir a demanda por fotoassimilados dos grãos e completar o enchimento dos mesmos. Isto é esperado pois, quando as síliquas da parte superior da HP (no TS) atingem a MSS máxima o IAF da canola é, praticamente, igual a zero (Nied, 2013; Pinto, 2015). Nesta condição, são as síliquas e hastes que realizam fotossíntese para suprir à demanda de fotoassimilados para o enchimento dos grãos (Mogensen *et al.*, 1997). As respostas observadas durante a etapa de remobilização da MSS estão de acordo com as taxas de redução, as quais foram de $-0,042 \text{ mg GD}^{-1}$ para a HP, $-0,005 \text{ mg GD}^{-1}$ para R1, $-0,024 \text{ mg GD}^{-1}$ para TI e $-0,019 \text{ mg GD}^{-1}$ para R1 (Figura 17). Porém, quando são considerados apenas os terços TI, TM e TS da HP, as taxas foram de $-0,043$, $-0,040$ e $-0,003 \text{ mg GD}^{-1}$, respectivamente (Figura 18).

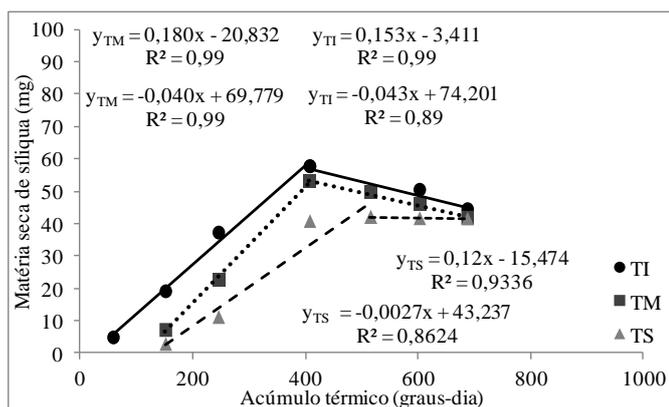


FIGURA 18. Evolução da matéria seca de siliqua (MSS) de canola dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na segunda data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Na terceira data de semeadura, a evolução da MSS da HP e do R1 ajustou-se a um modelo do tipo sigmoidal (Figura 19), ao contrário do que foi observado nas primeira e segunda datas de semeadura. Isto pode ter ocorrido, devido às distintas condições ambientais durante o ciclo correspondentes às datas de semeadura.

Os modelos ajustados apresentaram elevado coeficiente de determinação, sendo de 0,94 e 0,92 para a HP e para o R1, respectivamente (Tabela 17). No caso de TI e TM, o modelo que descreve o crescimento da MSS também foi sigmoidal (Figura 19), com coeficiente de determinação de 0,92 e 0,96, respectivamente (Tabela 17). Quando são avaliados separadamente os terços TI, TM e TS da HP, o modelo sigmoidal (Figura 19) apresentou coeficientes de determinação de 0,84, 0,98 e 0,92, respectivamente (Tabela 17). Em todos os casos, ficou evidente que os modelos descrevem um valor constante da MSS, da estabilização da MSS até o final do ciclo para HP, R1 e os terços TI, TM e TS. Isto indica que, quando as siliqua atingiram o ponto de MSS máxima, os grãos ainda estavam demandando grande quantidade de fotoassimilados e nutrientes para completar seu enchimento. Com isto, as siliqua continuaram fazendo fotossíntese para suprir a demanda dos grãos e não remobilizam MSS para os mesmos, como foi observado no experimento com doses de N e nas primeira e segunda datas de

semeadura. Esta resposta também foi demonstrada por Hocking & Mason (1993) e Hua *et al.* (2014).

TABELA 17. Coeficientes do modelo sigmoidal para matéria seca de síliquas (MSS) dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b) e MSS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c), na terceira data de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = a / \{1 + \exp[-(X - X_0) / b]\}$ (mg)			R ²	Residual
	a	b	X ₀		
Terços inferior e mediano					
Haste/Ramo					
HP	41,5252(*)	71,8371(*)	271,4147(*)	0,94	10,62
R1	28,0081(*)	43,0295(ns)	314,9561(*)	0,92	8,70
Haste principal e ramo primário					
Terço					
TI	38,6380	68,8318	272,2857	0,92	13,04
TM	31,1228(*)	58,2675(ns)	307,3532(*)	0,96	5,11
Haste principal					
Terço					
TI	43,7291(*)	75,3950(ns)	248,4090(*)	0,84	27,33
TM	39,6086(*)	69,5238(*)	300,7886(*)	0,98	3,86
TS	26,6748(*)	42,1640(ns)	339,2326(*)	0,92	9,52

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; QME = quadrado médio do erro.

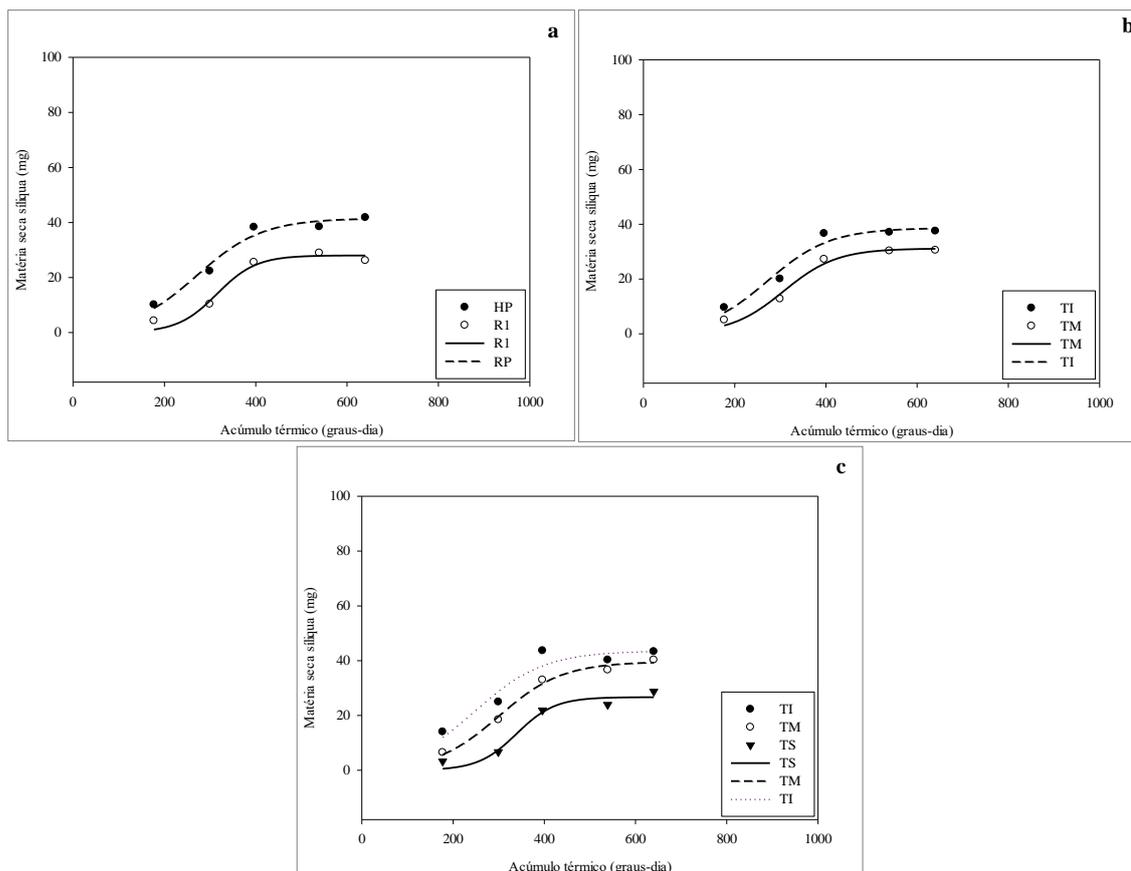


FIGURA 19. Matéria seca de síliques (MSS) da canola dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) do ramo primário (R1) (a), e MSS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (b), e MSS dos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c), na terceira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, representadas por valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

4.5 Matéria seca de grãos por síliqua

4.5.1 Experimento doses de nitrogênio

A matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) apresentou padrões semelhantes de crescimento nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e no TM do ramo primário (R1), para todas as doses de N aplicado (Apêndice 20).

A matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) foi significativamente diferente entre a haste principal (HP) e o ramo primário (R1), entre os terços (TM e TS) da haste principal, bem como entre as doses de N aplicado (Tabela 18). Para o terço mediano,

em, praticamente, todas as avaliações realizadas, a haste principal apresentou maior MSGS, em relação ao R1, sugerindo maior produção de grãos. A evolução da MSGS na HP e no R1 ajustou-se a um modelo sigmoidal (Figura 20), em função da soma térmica, com coeficientes de determinação de 0,99 e 0,92 para a HP e R1, respectivamente (Tabela 19). No final do enchimento de grãos, a MSGS acumulada não diferiu significativamente entre HP e R1. Isto pode ser verificado observando-se o parâmetro “a” do modelo sigmoidal, o qual foi de 38,21 e 38,55 mg para a HP e o R1, respectivamente. O parâmetro “a” do modelo sigmoidal indica o valor assintótico, ou seja, o valor de estabilização da MSGS, e ele foi, praticamente, o mesmo em HP e R1.

TABELA 18. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGS) da canola no terço mediano da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado e MSGS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), para as mesmas doses de N, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca de grãos por síliquis (mg)								
	212 ^(**)	267	344	425	513	596	684	765	887
Terço mediano									
Haste/Ramo									
HP	2,33 a	4,57 a	7,21 a	13,45 a	19,11 a	25,52 a	31,41 a	36,25 a	36,16 a
R1	1,60 a	3,10 b	5,06 b	9,37 b	12,22 b	20,78 a	26,92 a	29,22 b	35,36 a
CV (%)	55	39	40	35	32	24	28	23	19
Doses de N(kg ha⁻¹)									
10	2,03 a	4,97 a	8,14 a	10,89 a	14,44 a	21,62 a	26,58 a	36,93 a	41,75 ab
20	3,07 a	3,00 ab	5,81 a	10,90 a	15,41 ab	26,01 a	28,28 a	35,89 a	44,84 a
40	1,55 a	4,21 ab	6,29 a	11,73 a	22,37 a	25,75 a	29,86 a	36,75 a	30,08 c
80	2,55 a	4,29 ab	5,79 a	11,38 a	12,94 b	23,78 a	28,69 a	32,63 a	33,15 bc
160	0,64 a	2,71 a	4,64 a	12,14 a	13,15 b	18,59 a	32,43 a	21,48 b	28,19 c
CV (%)	55	39	40	35	32	24	28	23	19
Haste principal									
Terços									
TM	2,33 a	4,57 a	7,21 a	13,45 a	19,11 a	25,52 a	31,41 a	36,25 a	37,14 a
TS	1,49 b	2,80 b	4,86 b	10,43 b	15,82 a	23,56 a	29,92 a	34,31 a	39,25 a
CV (%)	33	42	39	34	27	22	25	19	20
Doses de N (kg ha⁻¹)									
10	1,89 ab	5,15 a	8,14 a	12,32 a	15,67 b	23,41 a	28,25 a	43,27 a	42,45 a
20	2,84 a	2,77 ab	6,00 ab	11,31 a	16,21 b	26,89 a	32,68 a	35,92 a	45,66 a
40	1,52 b	3,63 ab	6,08 ab	12,08 a	23,88 a	27,72 a	32,90 a	38,01 a	31,55 b
80	2,29 ab	4,14 ab	5,90 ab	11,21 a	17,25 b	23,98 a	27,32 a	34,94 a	39,99 ab
160	1,06 b	2,73 b	4,06 b	12,76 a	14,30 b	20,69 a	32,16 a	24,29 b	31,33 b
CV (%)	33	42	39	34	27	22	25	19	20

^(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

Comparando a matéria seca de grãos por síliqua dos terços TM e TS da haste principal, verifica-se que houve diferença significativa até 425 GD. A MSGS dos terços mediano e superior também se ajustou a um modelo sigmoidal (Figura 20), em função do acúmulo térmico, a partir do florescimento. Também neste caso, os modelos obtiveram elevado ajuste, com R^2 de 0,99 para TM e TS, respectivamente. O parâmetro “a” do modelo sigmoidal foi de 39 e 41 mg para TM e TS, respectivamente, indicando similaridade de resposta entre os terços avaliados. O número de grãos por síliqua corrobora com esses resultados, uma vez que o mesmo foi de 14 e 13 grãos, respectivamente (Apêndice 24).

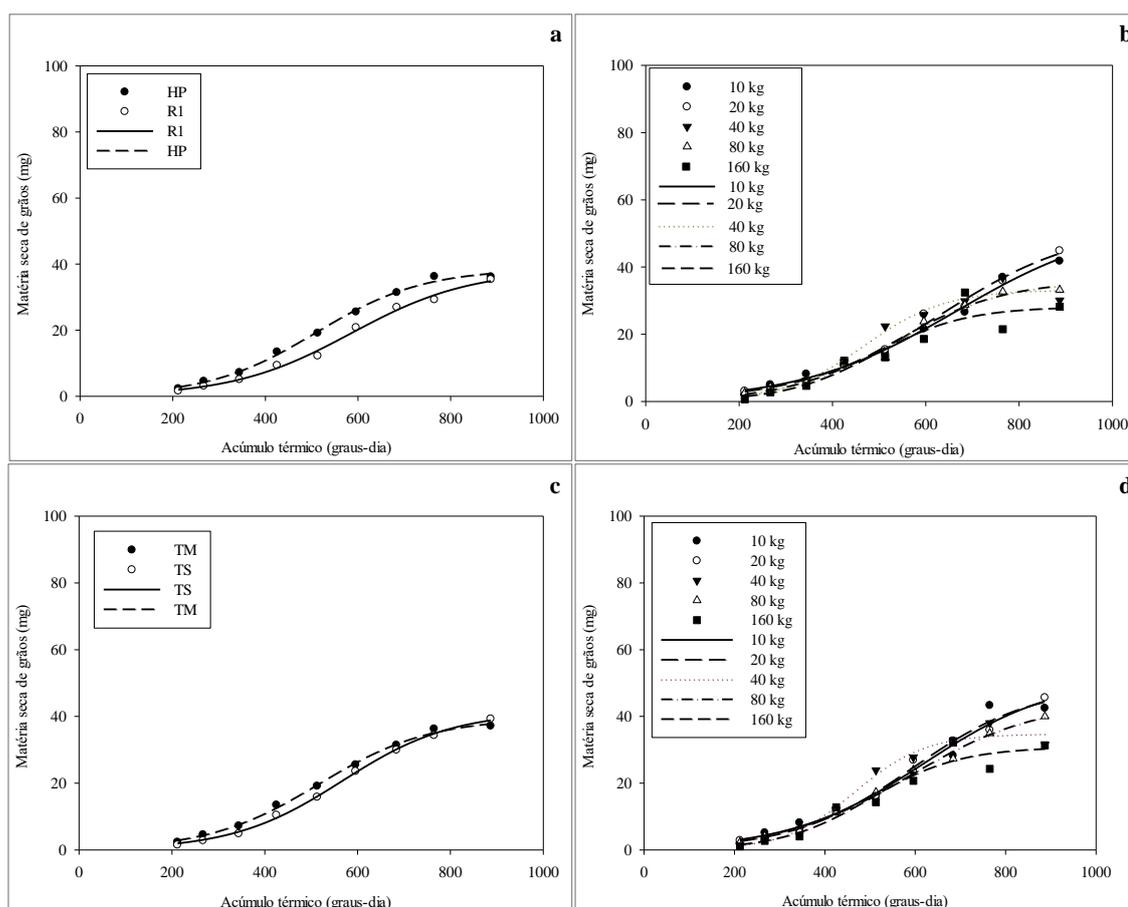


FIGURA 20. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) (a), para diferentes doses de N aplicado (kg ha^{-1}) (b), e MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) (c) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Quanto à resposta a doses de N a MSGS apresentou diferenças entre HP e R1, bem como entre TM e TS da haste principal, durante a evolução temporal (Apêndice 20). A resposta pode ser melhor visualizada na Tabela 18, em que a MSGS variou de forma diferente entre as datas de coleta, exceto em algumas avaliações em que não houve diferença significativa entre os tratamentos. No final do enchimento de grãos, a diferença na MSGS foi significativa na maioria das avaliações realizadas (Tabela 18), sendo maior na HP, nas doses de 10 e 20 kg ha⁻¹ de N, enquanto nas doses de 40 e 160 kg ha⁻¹ de N a mesma foi menor, em relação a R1. Na dose de 80 kg ha⁻¹ de N a MSGS apresentou valor intermediário.

A partir dos resultados das análises da variância (Tabela 18) foram ajustados modelos para descrever a evolução da MSGS ao longo do tempo. O modelo que melhor se ajustou aos dados, para cada dose de N, foi o sigmoidal, tanto para o TM quanto para a HP (Figura 20). Avaliando o valor assintótico representado pelo coeficiente “a” do modelo sigmoidal, verificou-se que, tanto para o TM quanto para a HP, as doses de N de 10 e 20 kg ha⁻¹ apresentaram os maiores valores de estabilização da MSGS, enquanto as doses de N de 40 e 160 kg ha⁻¹ apresentaram os menores valores de estabilização da MSGS, sendo que a dose de 80 kg ha⁻¹ apresentou valor intermediário na estabilização da MSGS (Tabela 19). Isto está de acordo com a análise de variância (Tabela 18). A maior MSGS verificada nas menores doses de N (10 e 20 kg ha⁻¹) pode ser explicada pelo maior número de grãos por síliqua (Apêndice 24), em relação à dose de N de 80 kg ha⁻¹, que resultou um número de grãos intermediário, e às doses de N de 40 e 160 kg ha⁻¹, as quais apresentaram menor número de grãos por síliqua. Ou seja, quanto maior o número de grãos maior a MSGS final, indicando que o número de grãos definiu a maior ou menor produção de MSGS.

TABELA 19. Coeficientes do modelo sigmoidal de crescimento para matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola para haste principal (HP) e ramo primário (R1), em diferentes doses de N aplicado (kg ha⁻¹) e para MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas mesmas doses de N (d), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = a / \{1 + \exp[-(X - X_0) / b]\}$ (mg)			R2	QME
	a	b	X0		
Terço mediano					
Haste/Ramo					
HP	38,5558	116,3065	509,6178	0,92	0,84
R1	38,2187	128,6710	585,8715	0,99	1,21
Dose de N					
10	53,8114	167,5170	665,8239	0,99	2,30
20	52,2372	150,2259	634,8493	0,99	3,17
40	33,3028	86,7719	467,0699	0,96	6,02
80	36,0603	117,0452	536,2609	0,98	3,04
160	28,1732	96,7192	491,7273	0,86	17,55
Haste principal					
Terço					
TM	39,4691	119,6254	516,8214	0,58	0,58
TS	41,4437	118,5503	567,6749	0,99	0,34
Dose de N					
10	51,8387	147,8121	619,2036	0,96	8,78
20	49,2356	132,9125	595,0814	0,99	2,70
40	34,8436	78,4726	465,1683	0,97	5,25
80	44,5160	142,6241	588,3078	0,99	1,36
160	30,8454	99,0015	500,7141	0,91	11,61

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; QME = quadrado médio do erro.

Analisando o coeficiente “X0”, o qual representa o acúmulo térmico para a taxa máxima de acúmulo da MSGs, após o florescimento da canola, verificou-se que o coeficiente X0 foi acima de 595 GD nas doses de N de 10 e 20 kg ha⁻¹, enquanto nas demais doses de N (40, 80 e 160 kg ha⁻¹) o mesmo foi inferior a 590 GD. Esta resposta indica que, em dose de N mais elevadas, o início da etapa linear de crescimento da MSGs foi antecipado, devido à maior oferta de N. Porém, o maior acúmulo de MSGs foi encontrado nas menores doses de N aplicado, o que pode ser explicado pelas plantas terem menor número de síliquis, nestes tratamentos, em relação aos demais tratamentos (Apêndice 4). Sendo assim, nos tratamentos de menor dose de N, as síliquis tiveram maior tamanho e maior número de grãos (Apêndice 24), o que conferiu maior peso seco

de grãos por síliqua, no final do enchimento de grãos (Tabela 18 e 19). Desta forma, é possível afirmar que a canola apresenta uma estratégia ecológica eficiente de sobrevivência e perpetuação da espécie, associada à alta plasticidade fenotípica que a mesma apresenta (Krüger *et al.*, 2011; Jacob *et al.*, 2012).

Outro aspecto que pode ter causado menor MSGS nas maiores doses de N (40, 80 e 160), no final do enchimento de grãos, pode estar relacionado com a ocorrência de geadas. Muito provavelmente, nas maiores doses de N, as síliquas e grãos estavam em estádios mais avançados de desenvolvimento, em relação às menores doses de N. Com isto, os danos causados pelas geadas podem ter sido mais intensos, resultando em maior taxa de aborto de grãos nas doses de N de 40, 80 e 160 kg ha⁻¹. Porém, não foi possível identificar, com clareza, o estágio de desenvolvimento dos grãos, em termos de acúmulo térmico, pois não foi registrada a data de abertura das flores, nas respectivas inflorescências da haste/ramo e nos respectivos terços da inflorescência avaliadas, em cada tratamento de N, no momento da ocorrência das geadas. No entanto, segundo Mills *et al.* (1984), Thomas (2003) e McClinchey & Kott (2008), a ocorrência de geadas durante o enchimento de grãos pode causar aborto de grãos, principalmente no início do crescimento destes, devido ao alto conteúdo de água no seu interior. Lardom & Triboi-Blondel (1994) observaram que a geada também causa inibição do crescimento do embrião e do enchimento de grãos, levando à inatividade dos mesmos, também podendo causar injúrias e redução no tamanho e peso de grãos (Mills *et al.*, 1984), conforme foi observado no experimento com doses de N aplicado (Figura 1).

4.5.2 Experimento de datas de semeadura

Na primeira data de semeadura, a matéria seca de grãos por síliqua (MSGS) apresentou o mesmo padrão de evolução no crescimento para os terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e para o terço mediano (TM) do primeiro ramo

primário (R1) (Apêndice 21). A MSGS apresentou diferença significativa entre HP e R1 e entre os terços TM e TS da HP em algumas avaliações realizadas (Tabela 20). O acúmulo de MSGS foi significativamente diferente até 334 GD, quando a HP apresentou maior MSGS. A partir de 420 GD, até o final do enchimento de grãos, a MSGS não diferiu significativamente entre HP e R1. Para os terços TM e TS da HP, a MSGS diferiu, significativamente, até 420 GD, sendo que TM apresentou maior MSGS, entre 494 e 576 GD. No final do enchimento de grãos a MSGS foi significativamente diferente, quando TS apresentou maior MSGS, em relação a TM. Estes resultados podem estar relacionados com a ocorrência de geadas, forte em 14/08/2014 e fraca a moderada 28/08/2014 (Kovaleski, 2015), com estádios diferentes de desenvolvimento dos grãos, conforme já foi explicado anteriormente (Bennet *et al.*, 2011).

TABELA 20. Matéria seca de grão por síliqua (MSGs) da canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSGS do terço mediano (TM) e do terço superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, representadas por valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca de grãos por síliqua (mg)					
	283 ^(**)	334	420	494	576	659
Haste/Ramo						
HP	2,31 a	5,38 a	6,21 a	8,22 a	12,01 a	12,65 a
R1	1,06 b	3,87 b	5,25 a	7,94 a	10,93 a	13,16 a
CV (%)	30	42	25	34	36	26
Terço						
TM	2,31 a	5,38 a	6,21 a	8,22 a	12,01 a	12,65 a
TS	1,22 b	4,79 a	5,05 b	7,12 a	11,78 a	18,36 b
CV (%)	27	41	23	31	40	26

^(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramos em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

Avaliando a MSGS no final do enchimento de grãos, com relação ao número de grãos por síliqua (Apêndice 25) verifica-se que, para a HP e o R1, ela foi de 0,70 e 0,87 mg para HP e R1, respectivamente, enquanto que nos TM e TS da HP ela foi de 0,70 e 1,08 mg para TM e TS, respectivamente. Isto explica a maior MSGS no TS da HP, em

comparação ao TM. Analisando conjuntamente a HP e o R1, bem como o TM e TS, verifica-se que o peso médio de cada grão foi menor que 1,1 mg. Este valor está abaixo do peso médio de grãos do experimento com doses de N, nas segunda e terceira datas de semeadura, nas quais o peso médio de um grão foi superior a 1,5 mg (Tabelas 18 e 21 e Apêndices 24 e 26). Em duas datas de início do florescimento da canola de inverno, Habekotté (1993) encontrou peso médio de grãos de 5,32 e 4,32 mg para as datas de 21 de abril e 3 de maio, respectivamente. Com isto, é possível afirmar que os danos causados pela geada, na primeira data de semeadura, foram mais severos que no experimento com doses de N. Sendo assim, a explicação dos efeitos da geada no crescimento de grãos segue a mesma lógica que foi atribuída ao experimento com doses de N.

Com os dados de MSGS da primeira data de semeadura, foi ajustado um modelo sigmoidal para descrever a evolução da MSGS, tanto para HP e R1 quanto para TM e TS da HP (Figura 21). Os modelos indicaram que o valor de estabilização da MSGS foi similar para HP, R1 e TM, em torno de 15 mg (Tabela 21). Para o terço TS os coeficientes do modelo não foram significativos, embora com R^2 elevado. Desta maneira, ficou inviabilizada a estimativa do valor de estabilização da MSGS para o terço TS.

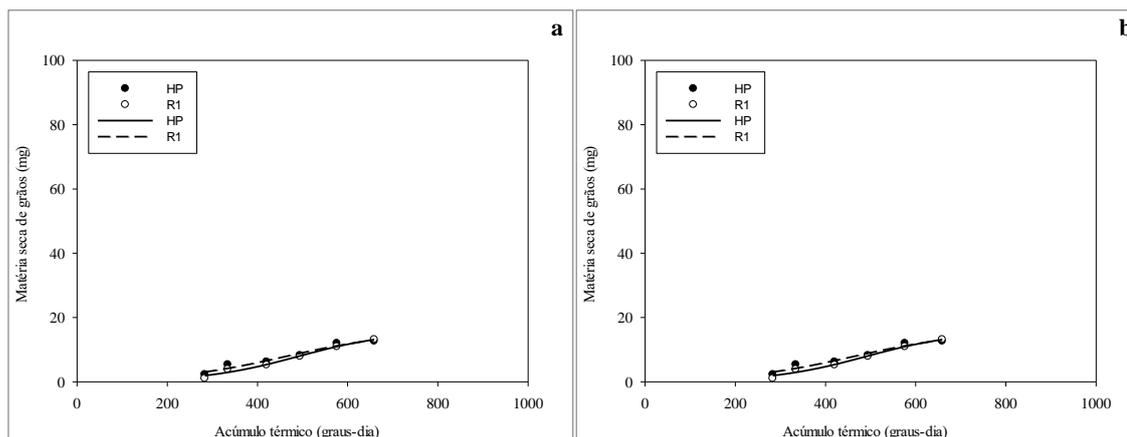


FIGURA 21. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), e MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

TABELA 21. Coeficientes do modelo sigmoidal que descreve o acúmulo da matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola do terço mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSGs dos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal, na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = a / \{1 + \exp[-(X - X_0) / b]\}$ (mg)			R ²	Residual
	a	b	X ₀		
Haste/Ramo					
HP	15,6061	125,1924	459,9844	0,93	1,11
R1	15,7793	105,5748	490,0626	0,97	0,56
Terço					
TM	15,6061	125,1924	459,9844	0,93	1,11
TS	3488,88(ns)	185,8312(ns)	1633,5822(ns)	0,96	1,39

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; QME = quadrado médio do erro.

Nas segunda e terceira datas de semeadura o padrão de crescimento da MSGS foi semelhante nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e para TI e TM do primeiro ramo primário (R1) (Apêndices 22 e 23). A MSGS apresentou diferença significativa entre HP e R1 nas segunda e terceira datas de semeadura (Tabela 22), como maior MSGS na HP, em comparação a R1, em todas as avaliações realizadas. No final do enchimento de grãos verificou-se que a MSGS da HP foi mais elevada que em R1, tanto na segunda quanto na terceira datas de semeadura. A

maior MSGS na HP se deve ao fato da mesma iniciar o florescimento antes que R1, recebendo mais fotoassimilados das folhas. Desta maneira, os grãos da HP apresentam maior peso, em comparação aos ramos da planta (Diepenbrock & Geisler, 1979).

Entre os terços, também, observaram-se diferenças, com TI apresentando maior MSGS que TM em, praticamente, todas as avaliações realizadas. Ao final do enchimento de grãos a MSGS foi mais elevada em TI, tanto na segunda quanto na terceira datas de semeadura, em relação aos demais terços da inflorescência. A maior produção de MSGS no TI, no final do enchimento de grãos, pode ser atribuída a que as primeira síliquas recebem maior aporte de fotoassimilados das folhas. Quando comparados os terços dentro da HP, verifica-se que a MSGS não diferiu entre o TI e TM, no final do enchimento de grãos. Porém, o TS apresentou menor MSGS, em comparação a TM e TS, respectivamente. Isto demonstra que, na haste principal, TI e TM recebem maior aporte de fotoassimilados, redirecionados das folhas, devido à menor competição entre as síliquas na mesma (Clarke, 1979), enquanto que no TS os fotoassimilados responsáveis para produção de MSGS, praticamente, são produzidos pela fotossíntese realizada pelas síliquas.

Comparando a produção de MSGS entre as datas de semeadura, para HP e R1, bem como para TI, TM e TS, observa-se que, de modo geral, a terceira data de semeadura apresentou menor MSGS, em comparação à segunda data de semeadura. Na segunda data as condições do ambiente foram mais propícias ao acúmulo de MSGS que na terceira data de semeadura, devido à elevação da temperatura do ar, por vezes, ultrapassando 30 °C, em alguns dias do período de florescimento e enchimento de grãos. Além disso, a temperatura mínima do ar foi mais elevada, ocasionando encurtamento do período de florescimento e enchimento de grãos. Sendo assim, períodos de enchimento de grãos mais curtos tendem a reduzir o acúmulo de MSGS.

TABELA 22. Matéria seca de grãos (MSG) da canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSTS dos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1) e MSG nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria seca total de síliqua (mg)					
	151	245	407	515	602	687
Segunda data de semeadura						
Terços inferior e médio						
Haste/Ramo						
HP	2,75	6,71 a	21,58 a	35,71 a	44,53 a	46,33 a
R1	-	3,20 b	12,62 b	20,90 b	31,15 b	35,03 b
CV (%)	31	56	49	29	29	27
Haste principal e ramo primário						
Terço						
TI	2.40	6,45 a ^(*)	20,08	31,81 a	40,65 a	43,73 a
TM	-	3,46 b	14,35	24,80 b	35,04 b	37,64 b
CV (%)	31	56	49	29	29	27
Haste principal						
Terço						
TI	4,12 a	8,56 a	24,36 a	38,88 a	46,37 a	49,35 a
TM	0,93 b	4,86 b	18,79 ab	32,54 a	42,70 ab	43,32 ab
TS	-	1,93 c	11,97 b	22,30 b	33,58 b	40,00 b
CV (%)	30	49	51	28	28	20
Terceira data de semeadura						
177 299 396 539 640						
Terços inferior e mediano						
Haste/Ramo						
HP	1,73	4,76 a	16,48 a	23,13 a	38,58 a	
R1	-	2,67 b	8,28 b	13,33 b	16,82 b	
CV (%)	63	55	53	50	33	
Haste principal e ramo primário						
Terço						
TI	1,76	3,85 a	16,28 a	22,07 a	32,18 a	
TM	-	3,33 a	8,48 b	14,38 b	23,22 b	
CV (%)	63	55	53	50	33	
Haste principal						
Terço						
TI	2,39 a	5,13 a	21,25 a	26,25 a	41,25 a	
TM	0,87 b	3,57 b	11,71 b	20,00 a	35,90 a	
TS	1,01 b	1,54 c	4,92 c	8,66 b	15,88 b	
CV (%)	56	44	52	44	33	

(*)Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramos e entre os terços em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia) representam as datas em que foram coletadas as síliquas.

Segundo Thomas (2003), Fochesatto (2012) e Luz *et al.* (2012), a temperatura do ar mais elevada, durante o período de formação e enchimento de grãos, faz com que

ocorra redução no tempo necessário para atingir a maturação fisiológica, reduzindo a MSGS. Porém, Nied (2013) observou que, em semeaduras realizadas nos meses de junho e julho, a canola necessitou maior acúmulo térmico para completar o subperíodo que vai do início do florescimento à maturação fisiológica, em comparação às semeaduras mais precoces, considerando o período indicado pelo zoneamento agroclimático (Dalmago *et al.*, 2008). De acordo com o mesmo autor, a deficiência hídrica foi a provável causa do aumento na necessidade térmica da canola, para completar o referido subperíodo. Isto também foi observado por Fochesatto (2012), que encontrou correlação positiva entre o déficit hídrico e a necessidade térmica para completar o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica em colza padrão canola. No entanto, nas condições de cultivo de 2014, não se observou deficiência hídrica durante o subperíodo de início do florescimento à maturação fisiológica, indicando que a temperatura do ar mais elevada pode ter sido a causa principal da menor necessidade de acúmulo térmico, para a canola atingir a máxima matéria seca das siliquis, em comparação à segunda data de semeadura. A temperatura do ar elevada encurta o período final do enchimento de grãos (Thomas, 2003) e o subperíodo de final do florescimento à maturação fisiológica (Fochesatto, 2012; Luz *et al.*, 2012).

A evolução da MSGS foi descrita através de um modelo do tipo sigmoidal, tanto para HP e R1 quanto para TI, TM e TS, em resposta ao acúmulo térmico, para as segunda e terceira datas de semeadura (Figura 22). O ajuste dos dados ao modelo apresentou elevado coeficiente de determinação, acima de 0,90 (Tabela 23), com melhor ajuste na segunda data de semeadura, em que o R^2 foi de 0,99 para HP e R1, bem como para TI, TM e TS. Verifica-se também, que o quadrado médio do erro (QME) foi menor, em comparação à terceira data de semeadura. A tendência de elevação do QME,

à medida em que ocorreu atraso na data de semeadura, é decorrência do aumento das temperatura do ar e da disponibilidade de radiação solar, durante o ciclo mais tardio da canola, gerando uma condição de maior instabilidade no ambiente. Sendo assim, é possível inferir que, em ambientes menos estáveis, do ponto de vista térmico e hídrico e de disponibilidade de radiação solar, a população de plantas de canola aumenta a variabilidade entre indivíduos, devido à sua alta plasticidade e capacidade de responder às condições dos microclimas que se formam dentro do dossel (Krüger *et al.*, 2011; Jacob *et al.*, 2012). Como consequência, aumenta o erro amostral, em relação a ambientes mais estáveis.

Na segunda data de semeadura o coeficiente “a” do modelo sigmoidal, que representa o valor assintótico de acúmulo de MSGS (Tabela 23), foi sempre maior em HP e TI, em comparação a R1 e TM, respectivamente. Já, para TI, TM e TS da haste principal o valor assintótico foi semelhante em TI e TM, porém menor que os demais, em TS. A explicação é a mesma já apresentada, ou seja, HP e TI são favorecidos pela maior oferta de fotoassimilados redirecionados das folhas, sendo que os demais terços diminuem a MSGS, devido à menor redistribuição de fotoassimilados das folhas e à maior competição por assimilados entre as síliquas. Outro aspecto importante foi que a HP e o TI apresentaram maior número de grãos por síliqua, em comparação a R1 e TM (Apêndice 25) tendo, como consequência, maior MSGS. Isto também se deu nos terços da haste principal (TI, TM e TS), indicando maior potencial produtivo na HP e no TI, em relação aos demais ramos e terços da inflorescência.

Na terceira data de semeadura os coeficientes do modelo sigmoidal não foram significativos, inviabilizando a análise dos coeficientes. Isto pode ser atribuído ao maior erro envolvido na coleta de dados para essa data de semeadura, conforme já foi descrito,

anteriormente. Portanto, para sementeiras mais tardias de canola, há necessidade de aumentar o número de amostras para reduzir o erro associado à maior variabilidade.

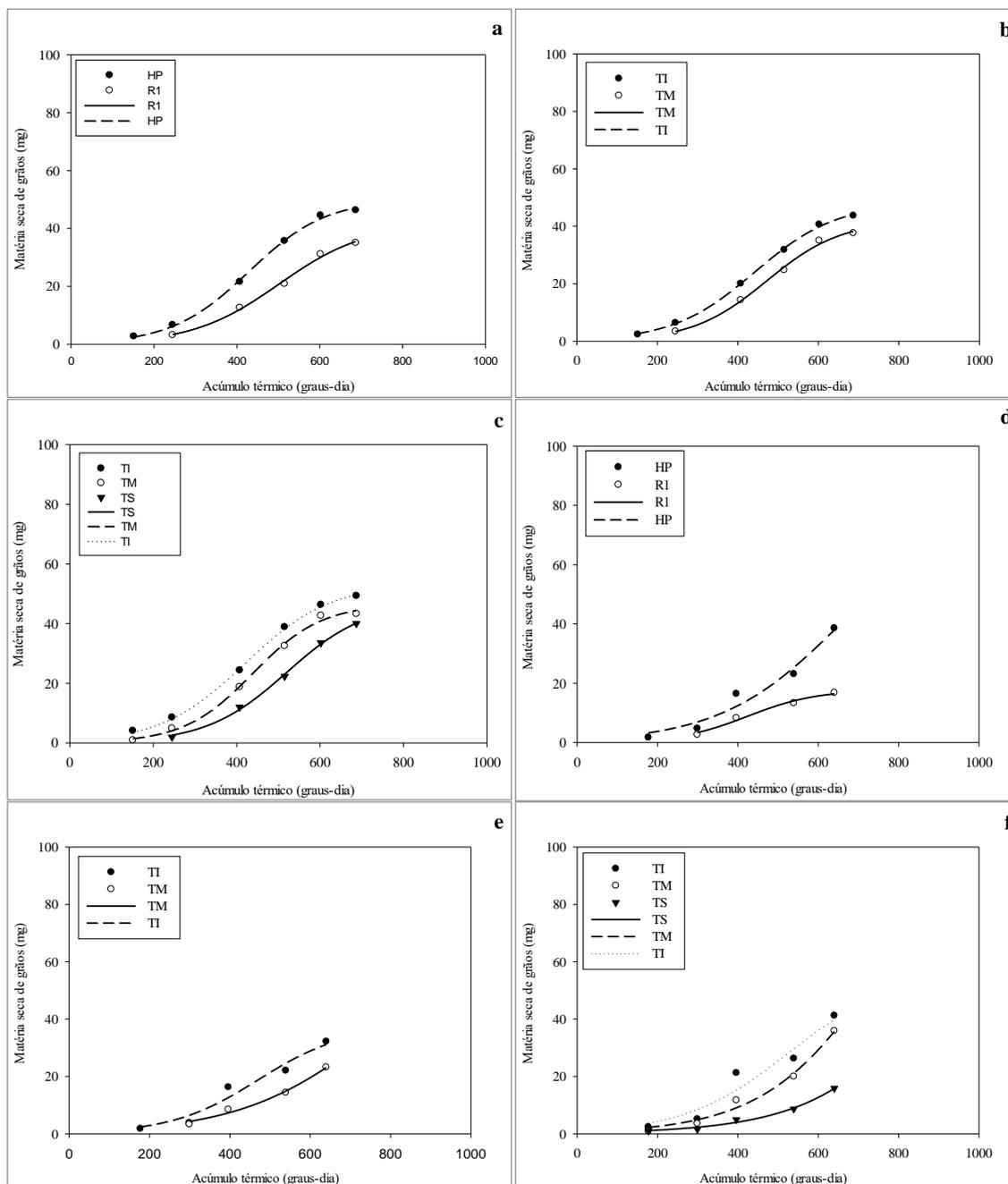


FIGURA 22. Matéria seca de grãos por síliquas (MSGs) de canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e no ramo primário (R1) (a, d), MSGs nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e no ramo primário (R1) (b, e) e MSGs nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) (c, f) nas segunda e terceira datas de sementeira da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

TABELA 23. Coeficientes do modelo sigmoidal para acúmulo de matéria seca total de siliques (MSTS) de canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do ramo primário (R1), MSTS nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e ramo primário (R1), e MSTS nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas segunda e terceira datas de semeadura, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Equação: $y = a / \{1 + \exp[-(X - X_0) / b]\}$ (mg)			R ²	QME
	a	b	X ₀		
Segunda data de semeadura					
Haste/Ramos					
HP	50,2172	94,0447	429,2623	0,99	0,95
R1	41,6122	105,4110	502,1000	0,99	1,66
Terço					
TI	48,1579	102,4492	441,7312	0,99	0,42
TM	42,0416	93,1648	471,6808	0,99	1,64
Haste principal					
TI	53,6013	102,7442	419,7270	0,99	0,58
TM	46,5773	82,7439	438,5168	0,99	1,93
TS	47,2141	96,4978	519,6305	0,99	0,90
Terceira data de semeadura					
Haste/Ramos					
HP	81,2064 ^(ns)	152,2969 ^(ns)	659,7547 ^(ns)	0,93	15,24
R1	17,7660 ^(ns)	86,2104 ^(ns)	424,0177 ^(ns)	0,95	1,87
Terço					
TI	37,6430 ^(ns)	108,6642 ^(ns)	470,4386 ^(ns)	0,91	13,96
TM	72,7363 ^(ns)	170,2790 ^(ns)	770,2502 ^(ns)	0,96	2,67
Haste principal					
TI	56,5677 ^(ns)	131,3606 ^(ns)	524,7113 ^(ns)	0,87	31,04
TM	123,8556 ^(ns)	149,2811 ^(ns)	775,2280 ^(ns)	0,97	5,96
TS	270,6667 ^(ns)	170,9675 ^(ns)	1115,2314 ^(ns)	0,98	0,77

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; QME = quadrado médio do erro.

4.6 Taxa de crescimento de grãos

4.6.1 Experimento com diferentes doses de N

A evolução de crescimento da matéria seca de grãos da canola apresentou elevado ajuste ao modelo Gompertz, com coeficientes de determinação superiores a 0,85 (Tabela 24), permitindo estimar a taxa de crescimento de um grão (TX). As taxas de crescimento de grãos nos terços TM e TS da HP e TM do R1 foram de 0,0052, 0,0064 e 0,0056 mg, respectivamente. No TS da HP, a taxa de crescimento foi mais elevada em comparação ao TM da HP e do R1. Entre as doses de N, para os TM da HP e do R1, a

taxa de crescimento de grãos foi semelhante, enquanto que no TS da HP ela foi superior, em comparação aos TM da HP e do R1, respectivamente.

TABELA 24. Coeficientes de ajuste da função Gompertz que descreve o aumento da matéria seca de grãos (mg / grau-dia) da canola, para os terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e terço mediano (TM) do primeiro ramo primário (R1), nas doses de N aplicado de 10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹. Coxilha, 2014.

Dose N	Terço	Parâmetros estimados			R ²	VS	Ponto de inflexão		TX (mg)
		Ag(*)	Bg	Cg			X	Y	
Haste principal									
10	TM	1,3946	-1,1577	0,3011	0,96	4,03	523	1,49	0,0055
20	TM	1,5933	-1,0905	0,2614	0,98	4,92	634	1,82	0,0054
40	TM	1,3075	-1,1817	0,3147	0,96	3,70	516	1,37	0,0052
80	TM	1,4379	-1,1385	0,2614	0,96	4,21	565	1,56	0,0050
160	TM	1,4143	-1,2291	0,2744	0,88	4,11	575	1,52	0,0051
	Média	1,2394	-1,1595	0,2826	0,95	4,20	563	1,55	0,0052
Haste principal									
10	TS	1,5922	-1,3126	0,2744	0,97	4,91	599	1,82	0,0061
20	TS	1,5492	-1,4402	0,2107	0,98	4,69	589	1,73	0,0066
40	TS	1,5070	-1,3687	0,3285	0,96	4,51	549	1,67	0,0067
80	TS	1,5141	-1,2868	0,2877	0,98	4,55	574	1,68	0,0059
160	TS	1,5463	-1,2640	0,3425	0,98	4,69	592	1,74	0,0066
	Média	1,5417	-1,3345	0,2888	0,97	4,67	581	1,7283	0,0064
Ramo primário									
10	TM	1,8624	-1,3179	0,1985	0,99	6,44	750	2,38	0,0058
20	TM	1,5492	-1,2551	0,3567	0,98	4,77	650	1,77	0,0055
40	TM	1,6182	-1,1133	0,2744	0,96	5,04	624	1,87	0,0058
80	TM	1,5524	-1,2384	0,2485	0,94	4,72	616	1,75	0,0053
160	TM	1,3727	-1,1743	0,3425	0,96	3,95	569	1,46	0,0056
	Média	1,5910	-1,2198	0,2841	0,97	4,99	642	1,84	0,0056

(*) Ag, Bg e Cg = são parâmetros do modelo, VS = valor assintótico, TX = taxa de crescimento da matéria seca de grãos.

O valor assintótico (VS), ou seja, de estabilização do peso da matéria seca de grãos também seguiu a mesma lógica de variação da taxa de crescimento de grãos, qual seja, o TS do ramo primário (R1) apresentou maior peso de grãos, em comparação aos TM da HP e do R1, respectivamente. Esses valores são coerentes com o valor estimado pelo modelo de Gompertz (Apêndices 29, 28 e 27), com R² superior a 0,85.

4.6.2 Experimento com diferentes datas de semeadura.

Na primeira data de semeadura a taxa máxima de crescimento de grãos (TX), estimada pelo modelo Gompertz, foi mais elevada no TS da HP e no TM do R1, em comparação ao TM da HP (Tabela 25). Verificou-se que a taxa média de crescimento de grãos foi de 0,0027 mg para cada grau-dia acumulado. Para as segunda e terceira datas de semeadura, a taxa de crescimento foi semelhante nos terços (TI, TM e TS) da HP e nos TI e TM do R1, respectivamente, com exceção do TS do R1, que obteve TX de 0,0041 mg por grau-dia acumulado. Esta menor taxa de crescimento de grãos no TS do R1 pode ser explicada pela menor oferta de fotoassimilados. De acordo com Clarke (1979), Rose *et al.* (2008) e Wang *et al.* (2011), as síliquas que estão localizadas na parte basal da inflorescência recebe maior quantidade de fotoassimilados translocados das folhas, em comparação às síliquas localizadas nas partes mediana e superior, onde, a menor disponibilidade de fotoassimilados limita a taxa de crescimento de grãos.

Comparando a taxa de crescimento de grãos entre as datas de semeadura, verifica-se que a primeira data apresentou as menores taxas de crescimento de grãos, em comparação às segunda e terceira datas. Isto é explicado pela ocorrência de geada durante o período de enchimento de grãos. Segundo Mills *et al.* (1984), Thomas (2003) e McClinchey & Kott (2008), a ocorrência de geadas durante o enchimento de grãos pode causar aborto de grãos, principalmente no início do crescimento destes, devido ao alto conteúdo de água no seu interior. Lardom & Triboi-Blondel (1994) observaram que a geada também causa inibição do crescimento do embrião e do enchimento de grãos, levando à inatividade dos mesmos, também podendo causar injurias e redução no tamanho e no peso de grãos (Mills *et al.*, 1984).

Na segunda data de semeadura, TX foi 12,5% superior àquela da terceira data. Isto pode ser explicado em razão da temperatura do ar ultrapassar 30 °C, em alguns

momentos do período de enchimento de grãos, o que reduz a taxa de crescimento de grãos. De acordo com Aude *et al.* (1994), temperatura do ar elevada no período de crescimento de grão, tende a reduzir sua taxa de crescimento e forçar a indução à maturação fisiológica. Já na cultura do milho, Didonet *et al.* (2001) observaram que, em temperatura do ar mais elevadas, a taxa de crescimento de grãos é maior e, conseqüentemente, ocorre elevação do peso de grãos. Isto indica que as espécies de inverno são sensíveis a temperaturas do ar elevadas, que, no caso da canola temperatura do ar estariam acima de 27 °C, provocando redução na taxa de crescimento e no rendimento final de grãos.

TABELA 25. Coeficientes de ajuste da função Gompertz que descreve o acúmulo de matéria seca de grãos (mg / grau-dia) da canola, nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP) e terço mediano (TM) do primeiro ramo primário (R1), na primeira data de semeadura, e nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal e terços inferior (TI) e mediano (TM) do primeiro ramo primária (R1), nas segunda e terceira datas de semeadura da canola. Coxilha, RS, 2014.

Haste/ramo	Terço	Parâmetros estimados				R ²	VS	Ponto de inflexão		TX (mg)
		Ag(*)	Bg	Cg	X			Y		
Primeira data de semeadura										
HP	TM	0,1364	-0,6390	0,3567	0,98	1,15	416	0,42	0,0020	
HP	TS	0,9200	-1,0515	0,2485	0,97	2,51	596	0,93	0,0031	
R1	TM	0,0181	-0,7953	0,5798	0,95	1,03	378	0,38	0,0031	
Média		0,3461	-0,8286	0,3950	0,97	1,56	463	0,57	0,0027	
Segunda data de semeadura										
HP	TI	1,4932	-0,8502	0,3567	0,99	4,45	502	1,65	0,0053	
HP	TM	1,3576	-1,4117	0,4943	0,99	3,89	459	1,44	0,0065	
HP	TS	1,2391	-1,1752	0,2877	0,99	3,45	466	1,28	0,0067	
R1	TI	1,3418	-1,4043	0,4620	0,99	3,83	479	1,42	0,0059	
R1	TM	1,2531	-1,1598	0,5276	0,99	3,50	482	1,30	0,0062	
Média		1,3369	-1,2002	0,4257	0,99	3,82	478	1,41	0,0061	
Terceira data de semeadura										
HP	TI	1,4367	-0,8275	0,3857	0,99	4,21	477	1,56	0,0055	
HP	TM	1,4803	-1,1697	0,1863	0,98	4,39	542	1,63	0,0061	
HP	TS	1,7406	-1,6450	0,1625	0,99	2,54	475	0,94	0,0067	
R1	TI	1,0580	-1,0481	0,3425	0,99	2,88	457	1,07	0,0050	
R1	TM	0,7133	-0,8737	0,4005	0,99	2,04	455	0,76	0,0041	
Média		1,2858	-1,1128	0,2955	0,99	3,21	481	1,19	0,0055	

(*) Ag, Bg e Cg= são parâmetros do modelo, VS= valor assintótico, TX= taxa de crescimento da matéria seca de grãos.

Comparando os dados de peso médio de grãos observado e estimado, entre as datas de semeadura (Apêndices 30, 31, 32 e Tabela 25) verifica-se que o peso observado ou estimado pelo modelo Gompertz foi menor na primeira data, em comparação à segunda data de semeadura. Isto pode ser atribuído à ocorrência de geada, como foi explicado anteriormente. Entre as segunda e terceira datas de semeadura, verifica-se que o menor peso de grão ocorreu na terceira data, com diferença de 16%. Sendo assim, pode-se inferir que, em condições de temperatura mais elevada, como foi o caso da terceira data de semeadura, a taxa de crescimento é menor, com consequente redução no peso de cada grão, como relatado anteriormente.

5 CONCLUSÕES

O aumento nas doses de nitrogênio, aplicado em cobertura, resulta em maior eficiência e uniformidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas estruturas reprodutivas da canola.

A evolução da matéria fresca de siliques é afetada pelas condições do ambiente, independentemente da posição em que essas se localizam na inflorescência da canola.

A maior produção de matéria seca de siliques ocorre na haste principal e no terço inferior da inflorescência da canola.

A matéria seca de grãos é maior na haste principal que nos ramos e é maior no terço inferior que nos demais estratos da inflorescência da canola.

O acúmulo de matéria seca de grãos por síliqua da canola é afetado pela ocorrência de geadas durante o período de florescimento e enchimento de grãos.

A taxa de crescimento de grãos da canola não é influenciada por diferentes doses de nitrogênio aplicado em cobertura.

A taxa de crescimento de grãos da canola é afetada por condições de ambiente, decorrentes da variação na época de semeadura.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, M. N.; HEIDMANN, T.; PLAUBORG, F. The effects of drought and nitrogen on light interception, growth and yield of winter oilseed rape. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science**, Copenhagen, v.46, n.1, p.55-67, Mar 1996.

ANGADI, S. V. et al. Response of three Brassica species to high temperature stress during reproductive growth. **Canadian Journal of Plant Science**, Canadá, v.80, n.4, p.693-701, 2000. .

AUDE, M. I. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1533-1539, 1994.

BENNETT, E. J.; ROBERTS, J. A.; WAGSTAFF, C. The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. **New Phytologist**, Cambridge, v.190, n.4, p.838-853, 2011.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da estação experimental da UFRGS** (e região de abrangência). Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77 p.

BRUNEL-MUGUET, S. et al. Light Restriction Delays Leaf Senescence in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.32, n.3, p.506-518, Sep 2013.

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

CHARTIER, M. et al. Bilan radiatif d'un couvert de colza. In: LE COLZA: presented at 6. Congres International, Paris, FRA 1983. [Paris, 2003]. (p.154-165).

CLARKE, J. M. Intra-Plant variation in number of seeds per pod and seed weight in brassica napus'tower'. **Canadian Journal of Plant Science**, Canadá, v.59, n.4, p.959-962, 1979.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, safra 2014/2015, décimo primeiro levantamento, janeiro 2015. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, 2015. 90 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015_a.pdf>. Acesso em: 13 jun.2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, safra 2014/2015, décimo primeiro levantamento, julho 2015. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, 2015. 109 p. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_08_59_32_boletim_graos_julho_2015_b.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

COSTA, J. A.; TEIXEIRA, M. C. C.; MARCHEZAN, E. Taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com o rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1577-1582, 1991.

CUNHA, G. R. et al. Modelagem do crescimento de grão em cultivares de soja. In: SOJA: resultados de pesquisa 1997/1998. Passo Fundo: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1998. p.96-112.

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

DALMAGO, G. A. et al. Canola. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Coord.). **Agrometeorologia dos cultivos:** o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p.131-150

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

DALMAGO, G.A. et al. Zoneamento agroclimático de canola para o Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 76 p.

DIDONET, A. D. et al. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.447-456, 2001.

DIEPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.67, p.35-49, 2000.

DIEPENBROCK, W.; GEISLER, G. Compositional changes in developing pods and seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by pod position on the plant. **Canadian Journal of Plant Science**, Canadá, v.59, n.3, p.819-830, 1979.

DRECCER, M. F. et al. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilisation efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. **Plant and Soil**, Holanda, v.220, n.1-2, p.189-205, 2000..

EDWARDS, J.; HERTEL, K. **Canola Growth and Development**. 2011. Disponível em: <http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/448450/Canola-growth-and-development.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2015.

FARAJI, A. Flower formation and pod/flower ratio in canola (*Brassica napus* L.) affected by assimilates supply around flowering. **International Journal of Plant Production**, Gorgan, v.4, n.4, 2010.

FERNANDES, R. B. **Glossário de termos botânicos**: Anuario, 1972. Disponível em: http://www.uc.pt/senado/herbario_digital/glossario/ acesso em: 04 ago. 2015.

FOCHESATTO, E. **Fenologia da colza em diferentes ambientes no Rio Grande do Sul**. 2012. 54 f. Relatório de Estágio (Graduação) - Curso de Graduação em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai – IDEAU, Getúlio Vargas, 2012.

FRAY, M. J. et al. Physiological assessment of apetalous flowers and erectophile pods in oilseed rape (*Brassica napus*). **The Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v.127, n.02, p.193-200, 1996.

FRIEDT, W.; SNOWDON, R. Oilseed rape. In: VOLMANN, J.; RAJCAN, I. (Ed.). **Oil crops**. New York: Springer, 2009. Disponível em: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-77594-4_4.pdf> Acesso em: 20 jul. 2015.

FUNCK, G. R. D.; FERNANDES, J. M. C.; PIEROBOM, C. R. Modelagem do enchimento de grãos em cultivares de trigo na presença de doenças foliares. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.1, p.77-90, 2008.

GABRIELLE, B. et al. A model of leaf area development and senescence for winter oilseed rape **Field Crops Research**, Amsterdam, v.57, p.209-222, 1998.

GAMMELVIND, L. H. et al. Photosynthesis in leaves and siliques of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Plant and Soil**, Holanda, v.186, n.2, p.227-236, Oct 1996.

GHOSH, R.; CHATTERJEE, B. Contribution of Primary Branches to Grain Yield of Indian Mustard (*Brassica juncea* L.). **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v.38, n.1, p.49-57, 1988.

GRODZKI, L. et al. Risco de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1 p.93-99, 1996.

HABEKOTTE, B. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.35, n.1, p.21-33, 1993.

HOCKING, P. J.; MASON, L. Accumulation, Distribution and Redistribution of Dry-Matter and Mineral Nutrients in Fruits of Canola (Oilseed Rape), and the Effects of Nitrogen-Fertilizer and Windrowing. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.44, n.6, p.1377-1388, 1993.

HUA, S. et al. Chlorophyll and carbohydrate metabolism in developing silique and seed are prerequisite to seed oil content of *Brassica napus* L. **Botanical Studies**, Indianapolis, v.55, n.1, p.34, 2014.

INMET. **Normais Climatológicas.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 14 mar. 2015.

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

JACOB JÚNIOR, E. A. et al. Changes in canola plant architecture and seed physiological quality in response to different sowing densities. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.1, p.14-20, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n1/a02v34n1.pdf>>. Acesso em: 10 abril. 2015.

JULLIEN, A. et al. Characterization of the interactions between architecture and source-sink relationships in winter oilseed rape (*Brassica napus*) using the GreenLab model. **Annals of Botany**, London, v.107, n.5, p.765-779, Apr 2011.

JUSTES et al. Effect of crop nitrogen status and temperature on the radiation use efficiency of winter oilseed rape. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.13, p.165-177, 2000.

KAEFER, J. E. **Resposta da canola a fontes, doses e parcelamento de nitrogênio.** 2012. 108 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Doutorado em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná Campus Marechal Candido Rondon, Marechal Candido Rondon, 2012.

KOVALESKI, S. **Efeitos da geada em canola (*brassica napus* L.) em função da distribuição da palha na superfície do solo.** 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

KRÜGER, C.A.M.B. et al. 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.

LARDON, A.; TRIBOI-BLONDEL, A. M. Freezing-Injury to Ovules, Pollen and Seeds in Winter Rape. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 45, n. 277, p. 1177-1181, Aug 1994.

LUZ, G. L. da et al. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1549-1555, 2012.

MAJOR, D. J.; BOLE, J. B.; CHARNETSKI, W. A. Distribution of photosynthates after ¹⁴CO₂ assimilation by stems, leaves, and pods of rape plants. **Canadian Journal of Plant Science**, Canadá, v.58, n.3, p.783-787, 1978.

MARTORANO, L. **Padrões de resposta da soja a condições hídricas do sistema solo-planta-atmosfera, observados no campo e simulados no sistema de suporte à decisão DSSAT.** 2007. 151 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

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

MENDHAM, N. J.; SHIPWAY, P. A.; SCOTT, R. K. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). **The Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v.96, n.02, p.389-416, 1981.

MILLS, J. T.; CAESELE, L. VAN; DAUN, J. K. Effect of frost on hull structure of canola seeds. **Canadian journal of plant science**, Canadá, v.64, n.4, p.841-848, 1984.

MOGENSEN, V. O. et al. Pod photosynthesis and drought adaptation of field grown rape (*Brassica napus*). **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.6, p.295-307, 1997.

MONSI, M.; SAEKI, T. The light factor in plant communities and its significance for dry matter production. **Japanese Journal of Botany**, Tokyo, v.14, p.22-52, 1953.

MORRISON, M. J.; STEWART, D. W. Heat stress during flowering in summer *Brassica*. **Crop Science**, Madison, v.42, n.3, p.797-803, 2002.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, p.27-33, 2005.

NIED, A. H. et al. Eficiência de interceptação de radiação solar por estruturas vegetativas e reprodutivas da canola –In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 1., 2014, Passo Fundo, RS. **Anais**. Passo Fundo, 2014. Disponível em: <[www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Astor NIED](http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Astor%20NIED)>. Acesso em: 10 de abr.de 2015.

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

NORTON, G.; HARRIS, J. F. Compositional changes in developing rape seed (*Brassica napus* L.). **Planta**, Berlin, v.123, n.2, p.163-174, 1975.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **Consensus document on the biology of *Brassica napus* L. (Oilseed rape)**. Paris, 1997. 32 p. (Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology. N°7) Disponível em: <<http://www.oecd.org/science/biosafety-biotrack/27531440.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

OMETTO, A. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981. 440 p.

PANDOLFO, C. **Parâmetros básicos para uso na modelagem do rendimento de matéria seca em alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 1995. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

PARIS, F. C. et al. Eficiência de interceptação e coeficiente de extinção da radiação solar fotossinteticamente ativa pelo trigo In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TRIGO, 5., 2013, Passo Fundo. **Resumo...** Passo Fundo, 2013. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/av/p_av01.htm>. Acesso em: 10 de maio de 2015.

PAVLISTA, A. D. et al. Comparative growth of spring-planted canola, brown mustard and camelina. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.36, n.1, p.9-13, mar. 2012.

PERREIRA, A.; ARRUDA, H, V. **Ajuste prático de curvas na pesquisa biológicos**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 50p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

PINTO, D. G. **Resposta espectral da canola em função da adubação nitrogenada**. 2015. 88 f. Dissertação. (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

RAPACZ, M. Frost resistance and cold acclimation abilities of spring-type oilseed rape. **Plant Science**, Limerick, v.147, p.55-64, 1999.

RAPACZ, M.; TOKARZ, K.; JANOVWIAK, F. The initiation of elongation growth during long-term low-temperature stay of spring-type oilseed rape may trigger loss of frost resistance and changes in photosynthetic apparatus. **Plant Science**, Limerick, v.161, p.221-230, 2001.

RIFE, C.L.; ZEINALI, H. Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations. **Crop Science**, Madison, v.43, p96-100, 2003.

Rode, J.C., Gosse, G., Chartier, M. Vers une modelisation de la production de graines du colza de printemps. CETIOM Informations Techniques (82), 10-20. 1984. <http://prodinra.inra.fr/record/1659>.

ROSE, T. J. et al. Post-flowering supply of P, but not K, is required for maximum canola seed yields. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.28, n.3, p.371-379, 2008.

SCHEEREN, P. L. et al. **BRS Parrudo**: trigo melhorador elevado rendimento de grãos. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Serviço de Produtos e Mercado - Escritório de Negócios de Passo Fundo, 2013. (1 folder). Acesso em: 29 maio de 2015. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1003283>

SHEORAN, I. S. et al. In vivo Fixation of Co₂ by Attached Pods of Brassica-Campestris L. **Annals of Botany**, London, v. 67, n. 5, p. 425-428, may 1991.

SISTEMA de produção para a colza oleaginosa. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v.1, n.55, p.3-11, 1981.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2º Ed. Porto Alegre: EMATER/RS – ASCAR, 2008. 220 p.

TAKASHIMA, N. E. et al. Environmental factors affecting yield variability in spring and winter rapeseed genotypes cultivated in the southeastern Argentine Pampas. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.48, p.88-100, Jul 2013.

TASSEVA, G. et al. Changes in the endoplasmic reticulum lipid properties in response to low temperature in Brassica napus. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.42, p.811-822, 2004.

THOMAS, P. **Canola: grower's manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada. 2003. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/crop-production/canola-grower's-manual-contents/chapter-2-canola-varieties/canola-varieties#brassica>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication of Climatology**. New Jersey, v.8, 104, p.1955.

TOMM, G. O.; SMIDERLE, O.; RAPOSO, R. W. C. Which is the lowest latitude for canola production In: INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 6., 2012, Bento Gonçalves. [**Proceedings...**]. [Bento Gonçalves, 2012]. 1 pen drive. Oral presentation, Resumo 3198.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 113). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm>. Acesso em: 23 jul. 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **OILSEEDS: World Markets and Trades**. 2013. (Circular Series Forp - 045 13/05/2013). Disponível em: <<http://usda01.library.cornell.edu/usda/fas/oilseed-trade//2010s/2013/oilseed-trade-05-10-2013.pdf>> Acesso em: 31 jul. 2013

VARLET-GRANCHER, C. et al. Mise point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v.9, p.419-439, 1989.

WANG, X. et al. Variability and regulation of the number of ovules, seeds and pods according to assimilate availability in winter oilseed rape (Brassica napus L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.122, n.1, p.60-69, 2011.

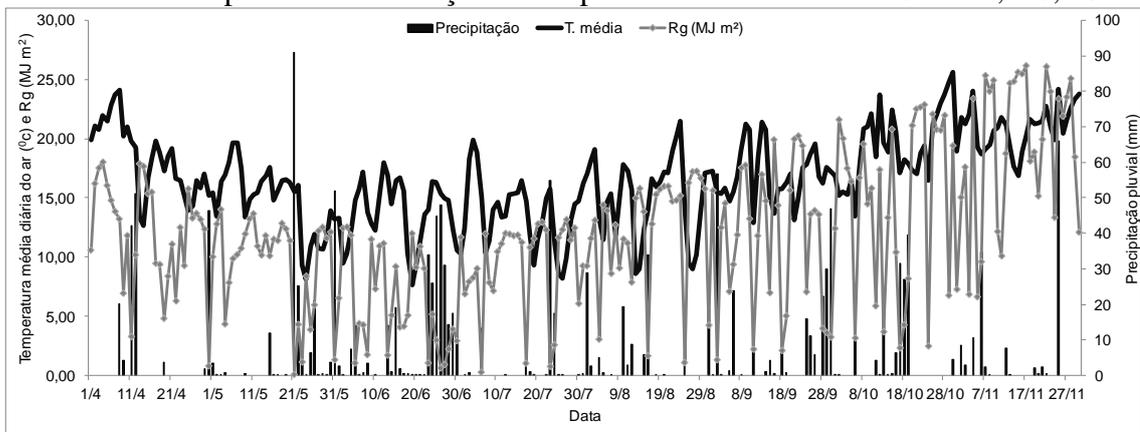
WESTGATE, Mark E. et al. Effect of water deficits on seed development in soybean II. Conservation of seed growth rate. **Plant Physiology**, Washington, v.91, n.3, p.980-985, 1989.

YATES, D. J.; STEVEN, M. D. Reflexion and absorption of solar radiation by flowering canopies of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). **The Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v. 109, n. 03, p. 495-502, 1987.

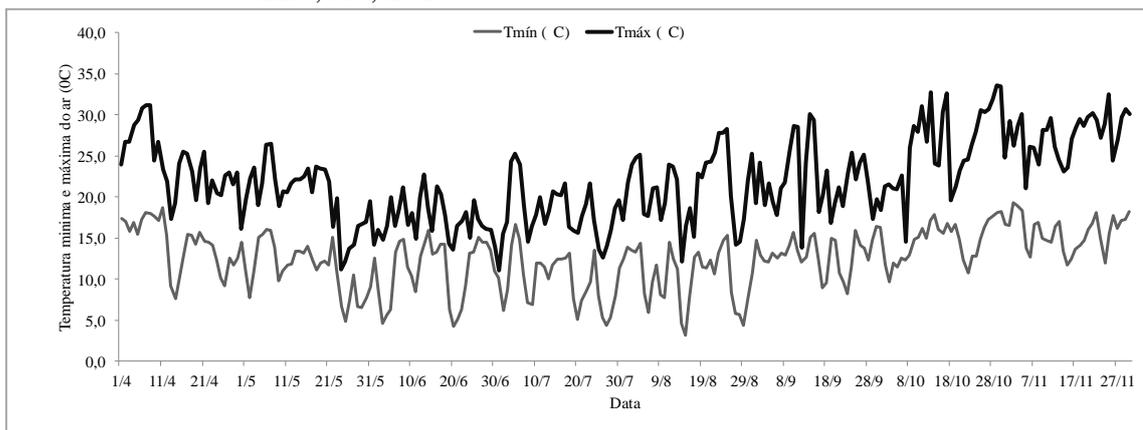
YUNUSA, I. A. M. et al. Effect of canopy structure on efficiency of radiation interception and use in spring wheat cultivars during the pre-anthesis period in a mediterranean-type environment. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.35, p.113-122, 1993.

7 APÊNDICES

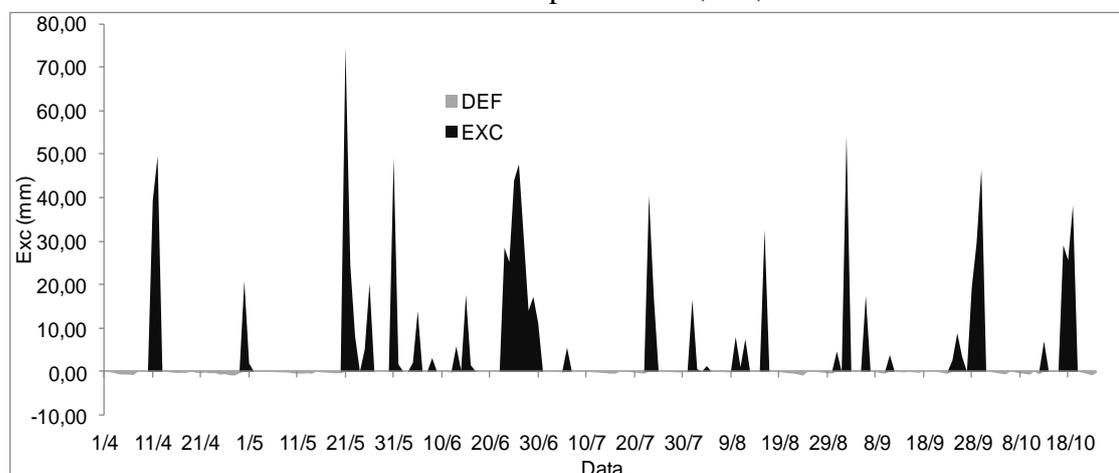
APÊNDICE 1. Temperatura do ar média, totais de radiação global e totais de precipitação pluvial, em valores diários, de abril a novembro de 2014, período de execução dos experimentos com canola. Coxilha, RS, 2014



APÊNDICE 2. Temperaturas do ar mínima e máxima diárias, de abril a novembro de 2014, período de execução dos experimentos com canola. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 3. Excesso (Exc, valores positivos) e deficiência hídrica (Def, valores negativos) calculados por balanço hídrico climático (Thornthwaite-Mather, 1955), entre abril e novembro de 2014, período em que os experimentos de doses de nitrogênio e épocas de semeadura de canola foram conduzidos no campo. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 4. Número de ramos (NR), número de síliquas (NSLQ) e número de síliquas abortadas (NSLQAB) por planta, em função de doses de nitrogênio (doses de N) aplicado em cobertura. Coxilha, RS, 2014.

Doses de N	NR	NSLQ	NSLQAB
10	4,8 a ^(*)	291 ab	68 ab
20	4,7 a	264 b	53 b
40	4,9 a	301 ab	54 ab
80	5,0 a	276 b	53 b
160	5,3 a	426 a	100 a
Média	4,9	312	66
CV (%)	25	51	35

^(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os tratamentos. CV= coeficiente de variação.

APÊNDICE 5. Matéria fresca de siliques da haste principal, nos terços mediano e superior da inflorescência da canola, em diferentes doses de nitrogênio (10, 20, 40, 80, 160 kg ha⁻¹) aplicado em cobertura, para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Acúmulo térmico (graus-dia)	Terço	Doses de N (kg ha ⁻¹) / Matéria fresca de síliqua (mg)					Média	CV (%)
		10	20	40	80	160		
212 ^(**)	Mediano	88	120	66	109	53	87 A	33,6
	Superior	45	77	50	67	17	52 B	
	Média	66 ab ^(*)	98 a	58bc	88 ab	35 c		
267	Mediano	247	142	182	216	142	186 A	44,2
	Superior	181	77	110	201	83	130 B	
	Média	214 a	110 b	146 ab	208 ab	112 ab		
344	Mediano	300	274	245	207	212	248 A	25,9
	Superior	219	175	187	195	118	179 B	
	Média	260 a	224 ab	216 ab	201 ab	165 b		
425	Mediano	289	316	327	290	340	312 A	17,2
	Superior	282	285	277	245	282	274 B	
	Média	286 a	301 a	302 a	267 a	311 a		
513	Mediano	298	295	313	289	277	294 A	16,9
	Superior	293	243	277	273	229	263 B	
	Média	296 a	269 a	295 a	281 a	253 a		
596	Mediano	271	332	260	275	244	277 A	13,6
	Superior	259	252	253	240	230	247 A	
	Média	265 ab	292 a	257 ab	258 ab	237 b		
684	Mediano	566	612	600	574	603	591 A	8,3
	Superior	570	594	579	556	563	573 A	
	Média	568 a	603 a	590 a	565 a	583 a		
765	Mediano	277	252	271	266	158	245 A	19,5
	Superior	285	227	245	221	203	236 A	
	Média	281 a	239 ab	258 a	244 ab	180 b		
887	Mediano	462aA	446aA	407bA	456aA	416bA	437	11,9
	Superior	448abA	468aA	422bA	455aA	425bA	444	
	Média	455	457	415	456	420		

^(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula e maiúscula entre as doses de N e os terços não diferem entre si respectivamente, em cada coleta realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação ^(**) os valores de acúmulo térmico (Graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

APÊNDICE 6. Matéria fresca de siliques do primeiro ramo primário emitido, entre os terços mediano e superior da inflorescência de canola, para doses de nitrogênio (10, 20, 40, 80, 160 kg ha⁻¹) aplicado em cobertura, para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Doses de N	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria fresca de síliqua (mg)								
	212 ^(**)	267	344	425	513	596	684	765	887
10	63 a ^(*)	170 a	219 a	242 a	257 a	253 a	559 a	224 a	469
20	88 a	99 a	166 a	261 a	232 a	263 a	544 a	244 a	468
40	42 a	142 a	203 a	276 a	256 a	240 a	556 a	234 a	406
80	85 a	141 a	200 a	266 a	237 a	240 a	545 a	197 a	430
160	20 a	87 a	159 a	253 a	193 a	199 a	579 a	186 a	402
CV (%)	78,4	34,9	36,5	23,9	25,05	11,7	8,3	18,6 a	9,3

^(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre as doses de N em coleta realizada, teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (Graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

APÊNDICE 7. Matéria fresca de siliquas dos terços mediano (HPTM) e superior (RPTS) da haste principal da inflorescência, após a floração da primeira data de semeadura da canola, para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Terço	Acúmulo térmico (graus-dia) / Matéria fresca de síliqua (mg)					
	283 ^(**)	334	420	494	576	659
HPTM	86 a ^(*)	223 a	259 a	271 a	253 a	540 a
HPTS	47 b	152 b	220 b	247 a	224 b	551 a
CV (%)	23	23	16	13	16	6

^(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula entre os terços não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (Gaus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquas.

APÊNDICE 8. Matéria fresca de siliquas em diferentes datas de coleta, para os terços inferior (RPTI), mediano (RPTM) e superior (RPTS) da inflorescência de canola, em duas datas de semeadura (segunda e terceira), para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia).

Acúmulo térmico (Gaus-dia)	Matéria fresca por síliqua (mg) / terço				
	HPTI	HPTM	HPTS	Média	CV (%)
58 ^(**)	26	.	.	26	
177 ^(***)	109	43	18	57	53
Média	68	43	18		
151	168	42	10	73 B	
299	385	294	195	292 A	49
Média	277 a ^(*)	168 b	103 c		
245	328	214	95	212 B	
396	366	253	160	260 A	33
Média	347 a	233 b	127 c		
407	454	392	306	384 A	
539	304	254	156	238 B	20
Média	379 a	323 b	231 c		
515	395	331	273	333	
640	316	283	172	257	20
Média	356 a	307 b	223 c		
602	351	283	232	288	20
687	240	184	183	202	35

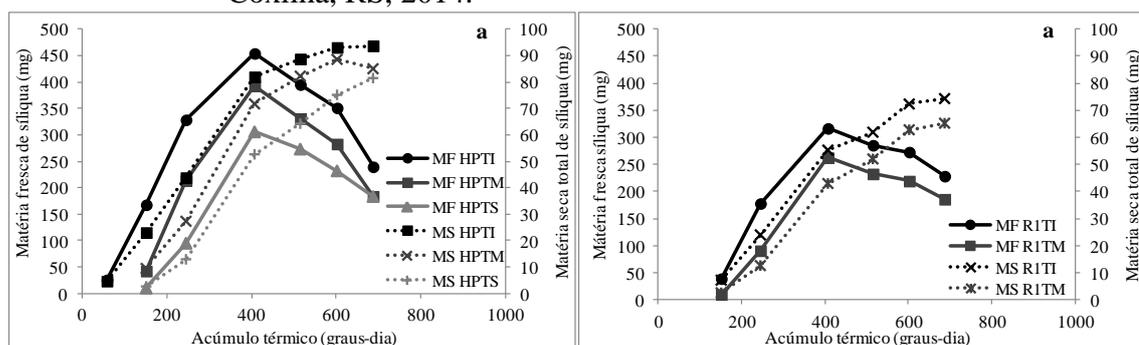
^(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula e minúscula entre os terços não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) Representa a segunda data de semeadura para cada uma das avaliações realizadas. ^(***) represente a terceira data de semeadura para cada uma das avaliações realizadas.

APÊNDICE 9. Matéria fresca de síliques para os terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário da canola, em duas datas de semeadura (segunda e terceira), para distintos valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

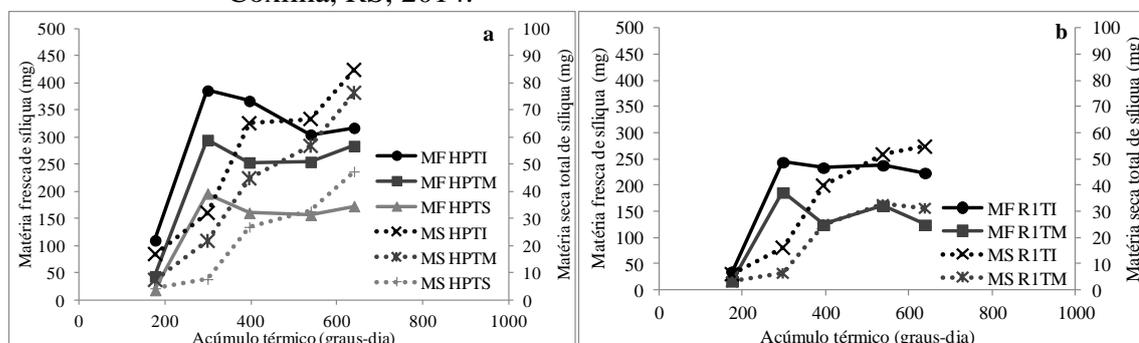
Acúmulo térmico (Graus dia)	Matéria fresca por síliqua (mg) / terço			CV (%)
	R1TI	R1TM	Média	
58 (**)	39	10	25 A	45
177 (***)	36	17	28 A	
Média	37 a	13 b		
151	178	90	134 B(*)	68
299	244	187	215 A	
Média	211 a(*)	138 b		
245	316	262	289 A	32
396	234	125	179 B	
Média	274 a	194 a		
407	285	232	259 A	33
539	238	161	200 B	
Média	262 a	197 b		
515	273 a	219 a	246	29
640	224 a	125 b	174	
Média	248	172		
687	228	186	207	

(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula e minúscula entre os terços não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. (**) Representa a segunda data de semeadura para cada uma das avaliações realizadas. (***) represente a terceira data de semeadura para cada uma das avaliações realizadas

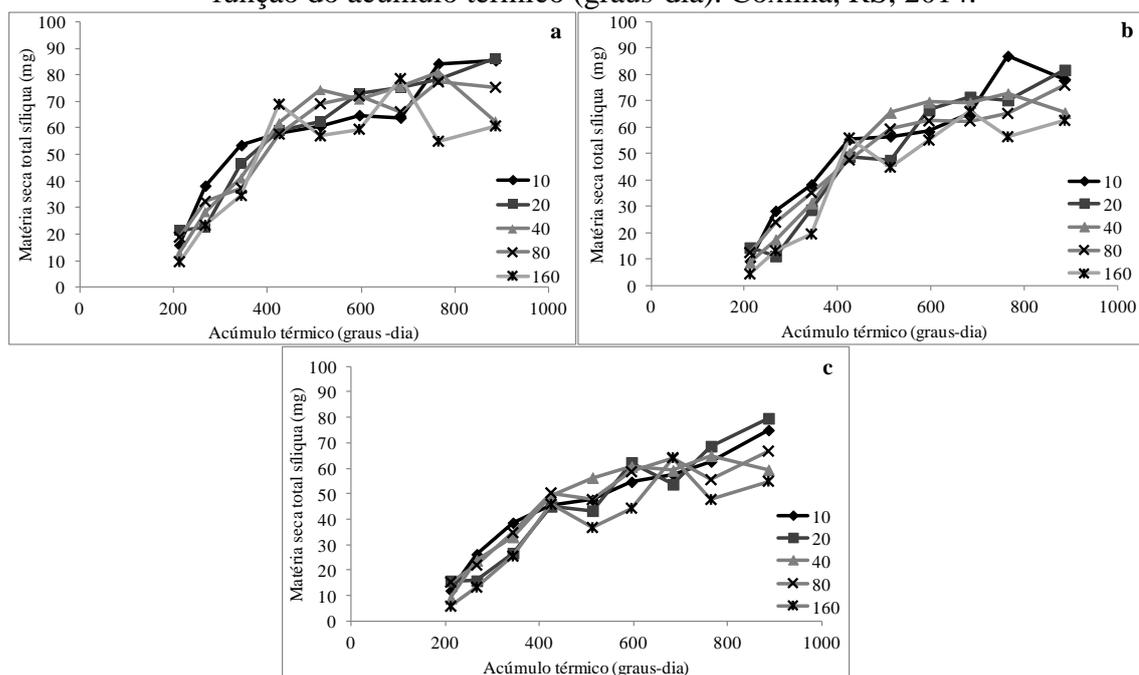
APÊNDICE 10. Matéria fresca de síliques (MF) e matéria seca de síliques (MS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (HP) (a) e para os terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário (R1) (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, na segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



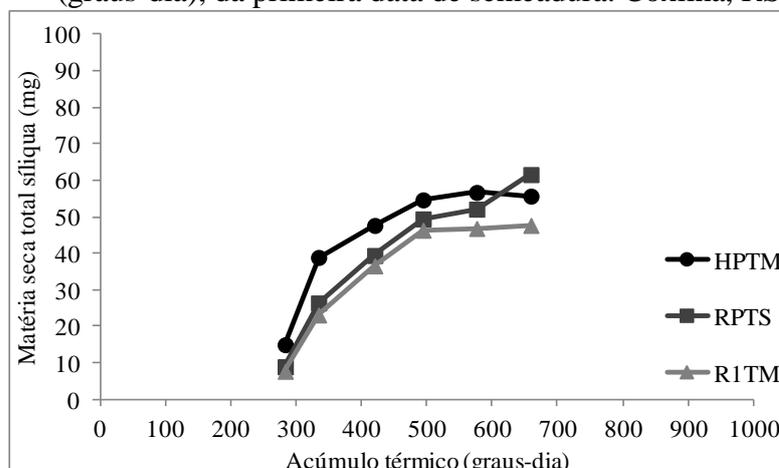
APÊNDICE 11. Matéria fresca de siliquas (MF) e matéria seca de siliquas (MS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (HP) (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário (R1) (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



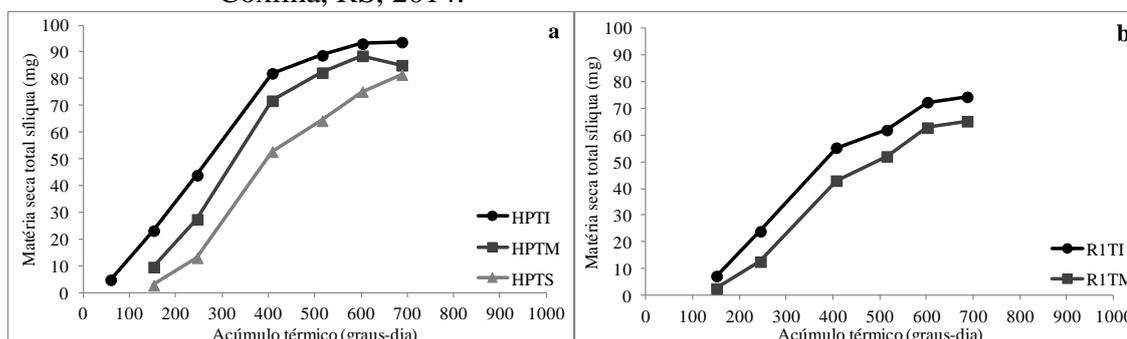
APÊNDICE 12. Matéria seca total de siliquas (MSTS) de canola nos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (kg ha^{-1}), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



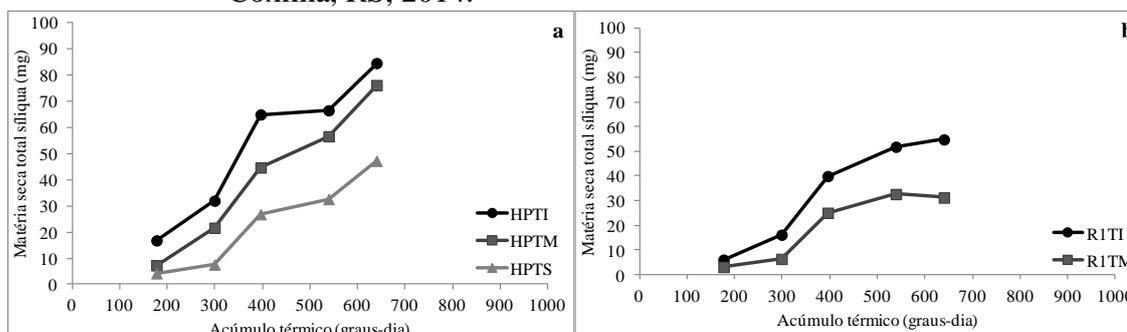
APÊNDICE 13. Matéria seca total de siliques (MSTS) nos terços mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (HP) e no terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido, em função do acúmulo térmico (graus-dia), da primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



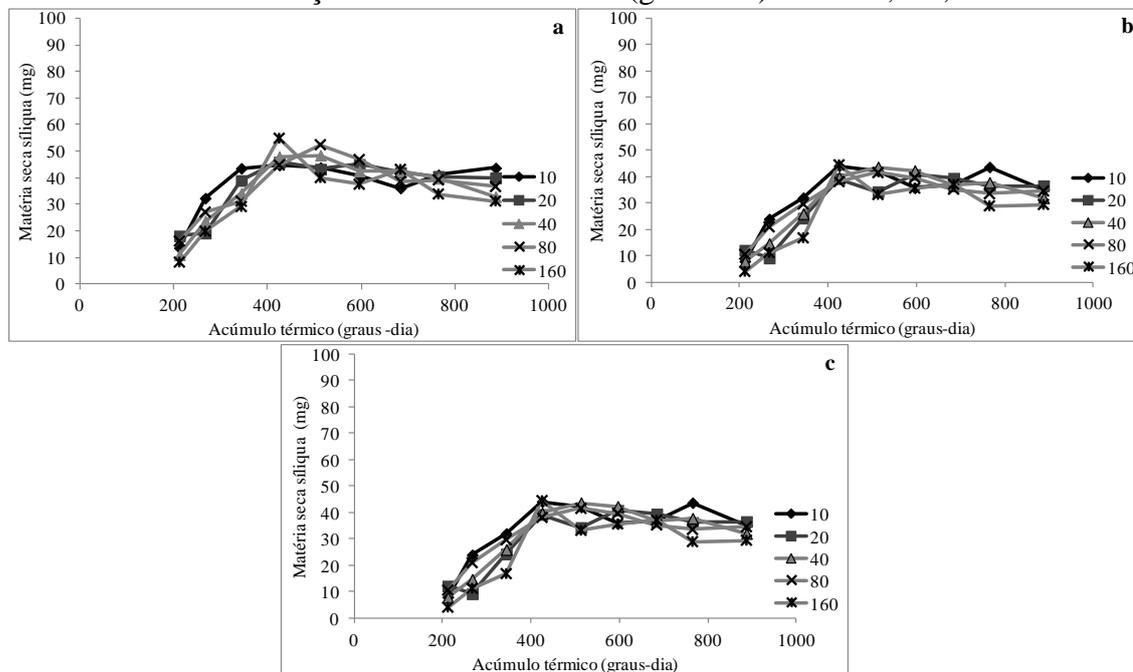
APÊNDICE 14. Matéria seca total de siliques (MSTS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia) da segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



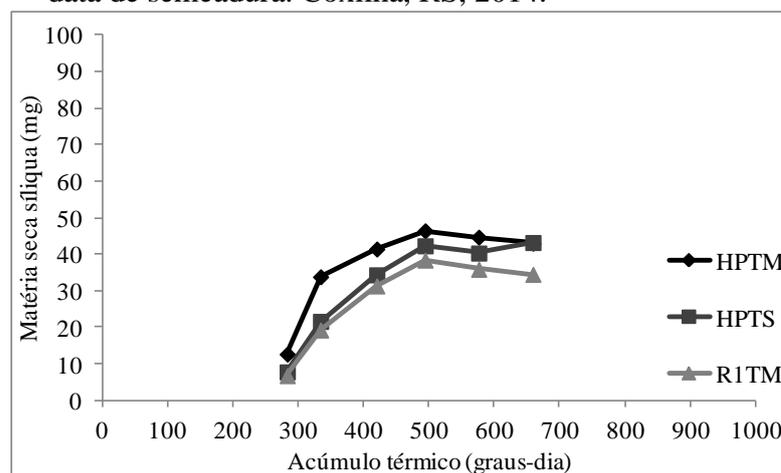
APÊNDICE 15. Matéria seca total de siliques (MSTS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



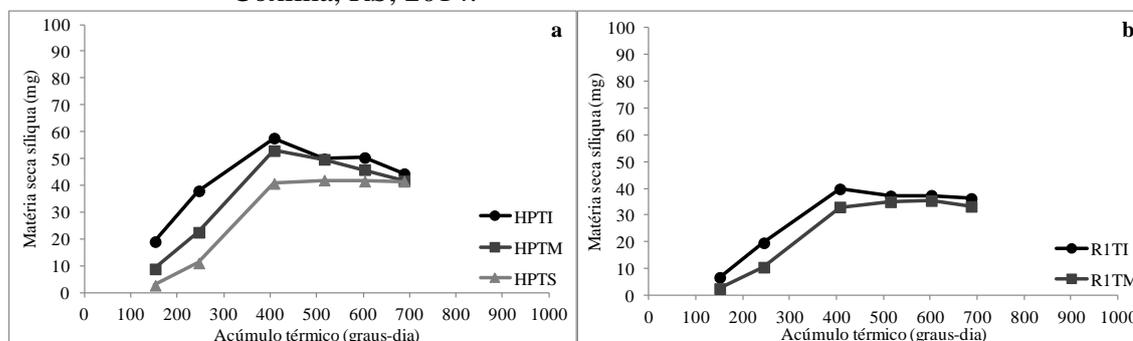
APÊNDICE 16. Matéria seca de síliquas (MSS) nos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (10, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



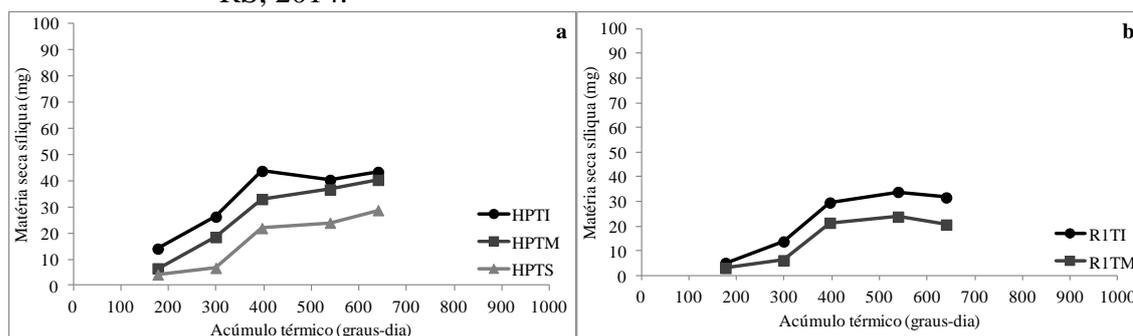
APÊNDICE 17. Matéria seca de síliquas (MSS) nos terços mediano (HPTM) e superior da haste principal (HPTS) e no terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia), na primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



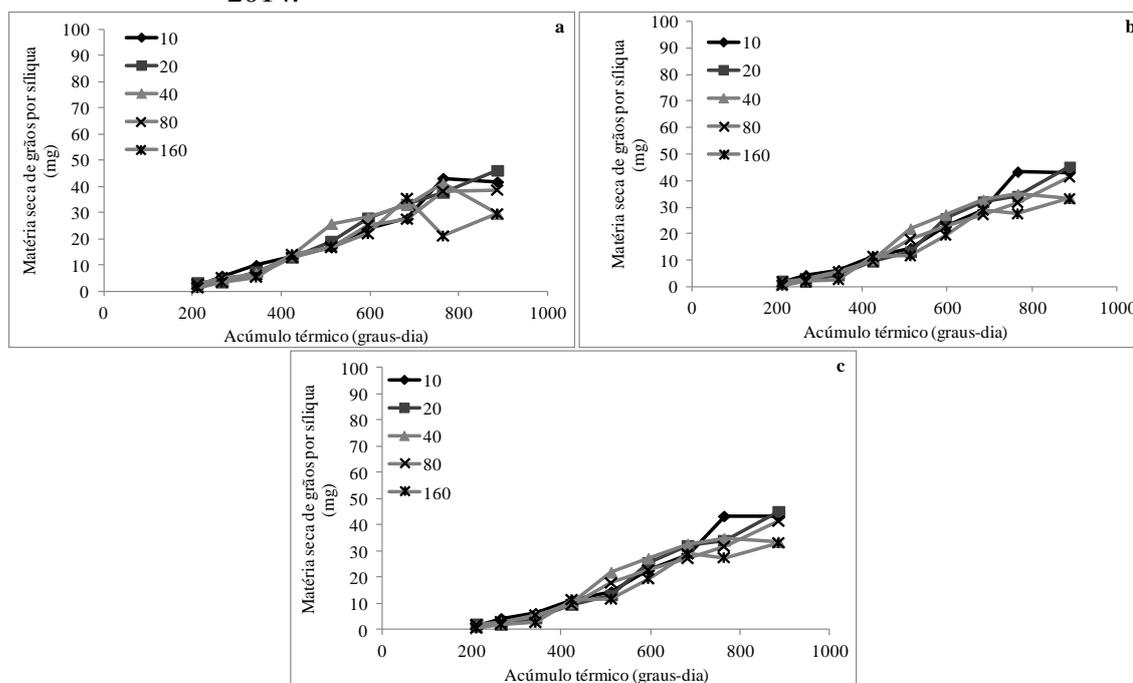
APÊNDICE 18. Matéria seca de siliques (MSS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e no terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia) da segunda data de semeadura, em Coxilha, RS, 2014.



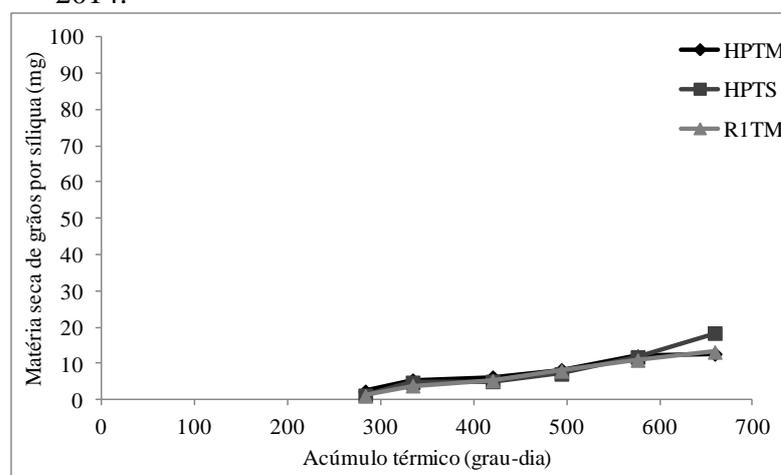
APÊNDICE 19. Matéria seca de siliques (MSS) nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do último ramo primário (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



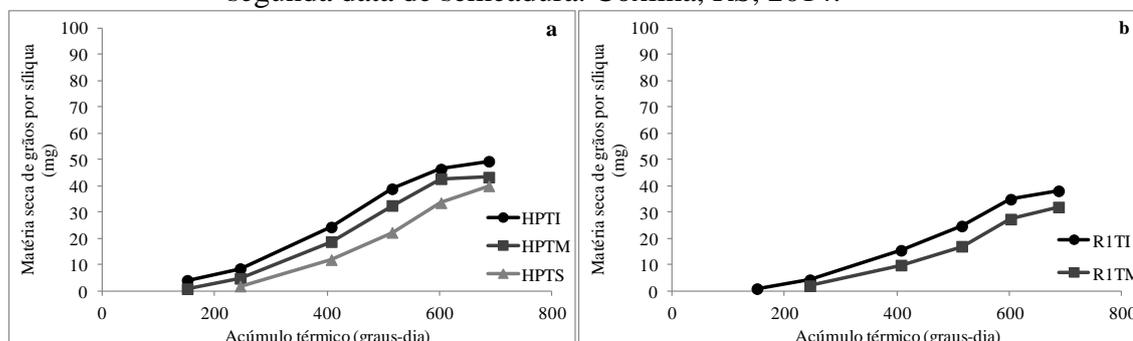
APÊNDICE 20. Matéria seca de grãos por síliqua (MSGs) de canola nos terços mediano (a) e superior (b) da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário, em diferentes doses de nitrogênio aplicado (kg/ha^{-1}), em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



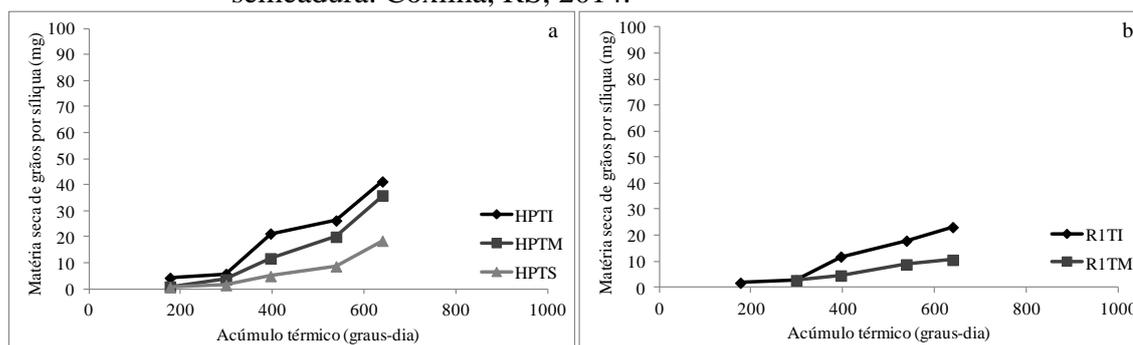
APÊNDICE 21. Matéria seca de grãos por síliquis (MSGs) da canola nos terços mediano (HPTM) e superior da haste principal (HPTS) e no terço mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia), na primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 22. Matéria seca de grãos por síliques (MSGs) de canola nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário, em função do acúmulo térmico (graus-dia) da segunda data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 23. Matéria seca total de síliques nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e terço superior (HPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do último ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) da terceira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 24. Número de grãos por síliqua (NGS) de canola no terço mediano da haste principal (HP) e no primeiro ramo primário (R1), para diferentes doses de N aplicado (kg ha^{-1}), e NGS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), para as mesmas doses de N aplicado, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Número de grãos por síliquis								
	212 ^(**)	267	344	425	513	596	684	765	887
Terço mediano									
Haste/Ramo									
HP	13 a ^(*)	17 a	16 a	16 a	15 a	15 a	13 a	15 a	14 a
R1	11 b	13 a	13 b	13 b	11 b	12 b	11 a	12 b	13 b
CV (%)	28	27	27	19	25	20	22	22	18
Dose de N									
10	13 ab	18 a	16 a	13 a	13 a	14 a	11 a	14 a	15 ab
20	15 a	13 a	16 a	16 a	13 a	15 a	13 a	14 a	15 a
40	11 ab	15 a	16 a	16 a	15 a	14 a	13 a	14 a	12 bc
80	14 ab	16 a	11 a	14 a	13 a	14 a	12 a	12 a	14 ab
160	9 b	14 a	14 a	15 a	11 a	11 a	13 a	12 a	10 c
CV (%)	28	27	27	19	25	20	22	22	18
Haste principal									
Terço									
TM	13 a	17 a	16 a	16 a	15 a	15 a	13 a	15 a	14 a
TS	12 a	15 b	13 b	14 b	12 b	13 a	11 b	12 b	13 b
CV (%)	23	24	21	21	22	19	21	20	
Dose de N									
10	14 a	20 a	16 ab	14 a	13 a	14 a	11 a	15 a	15 a
20	15 a	13 b	17 a	16 a	13 a	14 a	14 a	13 a	15 a
40	12 ab	15 ab	16 ab	15 a	16 a	14 a	14 a	14 a	12 bc
80	14 a	16 ab	11 b	14 a	13 a	15 a	11 a	12 a	14 ab
160	8 b	15 ab	13 ab	15 a	11 a	12 a	12 a	12 a	10 c
CV (%)	23	24	21	21	22	19	21	20	14

^(*) Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquis.

APÊNDICE 25. Número de grãos por síliqua (NGS) da canola no terço mediano (TM) da inflorescência da haste principal (HP) e no primeiro ramo primário (R1), e NGS nos terços mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), na primeira data de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, representadas por valores de acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Número de grãos por síliqua (mg)					
	283 ^(**)	334	420	494	576	659
Ramo						
HP	15 a ^(*)	17 a	16 a	15 a	16 a	18 a
R1	12 b	13 b	14 b	13 b	14 b	15 b
CV (%)	26	22	20	21	20	14
Terço						
TM	15 a	17 a	16 a	15 a	16 a	18 a
TS	11 b	15 b	15 a	13 b	13 b	17 b
CV (%)	27	15	18	20	21	14

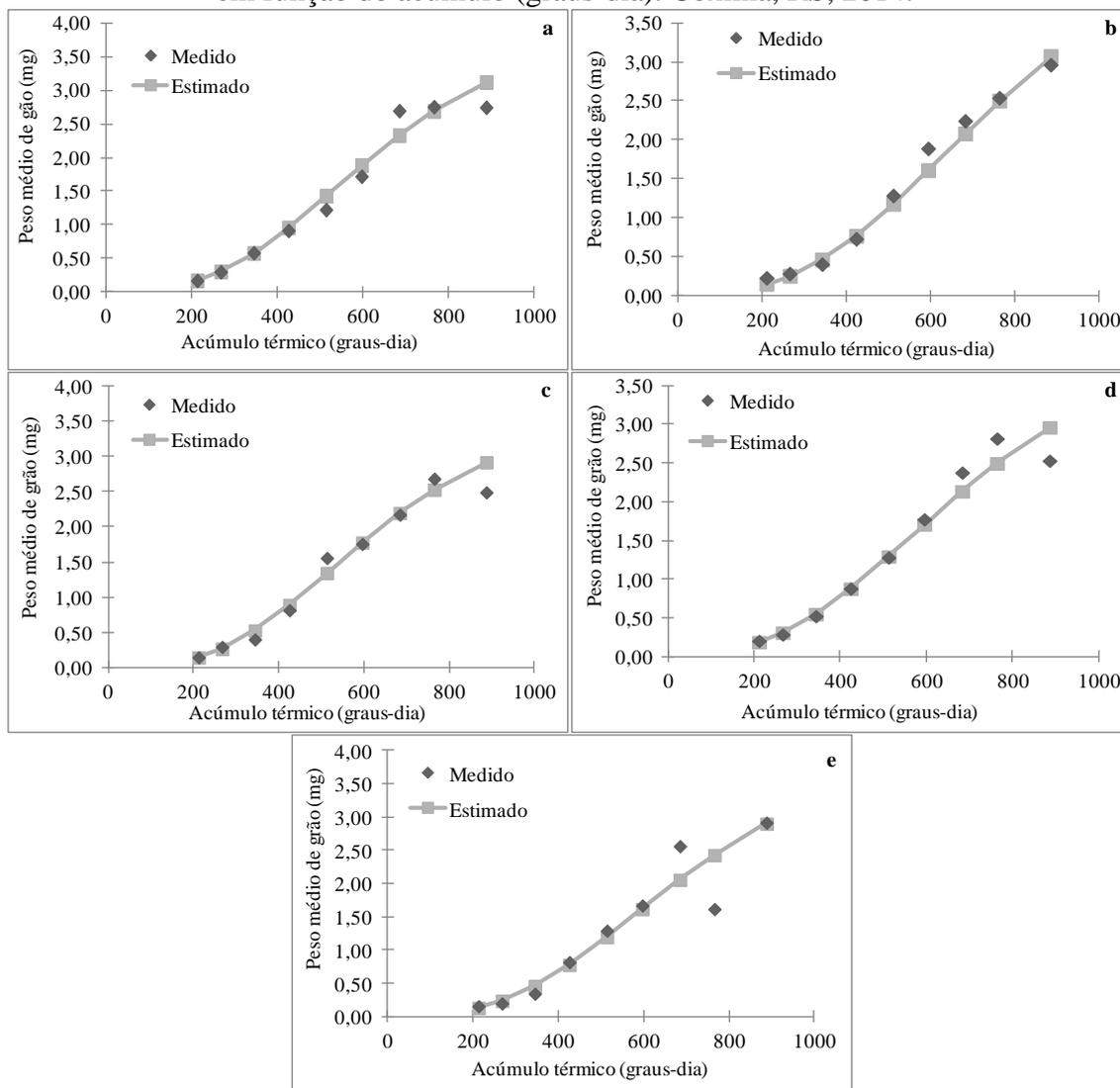
^(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramos em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV= coeficiente de variação. ^(**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquas.

APÊNDICE 26. Número de grãos por siliqua (NGS) da canola nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1), MSTS nos terços inferior (TI) e mediano (TM) da haste principal (HP) e do primeiro ramo primário (R1) e NGS nos terços inferior (TI), mediano (TM) e superior (TS) da haste principal (HP), nas segunda e terceira datas de semeadura da canola, em distintas datas de avaliação, em função do acúmulo térmico (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.

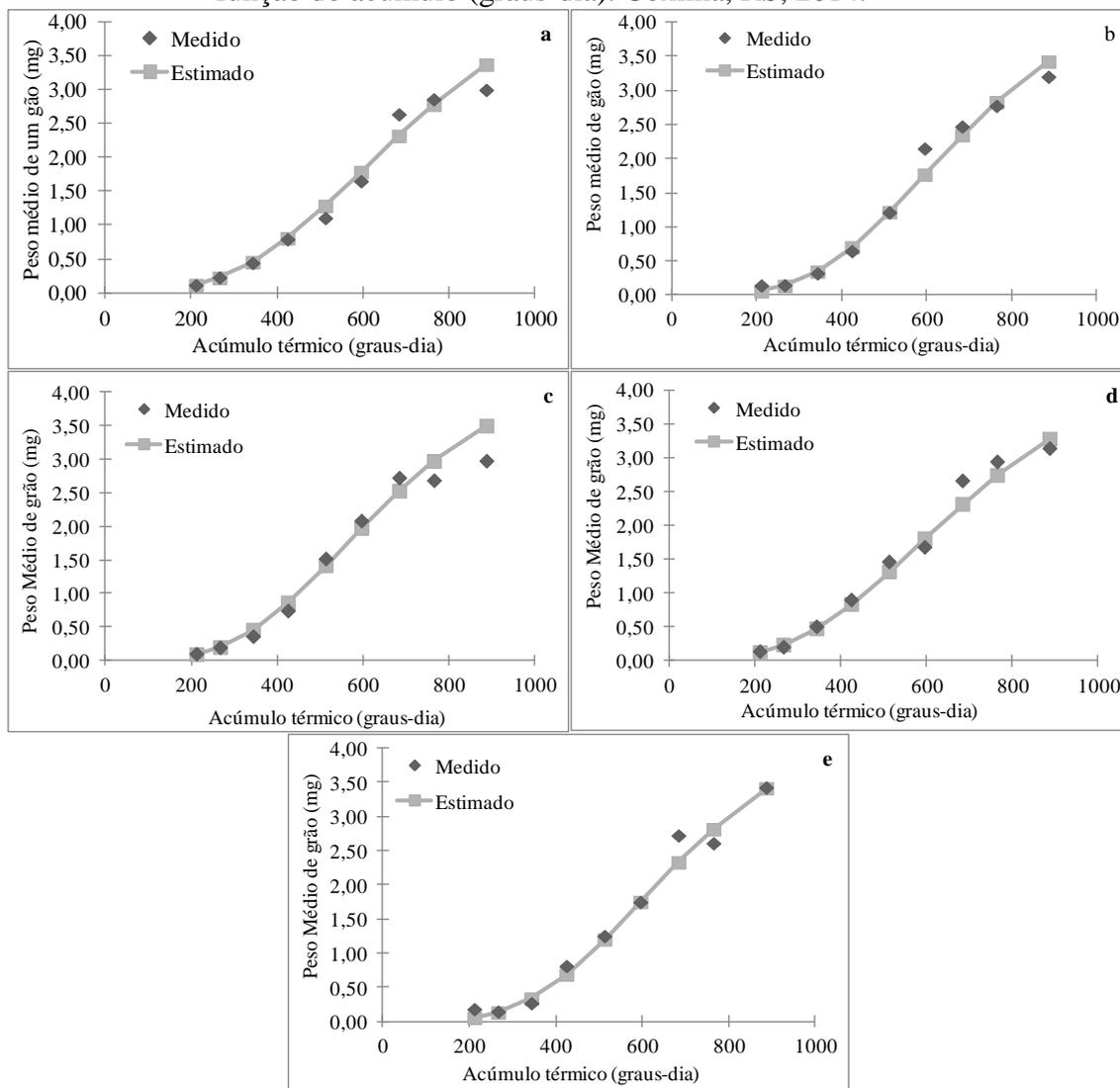
Tratamento	Acúmulo térmico (graus-dia) / Número de grãos por siliqua					
	151 ^(**)	245	407	515	602	687
Segunda data de semeadura						
Terços inferior e médio						
Haste/Ramo						
HP	18	18 a ^(*)	19 a	18 a	19 a	18 a
R1	-	15 b	15 b	13 b	15 b	14 b
CV (%)	-	19	20	17	19	
Haste principal e ramo primário						
Terço						
TI	17	19 a	18 a	17 a	18 a	17 a
TM	-	15 b	16 b	14 b	16 b	15 b
CV (%)	-	19	20	17	19	
Haste principal						
Terço						
TI	21 a	20 a	20 a	19 a	20 a	19 a
TM	15 b	17 b	18 a	17 b	17 ab	17 ab
TS	-	14 c	15 b	14 c	15 b	16 b
CV (%)	17	17	18	15	18	
Terceira data de semeadura						
177 299 396 539 640						
Terços médio e superior						
Haste/Ramo						
HP	12	16 a	16 a	14 a	16 a	
R1	-	15 a	11 b	11 b	10 b	
CV (%)		30	32	38	35	
Haste principal e ramo primário						
Terço						
TI	13	16 a	17 a	14 a	14 a	
TM	-	16 a	11 b	11 b	11 a	
CV (%)		30	32	38	35	
Haste principal						
Terço						
TI	13 a	17 a	20 a	16 a	18 a	
TM	11 a	14 a	13 b	13 a	14 b	
TS	21 a	9 b	8 c	7 b	9 c	
CV (%)	38	32	30	33		

(*) Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa entre os ramos e entre os terços em cada coleta realizada, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. (**) os valores de acúmulo térmico (graus-dia), representam as datas em que foram coletadas as síliquas.

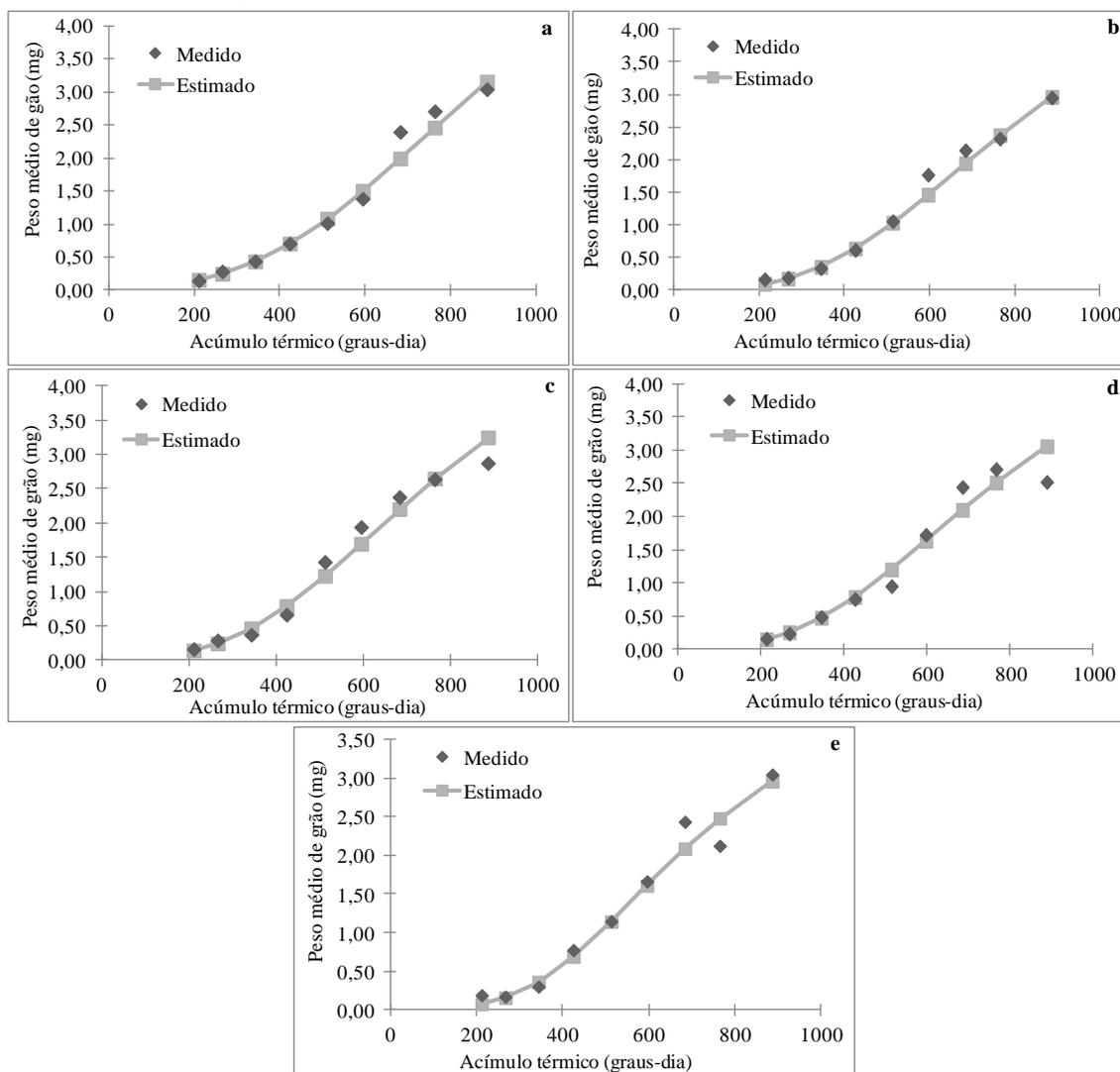
APÊNDICE 27. Matéria seca de grão de canola, nas doses de 10 (a), 20 (b) 40 (c) 80 (d) e 160 (e) kg ha⁻¹ de N aplicado, no terço mediano da haste principal, em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



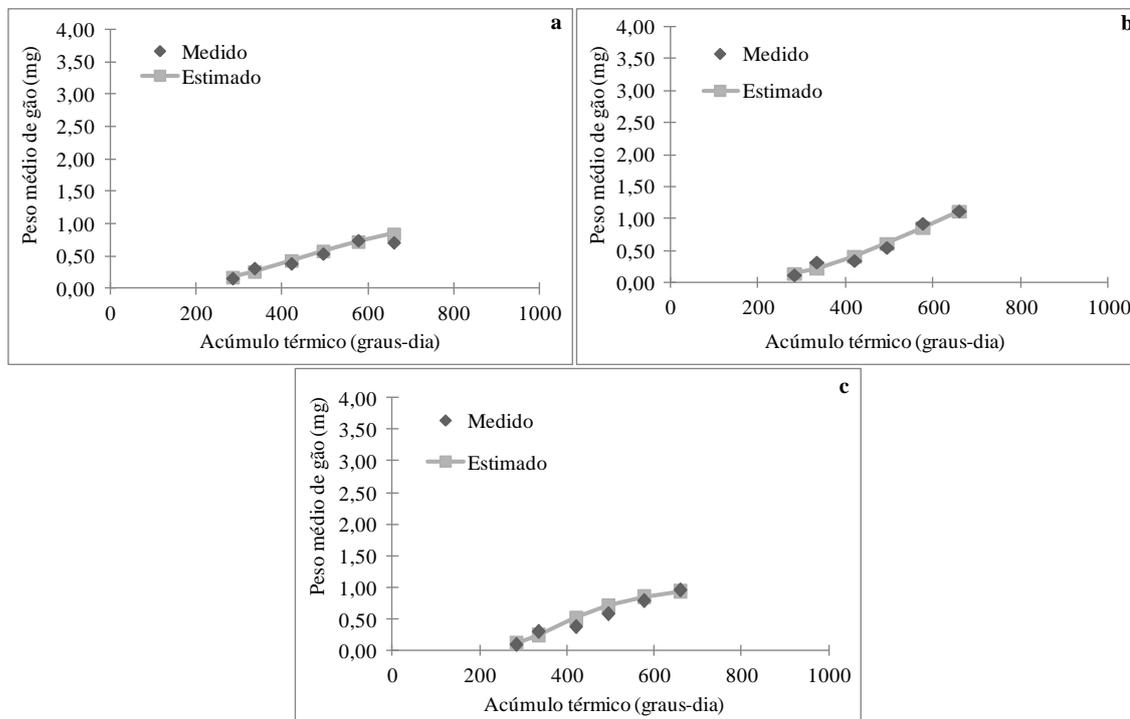
APÊNDICE 28. Matéria seca de grão de canola, entre as doses de 10 (a), 20 (b) 40 (c) 80 (d) e 160 (e) kg N ha⁻¹ para o terço superior da haste principal em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



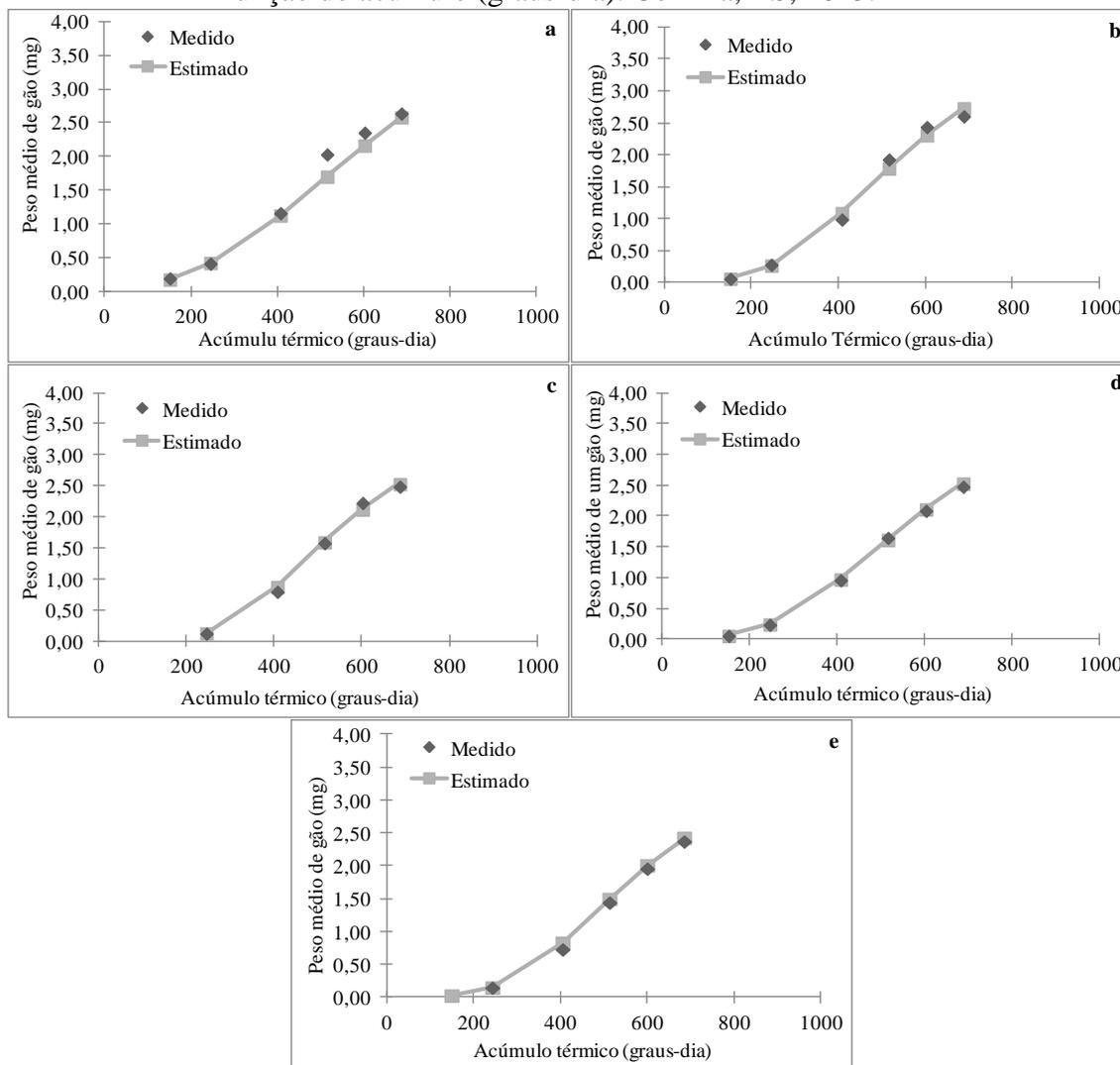
APÊNDICE 29. Matéria seca de grão de canola, entre as doses de 10 (a), 20 (b) 40 (c) 80 (d) e 160 (e) kg N ha⁻¹ para o terço mediano do primeiro ramo primário emitido em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



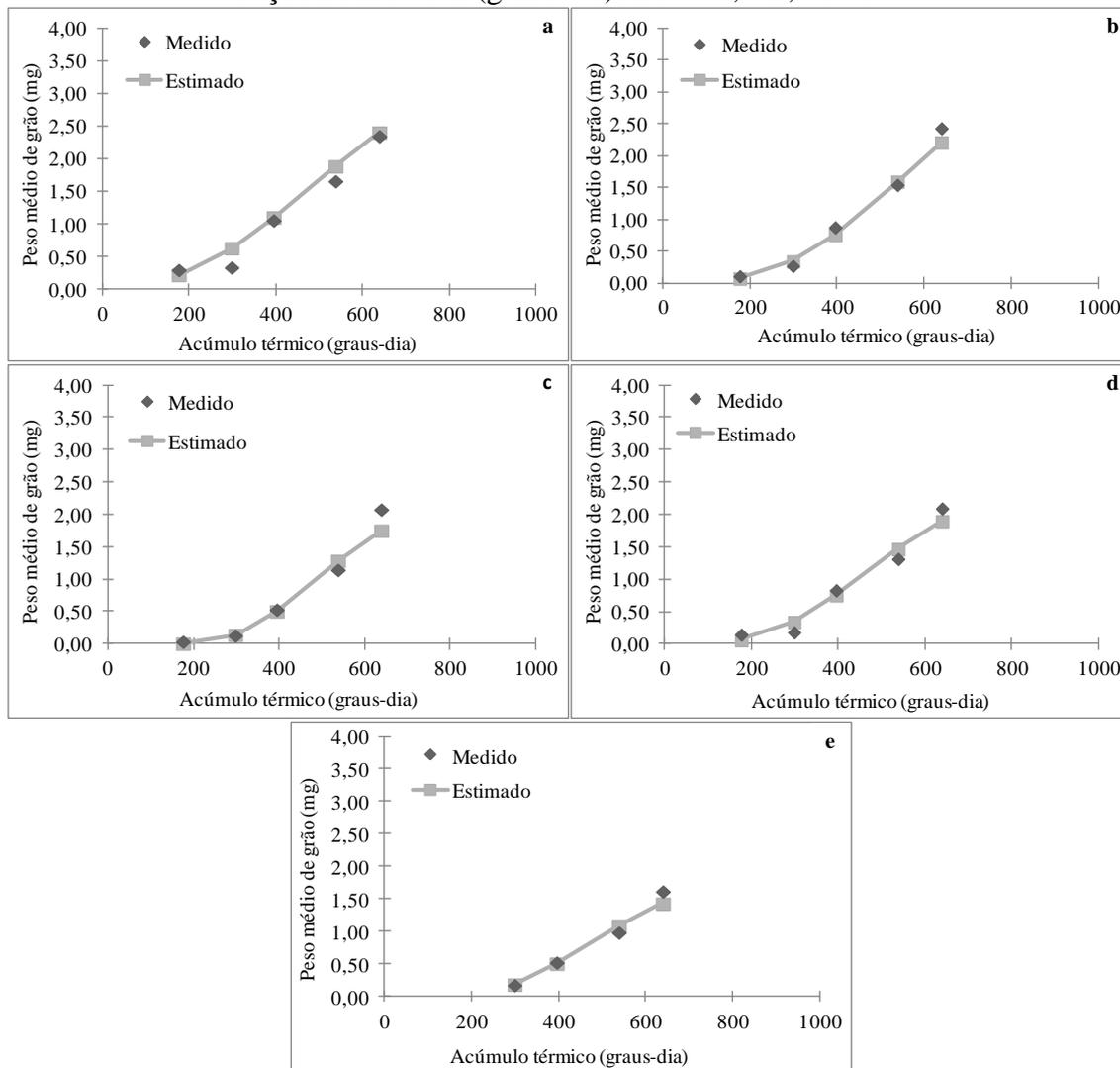
APÊNDICE 30. Matéria seca de grão de canola, no terço mediano (a) terço superior (b) da haste principal e no terço mediano (c) do primeiro ramo primário emitido da primeira data de semeadura em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



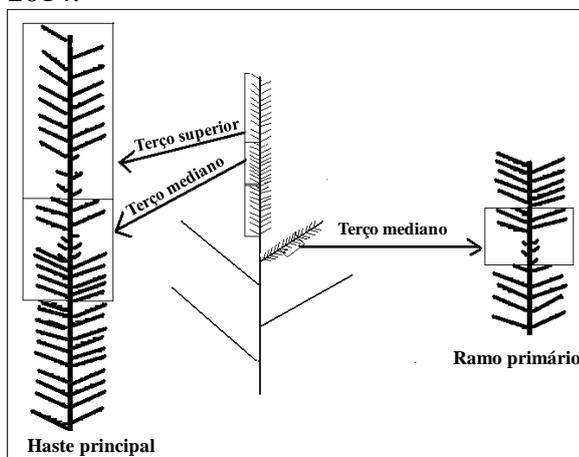
APÊNDICE 31. Matéria seca de grão de canola, nos terços inferior (a) mediano (b) e superior (c) da haste principal e nos terços inferior (d) e mediano (e) do primeiro ramo primário emitido na segunda data de semeadura em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2015.



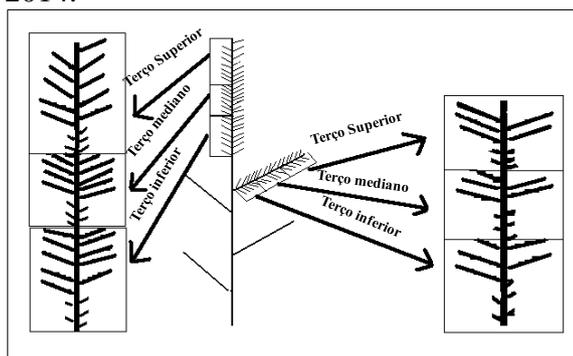
APÊNDICE 32. Matéria seca de grão de canola, nos terços inferior (a) mediano (b) e superior (c) da haste principal e nos terços inferior (d) e mediano (e) do primeiro ramo primário emitido na terceira data de semeadura em função do acúmulo (graus-dia). Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 33. Esquema de coleta das siliquis nos terços mediano e superior da haste principal e no terço mediano do primeiro ramo primário emitido, no experimento de doses de N e na primeira data de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 34. Esquema de coleta das siliquis nos terços inferior, mediano e superior da haste principal e nos terços inferior e mediano do primeiro ramo primário emitido, nas segunda e terceira datas de semeadura. Coxilha, RS, 2014.



APÊNDICE 35. Laudo da análise química de solo da área de instalação dos experimentos de doses de N e datas de semeadura, para diferentes camadas de solo. Coxilha, RS, 2014.

Camada (cm)	Laudo da análise química do solo									
	H+Al	mmol/dm ³			%		% de saturação da CTC			%
		CTC	CTCe	S	V	Ca	Mg	K	H+Al	Al
0 – 10	34,7	132,6	98,0	98,0	73,9	41,2	28,3	4,4	26,1	0,0
10 – 20	69,0	119,6	60,4	50,6	42,3	23,9	16,3	2,1	57,7	16,2

H+Al = acidez total a pH7, calculado com base no índice SMP, CTCe = CTC efetiva, no pH natural do solo, S soma de bases, V saturação por bases, Al = Saturação em relação à CTCe.