

El Niño e La Niña influenciam o rendimento
de grãos de canola no Brasil



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
92**

**El Niño e La Niña influenciam o rendimento
de grãos de canola no Brasil**

*Genei Antonio Dalmago
Jorge Alberto de Gouvêa
Gilberto Rocca da Cunha
Cleusa Adriane Menegassi Bianchi
Anderson Santi*

**Embrapa Trigo
Passo Fundo, RS
2018**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, Km 294
Caixa Postal 3081
Telefone: (54) 3316-5800
Fax: (54) 3316-5802
99050-970 Passo Fundo, RS
<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Trigo

Presidente
Leila Maria Costamilan

Membros
Alberto Luiz Marsaro Júnior, Alfredo do Nascimento Junior, Anderson Santi, Genei Antonio Dalmago, Sandra Maria Mansur Scagliusi, Tammy Aparecida Manabe Kiihl, Vladirene Macedo Vieira

Normalização bibliográfica
Maria Regina Martins

Tratamento das ilustrações
Fátima Maria De Marchi

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Fátima Maria De Marchi

Foto da capa
Elisson Stephanio Savi Pauletti

1ª edição
versão on-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Trigo

El Niño e La Niña influenciam o rendimento de grãos de canola no Brasil. / Genei Antonio Dalmago... [et al.] – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2018.
22 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento online / Embrapa Trigo, ISSN 1677-8901 ; 92).

1. Colza – Clima. I. Dalmago, Genei Antonio. II. Gouvêa, Jorge Alberto de. III. Cunha, Gilberto Rocca da. IV. Bianchi, Cleusa Adriane Menegassi. V. Santi, Anderson. VI. Série.

CDD: 633.853

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	19
Referências	19

El Niño e La Niña influenciam o rendimento de grãos de canola no Brasil

Genei Antonio Dalmago¹

Jorge Alberto de Gouvêa²

Gilberto Rocca da Cunha¹

Cleusa Adriane Menegassi Bianchi³

Anderson Santi⁴

Resumo – A resposta produtiva da canola é fortemente influenciada pelas condições ambientais, especialmente pela variabilidade dos elementos meteorológicos. O objetivo desse estudo foi avaliar o impacto da variabilidade climática associada aos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento de grãos da cultura da canola no Brasil. Foram utilizados dados da série histórica de rendimento de grãos dos períodos 1980 a 2017 (Brasil), 1995 a 2017 (Paraná) e 2001 a 2017 (Rio Grande do Sul). Após a retirada das tendências temporais das séries de dados, os anos foram classificados pelas fases do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e quantificados os desvios de rendimento de grãos em relação à média livre de tendências. Em geral, os impactos de El Niño sobre o rendimento de grãos da canola são negativos e mais intensos do que os impactos de anos de La Niña ou Neutros. O rendimento de grãos de canola, no Brasil, é afetado negativamente em anos de El Niño e positivamente em anos de La Niña ou Neutros.

Termos para indexação: variabilidade climática, riscos climáticos, agricultura, *Brassica napus* L., sul do Brasil.

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Fitotecnia/Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

² Engenheiro-agrônomo, Dr. em Biologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

³ Engenheira-agrônoma, Dra. em Fitotecnia/Agrometeorologia, professora da Unijuí, Ijuí, RS.

⁴ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

El Niño and La Niña influence canola grain yield in Brazil

Abstract – The productive response of canola is strongly influenced by the environmental conditions, especially by the variability of the meteorological conditions. The objective of this study was to evaluate the impact of the climatic variability associated with the El Niño and La Niña phenomena on the grain yield of canola crops in Brazil. Data from the historical grain yield series, from 1980 to 2017 (Brazil), from 1995 to 2017 (Paraná) and from 2001 to 2017 (Rio Grande do Sul) were used. After removing temporal trends of the data series, the studied years were classified by the ENSO phenomenon phases and grain yield deviations were determined and compared to the trend-free average. In general, El Niño impacts on canola grain yield are negative and more intense than the impacts of La Niña or Neutral years. The grain yield of canola in Brazil is negatively affected during El Niño years and positively affected during La Niña or Neutrals years.

Index terms: climatic variability, climatic risks, agriculture, *Brassica napus* L., southern Brazil.

Introdução

A canola (*Brassica napus* L.) é uma planta oleaginosa produtora de grãos, cultivada, principalmente, na região Sul do Brasil na safra de inverno. Os grãos apresentam teor de óleo elevado (aproximadamente 40%), praticamente o dobro da soja, que é a principal cultura de grãos utilizada no verão. Os períodos de crescimento e de desenvolvimento da canola estendem-se de meados do outono a meados da primavera (Dalmago et al., 2008), quando a temperatura do ar é mais baixa em relação ao restante do ano. A cultura adapta-se às temperaturas de 2 °C a 12 °C e tolera a ocorrência de geada em momentos críticos de desenvolvimento, caso as plantas tenham sido submetidas a períodos prévios de aclimação ao frio (Dalmago et al., 2009, 2010). Com relação ao fator hídrico, a canola apresenta redução do rendimento de grãos após a disponibilidade de água no solo atingir 80% da Capacidade de Campo (Dalmago et al., 2017). Entretanto, o teor de óleo varia pouco em níveis moderados a altos de déficit hídrico (Sinaki et al., 2007).

Os ambientes de cultivo da canola são semelhantes àqueles em que há potencial de cultivo para outros cereais de estação fria, especialmente o trigo. Por esta razão, a canola insere-se adequadamente nos principais esquemas de rotação de culturas nos sistemas de produção de grãos de inverno/verão que são praticados na região. Por ser da família Brassicaceae, explora recursos de solo diferentes de gramíneas e leguminosas, que são cultivadas para a produção de grãos. Além de outros aspectos importantes, uma das principais características botânicas da canola de interesse agrônômico é o seu sistema radicular pivotante, que auxilia na ciclagem de nutrientes no perfil e na melhoria física do solo. Considerando a ociosidade, durante o inverno, de áreas de cultivo de grãos no verão, a canola não é considerada uma cultura competidora com o trigo, servindo, inclusive como opção de rotação de culturas durante o inverno.

O potencial de rendimento de grãos da canola nos principais países produtores no mundo (Canadá, Austrália) aproxima-se dos 5.000 kg ha⁻¹ (Lilley et al., 2015; Gan et al., 2016). Esse valor é superior aos rendimentos máximos de grãos de canola obtidos no Brasil, que têm oscilado entre 1.000 kg ha⁻¹ e 2.000 kg ha⁻¹ (Nied, 2013). Pelos dados da Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (Conab, 2018), no período de 2009 a 2017, o rendimento médio de grãos de canola no Brasil foi de 1.248 kg ha⁻¹ (± 256 kg

ha⁻¹), com rendimento de grãos 27% acima da média em anos bons e 42% abaixo da média em anos considerados ruins para a cultura. A alta variabilidade do rendimento de grãos de canola observados no Brasil também é encontrada nas principais regiões produtoras no mundo (Rondanini et al., 2012). Em todos os locais onde a canola é cultivada, o fator ambiental é responsável entre 70% e 85% do potencial de produção e da variabilidade do rendimento de grãos, independente se for canola de inverno (Escobar et al., 2011; Marjanović-Jeromela et al., 2011) ou de primavera (Zhang et al., 2013), respectivamente.

A dependência da canola aos fatores ambientais torna a cultura altamente suscetível a impactos associados à variabilidade climática durante o crescimento e o desenvolvimento das plantas, influenciando o rendimento de grãos. Entre os fenômenos que podem gerar impacto no desempenho das culturas produtoras de grãos no Brasil destacam-se os fenômenos El Niño e La Niña, muito estudados para culturas de grãos de inverno (Cunha et al., 1999, 2001) e de verão (Berlato; Fontana, 1999; Carmona; Berlato, 2002; Baptista; Berlato, 2004; Berlato et al., 2005). Os fenômenos El Niño e La Niña exercem influência sobre a variabilidade climática no planeta, condicionando ciclos térmicos e hídricos extremos. No sul do Brasil, a presença dos sinais positivos da fase quente do fenômeno (El Niño) é caracterizada, principalmente pelo aumento da quantidade de chuvas nos meses de setembro e outubro, com repique em abril, ocorrendo o contrário na fase fria do fenômeno (La Niña), ou seja, redução de chuvas especialmente no final da primavera e durante o verão. Entretanto, as fases quente e fria afetam, direta ou indiretamente, outras variáveis atmosféricas, como a temperatura e a umidade do ar, que podem influir sobre processos biológicos que resultam em impactos nas culturas produtoras de grãos.

Os reflexos dos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento de grãos das culturas agrícolas são proeminentes quando o sinal dos fenômenos é forte. Nestas condições, ocorre a intensificação da variabilidade dos elementos meteorológicos e o impacto sobre o potencial produtivo das culturas sobressai. Vários estudos têm mostrado essa relação e conseguiram mapear as principais respostas, como também identificaram as principais causas associadas, em diversos locais do País (Fontana; Berlato, 1997; Alves et al., 1998; Silva et al., 1999; Alberto et al., 2006; Carvalho et al., 2013). No sul do Brasil, normalmente, anos de forte influência de El Niño são anos considerados de

alta produtividade para as culturas de verão, especialmente soja (Berlato; Fontana, 1999) e milho (Berlato et al., 2005). Grande parte deste impacto positivo é consequência da maior disponibilidade hídrica no solo (Alberto et al., 2006), ocasionado pelo aumento das chuvas durante o período de verão, quando ocorrem as fases críticas das culturas. Ao contrário, em anos que a fase La Niña se faz presente, há alta probabilidade de haver quebra de safra na região, em consequência da redução no rendimento de grãos, devido à redução das chuvas nas fases críticas das culturas produtoras de grãos (Fontana; Berlato, 1997). Por outro lado, os cereais de inverno, como trigo (Cunha et al., 1999) e cevada (Cunha et al., 2001), são favorecidos em anos de La Niña, devido à redução das chuvas em relação à média climatológica durante, em praticamente, todas as fases mais importantes da cultura (Fontana; Berlato, 1997). A redução da chuva significa, também, temperaturas do ar mais baixas do que a média e maior disponibilidade de radiação solar, favorecendo o potencial de produção das culturas de inverno em anos de La Niña. Porém, em anos caracterizados como de El Niño, o excesso de chuva no final da fase reprodutiva e na colheita reduz o potencial produtivo e prejudica a qualidade tecnológica dos grãos das culturas de inverno. Nesta condição, o El Niño atua de maneira contrária às necessidades das culturas produtoras de grãos. Os principais efeitos são a redução da disponibilidade de radiação solar para completar o enchimento de grãos, devido ao aumento da nebulosidade e o aumento da umidade do ar, favorecendo o desenvolvimento de doenças, podendo ocorrer, ainda, temperaturas do ar elevadas durante o enchimento de grãos, granizo e ventos fortes (Cunha et al., 1999).

Considerando que o cultivo da canola, no sul do Brasil, ocorre quase que exclusivamente nas mesmas regiões e épocas de cultivo do trigo, denota-se que é possível estimar a variabilidade do rendimento de grãos da canola associada aos fenômenos El Niño e La Niña. Essas informações são importantes para o planejamento e manejo da cultura, na medida em que possibilitam a redução de riscos, especialmente os climáticos, mediante o uso antecipado de informações (Cunha et al., 1999). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto dos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento de grãos da canola no Brasil.

Material e Métodos

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas séries históricas de rendimento médio de grãos de canola para os estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, que são os principais estados produtores de canola, e também para o Brasil. Foram compilados dados das séries históricas da Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database - FAO (2018) de 1980 a 1994, a partir da série histórica organizada por De Mori et al. (2014) entre 1995 e 2008, e dados da Conab (2018) para completar as séries até 2017. Devido à escassez de informações em alguns anos, as séries históricas avaliadas para o Rio Grande do Sul e o Paraná foram de 2001 a 2017 e de 1995 a 2017, respectivamente, enquanto que, para o Brasil, foi de 1980 a 2017. Não foram encontrados dados de rendimento de grãos de canola para os estados brasileiros e para o Brasil anteriores a 1980.

As séries históricas de rendimento de grãos de canola foram analisadas em relação às fases dos fenômenos El Niño, La Niña e anos Neutros, de acordo com a National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (2018). Os anos de El Niño foram: 1982, 1986, 1987, 1991, 1994, 1997, 2002, 2004, 2006, 2009 e 2015; de La Niña: 1983, 1988, 1995, 1998, 1999, 2000, 2003, 2007, 2010, 2011 e 2016; e anos Neutros: 1980, 1981, 1984, 1985, 1989, 1990, 1992, 1993, 1996, 2001, 2005, 2008, 2012, 2013, 2014 e 2017 (NOAA, 2018). Para a classificação do ano em uma das três classes, considerou-se a fase ENOS predominante no período entre os meses de abril e outubro de cada ano, quando a canola é cultivada e a respectiva fase do fenômeno que efetivamente tem impacto.

Para a avaliação do impacto dos fenômenos El Niño e La Niña, os dados originais das séries históricas, inicialmente, foram avaliados quanto à aderência à distribuição normal, mediante as estatísticas de assimetria e curtose (Dias; Lopes, 2007). Posteriormente, foi aplicada a análise de regressão, em que o ano foi considerado como variável independente, e o rendimento médio anual de grãos de canola, considerado como variável dependente, para separar o efeito da tendência tecnológica incorporada no sistema de produção de canola do efeito da variabilidade climática entre os anos. A partir da equação de regressão ajustada aos dados (melhor r^2), procedeu-se à retirada

da tendência tecnológica incorporada às séries históricas, pela equação (1), conforme Cunha et al. (1999, 2001):

$$RC_i = [R_i - (Re_i - Re_o)] \quad (1)$$

em que RC_i = rendimento de grãos de canola corrigido para o ano “i”; R_i = rendimento de grãos de canola original para o ano “i”; Re_i = rendimento de grãos de canola do ano “i”, estimado pela regressão ajustada aos dados originais; e Re_o = rendimento de grãos de canola do primeiro ano da série histórica estimada pela regressão ajustada aos dados originais. O procedimento de retirada da tendência tecnológica foi feito, separadamente, para cada Estado e para o Brasil.

Após a retirada da tendência tecnológica, foram calculados os desvios anuais do rendimento de grãos de canola da média das respectivas séries históricas corrigidas. Os desvios foram classificados de acordo com as classes do fenômeno ENOS e anos neutros para a estimativa dos valores percentuais dos desvios positivos e negativos da média dentro de cada classe. Também foi aplicada a análise de frequência acumulada dos percentuais de desvios para cada condição de El Niño, La Niña e anos Neutros.

Resultados e Discussão

As séries históricas de rendimento de grãos de canola disponíveis para o Rio Grande do Sul, Paraná e, de maneira agregada, para o Brasil, apresentaram baixos valores de assimetria e curtose, não significativos, indicando pequeno afastamento dos dados da normalidade. A tendência das séries históricas foi de incremento no rendimento de grãos nos períodos estudados, tanto no Rio Grande do Sul quanto no Paraná e no Brasil (Figura 1). O maior incremento, de $12,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ocorreu para a série do Brasil, seguido pelo Paraná, com $11,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e pelo Rio Grande do Sul, com $10,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figuras 1A, 1B e 1C). Essas tendências denotam o efeito da incorporação de novas tecnologias no sistema de produção, como, por exemplo, melhorias no sistema de semeadura e em práticas de manejo (adubação, controle de pragas), além do uso de híbridos com maior potencial de rendimento de grãos (Tomm et al., 2009, 2010), em virtude de constantes capacitações técnicas e de eventos de transferências de tecnologia (Ferreira et al., 2017). Entretanto, as diferenças entre as tendências podem estar rela-

cionadas também aos distintos tamanhos das séries históricas utilizadas. No Brasil, o período entre 1980 e 1994 da série histórica extraída das estimativas da FAO (2018) pode ter contribuído fortemente para a tendência observada, pois apresenta tendência quadrática de crescimento do rendimento de grãos em função do ano, indicando um período de decréscimo seguido por um de acréscimo. Embora tendências quadráticas já fossem consideradas em estudos desta natureza para trigo (Cunha et al., 1999) e cevada (Cunha et al., 2001), para canola a tendência quadrática não foi consistente em toda série. Desta forma, optou-se por ajustar uma função linear, que é mais próxima às tendências do rendimento de grãos.

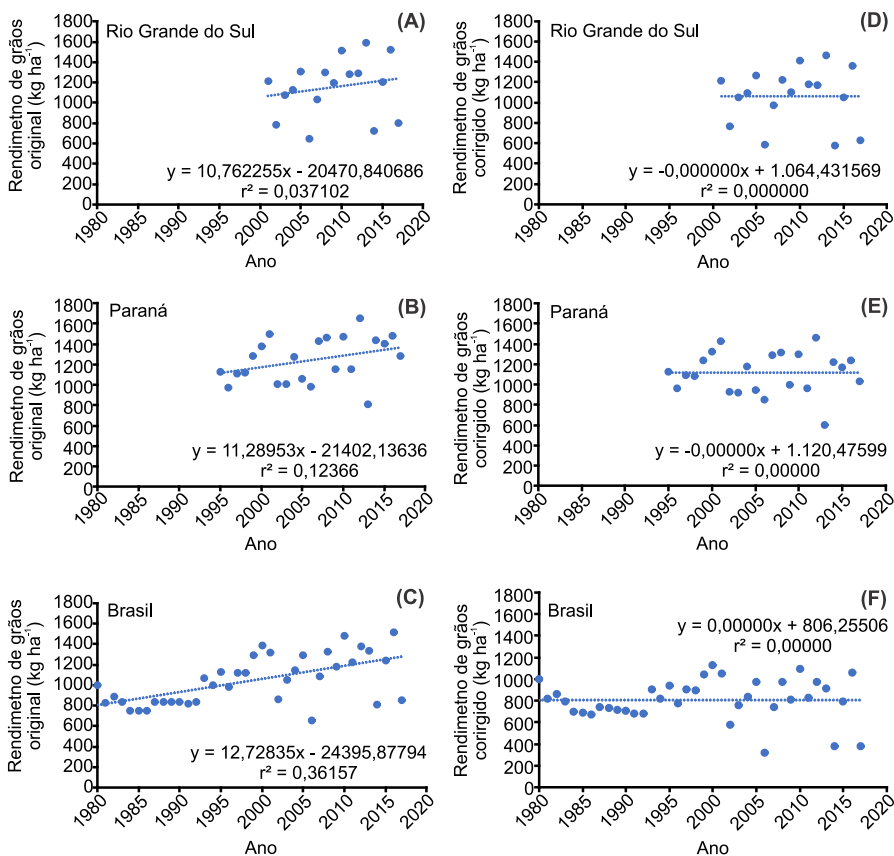


Figura 1. Série histórica original de rendimento de grãos de canola [(A), (B) e (C)] e série corrigida após a retirada da tendência tecnológica [(D), (E) e (F)] para os Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná e para o Brasil. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2018.

A análise das séries históricas possibilitou avaliar a ampla variabilidade do rendimento médio interanual de grãos de canola nos locais estudados (Figuras 1A, 1B, 1C e 2). Comparando os dois estados, a variabilidade absoluta foi menor no Paraná, com valores concentrados entre 25% e 75%, maior que os do Rio Grande do Sul. No período estudado, a média e a mediana das séries históricas de rendimento de grãos da canola do Paraná foram superiores às do Rio Grande do Sul, sendo de 1.245 kg ha⁻¹ e de 1.280 kg ha⁻¹ no Paraná, e de 1.151 kg ha⁻¹ e de 1.200 kg ha⁻¹ no Rio Grande do Sul, respectivamente (Figura 2). Entretanto, observou-se que houve grande variabilidade nos dados, com rendimento médio de grãos variando entre 600 kg ha⁻¹ a 800 kg ha⁻¹, em anos de frustração de safra, até 1.800 kg ha⁻¹, em anos com condições adequadas para a cultura (Figuras 1A, 1B e 1C). Essas mesmas tendências foram observadas para a série histórica do Brasil (Figura 2), uma vez que esta é derivada quase que exclusivamente a partir das séries históricas dos Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. No Brasil, a média e a mediana foram menores do que aquelas observadas no Paraná e Rio Grande do Sul, provavelmente porque a série histórica estudada foi mais extensa (1980 a 2017); além disto, no período de 1980 a 1994 a mesma foi composta por dados estimados pela FAO (2018), cujo rendimentos de grãos de canola foram inferiores a 1.000 kg ha⁻¹ em praticamente todos os anos.

Em escala experimental, onde há maior controle dos fatores de produção, foram obtidos rendimento de grãos de canola, na região Sul, que superaram os índices médios estaduais e inclusive o dos melhores anos das séries históricas oficiais (Nied, 2013; Caraffa et al., 2017; Riffel et al., 2017). Embora o incremento no rendimento de grãos, no período, tenha sido importante, está muito aquém do potencial da cultura, que é entre 4.500 kg ha⁻¹ e 5.000 kg ha⁻¹ (Lilley et al., 2015; Gan et al., 2016). Essas diferenças, em grande parte, devem-se à resposta elevada que a canola tem aos fatores ambientais, que atuam na expressão do potencial de rendimento de grãos, principalmente no sul do Brasil (Krüger et al., 2014) e explicam, em parte, as frustrações de safras, em decorrência de condições climáticas adversas, relatadas por De Mori et al. (2014), entre 2002 e 2006.

Nas Figuras 1D, 1E e 1F, observam-se as mesmas séries históricas após a retirada da tendência tecnológica associada aos dados. A variabilidade presente nos mesmos indica a presença de outros fatores não tecnológicos influenciando sobre o rendimento de grãos da canola, tanto no Paraná quanto no Rio Grande do Sul e no Brasil. É possível que essa variabilidade, ou parte

dela, seja devida ao efeito da variabilidade climática interanual (Krüger et al., 2014). Essa mesma pressuposição foi assumida por Cunha et al. (1999), nos trabalhos com trigo, e por Cunha et al. (2001), com cevada.

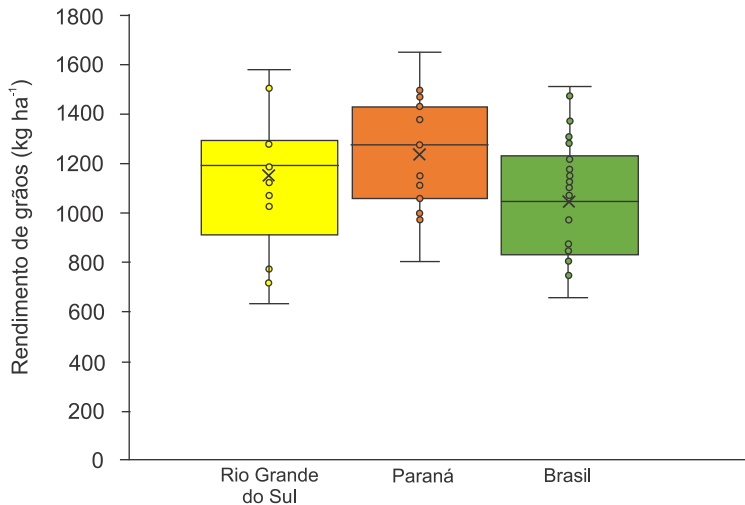


Figura 2. Diagramas de caixa do rendimento de grãos de canola para os Estados do Rio Grande do Sul (2001 a 2017) e do Paraná (1995 a 2017) e para o Brasil (1980 a 2017). Círculos representam os valores medidos; extremos inferior e superior indicam os valores mínimos e máximos, respectivamente; linhas extremas inferior e superior das caixas são o primeiro e terceiro quartil; linha horizontal do centro da caixa é a mediana; "x" é o valor médio. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2018.

Os rendimentos de grãos de canola para o Rio Grande do Sul, o Paraná e para o Brasil foram agrupados de acordo com as fases do fenômeno ENOS e anos Neutros (Figura 3). O rendimento médio de grãos foi maior nos anos de La Niña do que nos anos de El Niño e anos Neutros, à exceção do estado do Paraná, onde o rendimento praticamente se equivaleu entre os anos de La Niña e anos Neutros. No Rio Grande do Sul, onde o impacto do fenômeno é maior, a fase da La Niña destacou-se em relação a El Niño e a anos Neutros. O rendimento médio de grãos em anos de La Niña foi 23% superior àquele obtido em anos de El Niño no Rio Grande do Sul, 9% superior no Paraná e cerca de 17% superior no caso do Brasil. Nos três casos estudados, a mediana do rendimento de grãos foi próxima ao percentil de 75% do rendimento de grãos obtido em anos de El Niño. Observou-se que o rendimento de grãos nos anos Neutros apresentou maior variabilidade do que nas outras fases do

fenômeno ENOS. Isso também se observou no Paraná, onde os rendimentos médios de grãos, em anos neutros, foram superiores aos obtidos em anos de La Niña e de El Niño. Essa mesma resposta foi observada também por Cunha et al. (1999), para trigo, e por Cunha et al. (2001), para cevada.

As diferenças no rendimento de grãos de canola, especialmente entre anos de El Niño e de La Niña, são explicadas, basicamente, pelas relações complexas da variabilidade dos elementos meteorológicos. Apesar de não existir uma data definida de início, tanto de El Niño quanto de La Niña, os padrões climáticos se mantêm muito próximos nestas duas fases do fenômeno ENOS.

Em anos de La Niña o outono e o inverno tendem a ser mais secos e mais frios do que o normal. O frio, principalmente na fase inicial de crescimento da canola, favorece a cultura, contribuindo para o desenvolvimento de plantas com maior potencial de produção de fotoassimilados, uma vez que a espécie se adapta morfológicamente, fisiologicamente e bioquimicamente em temperaturas do ar baixas (Rapacz, 1999; Rapacz, et al., 2001; Rife; Zeinali, 2003). Também, menor precipitação pluvial em relação à média histórica resulta em menores períodos de céu encoberto no final do inverno e no início da primavera, o que significa maior disponibilidade de radiação solar em relação ao que ocorre normalmente. Desta forma, com plantas mais adaptadas a temperaturas baixas e com maior disponibilidade de radiação solar, a canola tem condições adequadas para expressar o potencial produtivo. Em anos de La Niña, normalmente ocorre menos chuva durante a primavera, momento em que a canola está na fase de maturação de colheita, o que facilita as operações de colheita e de secagem dos grãos. Isso também significa menor potencial de danos, especialmente menor deiscência de síliquas por chuva forte e/ou ventos, normalmente associados às tempestades de primavera.

Por outro lado, em anos de El Niño, ocorre o oposto. As temperaturas do ar, mais elevadas que a média, aceleram o ciclo das plantas, antecipando e/ou encurtando fases fenológicas e comprometendo o potencial de rendimento de grãos se as mesmas ocorrerem durante a floração, devido ao abortamento de flores (Battisti et al., 2013). Paralelamente, ocorre aumento da quantidade de chuvas e de dias de chuva, reduzindo a disponibilidade média de radiação solar devido a maior presença de nuvens. Na primavera, a colheita pode ser comprometida, devido à elevada umidade do ar, em consequência da maior quantidade de chuva e consequente aumento do potencial de debulha das síliquas, ocasionada pelo impacto da gota da chuva sobre as mesmas e também pelo maior potencial de ventos fortes associados a chuvas.

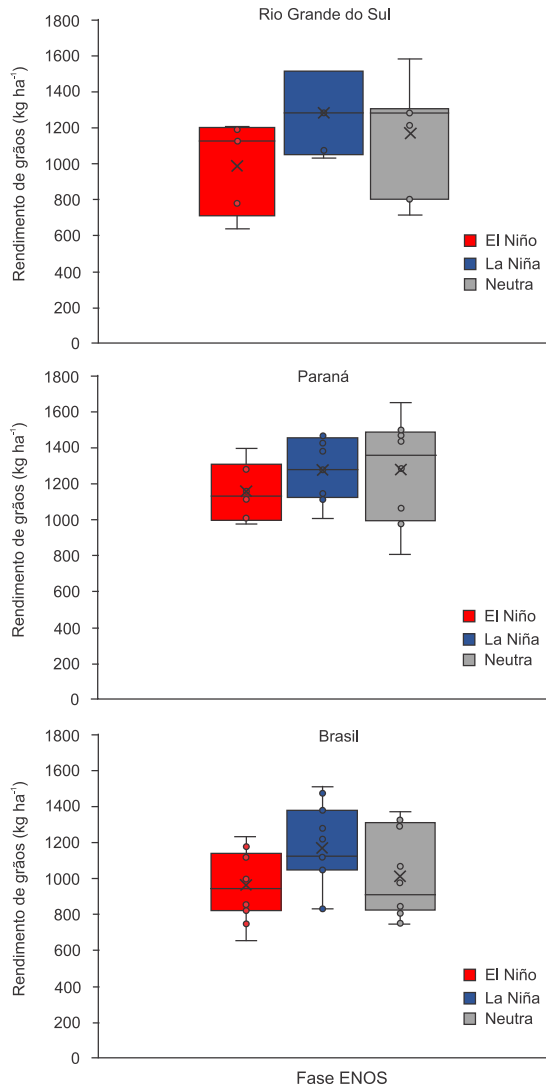


Figura 3. Diagramas de caixa do rendimento de grãos de canola para os estados do Rio Grande do Sul (2001 a 2017), do Paraná (1995 a 2017) e para o Brasil (1980 a 2017) em anos das fases: El Niño, La Niña e anos Neutros. Círculos representam os valores medidos; extremos inferior e superior indicam os valores mínimos e máximos, respectivamente; linhas extremas inferior e superior das caixas são o primeiro e terceiro quartil; linha horizontal do centro da caixa é a mediana; "x" é o valor médio. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2018.

Os desvios interanuais das médias históricas de rendimento de grãos da canola, após a retirada da tendência tecnológica incorporada aos dados, elucidam melhor as diferenças entre as fases El Niño e La Niña do fenômeno ENOS e anos Neutros (Figura 4). Em anos de El Niño, os desvios negativos superaram os positivos, alcançando entre 54,5% e 66,7%, com menor intensidade na série histórica de rendimento de grãos de canola no Brasil e maior intensidade para o Paraná (Figuras 4A, 4B e 4C). Isso indica que há maior probabilidade de anos de El Niño ser desfavoráveis ao rendimento de grãos de canola. Em anos de La Niña, os desvios positivos em relação às médias das séries históricas superaram os negativos, alcançando entre 60% e 66,7%, com menor intensidade na série histórica do Rio Grande do Sul e maior intensidade na série histórica do Paraná (Figuras 4A, 4B e 4C). Em anos Neutros, quando as fases extremas do ENOS não estão evidenciadas, os desvios positivos superaram os negativos apenas no Rio Grande do Sul, alcançando 71,4%, enquanto que, para o Paraná e o Brasil, os desvios positivos e negativos se equivaleram (50%) (Figura 4a, 4b e 4c).

A frequência acumulada dos desvios mostra que, em anos de El Niño, os desvios foram predominantemente negativos e sempre mais elevados do que aqueles que ocorreram em anos de La Niña. Por outro lado, em anos de La Niña, os desvios positivos predominaram e foram próximos àqueles dos anos neutros (Figuras 4D, 4E e 4F). Para o Rio Grande do Sul, essa correspondência entre os desvios positivos e negativos entre os anos de La Niña e Neutros destacou-se mais do que para o estado do Paraná (Figuras 4A, 4B, 4D e 4E). Para o estado do Paraná, os maiores desvios positivos ocorreram em anos Neutros, aproximando-se aos maiores desvios positivos obtidos no Rio Grande do Sul, na média das fases La Niña e anos Neutros. Apesar do percentual dos desvios positivos e negativos serem de 50% em anos Neutros (Figura 4B) e do maior risco, é possível que os anos com maiores chances de rendimento de grãos da canola elevados no Paraná ocorram em anos Neutros (Figura 4E).

De maneira geral, os resultados observados indicaram que houve maior probabilidade de ser obtidos sucessos do que insucessos com o cultivo de canola em anos de La Niña e, no Rio Grande do Sul, também em anos Neutros, pois os desvios positivos superaram os negativos. Para o estado do Rio Grande do Sul, a taxa de sucesso foi maior, uma vez que a diferença entre os desvios positivos e negativos, em anos de El Niño, foi menor comparada

ao Paraná. Ou seja, mesmo em anos de El Niño há chance de anos bons para o rendimento de grãos de canola pelo critério das fases do fenômeno ENOS. Em termos de riscos para a obtenção de rendimentos acima da média histórica no caso do Rio Grande do Sul, os anos Neutros, apesar dos rendimentos de grão menores, não são muito diferentes daqueles obtidos em anos de La Niña. O inverso ocorre para o Paraná e para o Brasil (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E e 4F).

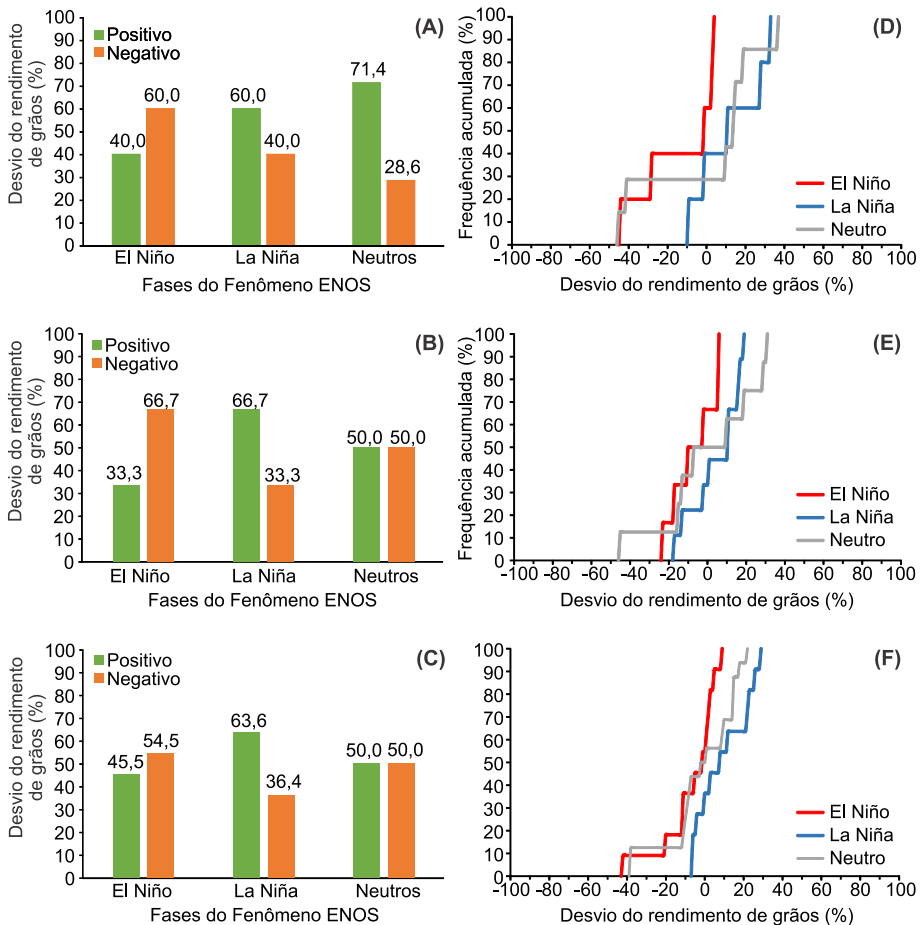


Figura 4. Desvios positivos e negativos [(A), (B) e (C)] e frequência acumulada [(D), (E) e (F)] dos desvios da média do rendimento de grãos de canola das séries históricas 2001 a 2017 para o Rio Grande do Sul [(A) e (D)], 1995 a 2017 para o Paraná [(B) e (E)] e 1980 a 2017 para o Brasil [(C) e (F)]. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2018.

No caso da canola, os anos Neutros, de maneira geral, são mais favoráveis à cultura do que acontece com trigo e cevada, especialmente no Rio Grande do Sul. No entanto, as séries históricas de rendimento de grãos de canola utilizadas neste trabalho são menores do que aquelas utilizadas nos trabalhos de trigo e de cevada. Além disso, devem ser considerados outros fatores para o planejamento de cultivo da canola e não apenas as respostas isoladas aos fenômenos El Niño e La Niña.

Conclusões

O rendimento de grãos de canola, no Brasil, é afetado negativamente em anos de El Niño e positivamente em anos de La Niña, com intensidade variável entre os principais estados produtores da Região Sul do Brasil. Em anos de não ocorrência dos fenômenos (anos Neutros), o rendimento de grão de canola tem se mantido acima da média das séries históricas.

Referências

- ALBERTO, C. M.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; MEDEIROS, S. L. P. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1067-1075, 2006.
- ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B. de; REPELLI, C. A. Produção agrícola de subsistência no estado do Ceará com ênfase aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 2, p. 249-256, 1998.
- BAPTISTA, R. L.; BERLATO, M. A. Relações do rendimento de grãos de feijão safra do estado do Rio Grande do Sul com a precipitação pluvial, a temperatura e o El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 2, p. 307-314, 2004.
- BATTISTI, R.; PILAU, F. G.; SCHWERZ, L.; SOMAVILLA, L.; TOMM, G. O. Dinâmica floral e abortamento de flores em híbridos de canola e mostarda castanha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 174-181, 2013.
- BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p. 119-125, 1999.
- CARAFFA, M.; RIFFEL, C. T.; DAHMER, N.; SCARANTTI, V.; CARNEIRO, E. A.; WITCZAK, G. P.; ZAWACKI, M. E. Características agronômicas e rendimento de grãos de genótipos de brassicas em Três de Maio, RS, 2016. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 291-296.

CARMONA, L. de C.; BERLATO, M. A. El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 147-152, 2002.

CARVALHO, A. L. de; SOUZA, J. L. de; LYRA, G. B.; SILVA, E. C. de. Estação chuvosa e de cultivos para a região de Rio Largo, Alagoas, baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño – Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 192-198, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras - canola**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

CUNHA, G. R. da; DALMAGO, G. A.; ESTEFANEL, V. Enso influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p. 127-138, 1999.

CUNHA, G. R. da; DALMAGO, G. A.; ESTEFANEL, V.; PASINATO, A.; MOREIRA, M. B. El Niño - Oscilação do Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 1, p. 137-145, 2001.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; GOUVÊA, J. A. de; BRUGNERA, L.; GREGOSKI, C. Respostas da canola à disponibilidade de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20., 2017, Petrolina. **Anais...** Petrolina: SBA, 2017. p. 1217-1221.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; SANTI, A.; PIRES, J. L. F.; MÜLLER, A. L.; BOLIS, L. M. Acimação ao frio e dano por geada em canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 933-943, 2010.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; TOMM, G. O.; PIRES, J. L. F.; SANTI, A.; PASINATO, A.; FANTON, G.; LUERSEN, I.; MÜLLER, F. L. D.; MÜLLER, A. L. Zoneamento agroclimático para o cultivo de canola no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n. 3, p. 295-305, 2008.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; TOMM, G. O.; SANTI, A.; PIRES, J. L. F. Canola. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Coord.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 131-150.

DE MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 38 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103763/1/2014-documentos-online149.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

DIAS, F. R.; LÓPEZ, F. J. B. **Bioestatística**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 284 p.

ESCOBAR, M.; BERTI, M.; MATUS, I.; TAPIA, M.; JOHNSON, B. Genotype x environment interaction in canola (*Brassica napus* L.) seed yield in Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 71, n. 2, p. 175-186, 2011.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

FERREIRA, P. E. P.; TOMM, G. O.; ANTUNES, J. M.; MARSARO JÚNIOR, A. L. Dinâmica de capacitação técnica e de transferência de tecnologia para o sistema produtivo de canola. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 82-87.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño oscilação sul sobre a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

- GAN, Y.; HARKER, K. N.; KUTCHER, H. R.; GULDEN, R. H.; IRVINE, B.; MAY, W. E.; O'DONOVAN, J. T. Canola seed yield and phenological responses to plant density. **Canadian Journal Plant Science**, v. 96, n. 1, p. 151-159, 2016.
- KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. da; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SILVA, A. J. da; ARENHARDT, E. G.; GEWEHR, E. Relações de variáveis ambientais e subperíodos na produtividade e teor de óleo em canola. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1671-1677, 2014.
- LILLEY, J. M.; BELL, L. W.; KIRKEGAARD, J. A. Optimising grain yield and grazing potential of crops across Australia's high-rainfall zone: a simulation analysis. 2. Canola. **Crop & Pasture Science**, v. 66, n. 3/4, p. 349-364, 2015.
- MARJANOVIĆ-JEROMELA, A.; NAGL, N.; GVOZDANOVIĆ-VARGA, J.; HRISTOV, N.; KONDIĆ-ŠPIKA, A.; VASIĆ, M.; MARINKOVIĆ, R. Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 174-181, 2011.
- NIED, A. H. **Parâmetros bioclimáticos e resposta da canola ao ambiente físico**. 2013. 135 f. Tese (Doutorado em Agrometeorologia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/80779>>. Acesso em: 2 abr. 2018.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Cold & warm episodes by season**. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 2 abr. 2018.
- RAPACZ, M. Frost resistance and cold acclimation abilities of spring-type oilseed rape. **Plant Science**, v. 147, n. 1, 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**, v. 161, n. 2, p. 221-230, 2001.
- RIFE, C. L.; ZEINALI, H. Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations. **Crop Science**, v. 43, n. 1, p. 96-100, 2003.
- RIFFEL, C. T.; CARAFFA, M.; TOMM, G. O.; DAHMER, N. Avaliação do rendimento de grãos de 28 genótipos de canola em Três de Maio, RS, safra 2014. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 325-329.
- RONDANINI, D. P.; GOMEZ, N. V.; AGOSTI, M. B.; MIRALLES, D. J. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ration in the last four decades. **European Journal of Agronomy**, v. 37, n. 1, p. 56-65, 2012.
- SINAKI, J. M.; HERAVAN, E. M.; RAD, A. H. S.; NOORMOHAMMADI, G.; ZAREI, G. The effects of water deficit growth stages of canola (*Brassica napus* L.). **American-Eurasian Journal Agricultural & Environment Science**, v. 2, n. 4, p. 417-422, 2007.
- SILVA, V. de P. R. da; MACIEL, G. F.; LIMA, W. F. de A.; GUEDES, M. J. F. Rendimento das culturas de sequeiro no Nordeste do Brasil. Parte II: Associação com El Niño e Dipolo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** [Campinas]: SBA, 1999. 1 CD-ROM.
- TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P.; AGUIAR, J. L. P. de; CASTRO, A. M. G. de; LIMA, S. M. V.; DE MORI, C. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 82 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 95).

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 113). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40772/1/p-do113.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

ZHANG, H.; BERGER, J. D.; MILROY, S. P. Genotype x environment interaction studies highlight the role of phenology in specific adaptation of canola (*Brassica napus*) to contrasting Mediterranean climates. **Field Crops Research**, v. 144, p. 77-88, Mar. 2013.

Embrapa

Trigo

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

CGPE 14657