



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UnB PLANALTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

LUCAS NOBRE DE ARAÚJO

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE CANOLA NO NÚCLEO DO CERRADO

BRASÍLIA

2020

LUCAS NOBRE DE ARAÚJO

Dissertação de mestrado

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE CANOLA NO NÚCLEO DO CERRADO

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo programa de pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília (UnB).

Área de concentração: Estrutura, dinâmica e conservação ambiental

Linha de pesquisa: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Tatiana Barbosa Rosado Laviola

BRASÍLIA

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade de Brasília
Biblioteca Central da Universidade de Brasília - BCE

NA663d Araújo, Lucas Nobre de.
Desempenho de genótipos de canola no núcleo do Cerrado.
/ Lucas Nobre de Araújo; orientador Tatiana Barbosa Rosado
Laviola. -- Brasília, 2020. 51 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Ambientais)
- Universidade de Brasília, 2020.

1. Brassica napus L.. 2. melhoramento genético. 3.
colza. 4. produção. I. Barbosa Rosado Laviola, Tatiana,
orient. II. Título.

LUCAS NOBRE DE ARAÚJO

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE CANOLA NO NÚCLEO DO CERRADO

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília (UnB).

Brasília, ____ de _____ de 2020.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Tatiana Barbosa Rosado - FUP/UnB
(Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Erina Vitório Rodrigues - FUP/UnB
(Examinador)

Prof. Dr. Tamiel Khan Baiocchi Jacobson - FUP/UnB
(Examinador)

*À minha família, Francisco Pereira e
Lucinês Rodrigues (pais), Rodrigo Nobre
(irmão), à minha companheira Stephani do
Carmo e a todos que me ajudaram nesta
caminhada. Amo vocês!*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela coragem e persistência.

Aos meus pais, Francisco Pereira de Araújo e Lucinês Rodrigues Nobre de Araújo, cujos esforços para oferecer-me educação, moral e caráter conduziram-me até aqui.

Ao meu irmão, Rodrigo Nobre de Araújo, por sempre estar por perto para escutar o desabafo e o planejamento.

Ao meu amigo Bruno Xavier da Fonseca que me apoiou durante essa caminhada.

Aos meus grupos de amigos “The Crespus” e do RPG que muitas vezes escutaram minhas ideias acadêmicas.

Aos meus amigos Johnny Murta, Sérgio Fernandes e Gleicon Queiroz do NEPAL/UnB pela transmissão do conhecimento, informação e apoio moral.

À minha companheira, Stephani do Carmo Ganda, que está comigo em todos os momentos e apoia-me sem medir esforços. Te amo!

À Prof^a. Dr^a. Erina Vitório Rodrigues, por todo ensinamento estatístico e teórico, pela paciência e sabedoria transmitida. Muito obrigado!

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Tatiana Barbosa Rosado, pela paciência, confiança e ensinamentos. Sou muito grato!

Aos senhores Júlio César Marana, Adriano dos Santos e à senhora Laise Teixeira da Costa, pela experiência e ensinamentos em campo.

À Embrapa Agroenergia por todo apoio técnico e administrativo que fez possível ocorrer esse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Aspectos gerais da cultura da canola	15
2.2. Importância socioeconômica e ambiental da cultura da canola.....	17
2.3. Correlações entre caracteres em canola	20
2.4. Análise de trilha	22
3. MATERIAL E MÉTODO	24
3.1. Instalação e condução do experimento	24
3.2. Análises genético-estatística.....	26
3.2.1. Análise de variância (ANOVA).....	26
3.3. Teste de comparação de médias.....	26
3.4. Correlação	27
3.5. Análise de trilha	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1. Análise de variância conjunta (ANOVA).....	28
4.2. Teste de comparação de médias.....	30
4.3. Análises de correlação	36
4.4. Análise de trilha	39
5. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Análise de variância conjunta e parâmetros genéticos dos experimentos para as características: número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); comprimento de siliqua (COMPS); massa de siliqua (MS); número de grãos por síliques (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD) em oito genótipos de canola. 28
- Tabela 2** - Teste de Comparação de médias Tukey do experimento I para as características: número de dias para início da floração (NDIF,dias); ciclo total (CI,dias); comprimento de siliqua (COMPS,cm) e número de grãos por siliqua (NGS) em oito genótipos de canola. 31
- Tabela 3** - Teste de Comparação de médias Tukey do experimento II para as características: número de dias para início da floração (NDIF,dias); ciclo total (CI,dias); comprimento de siliqua (COMPS,cm); número de grãos por siliqua (NGS) e massa de 1.000 grãos (mil) (M1000G, gramas) em oito genótipos de canola..... 31
- Tabela 4** - Teste de Comparação de médias Tukey do experimento III para as características: número de dias para início da floração (NDIF,dias); comprimento de siliqua (COMPS,cm); número de grãos por siliqua (NGS) em oito genótipos de canola. 31
- Tabela 5** - Estimativa de coeficiente de correlação fenotípica do experimento I entre genótipos de canola em Planaltina-DF, 2017. Número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); comprimento de siliqua (COMPS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD). 37
- Tabela 6** - Estimativa de coeficiente de correlação fenotípica do experimento II entre genótipos de canola em Planaltina-DF, 2019. Número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); massa de siliqua (MS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD). 37
- Tabela 7** - Estimativa de coeficiente de correlação fenotípica do experimento III entre genótipos de canola em Planaltina-DF, 2019. Número de dias para início da floração (NDIF);

massa de síliqua (MS); comprimento de síliqua (COMPS); número de grãos por síliqua (NGS);
massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD). 37

Tabela 8 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos do experimento I para as características
número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI), massa de síliqua (MS);
comprimento de síliqua (COMPS) e massa de 1000 (mil) grãos (M1000G). 39

Tabela 9 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos do experimento II para as características
número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI), massa de síliqua (MS) e massa
de 1000 (mil) grãos (M1000G). 40

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos do experimento III para as características
número de dias para início da floração (NDIF); massa de síliqua (MS), comprimento de síliqua
(COMPS); número de grãos por síliqua (NGS) e massa de 1000 (mil) grãos (M1000G). 40

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - *Boxplot* do experimento I para as características, massa de siliqua, massa de 1.000 (mil) grãos e produtividade de grãos em oito genótipos de canola. 34
- Figura 2** - *Boxplot* do experimento II para as características massa de siliqua, e produtividade de grãos em oito genótipos de canola. 35
- Figura 3** - *Boxplot* do experimento III para as características massa de 1.000 (mil) grãos, massa de siliqua e produtividade de grãos em oito genótipos de canola. 36
- Figura 4** - Correlações do experimento I entre as variáveis explicativas: número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); massa de siliqua (MS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e seus efeitos diretos na produtividade de grãos. 41
- Figura 5** - Correlações do experimento II entre as variáveis explicativas: número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); comprimento de siliqua (COMPS); massa de siliqua (MS); massa de 1.000 (mil) grãos (M1000G) e seus efeitos diretos na produtividade de grãos. 42
- Figura 6** - Correlações do experimento III entre as variáveis explicativas: número de dias para início da floração (NDIF); comprimento de siliqua (COMPS); massa de siliqua (MS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1.000 (mil) grãos (M1000G) e seus efeitos diretos na produtividade de grãos. 42

RESUMO

A canola se destaca no cenário brasileiro por permitir a produção de óleo comestível e biodiesel. Apesar do seu potencial, a cultura da canola está concentrada no sul do país devido a sua adaptação às zonas temperadas. Contudo, estudos têm relatado potencial de cultivo em clima tropical, como alternativa para a produção de óleo na safrinha com melhora nas condições químicas do solo e redução nos riscos de perda por problemas fitossanitários. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomico de oito genótipos de canola nas condições do núcleo do Cerrado, visando selecionar candidatos para serem usados em futuros programas de melhoramento genético. Para tanto, foram avaliados oito genótipos de canola para sete características agrônomicas, em três experimentos na Embrapa Cerrados, Planaltina DF, durante os anos de 2017 e 2019. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, teste de comparação de médias, correlação fenotípica e análise de trilha. Foi identificado variabilidade genética entre os tratamentos de canola nos ambientes avaliados. O genótipo Diamond, por ter apresentado o menor ciclo e elevada produtividade, pode ser considerado a melhor opção para se inserir no sistema de rotação de culturas no Cerrado. A análise de trilha revelou que o ciclo total, a massa de síliqua e o número de grãos por síliqua são as principais características a serem trabalhadas, visando o aumento da produtividade de grãos. De forma geral, a produtividade de grãos estimada dos genótipos avaliados foi superior à média nacional, evidenciando que a canola possui potencial para cultivo no Cerrado. Todavia, ainda são necessários mais estudos para implementar de fato, de forma sustentável e economicamente rentável, essa oleaginosa nesse bioma.

Palavras-chaves: *Brassica napus L.*, melhoramento genético, colza, produção.

ABSTRACT

Canola stands out in the Brazilian scenario for allowing the production of edible oil and biodiesel. Despite the canola culture potential, it is concentrated in the south of Brazil due to its adaptation to temperate zones. However, studies have reported the canola potential for cultivation in tropical climates used as an alternative for the production of oil in the off-season, improving the chemical soil properties and reduction in the loss risk due to phytosanitary problems. Thus, the present work aimed to evaluate the agronomic performance of eight canola genotypes in Cerrado conditions, aiming to select candidates to be used in future breeding programs. For that, eight canola genotypes were evaluated for seven agronomic traits, in three experiments at Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, during the years 2017 and 2019. We used a randomized block design with four replications. We performed an analysis of variance, means comparison test, phenotypic correlation, and path analysis. We identified genetic variability between canola treatments in the evaluated environments. The Diamond genotype, which has the shortest cycle and high productivity, can be considered the best option to be inserted in the crop rotation system in the Cerrado. The path analysis revealed that the total cycle, the mass of silica, and the number of grains per silica are the main characteristics to be worked on, aiming at increasing grain productivity. In general, the estimated grain yield of the evaluated genotypes was higher than the national average, showing that canola has the potential for cultivation in the Cerrado. However, further studies are still necessary to implement this oilseed in this biome in a sustainable and economically profitable way.

Key-Words: *Brassica napus L.*, breeding, rapeseed, production.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ambiental tem tido repercussão mundial devido ao agravamento das atividades antrópicas nos ecossistemas. Um dos grandes impactos dessas atividades é a emissão de gases poluentes na atmosfera proveniente da combustão de combustíveis fósseis. Por isso, com o intuito de reduzir a dependência desse tipo de combustível e os impactos ambientais provocados pela sua queima, tem-se procurado fontes alternativas de energia, como a proveniente de óleos vegetais (biocombustíveis) (DIONYSIO; MEIRELLES, 2011).

O biodiesel é um biocombustível biodegradável, não tóxico e renovável que pode ser produzido de matérias-primas orgânicas e renováveis, incluindo óleos vegetais, resíduos, gorduras animais (AHMIA et al., 2014). A participação de energias renováveis na matriz energética do Brasil é de 45,3% (Ministério de Minas e Energia - MME, 2019) o que é considerado um grande avanço, porém, há de se diversificar matérias-primas.

O Brasil, por ser detentor de uma grande extensão territorial, com alta incidência de energia solar, apresenta excelente potencial de produtividade agrícola (ROSA; GOMES, 2004). A soja é, atualmente, a matéria-prima mais utilizada (69,8%), por ser uma cultura já domesticada e adaptada, com grande escala de produção. Além da soja, há ampla disponibilidade de espécies oleaginosas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel, como o girassol, a mamona, o pinhão-manso, as palmas e a canola (RAMOS et al., 2017). Assim, é importante investir em novas matérias-primas oleaginosas para a produção sustentável de biocombustíveis. Nesse contexto, a canola, a terceira oleaginosa mais produzida no mundo, é uma excelente opção e, por isso, torna-se necessário buscar estratégias para sua adaptação às diferentes regiões visando à expansão do seu cultivo no país.

A canola (*Brassica napus L.*), é uma oleaginosa da família das Brassicaceae desenvolvida por melhoramento genético de duas espécies de colza a *Brassicas oleracea* e *Brassica rapa* (HEGEWALD et al., 2018) e apresenta-se como matéria-prima potencial para a produção de biodiesel, devido aos seus altos níveis de rendimento energético a depender da cultivar (SILVA e PEREIRA, 2015). No cenário mundial, sua produção está concentrada longe da linha do equador, sendo que a União Europeia, China e Canadá são os maiores produtores, com uma participação na produção de óleo de 33,2%, 23,8% e 14,4%, respectivamente (USDA, 2019).

No Brasil, o cultivo da canola ainda não se consolidou totalmente por ser típica de regiões temperadas e seu cultivo ser indicado para regiões de latitudes entre à 35° e 55°. Entretanto, estudos demonstraram que essa oleaginosa possui potencial para ser produzida no

território brasileiro, tendo ainda a vantagem de se adequar como cultura de safrinha nos sistemas de rotação de culturas em diferentes regiões do país (PANOZZO et al., 2014; TOMM et al., 2008; TOMM et al., 2012;).

A prática de rotação de culturas evita a abertura de novas terras para plantio, favorece o controle de insetos, fitopatógenos e ervas invasoras/espontâneas. Além disso, é usada como forma de manejo da fertilidade do solo, pela capacidade de reciclar os nutrientes minerais da camada arável e os que tenham percolado (BORKERT et al., 2003). Além disso, a inserção da canola nesse bioma irá contribuir para o aumento de renda do empreendedor rural, pela presença de uma nova cultura onde não haveria nenhuma, o que ocasiona demanda de mão-de-obra e mais empregos (GAZZONI et al., 2009).

Desse modo, o cultivo da canola no Cerrado permitirá a expansão da produção de óleo para o consumo humano e energético, gerando novos empregos sem que haja desmatamento e com menor impacto ambiental, ou seja, garantindo a conservação e a preservação biológica e social desse importante bioma. No entanto, para que essa cultura possa ser implementada no Cerrado, torna-se necessário avaliar o desempenho agrônômico de diferentes genótipos, visando obter informações relacionadas ao seu cultivo e, assim, auxiliar nas tomadas de decisão e no desenvolvimento de tecnologias adequadas de manejo.

Nesse contexto fez-se necessárias as seguintes análises biométricas para a obtenção dessas informações: interação genótipos – ambientes que quantificou o comportamento diferenciado dos genótipos diante das variações ambientais, teste de comparação de médias de Tukey que permitiu observar as médias dos tratamentos em suas respectivas características e suas diferenças, coeficiente de correlação de Pearson que mediu o grau de associação entre dois caracteres e análise de trilha que consistiu nos estudos dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica (CRUZ et al., 2012; RAMALHO et al., 2012)

Portanto o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de canola, nas condições do núcleo do Cerrado, visando selecionar candidatos para serem usados em futuros programas de melhoramento genético.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais da cultura da canola

A canola (*Brassica napus L.*), também chamada de colza (HEGEWALD et al., 2018), é uma planta híbrida oleaginosa da família das Brassicaceae desenvolvida por melhoramento genético convencional a partir de duas espécies de colza, a *Brassicac oleraceae* (couve) e *Brassica rapa* (mostarda). O melhoramento teve como objetivo reduzir o teor de ácido erúico e glucosinolatos que são nocivos ao organismo animal (FIGUEIREDO et al., 2003; TOMM, 2007).

Os caules são herbáceos, eretos, podem desenvolver-se de 1,4 m a 1,8 m de altura, possuem sistema radicular típico das dicotiledôneas, com raiz pivotante e grande número de raízes fasciculadas secundárias (BEVILÁQUA et al., 2008). Suas flores são amarelas e possuem seis estames, cada estame é constituído por um filete que sustenta uma antera. As anteras contêm grãos de pólen, os quais são acessíveis após sua abertura e constituem os gametas masculinos das plantas (WITTER et al., 2014). O tempo de floração normalmente perdura por quatro semanas ou mais (FUZARO, 2017) e ocorre da parte mais inferior da planta para a superior, desabrochando-se primeiro os botões florais da base. Suas flores permanecem abertas de 12 a 96 horas, sendo que o período em que podem ser fertilizadas varia entre 4 e 24 horas (WITTER et al., 2014).

A canola é hermafrodita autógama com taxa de alogamia superior a 20%, assim, tanto a autopolinização quanto a polinização cruzada resultam em frutos e sementes (FUZARO, 2017; TAKAHATA, 2009). A espécie é muito visitada por insetos polinizadores que, em decorrência disso, aumentam o número de flores fecundadas e, conseqüentemente, contribuem para o aumento na quantidade de sementes produzidas (ALI et al., 2011; KEVAN; EISIKOWITCH, 1990; ROSA et al., 2010), peso, qualidade (BOMMARCO et al., 2012; DURÁN et al., 2010), e, até mesmo, a taxa de germinação de sementes (KEVAN; EISIKOWITCH, 1990).

Os frutos dispõem-se como síliquas, que se abrem quando secas (deiscentes), possuindo geralmente de 14 a 15 sementes com diâmetro e peso inferior a 2 mm e 6 mg, respectivamente. Apenas 40% a 50% das flores irão formar síliquas produtivas, as demais flores e ou síliquas, em estágio inicial de desenvolvimento, são naturalmente abortadas e a maturação dos grãos acontece entre 40 e 60 dias depois do início do florescimento (IRIARTE et al., 2008).

O ciclo de vida da planta de canola é dividido em sete estádios principais: germinação (estádio 0), desenvolvimento foliar (estádio 1), desenvolvimento dos ramos laterais (estádio 2),

alongamento do caule (estádio 3), emergência da inflorescência (estádio 4), florescimento (estádio 5), desenvolvimento das sementes (estádio 6) e maturação (estádio 7) (FUZARO, 2017). O conhecimento dos estádios de desenvolvimento da planta de canola é importante para o manejo da cultura. O calendário e a ocorrência dos diferentes estádios de crescimento irão variar de acordo com as condições de crescimento, localização e variedade empregada no cultivo (THOMAS, 2003). Geralmente, seu ciclo de vida varia de 107 a 166 dias, que é o tempo que contempla desde a semeadura até a colheita de seus grãos (ESTEVEZ et al., 2014).

A canola é a terceira maior *commoditie* mundial, com grãos ricos em óleo de excelente qualidade, que é utilizado em molhos, óleos para saladas, margarinas e para cozinhar/fritar (REMPEL; HUTTON; JURKE, 2014). Além disso, é um dos mais saudáveis para o consumo humano, pois possui elevada quantidade de ômega-3 (reduz triglicerídeos e controla a arteriosclerose), vitamina-E (antioxidante que reduz radicais livres), gorduras monoinsaturadas (reduzem o LDL) e apresenta o menor teor de gordura saturada (7%) (LU et al., 2011; REMPEL; HUTTON; JURKE, 2014). Além disso, o óleo de canola contém esteróis vegetais (0,53% a 0,97%) e tocoferóis (700-1200 ppm), substâncias que favorecem a redução do colesterol no organismo (PRZYBYLSKI et al. 2005; GUNSTONE, 2011). Todos esses componentes provenientes do óleo de canola contribuem para a saúde e a prevenção de doenças cardiovasculares (GEBAUER et al., 2006; KRIS-ETHERTON, 1999; TOMM, 2009). Além dos efeitos cardioprotetores, estudos têm apontado efeitos positivos do óleo de canola sobre as respostas à insulina, diabetes (RISERUS, 2008; WEST et al., 2005) e biomarcadores de câncer (CHO et al., 2010; HOOPER et al., 2006).

Em alguns lugares do mundo, como no Irã, a medicina tradicional utiliza parte da raiz da planta da canola para fins terapêuticos, como diuréticos, antiescorbuto, antibiótico e anti-inflamatórios da bexiga (ZARGARI, 2001). Já para o povo oriental, as sementes de canola são utilizadas para problemas asmáticos (EVANS, 1997; ZARGARI, 2001). Entretanto, o foco principal dos pesquisadores está voltado para a utilização da planta como matéria-prima na produção de graxas, lubrificantes, óleos e biocombustíveis (SAEIDINIA; GOHARI, 2012).

Além dessa cultura ser responsável por 15% da produção de óleo vegetal comestível do mundo, ela também é utilizada na produção de biodiesel e rações para animais (HUSSAIN et al., 2019; TOMM et al., 2007). Ela compõe um seleto grupo de matérias-primas que totalizam 95% da produção de biodiesel no globo (ANWAR et al., 2017; UDDIN et al., 2013). Assim, a canola destaca-se como uma alternativa para as questões energéticas que permeiam o mundo, já que sua matéria-prima apresenta alto rendimento de óleo e energético (SILVA, et al., 2017).

Dessa forma, essa cultura é uma opção que poderá diversificar a matriz energética, resultando na diminuição da dependência e utilização de combustíveis fósseis (MICUANSKI et al., 2014).

Ademais, após a extração do óleo, o resíduo (farelo, subproduto) ainda pode ser aproveitado para alimentação animal, já que há cerca de 34% a 37% de proteínas, logo, não havendo desperdício (ROSTAGNO et al., 2011). Consequentemente, o farelo de canola apresenta-se como importante alternativa para esse tipo de alimentação em razão de parte do milho e da soja ser destinada para a produção de etanol e biodiesel, desse modo há incremento do custo desses ingredientes no mercado e aumento da necessidade de utilização de alimentos alternativos na alimentação animal (JÚNIOR et al., 2009; SAVARY et al., 2017).

Portanto, os custos para a utilização do coproduto da canola são favorecidos, já que a viabilidade de produção de carnes está diretamente ligada aos custos da matéria-prima das dietas dos animais (GOPINGER et al., 2015). Juntamente a isso, tem-se observado que a utilização de resíduos de canola nas refeições diárias de animais leiteiros resultou no aumento da produção de leite (MARTINEAU et al., 2013) e na aquicultura. (ENAMI, 2011; HILL et al., 2013; LUO et al., 2012), logo, o mercado das carnes e leiteiro sai ganhando quando se utiliza uma dieta à base de farelo de canola.

2.2. Importância socioeconômica e ambiental da cultura da canola

Desde 1961, a produção de canola voltada para o óleo tem aumentado em uma taxa de 5,4% ao ano e, atualmente, a produção totaliza um volume de aproximadamente 69 milhões de toneladas (USDA, 2019). Os países produtores mais importantes são membros da União Europeia, Canadá, China, Índia e Austrália, com uma contribuição total de mais de 90% da produção mundial (FAOSTAT, 2019; USDA, 2020).

O aumento da produção de canola durante os últimos anos deve-se, em parte, à melhoria das variedades mais produtivas, que são mais resistentes a doenças, e aos aperfeiçoamentos no seu manejo (HEGEWALD et al., 2018). No entanto, o resultado primário está associado à expansão da área cultivada da canola. Globalmente, a área de cultivo dessa oleaginosa quase dobrou desde 1990 e, atualmente, representa uma área total de 34 milhões de hectares, enquanto a área total das terras aráveis permanece constante nos principais países produtores (FAOSTAT, 2019).

O cultivo de canola é predominante em regiões que apresentam latitudes entre 33° e 55° e pode ser diferenciado quanto ao requerimento em vernalização: de inverno e de primavera, sendo que na Europa, a maioria do cultivo de canola é do tipo de inverno, semeadas no outono

(TOMM, 2009; FUZARO, 2017). A canola de primavera desenvolve-se satisfatoriamente em ambientes com as temperaturas que variam entre 13° e 22°C e é utilizada com maior expressão na América do Sul, Austrália e no Canadá (FRIEDT e SNOWDON, 2010). No Brasil, essas condições térmicas são encontradas predominantemente na região sul, durante o outono, inverno e início da primavera, o que corresponde ao período de crescimento da canola nessas regiões (DAMALGO et al., 2010).

No Brasil, os registros iniciais de comercialização de canola são de 1981 e não foram muito animadores, porém, passados mais de trinta anos, observou-se a consolidação de canais de comercialização com a participação das indústrias de extração de óleo no fomento da produção, as quais disponibilizam, até hoje, sementes de híbridos, em alguns casos, fertilizantes e suporte técnico para o cultivo, com a opção de contrato de compra e venda antecipada. As pesquisas e o cultivo da canola no Brasil foram iniciados na década de 70, no noroeste do Rio Grande do Sul, alcançando o Paraná nos anos 80 (MORI; TOMM; FERREIRA, 2014).

A partir de 2001, houve nova expansão da área de cultivo comercial de canola, sobretudo nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, chegando à região sudoeste de Goiás, em 2003 (TOMM et al., 2004). Segundo dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento - 2019), a área cultivada da canola no Brasil tem em torno de 34 mil hectares; e a produção, aproximadamente 49 mil toneladas na safra de 2019, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul, que é responsável por mais de 90% da área cultivada e da produção total.

A canola no Brasil constitui excelente opção, tanto para a alimentação humana quanto para a produção de biocombustíveis, sendo possível também sua inserção em programas de rotação de culturas, com semeadura da canola no outono-inverno (semeadura entre 15 de abril a 30 de junho no Rio Grande do Sul) ou na safrinha (semeadura em fevereiro a março) na região Centro-Oeste (TOMM, 2005; TOMM, 2006). Outra vantagem é que, por apresentar ciclo curto, a canola pode se beneficiar do período final das chuvas, diminuindo, assim, sua necessidade por instalações de sistemas de irrigação. Consequentemente, a proporção da canola em rotações de cultura aumentou consideravelmente nas últimas décadas e programas de rotação mais curtos foram relatados pela maioria dos principais países produtores (HEGEWALD et al., 2016).

Os benefícios das rotações de culturas como proteção dos recursos hídricos e produtividade do sistema são descritas extensivamente na literatura de Karlen et al. (1994). Esses efeitos positivos estão relacionados, principalmente, à melhor disponibilidade de nitrogênio e redução de sua perda, melhorando o fornecimento de nutrientes, otimizando o uso da água, controle de doenças, ervas daninhas e pragas de insetos, bem como controle de funções

alelopáticas (BORKERT et al., 2003; HAY; RUSSEL; EDWARDS, 2000; HEGEWALD et al., 2018; LARKIN; LYNCH, 2018; REIS; CASA; BIANCHIN, 2011).

Os efeitos de diferentes culturas de quebra ou de rotações têm sido observados em diversos experimentos e são bem conhecidos para sistemas de produções de cereais, especialmente para o trigo. Visões abrangentes sobre o impacto de diferentes culturas e respostas foram observadas recentemente e mostraram que a canola é uma excelente opção para se inserir em programas de rotação de culturas voltados para a produção de cereais (ANGUS et al., 2015; KIRKEGAARD et al., 2008). Já que, pela presença de uma nova cultura, há a quebra do ciclo de vida de doenças patogênicas, biofumigação e grandes quantidades de resíduo de nitrogênio, bem como a recuperação mais eficiente desse composto.

A biofumigação consiste na incorporação de matéria orgânica ao solo, principalmente com resíduos de *Brassicac*s ricos em enxofre e compostos ricos em nitrogênio, que durante a decomposição liberam substâncias tóxicas aos patógenos, assim reduzindo sua viabilidade no solo. Sendo assim, essa combinação favorece o aumento da eficácia dos tratamentos para o controle de patógenos e da produtividade das culturas (GAMLIEL; AUSTERWEIL; KRITZMAN, 2000). Além disso, inserida em um sistema de rotação de culturas, a canola evita a exploração de novas terras para plantio, já que utiliza terras ociosas que estariam em pousio. Sua inserção contribui também para o aumento de renda do empreendimento rural, através da demanda de mão-de-obra e oferta de empregos (GAZZONI et al., 2009).

Outros aspectos ambientais notáveis sobre a cultura da canola estão na sua capacidade de retenção hídrica e protetiva do solo, provocada pela presença de sua cobertura vegetal (biomassa) que evita que a água pluvial o atinja diretamente, amenizando o efeito de salpicamento, escoamento superficial e, conseqüentemente, os efeitos de erosão hídrica. Além disso, a biomassa ajuda na fixação do carbono, absorvendo dióxido de carbono, que é um dos grandes causadores do efeito estufa (CASSOL et al., 2015).

Nesse contexto, espera-se que o país seja um dos principais produtores e consumidores de biocombustíveis do mundo, não apenas do etanol, biocombustível já consolidado, mas também do biodiesel (MARTINS et al., 2007). Portanto, o impacto econômico da produção do biodiesel a partir do óleo de canola terá reflexo sobre a renda de milhares de famílias de trabalhadores rurais e industriais que têm ligação direta com o agronegócio e daqueles que realizam agriculturas familiares ou possuem algum ramo de cultivo envolvendo essa cultura.

2.3. Correlações entre caracteres em canola

Em diversos estudos, muitas vezes faz-se necessário mensurar a existência e/ou a interação entre os caracteres. Por exemplo, para a produção vegetal, o estudo de relações entre as variáveis envolvidas para o melhoramento genético é um dos aspectos mais importantes a se considerar, pois possibilita a obtenção de ganhos para caracteres de interesse por meio de outras características correlacionadas. A análise de correlação consiste no estudo do grau de associação entre variáveis (CHARNET et al., 2008). Nela interessa observar se duas ou mais variáveis interagem entre si. Desse modo, a medida estatística que dimensiona o grau de relação entre duas ou mais variáveis, auxiliando em suas compreensões, é chamada coeficiente de correlação. A correlação que pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de dois caracteres em certo número de indivíduos da população é a fenotípica. Essa tem causas genéticas e ambientais, porém só as genéticas envolvem uma associação de natureza herdável (CRUZ et al., 2012; FERREIRA et al., 2003).

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é um dos coeficientes mais utilizados e mede o grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas, assim demonstrando a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. Esse coeficiente pode ser obtido pela divisão da covariância de duas variáveis pelo produto dos seus desvios padrão (MARTINS, 2014; MOORE, 2007). Desse modo, o coeficiente de correlação de Pearson aparece como medida importante para a avaliação de caracteres de canola, já que auxiliará na investigação para identificar se duas ou mais características se modificam conjuntamente.

Os valores do coeficiente de correlação variam de -1 a +1, e, quanto mais próximo destes valores for a magnitude da estimativa da correlação, implicam na existência de associação forte entre dois caracteres (FILHO; JUNIOR, 2009). Entretanto, conforme explica Filho et al. (2011), o coeficiente de correlação linear de Pearson, obtido por meio de amostra pequenas, precisa ter elevada magnitude (próximo de 1) para ser significativo. Nesse caso, embora o valor do coeficiente apresente significância estatística, a amostra pode não ser representativa da população, e, conseqüentemente, o coeficiente pode não representar a verdadeira relação entre os caracteres. Por outro lado, quando o tamanho de amostra for excessivamente grande, um pequeno valor deste coeficiente (próximo de zero) pode ser considerado significativo, porém, não necessariamente, seja uma relação importante entre os caracteres do ponto de vista prático (HAIR et al., 2009).

Para Cohen (1988), valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados baixos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser

interpretados como altos. Já Dancey e Reidy (2006) apontam para uma classificação um pouco diferente: $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,60$ (moderado); $r = 0,70$ até um (forte). Para Shimakura e Ribeiro (2006), é considerada uma correlação bem fraca $r = 0,00$ a $0,19$, fraca $r = 0,20$ a $0,39$, moderada $0,40$ a $0,69$, forte $0,70$ a $0,89$ e muito forte $0,90$ a $1,00$. Independente da referência a ser utilizada, o correto é que quando o valor for mais próximo a um (positivo ou negativo) maior é o grau de dependência linear entre as variáveis (FILHO; JUNIOR, 2009). Logo, quanto mais próximo a zero, menor é a força dessa relação.

Neste contexto, Ramalho et al. (2012) descrevem que a correlação negativa ($r < 0$) indica que os caracteres são inversamente relacionados, enquanto a correlação positiva ($r > 0$) implica que os caracteres variam em mesma direção. Além disso, a correlação entre duas variáveis pode ser respectivamente linear ou não-linear, quando é possível ajustar uma reta entre as observações em um diagrama de dispersão e quando não é possível ajustar uma reta entre as observações, respectivamente.

Para o melhoramento de espécies, como a da canola, o conhecimento da associação entre os caracteres é de grande importância, essencialmente se em um deles existir dificuldades para sua seleção, por motivos como sua baixa herdabilidade ou dificuldade na mensuração e identificação (CRUZ et al., 2012). Portanto, informações sobre a associação de caracteres, como o de produtividade de grãos, são fundamentais para definir critérios de seleção para o melhoramento da cultura em termos de rendimento (BENIN et al., 2009; CARVALHO, 2004).

Assim, a correlação fenotípica pode ser diretamente mensurada a partir das medidas de dois caracteres, em certo número de indivíduos da população. A principal causa genética da correlação fenotípica entre duas características é a ação pleiotrópica dos genes. Essa ação, chamada pleiotropia, é simplesmente a propriedade segundo a qual um determinado gene afeta duas ou mais características, de modo que, se ele estiver segregando, causa variação nessas características. Outra causa é provocada pela ligação gênica que ocorre quando os genes que apresentam efeito nos caracteres estão próximos e no mesmo cromossomo.

Rameeh (2012) analisou 20 genótipos de canola na Estação de Pesquisa Baykola, localizada em Neka, Irã, durante os anos de 2010 e 2011. Nesse estudo foi identificada a correlação significativa negativa para a característica massa de 1.000 sementes em relação a característica ciclo e correlação significativa positiva da característica número de dias para início de floração em relação à altura da planta. Como a característica dias para maturação apresentou baixo valor de coeficiente de variação genético, os autores concluíram que para melhorá-la as características correlacionadas dias para início de floração e ciclo poderiam ser utilizadas.

Ejaz-ul-Hasan et al. (2016), avaliando oito diferentes genótipos de canola no Paquistão durante o inverno, identificou correlação fenotípica significativa positiva entre número de dias para início de floração e ciclo total (0,91) e para número de grãos por siliqua associando a massa de 1.000 (mil) grãos (0,66). Assim, concluiu que genótipos que apresentam alta magnitude para as características produtividade de grãos, número de grãos por siliqua e comprimento de siliqua devem ser utilizados no cruzamento com linhagens resistentes a doenças para o desenvolvimento de uma cultivar com alto rendimento.

Khayat, Lack e Karami (2012), avaliando dez genótipos de canola no Irã, evidenciaram correlação significativa mais elevada para as características número de dias para emergência das plantas (-0,65), tempo de floração (0,93), ciclo total (0,67), número de grãos por siliqua (0,57) e massa de 1.000 (mil) grãos (0,90) em relação a produtividade de grãos. Seus resultados apontaram que principalmente o tempo de floração e o número de dias para emergência de plantas têm influência para a produção de grãos, já que quanto maior for tempo de floração maiores são as chances de ocorrer polinização e assim gerar síliquas. Todavia, quando a planta apresenta crescimento tardio, diminuição do período de crescimento, más condições ambientais (temperatura e umidade) durante o período de floração, fertilização e formação de síliquas, diminui o número de síliquas por planta, o número e a massa de grãos, o que finalmente leva à diminuição do rendimento da canola.

2.4. Análise de trilha

A análise de trilha consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que variáveis são previamente padronizadas. Apesar da correlação ser uma característica intrínseca a dois caracteres, em cada condição experimental, sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados, que normalmente são avaliados pelo pesquisador por meio do prévio conhecimento de sua importância de possíveis interações expressas em diagrama de trilha (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Apesar de envolver princípios de regressão, a análise de trilha é, em essência, um estudo de decomposição do coeficiente de correlação, permitindo avaliar se a relação entre duas variáveis é de causa e efeito ou determinada pela influência de outra ou outras variáveis. Essa análise pode, portanto, ser feita a partir de correlações fenotípicas, genotípicas ou ambientais.

Dentre as utilidades da análise de trilha, uma das principais é possibilitar o conhecimento acerca dos efeitos diretos e indiretos que variáveis explicativas exercem sobre

uma variável principal, permitindo, assim, estabelecer uma estratégia mais eficiente na seleção para o melhoramento genético (SOUZA, 2013).

O sucesso da análise de trilha baseia-se na formulação mais consistente do relacionamento causa-efeito entre as variáveis. Dessa forma, a execução da análise de trilha é, em geral, realizada em duas partes:

I- Construção de um diagrama de trilha que, embora não seja essencial para a análise numérica, é muito útil para exibir graficamente o padrão de hipótese das relações de causa e efeito entre um conjunto de variáveis, ou seja, estabelece uma relação de causa e efeito entre as variáveis.

II- Decomposição das correlações observadas em um conjunto de coeficientes (coeficientes de trilha) que indica o efeito direto de uma variável hipoteticamente tomada como causa sobre uma variável tratada como efeito.

Khayat, Lack e Karami (2012), avaliando dez genótipos de canola no sudeste do Irã, evidenciaram que as características siliques por planta (0,95), massa de 1.000 siliques (0,90) e tempo de floração (0,82) apresentaram efeito positivo direto na produtividade de grãos, recomendando para melhoristas de canola enfatizar características positivamente correlacionadas para o desenvolvimento de cultivares com alto rendimento.

Em outro estudo, Ali, Javidfar e Attary (2002), ao avaliarem 25 genótipos de canola em Karaj, Irã, concluíram que os caracteres siliques por planta (0,79), número de grãos por síliqua (0,51) e massa de síliqua (0,43) obtiveram efeito direto positivo para rendimento de grãos, sendo que o número de siliques por planta apresentou maior efeito indireto positivo para todos componentes de produção, sugerindo que estes são bons caracteres para o melhoramento.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Instalação e condução do experimento

Foram avaliados oito genótipos de canola de primavera: Hyola 50, Hyola 61, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571, Hyola 575, ALHT B4 e Diamond em três experimentos (ambientes). Dois experimentos foram irrigados (Experimento I e II) e um em condição de sequeiro (Experimento III). O experimento I foi conduzido de 17 de junho a 14 de setembro de 2017, o experimento II, de 23 de abril a 6 de setembro de 2019, e o experimento III, de 11 de abril a 24 de agosto, todos na região Centro-Oeste, na área experimental da Embrapa Cerrados, na cidade de Planaltina, Distrito Federal. A cidade está situada a 15°35'18'' S, 47°43'57'' W a 999 m de altitude e contempla a parte denominada núcleo do Cerrado (RATTER, BRIDGWATER; RIBEIRO, 2003). Conforme a classificação de Köppen e Geiger (1936), a região do Distrito Federal apresenta clima tropical com inverno seco e verão chuvoso (AW), com temperatura média anual de 21 °C, tendo umidade relativa de 68% e precipitação pluvial em média de 1.668 mm anuais.

O índice pluviométrico total durante o primeiro experimento foi de 503 mm, já no segundo e terceiro experimento foi de 98,2 mm (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET). A irrigação no primeiro e segundo experimento foi feita por aspersão fixo. No terceiro experimento não houve irrigação. Foram realizados os tratos culturais necessários e a aplicação de inseticidas para controle de pragas.

No primeiro experimento, os oito genótipos foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições sendo cada parcela, constituída de 16 linhas de 5 m espaçadas em 0,17 m sendo a área útil da parcela 12,75 m² e a área total do experimento de 656 m². O segundo e terceiro experimentos também em DBC com quatro repetições, sendo cada parcela constituída de 8 linhas de 5 m espaçadas em 0,17 m com a área útil das parcelas de 6,8 m² e área total de 900 m², qual também houveram parcelas constituídas de família F₂ de canola, porém não utilizadas neste trabalho.

O preparo das áreas constou com a utilização de grade aradora e enxada rotativa. Foi adicionado 395 kg de calcário (6 t.ha⁻¹) para correção do solo no primeiro experimento. Já no segundo e terceiro experimentos, a proporção utilizada de calcário foi de 180 kg (2 t.ha⁻¹). A semeadura aconteceu na densidade de 50 sementes por m².

Foram avaliados os seguintes caracteres:

I) **Número de dias para início da floração (NDIF, dias)**: número de dias contados a partir da data de semeadura até o início do florescimento, em que 50% das plantas apresentavam pelo menos uma flor.

II) **Ciclo total (CI, dias)**: número de dias contados a partir da semeadura até a colheita.

III) **Comprimento de síliqua (COMPS, cm)**, obtido a partir de medição com régua do comprimento médio de cinco síliquas advindas de cinco plantas tomadas ao acaso na área útil da parcela.

IV) **Massa de síliqua (MS, g)**: obtida pela média da pesagem das cinco síliquas com grãos advindas de cinco plantas tomadas ao acaso na área útil da parcela.

V) **Número de grãos por síliqua (NGS)**: obtido pela média da contagem dos grãos de cinco síliquas advindas de cinco plantas tomadas ao acaso na área útil da parcela.

VI) **Massa de 1000 (mil) grãos (M1000G, g)**: obtida pela pesagem da massa de 1000 grãos advindas de 5 plantas ao acaso na área útil da parcela.

VII) **Produtividade de grãos (PROD, kg.ha⁻¹)**: determinada pela pesagem de grãos total da área útil da parcela, com posterior conversão para quilogramas por hectare.

3.2. Análises genético-estatística

3.2.1. Análise de variância (ANOVA)

Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, para cada variável.

Os dados obtidos para cada característica agrônômica foram submetidos à análise de variância conjunta (ANOVA) a nível de significância de 5% para verificar a existência da variabilidade entre os genótipos.

O seguinte modelo estatístico foi utilizado:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B_k + A_j + GA_{ij} + e_{ijk} \text{ em que:}$$

Y_{ijk} : é o efeito da observação do genótipo i na repetição j no ambiente k ;

m_k : média geral no ambiente no ensaio k ;

G_i : efeito do genótipo

A_j : efeito do ambiente

GA_{ij} efeito da interação genótipos e ambientes

e_{ijk} : erro aleatório.

Os seguintes parâmetros genéticos foram estimados: Componente Quadrático Genotípico (Φ_g^2); Componente Quadrático da Interação genótipo x ambiente (Φ_{ga}^2); Variância Residual (σ_r^2); Coeficiente de determinação genotípico (R^2); Correlação Intraclasse (r); Coeficiente de Variação Genético ($CVg(\%)$) e Razão CVg/CVe (CVg/CVe).

3.3. Teste de comparação de médias

Para a análise de médias foi realizado o teste de comparação de médias Tukey. Esse teste faz uso da distribuição da distância estatística padronizada, que é dada pela seguinte formula:

$$HSD = q_{k,gl,\alpha} \sqrt{\frac{QMR}{r}}$$

Em que HSD significa diferença honestamente significativa (honestly significant difference), $q(k,gl,\alpha)$ é denominado amplitude estudentizada e é encontrado na tabela de

amplitude estudentizada q , ao nível de significância α , para k tratamento e gl graus de liberdade do resíduo da ANOVA. QMR é o quadrado médio do resíduo da análise de variância e r o número de repetições de cada um dos grupos.

3.4. Correlação

Primeiramente para a análise de correlação foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade nas características estudadas e posteriormente excluída as características que apresentaram forte colinearidade. Após isso, para demonstrar a relação entre as características foi realizada a análise de correlação fenotípica para os oito genótipos de canola utilizando o procedimento de Correlação de Pearson, denotado por p_{xy} e definido por:

$$P_{xy} = Cor(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(x)Var(y)}}$$

Em que $Cov(X, Y)$ é uma medida de variação conjunta de X e Y , chamada de covariância (MARTINS, 2014).

3.5. Análise de trilha

Após feita a correlação, realizou-se a análise de trilha que permitiu a decomposição da correlação em efeitos diretos e indiretos. Esses efeitos foram estimados em análise feita a partir de uma variável dependente (Y), que no caso deste estudo foi a característica produtividade de grãos (PROD), e outro conjunto de variáveis explicativas que foram as demais características do experimento permitindo entender suas influências.

Por ser Y um caráter complexo, resultante da ação conjunta de outros caracteres, foi possível estabelecer o seguinte modelo:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e$$

Sendo que X_1, X_2, \dots, X_n as variáveis explicativas, β parâmetro desconhecido a ser estimado na análise de regressão, “ e ” erro e Y a variável base (ou variável dependente).

Todos os dados foram analisados utilizando o software Genes (CRUZ, 2013) e Rstudio (R, 2015). Todas as comparações consideraram $\alpha=5\%$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise de variância conjunta (ANOVA)

Diferenças significativas entre os genótipos foram detectadas para três das sete características avaliadas (Tabela 1), evidenciando a existência de variabilidade entre os genótipos, fator fundamental para o progresso genético com a prática da seleção (CRUZ et al., 2011). Apenas a característica COMPS não apresentou diferença significativa, para fonte de variação ambiente, enquanto as demais características apresentaram diferenças nos ambientes avaliados. Já as características que apresentaram diferença significativa para interação genótipo x ambiente foram CI, COMPS e NGS evidenciando mudanças no desempenho dos genótipos avaliados nos ambientes.

Tabela 1 - Análise de variância conjunta e parâmetros genéticos dos experimentos para as características: número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); comprimento de siliqua (COMPS); massa de siliqua (MS); número de grãos por síliquas (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD) em oito genótipos de canola.

FV	GL	Quadrados médios						
		NDIF	CI	COMPS	MS	NGS	M1000G	PROD
Bloco	3	28,07	9,31	0,22	920,72	9,96	0,10	2.009.995,54
Genótipos	7	151,04**	210,66	1,16*	1689,23	103,19*	0,19	772.174,77
Ambientes	2	7.044,66**	728,51**	0,10	203.947,91*	271,32**	2,41**	28.461.036,04**
GxA	14	12,92	76,26**	0,31*	929,78	32,74**	0,08	675.616,09
Resíduo	69	12,76	10,78	0,14	1640,02	12,42	0,11	553.632,35
Média		50,14	120,58	5,48	83,24	20,94	3,26	23,93
CVe(%)		7,12	2,72	6,89	48,64	16,82	10,08	31,09
Φ_g^2		11,51	11,20	0,07	63,29	5,87	0,01	8.046,56
Φ_{ga}^2		0,03	14,32	0,04	0,00	4,45	0,00	26.683,94
σ_r^2		12,76	10,78	0,14	1.640,02	12,42	0,11	553.632,36
R ²		91,45	63,80	72,91	44,96	68,27	57,66	12,50
r		47,36	30,85	28,19	4,09	25,83	8,09	1,37
CVg(%)		6,77	2,78	4,86	9,56	11,57	2,90	3,75
CVg/CVe		0,95	1,02	0,71	0,20	0,68	0,29	0,12

Fontes de Variação (FV); Graus de liberdade (GL); Interação Genótipo x Ambiente (GxA), Coeficiente de Variação Ambiental (CVe(%)); Componente Quadrático Genotípico (Φ_g^2); Componente Quadrático da Interação genótipo x ambiente (Φ_{ga}^2); Variância Residual (σ_r^2); Coeficiente de determinação genotípico (R²); Correlação Intraclasse (r); Coeficiente de Variação Genético (CVg(%)) e Razão CVg/CVe (CVg/CVe); **, * Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

As características PROD e MS apresentaram coeficiente de variação ambiental CVe (%) elevado, de acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (2009). Já as características: NDIF, CI, COMPS, NGS e M1000G apresentaram CVe (%) com magnitude inferior a 17%, mas ainda assim pode-se considerar uma boa precisão na condução do experimento. Para PROD e MS, o elevado CVe (%) detectado deve-se à natureza quantitativa dessas características, ou seja, elas sofrem forte influência do ambiente e possuem pares de genes que somam ou acumulam seus efeitos (MARJANOVIĆ-JEROMELA et al., 2015). Sanches et al. (2014) avaliando o desempenho do genótipo HYOLA 61 sob dois cultivos, um irrigado e outro sob adubação nitrogenada, também observaram medianos CVe (%) para a característica PROD. Já Shaukat et al. (2015) ao avaliar oito genótipos de canola encontrou CVe (%) inferior (24,02%) para a mesma característica.

As estimativas de parâmetros genéticos estão apresentadas na Tabela 1. Evidenciou magnitude acima de 0,55 para o coeficiente de determinação genotípico (R^2) nas características NDIF, CI, COMPS, NGS e M1000G. O parâmetro estimado foi R^2 e não h^2 pois os tratamentos foram considerados fixos (YOKOMIZO; VELLO, 2000). Esse parâmetro reflete os valores de variância genética herdada na expressão de caracteres, sendo que quanto maior esse coeficiente, maior o sucesso da seleção para um dado caráter (KRÜGER et al., 2011). Assim, podemos concluir que essas características possuem maior variância genética e são menos influenciadas pelo ambiente, o que indica possibilidade de ganho ou progresso genético, que poderá ser atingido por meio da seleção dessas características. Resultados semelhantes foram encontrados por Ul-Hasan (2014) em um estudo que visou estimar associação e critérios de seleção para componentes de rendimento em canola onde R^2 para as características NDIF também foi acima de 0,90. Já em um estudo com oito genótipos de canola realizado por Shaukat et al. (2015), esse parâmetro apresentou magnitude acima de 0,60 para M1000G, NGS e 0,57 para o COMPS. Os menores valores R^2 detectados no presente estudo (inferiores à 0,50) para as demais características indicaram maior influência ambiental.

Magnitude mediana acima de 10% para o parâmetro coeficiente de variação genético CVg (%) foi detectada nos experimentos para a característica NGS conforme a classificação de Pimentel-Gomes (1985). Esse parâmetro é importante, pois permite inferir sobre a magnitude da variabilidade genética nos caracteres em estudo, tendo implicações diretas no ganho por seleção (FERRÃO et al., 2008).

No caso de seleção, o CVg (%) unicamente salienta a proporcionalidade do ganho em relação à média, enquanto a razão CVg/CVe maior que a unidade (>1) indica situação favorável

à seleção (FALEIRO et al., 2002). Logo, a razão CV_g/CV_e foi maior que a unidade para a característica CI nos experimentos estando em concordância com o seu respectivo valor R^2 . Esse valor sugere boas perspectivas de ganho genético por seleção direta, uma vez que a variância genética superou a ambiental (YOKOMIZO, 2012). A característica NDIF nos experimentos apesar de não ter atingido o valor da unidade, ficou bem próximos (0,9), e uma vez que apresentou alto valor de R^2 , também deve ser indicado para seleção. A razão CV_g/CV_e foi menor que um para as demais características, indicando uma condição pouco favorável à seleção, pois a maior contribuição existente foi de origem ambiental.

O coeficiente de correlação intraclasses (r) apresentou magnitude acima de 30% para as características NDIF e CI. Conforme Vencovsky (1980) explica, o parâmetro r é muito importante, pois o sucesso na seleção depende, fundamentalmente, de uma correlação entre o material ensaiado e o material melhorado, sendo que quando r for baixo no ensaio, pode-se esperar uma correlação também baixa entre o que se está selecionando e o material do ciclo seguinte.

4.2. Teste de comparação de médias

Com relação às médias (Tabela 2, 3 e 4), foi observado variação na característica NGS nos três experimentos, sendo que no experimento I, os genótipos que obtiveram maior magnitude (acima de 19) foram: Diamond, Hyola 50, ALHT B4, Hyola 433 e Hyola 76. No experimento II, o genótipo Hyola 50 apresentou maior valor (acima de 27) e divergiu estatisticamente apenas em relação ao genótipo Hyola 575 (abaixo de 22). No experimento III, o genótipo Diamond apresentou maior NGS (acima de 26), diferenciando-se estatisticamente do genótipo Hyola 433, que apresentou menor valor (abaixo de 11). As diferenças observadas para NGS entre os experimentos podem ser explicadas pela disposição de água aplicada à cultura como forma de manejo, já que no terceiro experimento não houve irrigação e no segundo o total de água utilizada foi superior ao experimento I (REDDI; REDDI, 1995). Observa-se que o genótipo Diamond foi um dos que apresentou maior valor para NGS (acima de 20), mesmo sobre déficit hídrico.

Tabela 2 - Teste de Comparação de médias Tukey do experimento I para as características: número de dias para início da floração (NDIF,dias); ciclo total (CI,dias); comprimento de siliqua (COMPS,cm) e número de grãos por siliqua (NGS) em oito genótipos de canola.

Genótipos	NDIF		CI		COMPS		NGS	
Hyola 50	62,75	ab	117,50	a	5,59	ab	21,45	a
Hyola 61	59,50	ab	117,25	a	5,38	ab	17,88	abc
Hyola 76	63,50	a	117,25	a	5,51	ab	19,80	ab
Hyola 433	55,00	bc	117,00	a	5,51	ab	19,50	ab
Hyola 571	57,75	ab	117,25	a	5,19	b	16,25	bc
Hyola 575	55,00	bc	117,00	a	5,20	b	15,35	c
ALHT B4	58,00	ab	117,00	a	5,92	a	20,98	a
Diamond	49,00	c	114,00	b	5,75	ab	21,60	a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 3 - Teste de Comparação de médias Tukey do experimento II para as características: número de dias para início da floração (NDIF,dias); ciclo total (CI,dias); comprimento de siliqua (COMPS,cm); número de grãos por siliqua (NGS) e massa de 1.000 grãos (mil) (M1000G, gramas) em oito genótipos de canola.

Genótipos	NDIF		CI		COMPS		NGS		M1000G	
Hyola 50	36,25	a	127	ab	5,76	a	27,67	a	3,02	ab
Hyola 61	31,5	ab	133,5	a	5,68	a	24,32	abc	3,45	a
Hyola 76	37,25	a	135	a	5,39	ab	22,17	abc	3,13	ab
Hyola 433	31,5	ab	120,5	b	5,57	a	25,05	abc	3,05	ab
Hyola 571	33,75	ab	122,5	b	4,73	b	21,1	bc	3,29	ab
Hyola 575	31,5	ab	122,75	b	5,26	ab	20,7	c	3,41	a
ALHT B4	37,5	a	125,75	ab	5,81	a	26,27	abc	3,21	ab
Diamond	25,5	b	120,5	b	5,12	ab	27,08	ab	3,28	ab

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 4 - Teste de Comparação de médias Tukey do experimento III para as características: número de dias para início da floração (NDIF,dias); comprimento de siliqua (COMPS,cm); número de grãos por siliqua (NGS) em oito genótipos de canola.

Genótipos	NDIF		CI		COMPS		NGS	
Hyola 50	62,5	a	125,5	a	5,63	ab	21,80	ab
Hyola 61	61,25	a	118,5	b	5,53	ab	21,60	ab
Hyola 76	63,5	a	126	a	5,31	ab	19,40	abc
Hyola 433	57,5	a	117,25	b	5	b	10,95	c
Hyola 571	57,75	a	122,25	ab	4,95	b	17,02	bc
Hyola 575	57,75	a	118,5	b	5,28	ab	17,07	bc
ALHT B4	61,25	a	122,25	ab	6,17	a	22,95	ab
Diamond	57	b	102	c	6,13	a	26,85	a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Em seu estudo, Durán et al. (2010) avaliaram componentes de rendimento influenciados pela polinização da abelha *Apis mellifera* L. em diferentes genótipos de canola, no Chile, encontraram variação semelhante (20 a 24 grãos) para NGS. Já Blochtein et al. (2014), ao avaliar a produção de grãos em relação à visita de insetos em diferentes regiões no Rio Grande do Sul, no Brasil, identificou que o genótipo Hyola 61 produziu em média 13 (\pm 6.5) grãos por síliqua quando polinizada livremente, média bem inferior ao encontrado neste estudo.

Um resultado importante observado em relação à característica NDIF foi que o genótipo Diamond apresentou o menor tempo nos três experimentos, sendo que no primeiro ele não se diferenciou estatisticamente dos genótipos Hyola 575 e Hyola 433; no segundo também não se diferenciou desses dois genótipos e do Hyola 571 e Hyola 61; já no terceiro experimento diferenciou-se estatisticamente de todos os genótipos. Esse genótipo possui, em média, tempo de 60 a 85 dias da emergência ao início do florescimento (NUSEED, 2020). A precocidade detectada neste estudo pode estar relacionada com o alto vigor das sementes e com as condições climáticas da região, o que favoreceu o encurtamento do período juvenil. Os demais genótipos permaneceram dentro das amplitudes estabelecidas na literatura para eles (TOMM, 2007; 2009).

Um menor tempo para início de floração tem reflexo direto para CI, o que realmente pode ser comprovado pelo menor CI também observado para o genótipo Diamond nos três experimentos. Os demais genótipos, em média, apresentaram o mesmo ciclo (117 dias) no experimento I e diferenciaram-se estatisticamente em dois grupos no experimento II e em três no experimento III. Respectivamente a variação de 120 a 135 dias e 102 a 125 dias foram observadas no experimento II e III. Portanto os resultados obtidos para essa característica permaneceram dentro das amplitudes estabelecidas na literatura. A precocidade dessa característica pode estar associada ao alto vigor das sementes e às condições climáticas da região que favoreceram o encurtamento do período juvenil.

Ter genótipos de canola com ciclo mais curto permitirá que a espécie se beneficie dos períodos finais das chuvas, assim, diminuindo sua necessidade por irrigações mecanizadas e tornando-se uma excelente alternativa econômica. De forma geral, podemos classificar os genótipos avaliados neste estudo como precoces, já que o ciclo da cultura da canola varia entre 107 a 166 dias (ESTEVEZ et al., 2014). Portanto, a precocidade desses híbridos torna favorável a incorporação da cultura no sistema de rotação no centro-oeste do Brasil.

Para COMPS, o genótipo ALHT B4 foi um dos que obteve maior magnitude nos três experimentos, diferenciando-se estatisticamente apenas do genótipo Hyola 571. As outras

características que não apresentaram diferença estatística no teste de comparação de médias foram apresentadas na figura 1, 2 e 3, para melhor observação de sua distribuição.

Para a característica PROD (Fig. 1-C, 2-B e 3-C) não houve diferença estatística entre os genótipos avaliados nos experimentos, porém, pode-se observar que a maioria de seus resultados foram considerados promissores, já que suas médias apresentaram valores superiores (acima de $1.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em relação à média nacional de produtividade de grãos ($1.429 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (CONAB, 2019). Apenas os genótipos Hyola 571, Hyola 433, ALHT B4 e Hyola 50 apresentaram valores inferiores à média nacional no terceiro experimento. Esses baixos valores podem ser explicados devido à escassez hídrica, considerada um fator que afeta diretamente componentes de produção.

Dogan et al. (2011) avaliaram os efeitos da irrigação suplementar em componentes de produção de canola sob condições climáticas do semiárido turco, e apontaram que qualquer suplementação de irrigação utilizada como forma de manejo afeta significativamente a produção, encontrando produtividade de grãos ($3.944 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) superior à média nacional brasileira quando aplicada lâmina total de 250 mm e evidenciando produtividade inferior ($1.094 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) quando não há irrigação. Os autores ainda afirmam que o estresse hídrico é um fator limitante que leva a menor colheita, especialmente no final da estação de cultivo de inverno, porque não há precipitação suficiente durante os meses de primavera. Observações semelhantes ao presente estudo foram feitas por Channaoui et al. (2019) que identificaram diferenças entre os genótipos investigados sob estresse hídrico durante os estádios da germinação das sementes e crescimento da planta e concluíram que quanto maior o estresse hídrico menor a produtividade de grãos.

O genótipo Hyola 61 foi o que apresentou maior produção de grãos ($2.926 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), seguido pelo genótipo Diamond ($2.816 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) no experimento I. Suzana et al. (2014) encontraram resultado menor e divergente para produção de grãos ($1.970 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para o genótipo Hyola 61, porém, ao avaliar a região sul do país. No segundo experimento, o genótipo Diamond também se destacou em sua produtividade de grãos ($3.356 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), sendo inferior apenas aos genótipos Hyola 76 ($4.179 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e Hyola 571 ($3.930 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Já no experimento III evidenciou-se o genótipo Diamond ($1.977 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) maior valor para produtividade de grãos, seguido pelos genótipos Hyola 61 ($1.821 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e Hyola 76 ($1.637 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Em suma, observando as estimativas das médias, podemos concluir que os genótipos que se destacaram foram Hyola 61 e Hyola 76, com maior produtividade de grãos nos experimentos I e II; respectivamente seguido por Diamond, que além de apresentar alta magnitude para essa característica, apresentou o menor ciclo nos três experimentos. Portanto,

esses genótipos possuem potencial para ser explorados em um programa de melhoramento de canola no Cerrado. Segundo Marcroft et al. (2014), o híbrido Hyola 61 é um genótipo com elevada estabilidade de rendimento de grãos e ampla adaptação, desempenhando excelência tanto sob déficit hídrico quanto frio intenso e o genótipo Hyola 76 apresenta maior rendimento quando semeado preferencialmente e maior recuperação pós geadas.

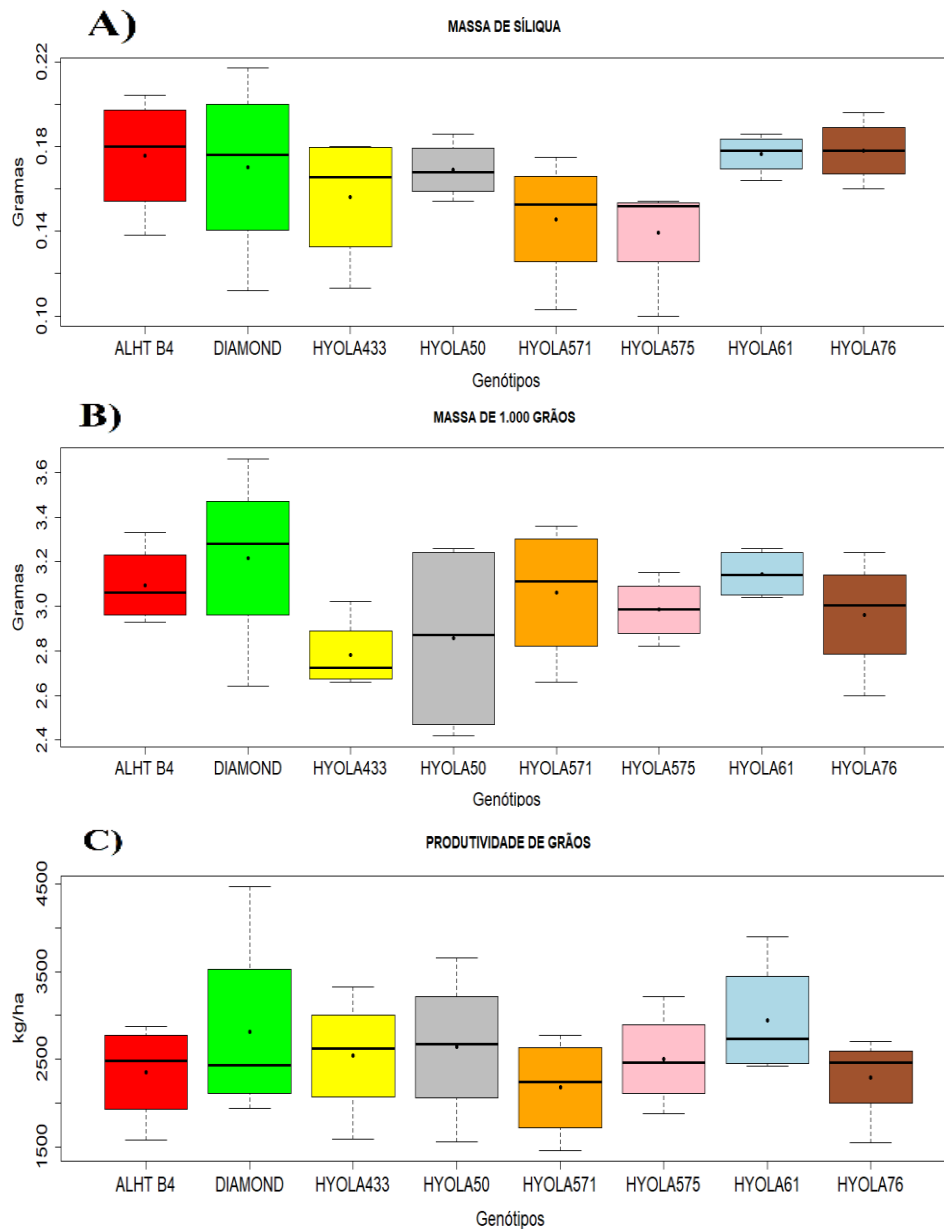


Figura 1 - *Boxplot* do experimento I para as características, massa de siliqua, massa de 1.000 (mil) grãos e produtividade de grãos em oito genótipos de canola.

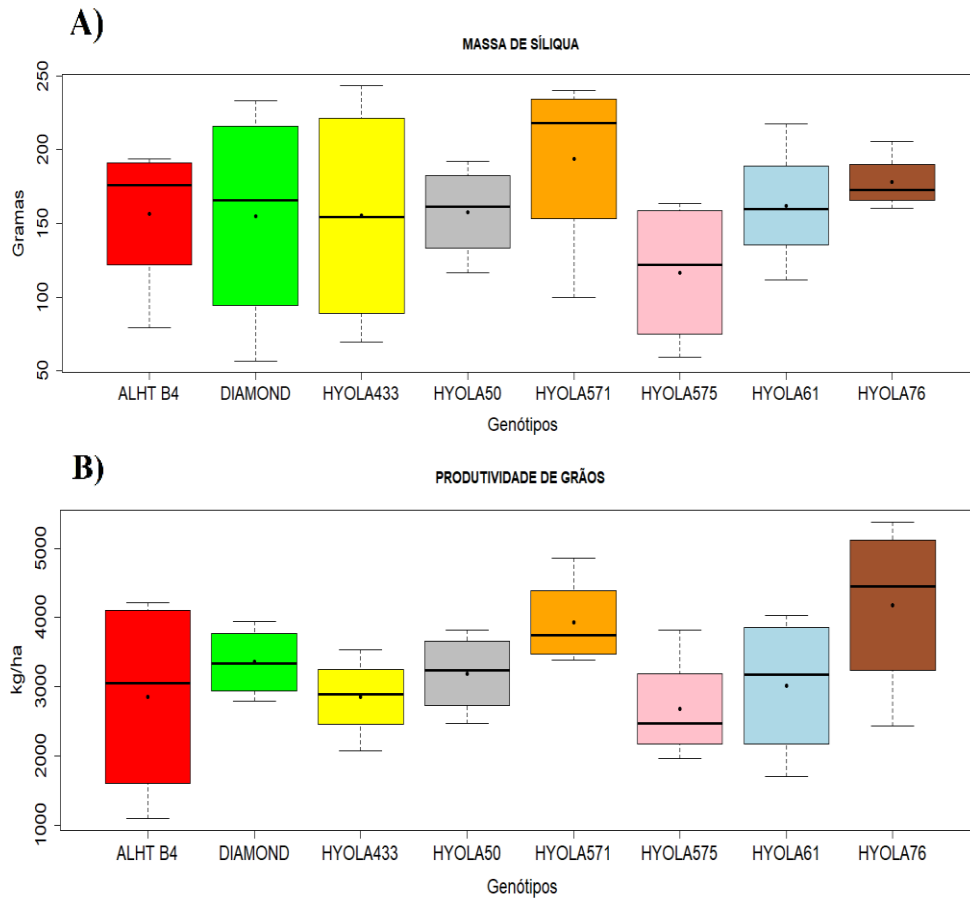


Figura 2 - *Boxplot* do experimento II para as características massa de síliqua, e produtividade de grãos em oito genótipos de canola.

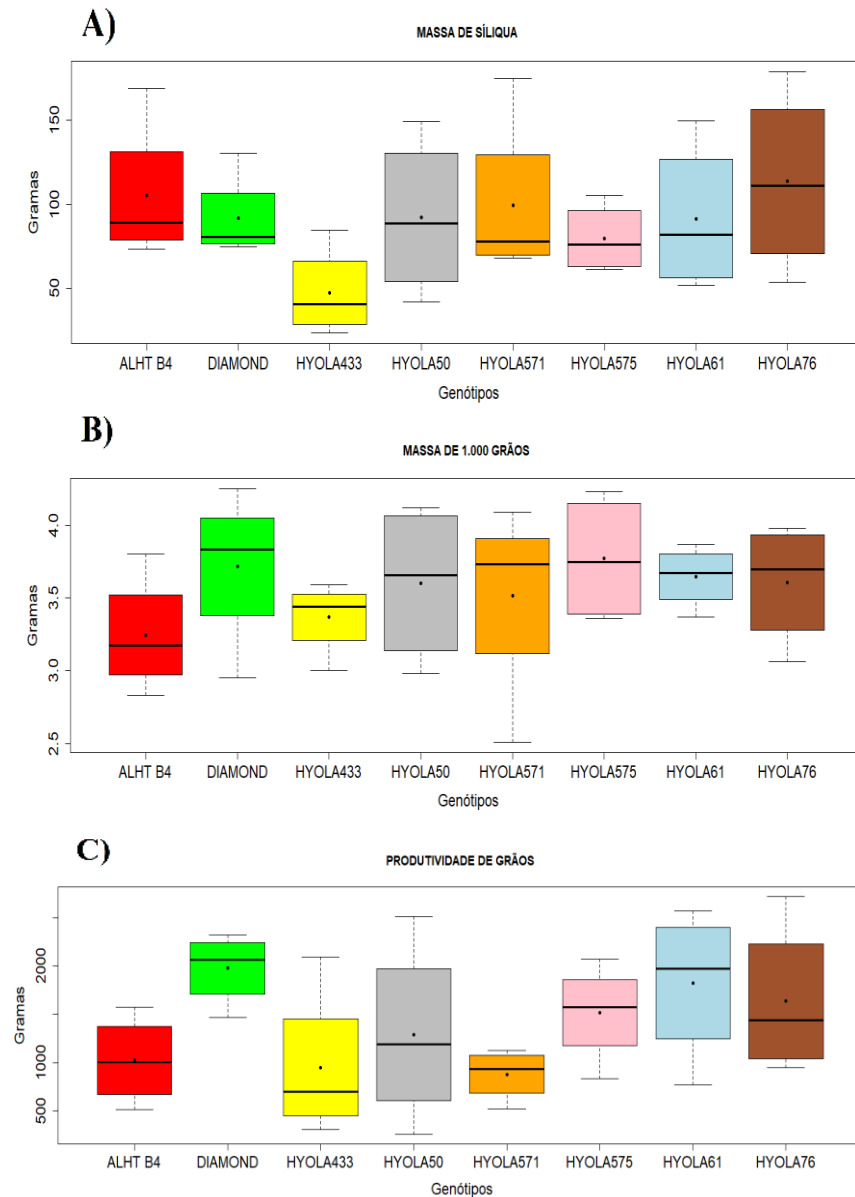


Figura 3 - *Boxplot* do experimento III para as características massa de 1.000 (mil) grãos, massa de sílica e produtividade de grãos em oito genótipos de canola.

4.3. Análises de correlação

Na tabela 5, 6 e 7 são apresentadas as estimativas de correlações fenotípicas dos experimentos entre os caracteres dos genótipos da canola. No experimento I foram selecionados, para essa análise, cinco das sete características a partir da análise de multicolinearidade, pois as características MS e NGS apresentaram colinearidade alta, conforme os critérios citados por Cruz e Carneiro (2003). Já no experimento II e III respectivamente as características COMPS e CI foram excluídas pela análise de multicolinearidade.

Tabela 5 - Estimativa de coeficiente de correlação fenotípica do experimento I entre genótipos de canola em Planaltina-DF, 2017. Número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); comprimento de siliqua (COMPS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD).

	NDIF	CI	COMPS	M1000G	PROD
NDIF	-	0,81*	-0,12	-0,39	-0,30
CI		-	-0,40	-0,56	-0,40
COMPS			-	0,18	0,15
M1000G				-	0,28
PROD					-

*Significativo ao nível de 5%; **Significativo ao nível de 1%.

Tabela 6 - Estimativa de coeficiente de correlação fenotípica do experimento II entre genótipos de canola em Planaltina-DF, 2019. Número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); massa de siliqua (MS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD).

	NDIF	CI	MS	NGS	M1000G	PROD
NDIF	-	0,47	0,66	-0,26	-0,57	0,16
CI		-	0,47	-0,40	0,02	0,52
MS			-	0,26	-0,67	0,16
NGS				-	0,39	-0,09
M1000G					-	0,05
PROD						-

*Significativo ao nível de 5%; **Significativo ao nível de 1%.

Tabela 7 - Estimativa de coeficiente de correlação fenotípica do experimento III entre genótipos de canola em Planaltina-DF, 2019. Número de dias para início da floração (NDIF); massa de siliqua (MS); comprimento de siliqua (COMPS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD).

	NDIF	MS	COMPS	NGS	M1000G	PROD
NDIF	-	-0,01	-0,08	-0,08	-0,31	-0,09
MS		-	-0,29	-0,41	-0,53	-0,84*
COMPS			-	0,89**	-0,21	0,30
NGS				-	0,05	0,41
M1000G					-	-0,04
PROD						-

*Significativo ao nível de 5%; **Significativo ao nível de 1%.

No experimento I, a característica NDIF apresentou correlação significativa positiva com CI. Isso demonstra que quanto maior o número de dias para o início da floração maior será a quantidade de dias para se completar o ciclo total da planta. Percebe-se que com o aumento

do tempo para o início da floração, o tempo da colheita ou final do ciclo é conseqüentemente maior. Nesse contexto, a melhora na eficiência do manejo aplicada à cultura pode encurtar essa característica.

Já no experimento III, observou-se correlação significativa negativa entre MS e PROD. De acordo com Thomas (2003), a maior demanda de energia pela planta, para a manutenção do óvulo fertilizado, tem efeito negativo sobre a produção. Desse modo, em razão da competição por fotoassimilados, a planta diminui a quantidade de síliquas por planta para garantir que as síliquas já formadas suportem o enchimento de vários grãos e consigam perfazer as condições básicas de nutrição da semente. Essa condição pode ser confirmada pela correlação significativa positiva observada entre COMPS e NGS nesse experimento, ou seja, síliquas de maior comprimento possibilitam um maior preenchimento por grãos.

O caráter associado com a produção de grãos e que exibiu valor negativo de alta magnitude, independente do regime hídrico, foi MS. Os pares de caracteres que variaram na mesma direção e exibiram alta magnitude nos experimentos foram COMPS x NGS e NDIF x CI. Desse modo, é possível inferir que o uso da seleção indireta desses pares de caracteres será eficiente e que a ação do ambiente atuou no mesmo sentido na expressão destes caracteres. Esses resultados estão de acordo com a literatura, onde vários autores encontraram correlações semelhantes. Krüger et al. (2011) avaliando a correlação de caracteres relacionados à produtividade de grãos e arquitetura da canola, também encontraram correlação significativa positiva entre os caracteres NGS e COMPS, e negativa entre MS e PROD. Já Coimbra et al. (2004) identificou correlação significativa positiva para NDIF e CI. Ejaz-ul-Hasan et al. (2016) encontrou essa mesma correlação em seu estudo avaliando oito genótipos de canola e além disso, também observou correlação significativa positiva para NGS associando a M1000G. Nasim et al. (2013) avaliando dez genótipos de canola em Peshawar, Paquistão, também encontrou correlação significativa positiva para COMPS com NGS e M1000G.

4.4. Análise de trilha

Embora os coeficientes de correlação apresentem grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências dos fatores na determinação de fatores complexos, não expressam a importância relativa dos efeitos diretos e indiretos desses fatores. Assim, estudos sobre o desdobramento do coeficiente de correlação feitos pela análise de trilha, são fundamentais para conhecer esses efeitos (CRUZ et al., 2012).

Nas tabelas 8, 9 e 10 esta apresentada as estimativas dos efeitos diretos e indiretos e nas Figuras 4, 5 e 6 está representado o diagrama de causa e efeito, considerando o modelo de análise de trilha dos experimentos I, II e III considerando como variável dependente a característica produtividade de grãos. Podemos observar que nos experimentos I, II e III as características MS, CI e NGS respectivamente se destacaram por apresentarem maior influência direta positiva. Assim, a seleção praticada para essas características irá contribuir diretamente para o aumento da produtividade de grãos que é uma importante característica para produção de óleos. Ejaz-Ul-Hasan et al. (2016) e Coimbra et al. (2004) também identificaram efeito direto positivo para a característica CI em relação à produtividade de grãos.

Tabela 8 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos do experimento I para as características número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI), massa de síliqua (MS); comprimento de síliqua (COMPS) e massa de 1000 (mil) grãos (M1000G).

Características	Efeitos Diretos		Efeitos Indiretos			
		NDIF	CI	MS	COMPS	M1000G
NDIF	-1,56	-	-1,27	-0,53	0,19	0,62
CI	1,32	1,08	-	-0,16	-0,53	-0,75
MS	1,59	0,54	-0,19	-	1,11	0,42
COMPS	-0,87	0,11	0,35	-0,60	-	-0,16
M1000G	-0,29	0,12	0,16	-0,08	-0,05	-
Coefficiente de Determinação	0,57					
Efeito Residual	0,65					

Tabela 9 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos do experimento II para as características número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI), massa de síliqua (MS) e massa de 1000 (mil) grãos (M1000G).

Características	Efeitos Diretos		Efeitos Indiretos			
		NDIF	CI	MS	NGS	M1000G
NDIF	-0,31	-	-0,16	-0,16	0,03	0,18
CI	0,36	0,18	-	0,09	-0,04	0,00
MS	0,36	0,18	0,09	-	-0,02	-0,21
NGS	-0,26	0,03	0,03	0,01	-	0,09
M1000G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Coefficiente de Determinação	0,27					
Efeito Residual	0,85					

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos do experimento III para as características número de dias para início da floração (NDIF); massa de síliqua (MS), comprimento de síliqua (COMPS); número de grãos por síliqua (NGS) e massa de 1000 (mil) grãos (M1000G).

Características	Efeitos Diretos		Efeitos Indiretos			
		NDIF	MS	COMPS	NGS	M1000G
NDIF	-0,26	-	-0,07	-0,02	-0,07	0,01
MS	-0,09	-0,03	-	-0,03	-0,06	-0,07
COMPS	-0,54	-0,04	-0,20	-	-0,47	-0,24
NGS	1,38	0,37	0,87	1,20	-	0,70
M1000G	-0,36	0,01	-0,27	-0,16	-0,18	-
Coefficiente de Determinação	0,53					
Efeito Residual	0,69					

Já NDIF e COMPS, no experimento II e III respectivamente, foram as características que mais influenciaram negativamente a produtividade de grãos demonstrando uma relação inversa dessas variáveis com PROD. Os maiores efeitos indiretos positivos nos experimentos I e II foram detectados para NDIF e CI, MS e M1000G; e no experimento III para NGS e COMPS, MS, M1000G e NDIF, ratificando o resultado encontrado na correlação fenotípica.

Analisando os efeitos indiretos negativos via às variáveis, observou-se o sentido contrário para as características NDIF e MS em todos os experimentos. O mesmo efeito foi observado entre NDIF e CI; entre CI e MS, COMPS e M1000G; entre COMPS e MS e M1000G; entre M1000G e MS no experimento I e entre NDIF e CI, entre CI e NGS, entre MS e NGS e M1000G no experimento II. Já no experimento III as características que apresentaram efeito indireto negativo foram NDIF entre COMPS e NGS; entre MS e COMPS, NGS e M1000G; entre COMPS e NGS e M1000G; entre M1000G e NGS, assim, diminuindo não só

o efeito direto dessas características, mas também o efeito total das outras características sobre a produção. Portanto, havendo um aumento dessas características pode ocorrer a diminuição de outras características mesmo que elas expressem efeito direto sobre a produtividade de grãos.

Em suma, esses resultados indicam que a seleção indireta das características CI, MS e NGS para o aumento da produtividade de grãos em genótipos de canola é viável, facilitando a seleção de genótipos mais produtivos.

Diferentemente desse estudo, Coimbra et al. (2004) observaram efeito direto, porém positivo para a característica M1000G. Khayat, Lack e Karami (2012) e Sinha et al. (2001) também encontraram esse mesmo efeito só que para comprimento de siliqua.

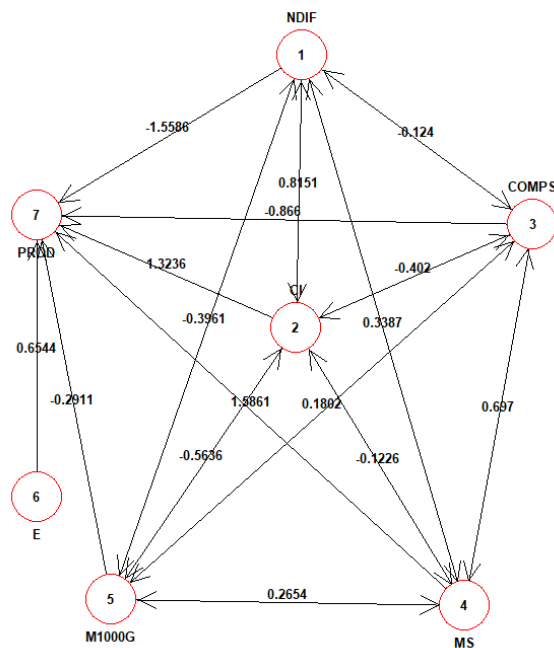


Figura 4 - Correlações do experimento I entre as variáveis explicativas: número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); massa de siliqua (MS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1000 (mil) grãos (M1000G) e seus efeitos diretos na produtividade de grãos.

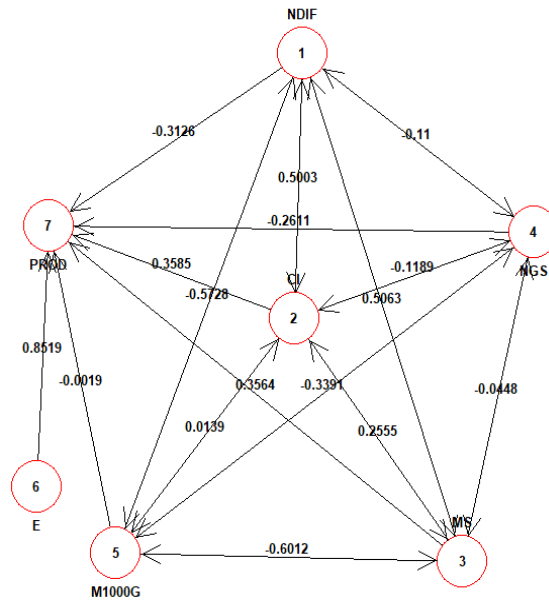


Figura 5 - Correlações do experimento II entre as variáveis explicativas: número de dias para início da floração (NDIF); ciclo total (CI); comprimento de siliqua (COMPS); massa de siliqua (MS); massa de 1.000 (mil) grãos (M1000G) e seus efeitos diretos na produtividade de grãos.

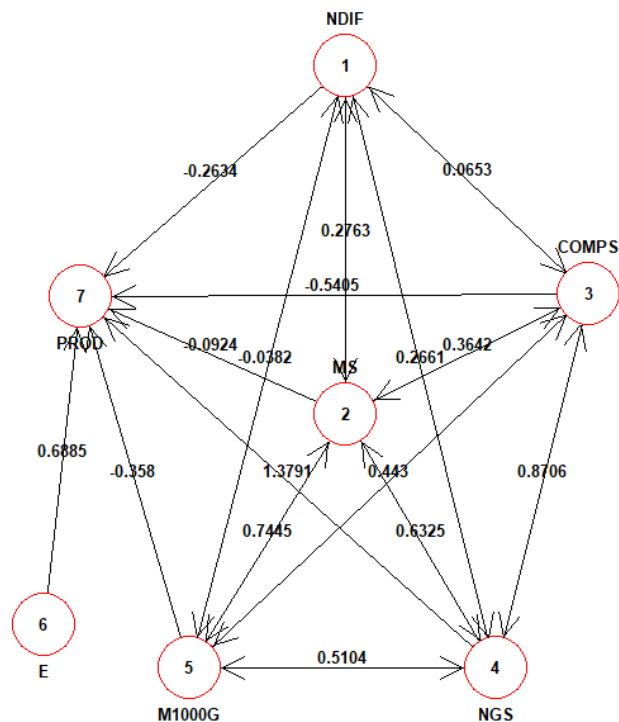


Figura 6 - Correlações do experimento III entre as variáveis explicativas: número de dias para início da floração (NDIF); comprimento de siliqua (COMPS); massa de siliqua (MS); número de grãos por siliqua (NGS); massa de 1.000 (mil) grãos (M1000G) e seus efeitos diretos na produtividade de grãos.

5. CONCLUSÕES

1. Os genótipos utilizados apresentaram média de produtividade de grãos superior à média nacional e são boas opções de cultivo no Cerrado.

2. O genótipo Diamond, por ter apresentado o menor ciclo e alto valor para a produtividade de grãos, é considerado a opção mais adequada para se inserir no sistema de rotação de culturas no Cerrado.

3. A seleção indireta via número de grãos por síliqua, comprimento de síliqua e massa de síliqua pode aumentar a produção de grãos tanto sob condições de sequeiro quanto irrigação plena.

4. As características ciclo total, massa de síliqua e número de grãos por síliqua são as principais características que devem ser trabalhadas no programa de melhoramento com o intuito de aumento na produtividade de grãos.

5. Os resultados evidenciam que a canola possui potencial para cultivo no núcleo do Cerrado, porém, ainda são necessários mais estudos para implementar de forma sustentável e economicamente rentável.

REFERÊNCIAS

- AHMIA, A C. et al. Raw material for biodiesel production. Valorization of used edible oil. **Revue des Energies Renouvelables**, v. 17, p. 335–343, 2014.
- ALI, M. et al. In search of the best pollinators for canola (*Brassica napus* L.) production in Pakistan. **Applied Entomology and Zoology**, vol. 46, no. 3, p. 353-361. 2011.
- ALI, N.; JAVIDFAR, F; ATTARY, A. A. Genetic variability, correlation and path analysis of yield and its components in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 34, n. 2, p. 145–150, 2002.
- ANGUS, J.F., et al., Break crops and rotations for wheat. **Crop Pasture Science**. v. 66, p. 523–552. 2015.
- ANWAR, F. et al. Biodiesel synthesis from *Brassica napus* seed oil using statistical optimization approach. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 9, n. 1, 2017.
- AZAM, S; M; FARHATULLAH; NASIM, A.; SHAH, S.; IQBAL, S. Correlation studies for some agronomic and quality traits in *Brassica napus* L. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 29, n. 4, p. 547–550, 2013.
- BARNI, N. A. et al. Época de semeadura e cultivares de soja para o Rio Grande do Sul. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, n.21, p.67-70, 1978.
- BENIN, G. et al. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, v. 35, p.295-302, 2005.
- BERTOLDO, J. G. et al. Teste de comparação de médias: dificuldades e acertos em artigos científicos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 4, p. 441–447, 2007.
- BEVILÁQUA, G. A. P. et al. **Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar**. Embrapa. p. 43, 2008.
- BLOCHTEIN. B. et al. Comparative study of the floral biology and of the response of productivity to insect visitation in two rapessed cultivars (*Brassica napus* L.) in Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Biology**. V. 74, n.4, p. 787-794, 2014.
- BOMMARCO, R.; MARINI, L.; VAISSIÈRE, B.E. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 1025-1032. 2012.
- BORKERT, C. M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 143–153, 2003.
- CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, p. 142, 2004.
- CASSOL, H. L. G. et al. Redução de emissões de CO₂ pela produção de biocombustíveis a partir de óleo de dendê na Amazônia Brasileira. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 135–144, 2016.
- CHANNAOUI, S. et al. Reaction of some rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes to different drought stress levels during germination and seedling growth stages. **Ocl**, v. 26, p. 23, 2019.
- CHARNET, R. et al. **Análise de modelos de regressão linear**. Campinas: Unicamp, p. 357, 2008.

- CHO, K. et al. Canola oil inhibits breast cancer cell growth in cultures and in vivo and acts synergistically with chemotherapeutic drugs. **Lipids**. v. 45: p. 777–784, 2010.
- COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. **Hillsdale**, NJ, Erlbaum. v. 2, p. 579. 1988.
- COIMBRA, J. L. M. et al. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1421–1428, 2004.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 6 Safra 2018/19 - Quarto levantamento. **Monitoramento agrícola**, v. 6, n. 2318–6852, p. 126, 2019.
- CRUZ C. D. et al. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p. 620, 2013.
- CRUZ C. D. et al. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Suprema: Visconde do Rio Branco. 2011.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV. Vol. 2, p. 588, 2003.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J., CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, p. 480, 2004.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed. p. 608, 2006.
- DAMALGO, G. A. et al. Aclimação ao frio e dano por geada em canola. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 45, n. 9, p. 933-943, 2010.
- DIONYSIO, R. B.; MEIRELLES, F. V. P. **Combustíveis: a química que move o mundo**. CCEAD/PUC-RJ. 33 p., 2011.
- DOGAN, E. et al. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 9, p. 1403–1408, 2011.
- DURÁN, X. A. et al. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 2, p. 309–314, 2010.
- EJAZ-UL-HASAN; et al. Correlation and path coefficient studies in elite lines of rapeseed (*Brassica napus* L.). **Journal of agriculture and basic sciences**, v. 1, n. 2, p. 54–59, 2016.
- ENAMI, H. R. A review of using canola/rapeseed meal in aquaculture feeding. **Journal of Fisheries Aquatic Science**. v. 6, p. 22–36, 2011.
- ESTEVEZ, R. L. et al. A Cultura da Canola (*Brassica napus* var. oleifera). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 1, p. 1–9, 2014.
- EVANS, W.C. **Trease and evans' pharmacognosy**. ed. 14. WB Saunders Company Ltd, 1997.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa. Trad. De Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva**. Viçosa: UFV - Imprensa Universitária, p.1-279, 1987.

- FALEIRO, F. G. et al. Comparação de blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de parâmetros genéticos em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1675- 1680, 2002.
- FAOstat, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em: 10 fev. 2020.
- FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p.61-69, 2008. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/7961/4720> Acesso em: 2 fev. 2019.
- FERREIRA, M. A. J. F.; BRAZ, L. T.; VENCOVSKY, R. Correlações genótípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, p. 438–442, 2003.
- FIGUEIREDO, D. F. et al. Desempenho e morfometria da mucosa de duodeno de frangos de corte alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1321–1329, 2003.
- FILHO, A. C. et al. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação de Pearson entre caracteres de *Crambe abyssinica*. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 42, n. 1, p. 149–158, 2011.
- FILHO, D.B. F; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115–146, 2009.
- FRIEDT, W.; SNOWDON, R. Oil crops. **New York: Springer**. v.1, p. 91-126, 2010.
- FUZARO, L. **Visitantes florais em híbridos de canola (Brassica napus L.) no Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2017.
- GAMLIEL, A.; AUSTERWEIL, M.; KRITZMAN, G. Non-chemical approach to soilborne pest management – organic amendments. **Crop protection**. v. 19, p. 847-853, 2000.
- GARCIA, E. R. **Manual de producion canola**. Puebla: Secretaria de Desarrollo Rural Del Estado de Puebla, 2007.
- GAZZONI, D. L. et al. Balanço energético da cultura da canola para a produção de biodiesel. **Espaço Energia**, v. 1, n. 11, p. 25–28, 2009.
- GEBAUER, S. K. et al. N-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. **The American journal of clinical nutrition**. v. 83, p. 1526S–1535S. 2006.
- GOPINGER, E. et al. Farelo de canola e seu uso na nutrição de frangos de corte: Revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 110, p. 17–22, 2015.
- GUNSTONE, F. **Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses**. Oxford: Blackwell. p. 1-376, 2011.
- HAIR, J. J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. In Bookman 6th ed., p. 1-682. 2009.
- HAY, R. K. M.; RUSSELL, G.; EDWARDS, T. W. **Crop production in the East of Scotland**. Edinburgh, SASA. p. 1-61, 2000.

- HEGEWALD, H. et al. Impacts of high intensity crop rotation and N management on oilseed rape productivity in Germany. **Crop pasture science**. v. 67 (3–4), p. 439–449, 2016.
- HEGEWALD, H; et al. Impacts of break crops and crop rotations on oilseed rape productivity: A review. **European Journal of Agronomy**, v. 101, p. 63–77, 2018.
- HILL, H. A, TRUSHENSKI J.T.; KOHLER C.C. Utilization of soluble canola protein concentrate as an attractant enhances production performance of sunshine bass fed reduced fish meal, plant-based diets. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 44, p.124–132. 2013.
- HOOPER L, et al. Risks and benefits of omega 3 fats for mortality, cardio-vascular disease, and cancer: systemic review. **Br Med Journal (BMJ)**. v. 332, p.752–760. 2006.
- HUSSAIN, Z. et al. Electrospun Microbial-Encapsulated Composite-Based Plasticized Seed Coat for Rhizosphere Stabilization and Sustainable Production of Canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 18, p. 5085–5095, 2019.
- IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E.; APPELLA, C. **Descripción de la planta**. Cultivo da Colza. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária – INTA. p. 156. 2008.
- JÚNIOR, B. S. B. **Quirera de arroz na dieta de frangos de corte**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, p. 1-88, 2009.
- KARLEN, D. L. et al. Long-term tillage effects on soil quality. **Elsevier**. v. 32, p. 313–327, 1994.
- KENDALL, M. G. (1955) "**Rank Correlation Methods**", Charles Griffin & Co
- KEVAN, P. G.; EISIKOWITCH, D. The effects of insect pollination on canola (*Brassica napus* L. cv. O.A.C. Triton) seed germination. **Euphytica**. v. 45, p. 39-41, 1990.
- KHAYAT, M.; LACK, S.; KARAMI, H. Correlation and path analysis of traits affecting grain yield of canola (*Brassica napus* L.) varieties. **Journal of Basic Applied Scientific Research**. v. 2, n. 6, p. 5555–5582, 2012.
- KIRKEGAARD, J. A. Break crop benefits in temperate wheat production. **Field Crop Res.** 107, 185–195. 2008.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Das Geographische System der Klimate. **Handbuch der Klimatologie**, p. 7–30, 1936.
- KRIS-ETHERTON, P.M. AHA science advisory: monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. **Journal of Nutrition**. 129: p. 2280–2284, 1999.
- KRÜGER, C. A. M. B. et al. Herdabilidade e correlação fenotípica de caracteres relacionados à produtividade de grãos e à morfologia da canola. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 12, p. 1625–1632, 2011.
- KRÜGER, C. A. M. B. et al. Relações de variáveis ambientais e subperíodos na produtividade e teor de óleo em canola. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1671–1677, 2014.
- LARKIN, R.; LYNCH, R. Use and effects of different Brassica and other rotation crops on soilborne diseases and yield of potato. **Horticulturae**, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2018.
- LIU, S. et al. A genome-wide association study reveals novel elite allelic variations in seed oil content of *Brassica napus*. v. 129, p. 1203–1215, 2016.

- LU, C. et al. New frontiers in oilseed biotechnology: meeting the global demand for vegetable oils for food, feed, biofuel, and industrial applications. **Current Opinion Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 252–259, 2011.
- LUO, Z.; LIU, C. X.; WEN, H. Effect of dietary fish meal replacement by canola meal on growth performance and hepatic intermediary metabolism of genetically improved farmed tilapia strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Reared in Fresh Water. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 43, p. 670–678, 2012.
- MARCROFT, S. **Blackleg management guide**. Fact Sheet, Disponível em: <http://www.grdc.com.au/Resources/Factsheets/2014/04/Blackleg-Management-Guide-Fact-SheetWestern-and-Southern-Regions>. Acesso em: 15 fev 2019.
- MARJANOVIĆ-JEROMELA, A. et al. Variability of yield determining components in winter rapeseed (*Brassica napus L.*) and their correlation with seed yield. **Genetika**, v. 43, n. 1, p. 51–66, 2011.
- MARTIN, N. B.; NOGUEIRA, J. S. Canola: uma nova alternativa agrícola de inverno para o centrosul brasileiro. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 23, n. 04, p. 9-25, abr. 1993.
- MARTINEAU, R; OUELLET D. R; LAPIERRE H. Feeding canola meal to dairy cow: a meta-analysis on lactational responses. **Journal of Dairy Science**. v. 96, p. 1701–1714. 2013
- MARTINS, M. E. G. Coeficiente de Correlação Amostral. **Revista de Ciência Elementar**. p. 2, 2014.
- MARTINS, R.; RAMOS, S. F.; TORQUATO, S. A. Possibilidades para o biodiesel: análise da eficiência na produção de algodão, amendoim e soja nas regionais de desenvolvimento rural do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 6, p. 7-16, 2007.
- MICUANSKI, V. C. et al. A cultura energética - Canola (*Brassica napus L.*). **Acta Iguazu**, v.3, n. 2, p. 141-149, 2014.
- MONTGOMERY, D. **Design and analysis of experiment**. 8th ed. p. 757, 2012.
- MONTGOMERY, D.; PECK, E. A. **Introduction to linear regressions analysis, 2nd edition**. Hoboken, NJ : Wiley : A John Wiley & Sons, Inc. p. 1-522, 1992.
- MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics**. New York, Freeman. 2007.
- MORI, C. e TOMM, G.O. e FERREIRA, P.E.P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. p. 36 (Embrapa Trigo. Documentos online, 149), 2014.
- NASIM, A. et al. Genetic variability and correlation studies for morphophysiological traits in *Brassica napus L.* **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, n. 4, p. 1229–1234, 2013.
- NUSEED. 2020. Disponível em: <<https://www3.nuseed.com/br/product/canola-diamond/>> Acesso em: 20 fev. 2020.
- PANOZZO, L. E. et al. Evaluation of some hybrids of canola in function of sowing dates in Viçosa, MG, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 32, p. 2488–2494, 2014.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, v.15 p.1-451, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, P.1-467,1985.

PRZYBYLSKI, R. et al. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Sixth Edition. **Hoboken, NJ: JohnWiley & Son.** v. 2, n 2, p. 1-3616, 2005.

R Core Team. **A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2015.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the Floristic Composition of the Brazilian Cerrado Vegetation Iii: Comparison of the Woody Vegetation of 376 Areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 01, 2003.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R.; **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ed. UFLA, p. 522, 2012.

RAMEEH, V. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus L.*) **International journal of agriculture innovations and research**. v. 73, n. 1, p. 13–18, 2012.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 317–369, 2017.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, v.9, n.1, p.317–369, 2017.

REDDI, G.H.S.; REDDI, T. Y. Irrigation of principal crops: efficient use of irrigation water, 2nd ed. **Kalyani Publishers**, New Delhi, India, p. 229–259, 1995.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 85–91, 2017.

REMPEL, C. B.; HUTTON, S. N.; JURKE, C. J. Clubroot and the importance of canola in Canada. **Canadian Joêurnal of Plant Pathology**, v. 36, n. S1, p. 19–26, 2014.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Editora Embrapa Informação Tecnológica, p. 1-975, 2002.

RISERUS, U. Fatty acids and insulin sensitivity. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**. v. 11, p.100–105, 2008.

RODRIGUES, E. V. **Obtenção de população base em programa de seleção recorrente para tolerância ao déficit hídrico em feijão-caupi**. 2012. 99 F. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal do Piauí. Teresina-Piauí. 2012.

RODRIGUES, H. C. A. et al. Avaliação da diversidade genética entre acessos de mamoneira (*Ricinus communis L.*) por meio de caracteres morfoagronômicos. **Revista Ceres**, v. 57, n. 6, p. 773–777, 2010.

ROSA, A. S. et al. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) as a potential *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (Brassicaceae), in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**.v. 70, n. 4, p. 1075-1081. 2010.

ROSA, S. E. S.; GOMES, G. L. O Pico de Hubbert e o futuro da produção mundial de petróleo. **Revista do BNDES**, Rio De Janeiro, v. 22, n. 11, p.21-49, 2004.

- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO., p. 1-252, 2011.
- SABHARWAL, V., et al. **Analysis of the 5s rDNA non-transcribed spacer region of Brassica and allied genera**. IV International Symposium on Brassicas and XIV Crucifer Genetics Workshop. Acta Horticulturae, v.706, p.83-98, 2006.
- SAEIDINIA, S.; GOHARI, A. R. Importance of *Brassica napus* as a medicinal food plant. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, n. 14, p. 2700-2703, 2012.
- SANCHES, A. C. et al. Produtividade de canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 688–693, 2014.
- SAVARY, R. K. et al. Evaluating *Brassica napus* and *Brassica juncea* meals with supplemental enzymes for use in brown-egg laying hen diets: Production performance and egg quality factors. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 487, n. February, p. 476–487, 2019.
- SHAUKAT, S. et al. Genetic potencial and heretability estimates of yield and yield associated traits Rape Seed Brassica napus L. **International Journal of Environment**, v. 2854, n. 2, p. 330–340, 2015.
- SHIMAKURA, S.E.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. **Estatística Descritiva: interpretação do coeficiente de correlação**. Departamento e Estatística da UFPR. 2006.
- SINHA P., S.P. SINGH, I.D. Character association and path analysis in Brassica species. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. p. 63-65, 2001.
- SILVA, A. B.; PEREIRA, F. S. C. Análise e utilização do potencial energético do biodiesel. **Revista UNI-RN**, v. 14, n. 1/2, p. 30–51, 2015.
- SILVA, L. F. L. et al. Energy balance of biodiesel production from canola. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 1–5, 2017.
- SOUZA, T. V. **Aspectos estatístico da análise de trilha (path analysis) aplicada em experimentos agrícolas**. Dissertação (Mestrado em Estatística e experimentação agropecuária) Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais. 2013.
- SUZANA, C. S. et al. **Avaliação do desenvolvimento e produtividade da canola (*Brassica napus L. var. oleífera*) com a utilização de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura**. 1o Simpósio Latino Americano de Canola, 2014.
- TAKAHATA, Y. Floral Variation in the Subtribe Brassicinae with Special Reference to Pollination Strategies and Pollen-Ovule Ratios. **Biology and Breeding of Crucifers**. London: Taylor & Francis Group, LLC. p. 69-78. 2009.
- THOMAS, P. **Canola grower's manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada. 2003.
- TOMM, G. O. et al. Desempenho de genótipos de canola (*Brassica napus L.*) no nordeste do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Embrapa trigo**, v. 65, n. 1677–8901, p. 11, 2008.
- TOMM, G. O. et al. Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul. **Embrapa trigo**, v. 113, n. 31, p. 39, 2007.
- TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. **Embrapa trigo**, v.03, n.54, p.32, 2009.

TOMM, G. O. Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 26, n. 1677–8901, p. 12, 2005.

TOMM, G. O.; SMIDERLE, O.; RAPOSO, R.W.. Which is the lowest latitude for canola production? Bento Gonçalves. **Anais**. Bento Gonçalves: 2012.

UDDIN, M. R. et al. Synthesis of biodiesel waste cooking oil. *Chemical Engineering and Science*, vol. 01,p. 5, 2013.

UL-HASAN, E. et al. Genetic Variability, Correlation and Path Analysis in Advanced Lines of Rapeseed (*Brassica Napus L.*) for Yield Components. **Cercetari Agronomice in Moldova**, v. 47, n. 1, p. 71–79, 2014.

USDA. **Foreign Agricultur Service. Production, supply, and distribution online**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.htm>. Acesso em: 10 fev. 2020.

VENCOVSKY, R. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, p. 122-201, 1980.

WEST, S. G. et al. Acute effects of monounsaturated fatty acids with and without omega-3 fatty acids on vascular reactivity in individuals with type 2 diabetes. **Diabetologia**. v. 48, p. 113–122, 2005.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. **Abelhas na polinização da canola: benefícios ambientais e econômicos**. 2014.

YAN, W. et al. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v. 47, n. 2, p. 643–655, 2007. Disponível em:

YOKOMIZO, G. K. I.; VELLO, N. A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2223–2228, 2000.

YOKOMIZO, G. K. Produtividade da soja na região do Município de Tartarugalzinho – AP. **Comunicado Técnico**, v.127, n. 1517–4077, p.1–5, 2012.

ZARGARI, A. **Medicinal Plants**. Vol 1. 5th Edn. Tehran University Publications, Tehran, 2001.