

**Avaliação de acessos de cártamo adaptáveis às condições de déficit hídrico e seu potencial para programas de melhoramento**

Ricardo Chaves Neto <sup>1</sup>, Sabrina Maihève Barbosa Ramos <sup>1</sup>, Matheus Felipe Freire Pego <sup>2,\*</sup>, Demerson Arruda Sanglard <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Avenida Universitária, 1000, Universitário, CEP 39404-547 - Montes Claros, Minas Gerais

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais, Câmpus Universitário, Aqueanta Sol, CEP 37200-000 - Lavras, Minas Gerais

\*Autor correspondente: [matheusfelipefreire@gmail.com](mailto:matheusfelipefreire@gmail.com)

Artigo enviado em 04/07/2019, aceito em 15/01/2020.

**Resumo:** O cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) é uma espécie que tem grande potencial de inserção em regiões que sofrem com o estresse hídrico, devido suas condições de adaptabilidade, qualidades e aplicações. Nesse sentido, este estudo objetivou identificar acessos de cártamo com potenciais de adaptações às condições edafoclimáticas norte-mineiras, visando fomentar um programa de melhoramento. Para isso, 10 acessos do cártamo foram avaliados por caracteres morfoagronômicos. Os caracteres avaliados foram a altura de plantas, matéria seca da parte aérea, diâmetro do caule, ramificação primária e secundária, inflorescência, produção de grãos e a produção de óleo. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, ao teste Scott- Knott, correlação linear de Pearson e agrupamento de otimização de Tocher. A herdabilidade ( $H^2$ ), os coeficientes de variação ambiental (Cve) e genética (Cvg) e a relação Cvg/Cve foram estimados. Foi possível avaliar o potencial de produção das variedades de cártamo e obter a seleção das variedades de maior potencial produtivo para as principais características. Também foi possível selecionar os caracteres com maior potencial ao melhoramento genético. O cártamo pode ser inserido nas condições norte-mineiras e se tornar uma espécie de importância econômica.

**Palavras-chave:** Caracteres morfológicos; Divergência genética; Estresse hídrico; Variabilidade genética.

**Evaluation of safflower accesses adaptable to hydric deficit conditions and its potential for breeding programs**

**Abstract:** Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) is a species that has great potential for hydric stress regions, due to its adaptability, qualities and applications. Therefore, this study aimed to identify safflower access with potential for adaptation at soil and climatic conditions in northern Minas Gerais for fostering a breeding program. Thereunto, 10 safflower access were evaluated by morphoagronomic characters. Characters were plant height, shoot dry matter, stem diameter, primary and secondary branching, inflorescence, grain yield and oil production. The experimental data were submitted to analysis of variance, Scott-Knott, linear correlation of Pearson and Tocher optimization grouping. The heritability ( $H^2$ ), coefficients of environmental and genetic variation and Cvg/Cve ratio were estimated. Evaluate the production potential of safflower varieties and obtain

the selection of the varieties with the greatest productive potential for the main characteristics was possible. Also, characters with the greatest potential for genetic improvement. Safflower can be inserted at North of Minas conditions and become an economic importance species.

**Keywords:** Genetic divergence; Genetic variability; Hydric stress; Morphological characters.

### Introdução

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma espécie pertencente à família Asteraceae, com origem do continente asiático e africano, sendo utilizada desde a antiguidade. Atualmente é uma cultura difundida em mais de 60 países, principalmente na Índia (FAOESTAT, 2017). É uma planta herbácea, com caule ereto, ramificada e anual. Possui altura de 30 a 150 cm e nas suas ramificações surgem inflorescências denominadas de capítulos, de coloração que variam do amarelado ao vermelho. O sistema radicular é desenvolvido, pivotante e atinge grandes profundidades, tornando uma cultura bastante resistente ao estresse hídrico. Possui um ciclo curto de produção (110 a 150 dias) e é bastante tolerante, exibindo boa adaptação às mais variadas condições ambientais. Desenvolve-se bem em regiões de solos profundos, bem drenados, precipitação de 300 a 600 mm anuais e suporta grande amplitude térmica (Dajue e Mündel, 1996).

Tradicionalmente, o cártamo é utilizado para coloração e aromatização de alimentos, de medicamentos, produção de corantes e para o tingimento. As sementes apresentam grande quantidade de teor de óleo (35 a 45%), de excelente qualidade. Pode ser aplicado de fabricação de tintas, esmaltes, sabões, entre outros. Uma das potenciais aplicações da cultura do cártamo é o fato de ser uma espécie que pode se tornar uma alternativa promissora para espécies bioenergéticas. As principais razões

para esse fato é que essa espécie apresenta características que possibilitam seu cultivo em regiões com estresses abióticos acentuados (Silva, 2013), além do alto rendimento de óleo (Silva, 2013; Handan et al., 2009). O cártamo destaca-se também na indústria farmacológica, devido às suas propriedades de reparação e regulação do metabolismo. Tu et al. (2015) relatam os vários benefícios provenientes das plantas de cártamo em tratamentos de doenças cardiovasculares, cerebrais, anomalias de gestação, distúrbios do metabolismo hepático e infertilidade. Em testes *in vitro*, já foi comprovada a eficiência do cártamo como atenuante dos efeitos da isquemia do miocárdio, caráter anti-trombótico, anti-inflamatório e efeito antitumoral.

Assim como qualquer outra espécie, o cártamo carece de estudos que envolvam a caracterização de seus acessos e materiais genéticos, potencialidades, adaptação e melhoramento genético. Para iniciar um programa de melhoramento genético vegetal, vários aspectos e procedimentos relacionados à seleção dos genitores devem ser levados em consideração. Uma delas é a remessa de materiais preferencialmente caracterizados, que possivelmente possuem maior variabilidade genética. A fim de aperfeiçoar a obtenção para a formação de grupos heteróticos, algumas estratégias são requisitadas, tais como a quantificação da viabilidade genética, estudos de herança, interações intra-alélicas e intergênicas, ploidias, dentre outras que podem ocorrer nessa espécie. Além disso, também deve se

levar em consideração a compreensão das dinâmicas e mecanismos de reprodução em populações autógamias e alógamas (Chapman, 2010).

Paralelo à capacidade e possibilidade de desenvolvimento da cultura de cártamo, existe a potencialidade da inserção expressiva dessa cultura na região do norte de Minas Gerais, visto que a espécie é muito resistente ao estresse hídrico e possui alta capacidade de produção sob baixa disponibilidade de água. Assim, o desenvolvimento de cultivares que fomentem uma cadeia produtiva para o Norte de Minas Gerais focará na produção de sementes e óleo sob condições de estresse hídrico. Apesar do alto potencial produtivo e de sua capacidade de adaptação, o cártamo ainda tem baixa expressão econômica, necessitando de estudos e esforços no intuito de alavancar sua produção e produtividade. A cultura ainda carece de informações sobre a potencialidade da cultura, técnicas de cultivo e conhecimentos quanto ao mercado

consumidor. Assim, este estudo pode contribuir para o desenvolvimento dessa cultura, principalmente em regiões que apresentam déficit hídrico.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi identificar acessos de cártamo com potenciais de adaptações às condições edafoclimáticas da mesorregião Norte de Minas Gerais, visando fomentar um programa de melhoramento.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (latitude 16°40'57.84"S e longitude 43°50'25.17" O, e altitude média de 646,29 m), de maio a setembro de 2016, em casa de vegetação. Caracteres morfoagronômicos de acessos de *Carthamus tinctorius* L., provenientes do Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT) foram avaliados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Acessos de *Carthamus tinctorius* L. estudados.

Genótipos	Acessos	Origem
NOV0343	PI 250203	Paquistão
IMA133	PI 212979	Índia
IMA117	PI 209289	Desconhecida
IMA340	PI 250200	Paquistão
IMA73	PI 199909	Índia
NOV0338	PI 250198	Paquistão
IMA 118	PI 209290	Egito
IMA193	PI 248375	Índia
IMA195	PI 248378	Índia
IMA211	PI 248628	Paquistão

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com dez tratamentos e quatro repetições. Cada vaso continha um três plantas (Figura 1). A temperatura durante o experimento oscilou entre 11,2°C e 36,4°C, com umidade relativa

média de 56,3% (INMET, 2016). Os substratos foram preparados em proporções de 3:1 (solo: esterco

curtido), alocados em vasos de polietileno com capacidade de 5 L. Utilizou-se solo classificado como

Latossolo-Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2013). Durante o ciclo de produção, lâminas de água foram aplicadas diariamente, até atingir-se a

capacidade de campo do solo. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente.



**Figura 1.** Cultivo do cártamo aos 58 dias após a emergência (A), no estágio de florescimento e enchimento de grãos -78 dias após a emergência- (B) e em fase senescência, apresentando ramificações -102 dias após emergência- (C).

Importantes características morfológicas foram mensuradas e avaliadas: (i) Altura da planta – medições da distância vertical entre a superfície do solo ao ápice das plantas, com auxílio de régua graduada; (ii) Diâmetro do caule – medições a uma altura de 2 cm da superfície do solo, utilizando um paquímetro digital; (iii) Número de ramificações primárias e secundárias – por contagem direta; (iv) Número de capítulos – contagem direta após 112 dias do plantio.

Realizou-se um corte de modo a separar os capítulos do restante da planta para medição das variáveis de matéria seca, produção de sementes e teor de extrato etéreo. Os colmos juntamente com as partes aéreas das plantas foram colocados em estufa de circulação de ar forçado por 72 horas a 65°C, para obtenção da matéria seca. As sementes dos capítulos foram extraídas, com subsequente pesagem e quantificação da produção de grãos. A quantificação do extrato constituiu de fluxo de arraste com o reagente éter em um destilador. Após a extração, as amostras foram encaminhadas para um forno mufla com objetivo de evaporar o éter (Detmann et al., 2012).

Para a aplicação do método de agrupamento de otimização de Tocher 5% citado por Rao (1952), foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis

(V1 e V2) com medida de dissimilaridade. O dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade obtido pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) também foi utilizado no estudo da diversidade genética entre os genótipos, permitindo avaliar melhor a divergência e confrontando os resultados obtidos por diferentes metodologias de análise multivariada.

As análises uni e multivariadas foram realizadas utilizando-se o aplicativo genético-estatístico Genes (CRUZ, 2006). A herdabilidade também foi obtida utilizando o software Genes. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste Scott- Knott no nível de 5% de probabilidade. Os caracteres avaliados foram submetidos à correlação linear de Pearson. Utilizando os componentes de variância foram estimados a herdabilidade ( $H^2$ ) e os coeficientes de variação ambiental (Cve) e genética (Cvg) e a relação  $Cvg/Cve$ .

## Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta a análise estatística das variáveis e genótipos estudados. As variáveis altura de planta, diâmetro do caule, ramificação primária, produção de grãos e teor de óleo, apresentaram diferenças significativas.

Já as variáveis matéria seca da parte aérea, ramificação secundária e unidade de inflorescência não apresentaram diferenças significativas. O local de origem pode ser um dos fatores que contribuem para as diferenças. De

acordo com Istanbulluoglu et al. (2009), a altura de planta, o período de florescimento, a susceptibilidade a doença e a coloração da inflorescência são fortemente influenciados pelo local de origem dos genótipos de cártamo.

**Tabela 2.** Teste Scott-Knott para o agrupamento de médias ao nível de 5% de significância e estimativas de parâmetros genéticos para 08 (oito) caracteres avaliados em genótipos de cártamo.

Genótipos	ALT (cm)**	MSPA (g) <sup>ns</sup>	DIAM (mm)**	RAM1 (un.)**	RAM2 (un.)*	FLOR (un.) <sup>ns</sup>	P. grãos (Kg/ ha <sup>-1</sup> )**	P. óleo (kg/ há <sup>-1</sup> )**
NOVO 343	79,87 b	17,13	9,43 a	6,20 c	5,73 a	10,20	1474,47 b	353,73 b
IMA 133	78,20 b	17,17	7,70 b	9,27 b	6,60 a	11,20	2389,29 a	592,51 b
IMA 117	74,87 b	17,74	7,41 b	5,87 c	4,57 a	9,20	2477,81 a	654,13 a
IMA 340	80,87 b	16,77	9,53 a	6,27 c	6,40 a	10,93	2154,01 b	589,14 b
IMA 73	71,13 b	14,19	7,14 b	9,27 a	8,57 a	13,10	3084,70 a	895,83 a
NOVO 338	87,80 b	18,55	10,54 a	5,13 c	4,73 a	9,00	1345,04 b	315,03 b
IMA 118	77,80 b	15,55	6,90 b	7,60 b	5,30 a	10,87	2954,83 a	823,80 a
IMA 193	103,87 a	16,59	7,65 b	6,60 c	3,33 a	9,07	2577,88 a	695,57 a
IMA 195	73,07 b	13,77	6,90 b	7,20 b	5,73 a	10,53	3029,17 a	806,66 a
IMA 211	83,20 b	14,87	8,88 a	5,87c	5,34 a	9,67	1872,27 b	538,20 b
Cve	10,34	17,33	10,92	13,94	33,17	21,95	30,14	34,14
Cvg	10,60	5,83	15,07	17,32	19,92	7,09	22,95	37,68
(Cvg/Cve)	1,03	0,34	1,38	1,24	0,60	0,32	0,76	0,78
Herdabilidade	84,01	36,18	90,50	88,53	64,34	34,30	74,35	75,15

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Altura de plantas (ALT); matéria seca da parte aérea (MSPA); diâmetro do troco (DIAM); ramificação primária (RAM1); ramificação secundária (RAM2); inflorescência (FLOR) produção de grãos (P. grãos); produção de óleo (P. óleo).

Com relação à altura, a variedade IMA193 (103,87 cm) foi a superior. As demais variedades não diferiram entre si, apresentando variação na altura de 71,13 a 87,80 cm. A altura é uma variável de grande importância para agricultura mecanizada, afetando a regulação dos equipamentos para a colheita, uma vez que plantas de porte elevado aumentam o risco de acamamento no campo, o que pode acarretar em perdas significativas na colheita (Bardhi et al., 2013).

As variedades NOVO343, IMA340, NOVO338 e IMA211 destacaram-se com maior diâmetro de

caule (9,43; 9,53; 10,54 e 8,88mm respectivamente). O maior diâmetro do caule está relacionado a uma maior resistência ao acamamento e tombamento, além da maior capacidade de acúmulo de nutrientes (N, P, K, S e Mg) e maior eficiência na relação fonte dreno (Velasco, 2005).

Para ramificações primária, a variedade IMA73 apresentou maior média com 9,27 unidades por planta. Os menores valores foram observados nos genótipos IMA 211, IMA 193, NOVO 338, IMA 340, IMA 117 e NOVO 343 com número de inflorescência variando de 5,13 a 6,6 unidades.

As variedades que apresentaram maior desempenho com relação a produção de grãos foram IMA133, IMA117, IMA73, IMA118, IMA193 e IMA195 (2389,29 a 3084,70 kg ha<sup>-1</sup>). Já as variedades NOVO343, IMA 340, NOVO338 e IMA 211 (1345,04 a 2154,01 Kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram menor produção. Essa variação na produção de grãos pode estar relacionada aos diferentes locais de origem dos diferentes acessos. Para Istanbuluoglu et al. (2009) a produção de grãos e rendimento do cártamo varia de acordo com o estresse hídrico, podendo alcançar valores variando de 4,9 a 60,3%.

As variedades IMA117, IMA73, IMA193, IMA118 e IMA195 apresentaram maior produção de óleo (654,13 a 895,83 kg ha<sup>-1</sup>), e as variedades NOVO343, IMA133, IMA340, NOVO338 e IMA211 (315,03 a 592,51 Kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram menores valores de produção de óleo. Yeilaghi et al. (2012), estudando a produção em condições de estresse salino, inferiram que, dependendo do genótipo, a produção de óleo pode variar entre 23,4% a 35,5% sob condições de cultivo normais, com produção de óleo de 487,8 a 1166,3 Kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a produção sob condições de campo salino, varia de 19,9 a 32,8% com produção entre 266,9 a 847,5 kg ha<sup>-1</sup>.

O uso de menores espaçamentos e de variedades com maior potencial de ramificação favorece a cobertura e fechamento precoce do terreno, diminuindo os custos com controle de plantas daninhas. Entretanto, o adensamento de plantas pode inibir o crescimento das ramificações laterais, acarretando apenas no crescimento no sentido vertical (Irolivea et al., 1998).

A variação fenotípica de uma variedade ou cultivar pode ser atribuída a fatores genéticos e as variações decorrente da influência do meio

ambiente e a interações genético-ambiental (Bespalkok et al., 2012). O Cve é a proporção em que as características ambientais influenciam na expressão do fenotípico, e possibilita uma análise mais profunda de suas características molhorando visão a respeito do comportamento das plantas em determinados ambientes. Obteve-se Cve acima de 20% (Tabela 2) para os caracteres ramificação secundaria, número de inflorescência, produção de grãos e de óleo. Esta alta magnitude desse índice é aceitável devido a elevada influência do ambiente sobre estas variáveis. O Cve ao longo de um determinado período pode sofrer alteração devido às variações ambientais. A produção de grãos apresenta aumento no Cve, o que indica que essa variável é muito sensível ao ambiente (Rossman, 2001).

As variáveis altura de planta, diâmetro de caule, matéria seca da parte aérea, ramificação primária e inflorescência apresentaram Cve abaixo de 20%, indicando que, para esses caracteres, a expressão fenotípica está sujeita a uma menor influência ambiental, ou seja, para indivíduos muito similares, as diferenças na expressão do fenótipo é devido à especificidade do ambientes os quais são submetidos.

As características morfológicas que apresentaram a razão Cvg/Cve maiores que 1 foram a altura de plantas (1,03), o diâmetro de caule (1,38) e a ramificação primaria (1,24). Este resultado reforça a predominância da expressão do efeito genético sobre os efeitos ambientais para estes caracteres, o que não ocorre para matéria seca da parte área (0,34), ramificação secundária (0,60), inflorescências (0,32), produção de óleo e de grãos (0,76 e 0,78 respectivamente). Para características que apresentam alto Cvg/Cve ( $\geq 1$ ), infere-se que uma maior

proporção do fenótipo está ligada a genética. Já  $Cvg/Cve$  menor que 1, infere-se uma menor participação advinda de caráter genético, mas sim devido à fatores ambientais. É importante ressaltar que existem determinados casos em que não se pode definir claramente a causa da expressão, que se dá pelo modo de herança gênica (Borém e Miranda, 2013; Pierce, 2013).

Para a herdabilidade ( $H^2$ ) (Tabela 1), maiores estimativas foram observadas para as características de altura de planta (84,01%), diâmetro do caule (90,50%), ramificação primária (88,53%), produção de grãos (74,35%) e produção de óleo (75,15%). Esse índice indica que, para estas características, há uma maior proporção da expressão fenotípica, que está ligada à herança genética aditiva. Previsões desses caracteres para gerações futuras podem ser inferidas, devido ao alto valor de herdabilidade, observando os genótipos das progênies, o que facilita os trabalhos de melhoramento genético. Caracteres com elevados valores de herdabilidade podem ser facilmente empregados em programas de melhoramento genético para potencialização de componentes de produtividade. Os coeficientes de herdabilidade para matéria seca da parte aérea e inflorescências foram baixos. Este fato pode estar relacionado aos efeitos ambientais, como a umidade relativa (Amini et al., 2008).

O coeficiente de variação genética ( $Cvg$ ) (Tabela 2) acompanhou os valores de coeficientes de herdabilidade, com maior índice para a produção de óleo (37,68%) e para produção de grãos (22,95%). Os demais caracteres apresentaram índice abaixo de 20%. Os caracteres de produção de

grãos, duração do florescimento e dias para a maturação foram indicados com ocorrência de ação gênica epistática, devendo haver mais estudos em que levem em consideração a interação genica para seleção dos progenitores (Araújo, 2006).

As variedades de cártamo apresentaram reprodução predominantemente por autofecundação (de 50 a 90%), além de possuírem alta taxa de endogamia (similaridade), o que a torna de grande potencial genético para o melhoramento (DAJUE e MUNDEL, 1996).

De acordo com a Tabela 3, houve uma correlação positiva entre os caracteres produção de óleo com inflorescência (0,57), ramificações primária e secundária (0,73 e 0,32, respectivamente) na estimativa de correlação fenotípica e genotípica, porém o diâmetro do caule apresentou correlação negativa (-0,89), indicando que com a seleção dos caracteres número de inflorescência, ramificação primária e secundária, pode-se esperar maior produção de grãos.

A produção de grãos apresentou correlação positiva com os caracteres inflorescência (0,53), ramificação primária (0,74) e secundária (0,28) e correlação negativa com diâmetro do caule (-0,93). A inflorescência teve correlação forte com ramificações primária (0,88) e secundária (0,93), produção de óleo (0,53) e de grãos e (0,56) e correlação negativa para os caracteres altura (-0,62), matéria seca da parte aérea (-0,55) e diâmetro de caule (-0,39). Práticas de manejo que potencializem esses caracteres de forma positiva podem promover o aumento de sua produtividade.

**Tabela 3.** Estimativas de correlação fenotípica (acima da diagonal) e genotípica (abaixo da diagonal) entre 08 (oito) características avaliadas em genótipos de cártamo.

	ALT	MSP	FLOR	RAM1	RAM2	DIAM	PROD	PROD. Óleo
ALT	1	0.376	-0.618	-0.430	-0.716	0.321	-0.326	-0.322
MSP	0.376	1	-0.554	-0.568	-0.441	0.596	-0.664	-0.722
FLOR	-0.618	-0.554	1	0.880	0.935	-0.388	0.534	0.566
RAM1	-0.430	-0.568	0.880	1	0.707	-0.687	0.742	0.733
RAM2	-0.716	-0.442	0.935	0.707	1	-0.145	0.283	0.320
DIAM	0.322	0.596	-0.388	-0.687	-0.145	1	-0.933	-0.898
PROD	-0.326	-0.664	0.534	0.742	0.283	-0.933	1	0.987
PROD. Óleo	-0.322	-0.722	0.566	0.733	0.320	-0.898	0.987	1

Altura de plantas (ALT); matéria seca da parte aérea (MSPA); diâmetro do troco (DIAM); ramificação primária (RAM1); ramificação secundária (RAM2); inflorescência (FLOR) produção de grãos (Prod. grãos); produção de óleo (P. óleo).

A produção de óleo apresentou correlação positiva com os caracteres inflorescência (0,56), ramificação primária (0,73) e secundária (0,32) e correlação negativa com diâmetro do caule (-0,89), indicado que o conteúdo de matéria seca e diâmetro contribuem inversamente para produção de óleo. Para o caráter altura, não se pode inferir com precisão sua relação com a produção de óleo, pois sua correlação foi de baixa magnitude.

O caractere inflorescência apresenta forte correlação com ramificações primária (0,88) e secundária (0,93), produção de óleo (0,57) e de grãos (0,53) e correlação negativa para os caracteres de altura (-0,62), matéria seca da parte aérea (-0,55) e diâmetro do caule (-0,39). Assim, plantas com maiores números de ramificações primárias e secundárias tendem a apresentar uma maior produção de inflorescências.

A altura das plantas apresenta correlação positiva com matéria seca (0,38) e diâmetro (0,32) e correlação negativa para inflorescência (-0,62),

ramificações primárias (-0,43), secundárias (-0,72), produção de óleo (-0,32) e de grãos (-0,33), implicando que, a seleção de plantas baseado na altura não irá refletir em maior produção de grãos e de óleo.

Através do método de Tocher foi possível o agrupamento dos 10 genótipos em quatro grupos de maior similaridade genética (Tabela 4). Os grupos 1 e 2 foram formados por com quatro variedades e os grupos 3 e 4 foram formados por apenas um genótipo cada. A definição desses grupos é um dos primeiros passos para estabelecer um programa de melhoramento genético. Baseando-se na Tabela 1, foi possível identificar as características de cada indivíduo e caracterizar os grupos. As características de matéria seca da parte aérea, ramificação secundária e inflorescência, apresentaram menor contribuição para a formação e distinção dos grupos, já que foram caracteres semelhantes para todos os grupos e não contribuíram na distinção dos grupos.

**Tabela 4.** Agrupamentos formados com base no método de Tocher e distância generalizada de Mahalanobis, considerando genótipos de cártamo.

Grupos	Genótipos
1	IMA340, IMA211, NOVO343 e NOVO338.
2	IMA118, IMA 185, IMA133 e IMA73.
3	IMA117.
4	IMA193.

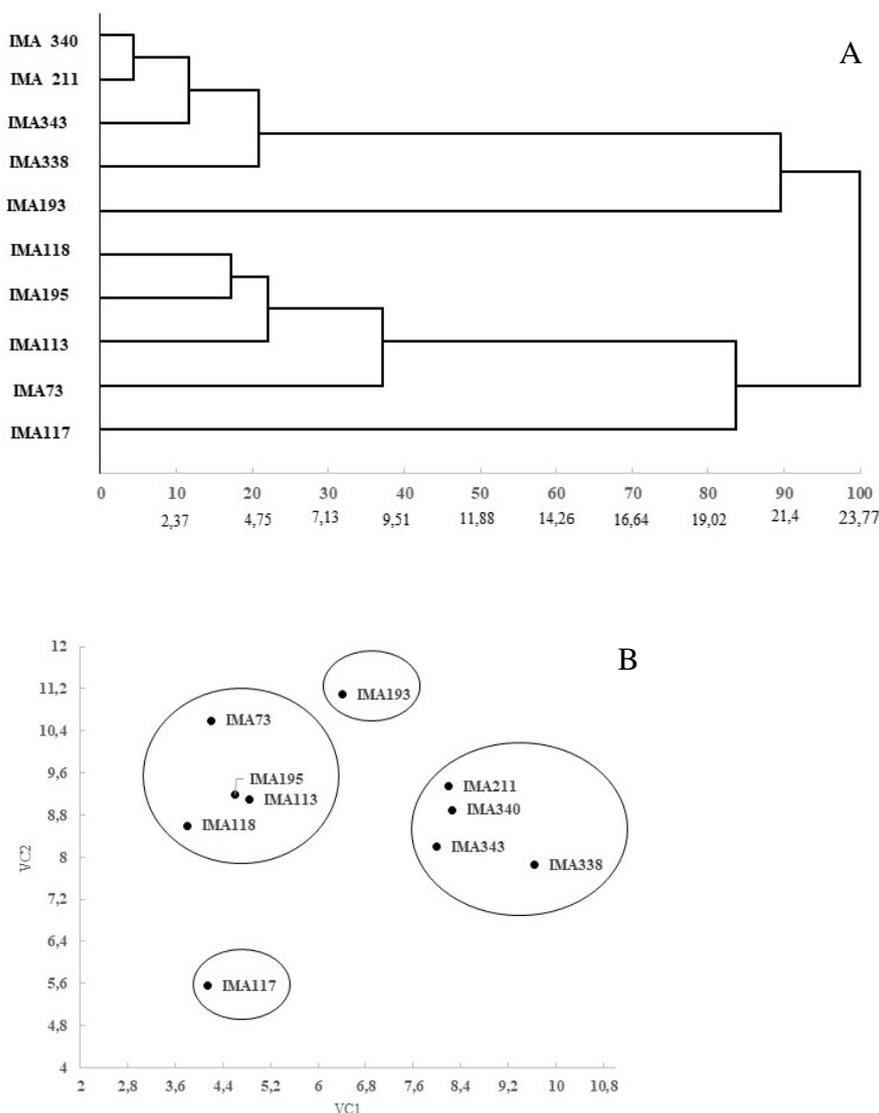
O grupo 1 foi formado pelas variedades IMA340, IMA211, NOVO343 e NOVO338, caracterizadas pela semelhança em altura, diâmetro, ramificação primária, produção de grão e de óleo. Estas apresentaram superioridades no diâmetro do caule, parâmetro favorável ao melhoramento, tendo correlação positiva para altura de planta e massa seca da parte aérea, apesar desses caracteres não correlacionarem diretamente com o aumento da produtividade.

Já o grupo 2 foi formado pelos genótipos IMA 118, IMA 195, IMA 133 e IMA 73, caracterizando-se pela semelhança em altura, diâmetro, produção de grãos e de óleo. Para a produção de grão e óleo, a variedade IMA133 divergiu das demais dentro do grupo, apresentando superioridade, enquanto a variedade IMA73 destacou-se quanto à altura.

O grupo 3 foi formado pelo genótipo IMA117, se destaca quanto a produção de óleo e de grãos. O grupo 4

foi formado pelo genótipo IMA 193, sendo este divergente dos demais grupos para os caracteres estudados, destacando-se as características altura de planta, produção de óleo e de grãos. Amini et al. (2008) comparando marcadores moleculares agromorfológicos e RAPD, encontraram estrita relação entre genótipos, atribuindo a possibilidade da existência de alto grau de parentesco entre as variedades estudadas

Ao analisar a dispersão gráfica dos escores e agrupamento do vizinho próximo foi possível separar os genótipos em quatro grupos de maior similaridade genética, corroborando os resultados obtidos pelo método de Tocher, concluindo que os métodos de Otimização de Tocher e Dispersão Gráfica das Variáveis Canônicas são concordantes entre si, podendo ser usada para formar os agrupamentos para a obtenção de linhagens e híbridos (Figura 2).



**Figura 2.** Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade obtido pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis (A) Dispersão gráfica dos escores; (B) Variáveis canônicas (VC1 e VC2) em genótipos de cártamo.

Peng et al. (2008) realizou estudo com engenharia genética utilizando marcadores morfológicos e moleculares, e concluíram que os métodos utilizados apresentam alta correlação entre si. Mahasi et al. (2009) e Vilatersana et al. (2005) também utilizando a engenharia genética, encontraram divergência entre as variedades estudadas, fato atribuído ao distanciamento geográfico na qual as variedades foram cultivadas ao longo das gerações, e as possíveis pressões de seleção. Mesmo que os marcadores morfológicos apresentem boa correlação para o acompanhamento dos

genes, análises mais específicas são necessárias como o uso de marcadores moleculares para identificação dos genes e das possíveis interações (Safavi et al., 2010).

**Conclusão**

Foi possível avaliar o potencial de produção das variedades de cártamo e obter a seleção das variedades de maior potencial produtivo. As variedades em destaque para produção de óleo e de grãos foram IMA 133, IMA 117, IMA73, IMA 118, IMA193 e IMA 195, com uma produção variando de 2154,01 a

3084,70 kg ha<sup>-1</sup>, e para produção de óleo foram as variedades IMA117, IMA 73, IMA 118, IMA 193 e IMA 195 com a produção variando de 654,13 a 895,83 kg ha<sup>-1</sup>.

Por meio das estimativas de herdabilidade foi possível selecionar os caracteres com maior potencial ao melhoramento genético, que foram o diâmetro do caule e ramificação primária. Através das análises multivariadas foi possível avaliar a distância de similaridade, possibilitando o agrupamento das variedades em quatro grupos de maior proximidade genética.

Os caracteres que estão diretamente ligados a maior produção de grãos e de óleo são inflorescência, ramificação primária e secundária. Alteração na expressão desses caracteres poderão interferir diretamente no potencial de produção dessas variedades, já que possuem correlação positiva com a produção de grão e de óleo. As características de ramificação primárias e secundárias são de fácil aplicação para o melhoramento devido ao seu alto coeficiente de herdabilidade.

O cártamo pode ser inserido nas condições norte-mineiras e se tornar uma espécie de importância econômica, devido suas condições de adaptabilidade, produção e potencialidades.

### Referências

- AMINI, F.; SAEIDI, G.; ARZANI, A. Study of genetic diversity in safflower genotypes using agro-morphological traits and RAPD markers. **Euphytica**. v. 163, n. 1, p. 21-30, 2008.
- ARAUJO, P. A. **Detecção da epistasia para produção de grãos e caracteres agrônômicos em soja**. Tese de doutorado. 2006. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Universidade de São Paulo. 78p.
- BARDHI, N.; SUDAJ, E.; DODONA, E.; KALLÇO, I.; MERO.G.; SUSAJ. L. Productivity indicators of five safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) Grown under lushanja, Albania, Climatic conditions. **Online International Interdisciplinary Research Journal**. v. 3 n. 6, 2013.
- BESPALHOK, F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Introdução ao Melhoramento de Plantas**. In: **Melhoramento de Plantas**. 1-9. (Disponível em: <<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%201.pdf/>>). Acesso em: 18-05-2017. 2011.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 523 p.
- CHAPMEN, M. A.; HVALA, J.; STREVER, J.; BURKE, J. M. Population genetic analysis of safflower (*Carthamus tinctorius*; Asteraceae) reveals a near Eastern origin and five centers of diversity, **American Journal of Botany**. v. 97, n.5, p. 831-840, 2010.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows**. Viçosa: UFV. 2006. 382 p.
- DAJUE, L.; MÜNDEL, H. H. Safflower (*Cartamus tinctorius* L.) - **Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop**. IPGRI: International Plant Genetic Resource Institute. Rome. 1996. 81p.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência**

- Animal.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- FAOSTAT - Food and agriculture organization of the united nations statistics division. **Safflower Seed.** (Disponível em: <<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/safflower/en/>>). Acesso em: 30-11-2017. 2017.
- HANDAN, Y.; PÉREZ-VICH, B.; VELASCO L.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. M. Inheritance of high oleic acid content in safflower. **Euphytica.** v. 168, p. 1-69, 2009.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Informações Técnicas.** (Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/porta1/>>). Acesso em: 21-05-2016. 2016.
- IROLIVEA, E. A. M.; CAMARA, G. M. S.; NOGUEIRA, M. C. S.; CINTRA, H. S. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. **Scientia Agricola.** v. 55, n.2, p. 269-275, 1998.
- ISTANBULLUOGLU, A.; GOCMEN, E.; GEZER, E.; PASA, C.; KONUKCU, F. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Agricultural Water Management.** v. 96 p. 1429-1434, 2009.
- MAHASI, M. J.; WACHIRA, F.; PATHAK, R. S.; RIUNGU, T. C. Genetic polymorphism in exotic safflower (*Carthamus tinctorios* L.) using RAPD markers, **Journal of Plant Breeding and Crop Science.** v. 1, n. 1, p. 8-12, 2009.
- PENG, S. A.; FENG, N. A.; GUO, M.; CHEN, Y.; GUO, Q. Genetic variation of *carthamus tinctorius* L. and related species revealed by SRAP analysis. **Biochemical Systematics and Ecology,** v. 36 p. 531-538, 2008.
- PIERCE, B. A., **Genética, um enfoque conceitual,** 3 rd. ed. Rio de Janeiro, editora Guanabara Koogan, ed. 3rd, 2013. 774p.
- RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometric research.** New York: John Wiley & Sons; 1952. 390p.
- ROSSMAN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos.** Tese de doutorado. 2001. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 91p.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SILVA, C. J. **Caracterização Agronômica e Divergência Genética de Acessos de Cártamo.** 2013. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. 51 p.
- TU, Y.; XUE, Y.; GUO, D.; SUN, L.; GUO, M. Cartami flos: a review of its ethnopharmacology, pharmacology and clinical applications. **Revista Brasileira de Farmacognosia.** v. 25, p. 553-566. 2015.
- VELASCO, L.; B. PÉREZ-VICH, J. M.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ. Identification and genetic characterization of a safflower mutant with a modified tocopherol profile. **Plant Breeding.** v. 124, n. 5, p. 459-463. 2005.
- VILATERSANA, R.; GARNATJE, T.; SUSANNA, A.; GARCIA-JACAS, N. Taxonomix problemas in *Carthamus* (Asteraceae): RAPD markers and sectional classification. **Journal of the**

**Linnean Society.** v. 147, n. 3, p. 375-383, 2005.

YEILAGHI, H.; ARZANI, A.; FOTOVAT, R.; FEIZI, M.; POURDAD, S. S. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. **Food chemistry.** v. 130, p. 618-625, 2012.