

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA ‘JÚLIO DE MESQUITA FILHO’
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA
DE ACESSOS DE CÁRTAMO**

CARLOS JORGE DA SILVA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP
AGOSTO – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA
DE ACESSOS DE CÁRTAMO**

CARLOS JORGE DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Dutra Zanotto

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
AGOSTO – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586c Silva, Carlos Jorge da, 1982-
Caracterização agronômica e divergência genética de acessos de cártamo / Carlos Jorge da Silva. - Botucatu : [s.n.], 2013
vi, 51 f. : tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Mauricio Dutra Zanotto
Inclui bibliografia

1. Cártamo. 2. Safflower. 3. Diversidade genética. I. Zanotto, Mauricio Dutra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA
DE ACESSOS DE CÁRTAMO "

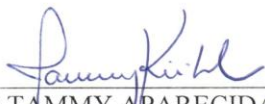
ALUNO: CARLOS JORGE DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

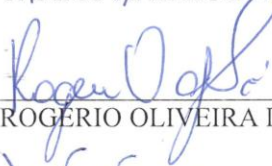
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO



PROF.ª DR.ª TAMMY APARECIDA MANABE KIIHL



PROF. DR. ROGÉRIO OLIVEIRA DE SÁ



PROF. DR. LIV SOARES SEVERINO



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO

Data da Realização: 19 de agosto de 2013.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Jorge e Maria;

A minha noiva Adeilza,

DEDICO.

A minha madrinha Maria Luis;

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível.

À FCA - UNESP - Campus de Botucatu, por me receber como aluno e por me oferecer ótimas condições de estudo.

Ao meu orientador, Professor Dr. Maurício Dutra Zanotto, pelo apoio, dedicação, paciência, incentivo, amizade e confiança durante todo Doutorado.

À Coordenação e colegas do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura).

Ao Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT), em especial ao Dr. Rogério Sá, por ter cedido os materiais avaliados neste estudo e dado todo apoio necessário.

Aos professores, Sílvio José Bicudo e Norberto da Silva pela atenção e os ensinamentos.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal em especial ao seu Milton pela amizade, apoio e ajuda durante a condução do experimento, além de seus valiosos ensinamentos.

A seção de Pós-Graduação e aos funcionários da biblioteca “Paulo Carvalho de Matos”.

A todos os colegas do curso de pós-graduação em especial aos colegas do setor de Melhoramento Vegetal.

Ao Irmão Calazans por tudo que tem me feito desde a época da graduação.

A toda minha família, de modo especial aos meus pais, Jorge Luis e Maria José, aos quais sou eternamente grato pelo amor, educação, força, apoio incondicional e lição de vida.

A todos os meus irmãos em especial a Creuza Luis (Dêda) por todo apoio que me concedeu durante toda minha vida acadêmica.

A minha noiva Adeilza Balbino, pela compreensão, paciência, apoio e amor que continua indo além das dificuldades do tempo e da distância.

Aos meus amigos de republica, Josué Ferreira, Rodrigo Repke, Pedro Bento, Breno Bezerra, Alexandre Carneiro, Wilson Dourado e Cícero Teixeira pelo apoio, paciência e amizade que se formou ao longo de nossa convivência diária.

Aos meus grandes amigos, Tiago Zoz, Eder Toppa, Sihélio Cruz, Sílvia Sanielle, Anthony Wellington (Garotinho), Ismael Fernando, Wellington Costa, Thales Pantaleão e Marcílio Souza pela amizade e apoio durante esse período.

À Universidade Federal de Alagoas que me abriu as portas para que eu chegasse até aqui.

Ao Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira pelos valorosos ensinamentos e me mostrar os caminhos para eu seguir.

E por ultimo a todos que direta ou indiretamente colaboraram para elaboração, condução e conclusão deste trabalho, muito obrigado.

Muito Obrigado

| SUMÁRIO | Páginas |
|--|----------------|
| 1 RESUMO..... | 01 |
| 2 ABSTRACT..... | 02 |
| 3 INTRODUÇÃO..... | 04 |
| 4 REVISÃO DE LITERATURA..... | 06 |
| 4.1 Aspéctos gerais da cultura do cártamo..... | 06 |
| 4.2 Expansão da cultura do cártamo..... | 08 |
| 4.3 Principais utilidades da cultura do cártamo..... | 08 |
| 4.4 Fontes de germoplasma de Cártamo..... | 09 |
| 4.5 Introduções de germoplasma exótico..... | 10 |
| 4.6 Melhoramento genético do cártamo..... | 11 |
| 4.6.1 Heterose e macho Esterilidade no Cártamo..... | 13 |
| 4.6.2 Estimativa de parâmetros e divergência genética..... | 14 |
| 5 MATERIAL E MÉTODOS..... | 16 |
| 5.1 Procedência dos acessos avaliados..... | 16 |
| 5.2 Pré-seleção em acessos de cártamo..... | 16 |
| 5.3 Análises estatísticas preliminares..... | 17 |
| 5.4 Avaliação dos acessos superiores..... | 18 |
| 5.5 Caracteres avaliados..... | 19 |
| 5.6 Análises estatísticas..... | 20 |
| 5.6.1 Determinação da divergência genética..... | 21 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 22 |
| 6.1 Avaliação preliminar dos acessos de Cártamo na Fazenda Lageado.... | 22 |
| 6.2 Avaliação preliminar cártamo na fazenda experimental de São Manuel-SP..... | 23 |
| 6.3 Variabilidade genética entre acessos de cártamo por meio de parâmetros genéticos..... | 25 |
| 6.4 Análises univariadas dos caracteres morfo-agronômicos..... | 28 |
| 6.5 Análise de correlação linear..... | 35 |
| 6.6 Análise de divergência genética..... | 36 |
| 7 CONCLUSÕES..... | 38 |
| 8 REFERÊNCIAS..... | 39 |
| APÊNDICES..... | 43 |

1 RESUMO

Em decorrência da grande demanda mundial por espécies bioenergéticas, a cultura cártamo, surge como uma importante alternativa. No Brasil, porém, esta espécie ainda não é explorada comercialmente, por isso foram introduzidos 926 acessos provenientes dos Estados Unidos. Estes materiais foram avaliados preliminarmente em 2010 na fazenda experimental do Lageado e São Manuel, ambos pertencentes à UNESP – Campus Botucatu-SP. As características avaliadas foram: altura de plantas, número de capítulos por planta e massa de sementes por planta. Na etapa seguinte, os 19 acessos potencialmente mais promissores e uma cultivar comercial foram avaliados entre abril e setembro de 2011 em Botucatu-SP. Na ocasião, foram avaliadas: produtividade de grãos (kg ha^{-1}), massa de mil grãos (g), número de capítulos por planta, número de ramos primários por planta, altura de plantas (m), diâmetro de capítulos (cm), índice de colheita (g g^{-1}), produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}), teor de óleo (%) e produtividade de óleo (kg ha^{-1}). As médias de cada característica foram agrupadas através do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas baseadas nas esperanças de quadrados médios da análise de variância. Considerando-se todos os caracteres simultaneamente, foi estimada a divergência genética pela distância generalizada de Mahalanobis e os acessos mais similares foram agrupados pelo método de Tocher. A diversidade genética existente entre os acessos estudados e aliada ao grande potencial produtivo sugere boas expectativa para obtenção de genótipos promissores..

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius*, Diversidade genética.

2 SUMMARY

AGRONOMIC CHARACTERIZATION AND GENETIC DIVERGENCE OF SAFFLOWER ACCESSES. Botucatu, 2013. 51 p. (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CARLOS JORGE DA SILVA

Adviser: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

Currently there is a huge demand for bioenergetics species. Safflower is as an important alternative. In Brazil, however, this species is not commercially exploited. Were introduced 926 accesses from the United States. These materials were preliminarily evaluated in 2010 at the experimental farms of the Lageado in Botucatu and São Manuel, both in São Paulo State. Characteristics evaluated were: plant height (m), number of capitulum and seed weight per plant (g). In the next stage, 19 of the most promising accesses and a commercial cultivar were evaluated between April and September 2011 in Botucatu-SP. The characteristics evaluated were: grain yield (kg ha^{-1}), thousand grain weight (g), Capitulum number, branches number, plant height (m), capitulum diameter, harvest index (gg^{-1}), dry matter yield (kg ha^{-1}), Oil yield (kg ha^{-1}) and oil content (%). Mean were grouped by the test Scott-Knott at 5% probability. Considering all the characters simultaneously, the genetic divergence was estimated by the Mahalanobis distance and the accesses more similar, were grouped with the Tocher method. The genetic

diversity among accesses in all characteristics associated with the yield potential suggests a high potential to obtain promising genotype .

Keywords: *Carthamus tinctorius*, genetic divergence

3 INTRODUÇÃO

O cártamo (*Cartamos tinctorius L.*) é uma espécie cultivada há mais de dois milênios e ultimamente vem sendo cultivado em, praticamente, todos os continentes. Esta cultura é uma alternativa para a produção de óleo, para utilização na alimentação humana e na indústria para diversos fins. Além de ser uma das opções econômicas em regiões semiáridas ou áridas. As sementes desta espécie possuem elevados teores de óleo que podem chegar a 50%. O óleo de cártamo apresenta altos teores de ácidos linoleico e oleico, que são considerados de ótima qualidade para o consumo humano, apresentando menores riscos à saúde.

Entre outros aspectos relevantes que envolvem a cultura, o cártamo apresenta o ciclo relativamente curto, em torno de 140 dias para as cultivares mais precoces, podendo ser cultivado na safrinha, na sequência de cultivos tradicionais de maior importância econômica como a soja e o milho. Dessa forma, utilizando-se dos recursos disponíveis na propriedade o custo de produção pode se tornar bastante acessível visto que a semeadura e a colheita podem ser facilmente realizadas com os mesmos maquinários que comumente são empregados nessas culturas precisando-se apenas de algumas adaptações. Por isso, o cártamo se adequa a regiões de inverno seco, como ocorre nas áreas agricultáveis da região Sudeste e, especialmente, o Centro-Oeste que possui extensas áreas que ficam em pousio no período de outono-inverno. Nesta época de baixa precipitação pluviométrica, culturas tradicionais são inviáveis quando não se dispõe de irrigação.

Historicamente, o cártamo é reconhecido como uma cultura de alta capacidade de se desenvolver e produzir de forma satisfatória sob baixa disponibilidade hídrica, podendo ser mais uma boa opção para o semiárido nordestino que possui baixa precipitação. Além da produção de óleo, pode também haver a possibilidade do seu uso na alimentação animal. Apesar do alto potencial e de sua capacidade de adaptação, o cártamo ainda tem pouca expressão econômica em diversos países de agricultura desenvolvida, como o Brasil. A falta de conhecimentos básicos a respeito das técnicas de cultivo e o uso de cultivares melhoradas e adaptadas são os principais obstáculos para expansão dessa cultura.

Neste sentido, quando há poucas informações a respeito de uma espécie introduzida, torna-se necessário proceder uma caracterização baseada em caracteres morfológicos e agronômicos que além de gerar informações básicas e necessárias para se iniciar um programa de melhoramento não apresenta custos adicionais como ocorre comumente no uso de técnicas moleculares sofisticadas.

Para isto os procedimentos multivariados baseados em medidas de dissimilaridade e nos métodos de agrupamento são ferramentas úteis que permitem avaliar cada indivíduo na sua multidimensionalidade, proporcionando uma visão mais ampla de cada genótipo e da relação de proximidade que eles estabelecem entre si. Quando se dispõe de um número elevado de acessos, as técnicas multivariadas têm se mostrado muito adequadas para discriminar caracteres e estimar a diversidade permitindo agrupar aqueles genótipos com base genética mais estreita.

O objetivo neste estudo foi caracterizar acessos de cártamo, quanto às características morfológica de importância agronômica, avaliar o potencial produtivo dos acessos de cártamo; selecionar materiais promissores, estimar parâmetros genéticos visando gerar informações capazes de obter previsões de ganhos genéticos, estimar divergência genética por meio de procedimentos multivariados visando à geração de informações que possibilitem agrupar genótipos semelhantes.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aspectos gerais da cultura do cártamo

O cártamo também é conhecido como “açafroa” ou “açafraão bastardo”, dentre outras denominações. É originário da Ásia e África com prováveis centros de origem: Índia, Afeganistão e Etiópia. Esta cultura é conhecida desde a antiguidade e era bastante utilizada como fonte de corante, extraído das flores, para tingir tecidos ou alimentos. Nas Américas, é cultivado desde o início do século XX, quando foi introduzida nos Estados Unidos (ASHI; KNEWS, 1960; DAJUE; MÜNDEL, 1996).

Atualmente vem sendo explorada principalmente devido ao seu potencial para a produção de óleo, que além de ser utilizado na alimentação humana, também apresenta potencialidades como matéria prima para produção de biodiesel e na fabricação de tintas e vernizes (MÜNDEL et al., 2004).

O cártamo pertence a família das Asteraceas, gênero *Carthamus* e a espécie *Carthamus tinctorius L.* É uma planta anual, herbácea, de caule ereto, ramificado, com altura variando entre 30 cm e 150 cm. O sistema radicular é bastante desenvolvido, pivotante e pode atingir até 300 cm de profundidade, o que torna a cultura bastante tolerante ao estresse hídrico (DAJUE ; MÜNDEL, 1996).

A planta possui diversas ramificações classificadas como primárias, secundárias e terciárias, nas quais surge uma inflorescência que é denominada capítulo. O

número de capítulos é influenciado pelo genótipo, ambiente e o manejo cultural. Uma planta produz mais de 100 unidades. Cada capítulo possui de 20 a 250 flores também denominadas de floretes que se encontram envolvidas por diversas brácteas sobrepostas. Cada florete é constituído por um conjunto de pétalas que circunda o gineceu e androceu formando uma estrutura conhecida como tubo de corola. O androceu possui cinco filetes e as anteras se fundem para formar uma estrutura denominada de cone de anteras. O estilo-estigma encontra-se envolvido pelo tubo de corola e situado abaixo do cone de anteras. Quando o estilo-estigma se alonga, ultrapassa as anteras realizando a autopolinização (SIGH; NIMBKAR, 2007).

A cultura apresenta um ciclo que varia, normalmente, de 110 a 150 dias, podendo ser antecedido ou prolongado este intervalo, dependendo do genótipo e de condições ambientais. A germinação ocorre entre 3 a 8 dias após a sementeira. O estágio de roseta é caracterizado pelo crescimento lento da planta e quando diversas folhas são produzidas próximas ao nível do solo. Esta fase pode durar de três a seis semanas, dependendo do material genético e das condições ambientais, especialmente a temperatura. Esta é a etapa mais crítica do desenvolvimento da planta por apresentar um crescimento lento, que a torna bastante sensível à competição por água, luz e nutrientes com as plantas invasoras (OELKE et al., 1992).

O alongamento do caule e as ramificações são as fases de maior intensidade de crescimento da planta e tem duração em torno de 6 a 8 semanas. Bom suprimento nutricional e as características genéticas da planta são fundamentais para determinação do número de ramos primários, secundários e terciários. O início do florescimento se dá em torno de 60 a 100 dias e a maturidade fisiológica ocorre de 4 a 6 semanas após o início da floração. O ponto ideal para colheita se dá entre 2 a 3 semanas após a maturidade. As plantas se encontram completamente senescidas, apresentando coloração marrom das folhas e capítulos. Nesta fase, a umidade das sementes encontra-se com aproximadamente 10% (EMONGOR, 2010).

Em relação às condições de cultivo, o cártamo possui elevada tolerância ao déficit hídrico, às altas temperaturas, aos ventos fortes e quentes, à baixa umidade relativa do ar e a solos salinos. Exibe grande capacidade de adaptação às mais diferentes condições ecológicas reinantes nas regiões semiáridas, desenvolvendo-se bem

nos mais diferentes tipos de solos, desde que sejam profundos e possuam boa drenagem (KIZIL et al., 2008; BAGHERI; SAM-DAILIRI, 2011).

Esta espécie se desenvolve bem em regiões com precipitações de 300 a 600 mm anuais e em altitudes que variam do nível do mar até 2000m. Suporta grande amplitude de temperaturas que pode variando de -7 a 40°C dependendo do seu estágio de desenvolvimento. Esta cultura não tolera solos encharcados e alta umidade relativa do ar (EMONGOR,2010).

4.2 Expansão da cultura do cártamo

O cártamo é cultivado em mais de 60 países. A Índia possui maior área produtora da cultura com aproximadamente 230 mil hectares o que representa quase 40% da área total colhida no mundo em 2011 (FAOESTAT, 2011).

De acordo com a FAOESTAT (2011), a Argentina é o segundo maior produtor mundial, com uma área colhida de 79256 hectares em 2011. O Cazaquistão ocupa a terceira posição com 77 mil hectares. O México, apesar da redução de pouco mais de 25% de sua área cultivada em relação ao ano anterior, ainda ocupa a quarta posição e tem no estado de Sinaloa seu principal centro de produção.

Os Estados Unidos, cuja produção comercial concentra-se principalmente nos estados da Califórnia, Nebraska, Arizona e Montana, ompleta o ranking dos cinco maiores produtores com 51520 hectares de área colhida. A Turquia, China, Quirguistão, Austrália e Uzbequistão fecham a lista dos dez países que mais produzem cártamo. Em relação à produtividade, o México lidera, seguida pelo Tarjiquistão, China, Estados Unidos e Turquia com uma produtividade média de aproximadamente 2080, 1670, 1570, 1490 e 1380 kg ha⁻¹, respectivamente.

4.3 Principais utilidades da cultura do cártamo

As sementes desta espécie possuem elevados teores de óleo (35 a 45%) de ótima qualidade tanto para consumo humano como para uso industrial. O óleo de cártamo apresenta altos teores de ácido oléico (70%-75%) e ácidos linoléico (70%-75%). Sendo as cultivares comerciais classificadas em dois grupos (grupo oléico e linoléico) conforme a percentagem desses ácidos graxos (HANDAN et al., 2009) .

Como óleo industrial, ele oferece potencialidades para muitos usos, sendo empregados na fabricação de tintas, esmaltes, sabões, entre outros. A torta das sementes, que é um subproduto da indústria de óleo, possui cerca de 25% de proteína e pode ser utilizada na alimentação de ruminantes (OELKE et al.,1992; EKIN, 2005).

Além dessas utilidades, o cártamo ainda pode ser utilizado para fins medicinais, atuando na cura de diversas anomalias; na alimentação de pássaros; como planta ornamental e na alimentação e de ruminantes cujo fornecimento aos animais poderá ser feito através de feno (EMONGOR,2010; DANIELI et al., 2011).

4.4 Fonte de germoplasma do cártamo

Durante décadas, pesquisadores de diversos países conduziram várias expedições para coleta de acessos. Atualmente, a Índia mantém cerca de 7.300 acessos no Germplasm Manegement Unit (GMU). Esta coleção de germoplasma consiste nas adesões recebidas das diversas regiões produtoras de cártamo espalhadas pela Índia. Estes acessos, em grande parte, são constituídos de coleções locais, tradicionais e não tradicionais de cártamo das áreas de cultivo e também incluem materiais exóticos. O germoplasma mantido em toda a GMU possui genótipos caracterizados e boa parte deles são promissores para características economicamente importantes (SIGH; NIMBKAR, 2007).

Os EUA possuem cerca de 2300 acessos de cártamo coletados em mais de 50 países que são mantidos no Westen Regional Introduction Station (WRPIS), localizada em Pullman, Washington, que faz parte do Programa Nacional de Germoplasma Vegetal dos Estados Unidos (Sistema NPGS).. Os dados dos descritores estão disponíveis no Germoplasm Resource Information Network (SIGH ; NIMBKAR, 2007).

A China também possui um expressivo banco de germoplasma, o Safflower Research Group Beijing Botanical Garden, pertencente à Academia de Ciências Chinesa que no início da década de 90 contava com mais de 2000 acessos e atualmente é o terceiro maior banco de germoplasma da cultura (MÜNDEL ; BERGMAN, 2009)

Os acessos da coleção de cártamo dos EUA, inclusive os materiais introduzidos recentemente no Brasil por meio do Instituto-Matogrossense do Algodão (IMA-MT), são distribuídos para cientistas do mundo todo, mediante pedido, sem nenhum custo. Os muitos dados sobre descritores são reunidos em um grande número de acessos na

coleção e estão contidos no banco de dados do Germplasma Resources Information Network (GRIN), e estas informações estão facilmente disponíveis.

O GRIN é uma rede de instituições criada pelo Departamento de Agricultura Americano (USDA), composta por diversos grupos de pesquisadores, inclusive melhoristas, dedicados à preservação da variabilidade genética. Esta rede possui um banco de dados informatizado com documentação de diversas espécies. Através das informações disponíveis neste banco de dados, o melhorista tem informações básicas a respeito do acesso que pode ser útil no seu programa de melhoramento (BORÉM; MIRANDA, 2009).

4.5 Introdução de germoplasma exótico

O intercâmbio de germoplasma exerce grande impacto no melhoramento de plantas e na sociedades por ter, muitas vezes, mudado os hábitos alimentares de determinadas comunidades. Sabe-se que por maior que seja a biodiversidade de um país ou região, há sempre uma dependência do uso de materiais exóticos garantindo, dessa forma, uma grande ampliação na base genética das espécies cultivadas (NASS et al., 2000).

Existe uma série de resultados de grande relevância histórica: O milho (*Zea mays L.*) é um caso marcante. Esta espécie tem origem na América latina, mas é cultivado nas principais regiões produtoras do mundo, sendo os EUA, atualmente, responsável por 40% da produção mundial. Outras espécies Americanas como tomate (*Solanum lycopersicum*), batata (*Solanum tuberosum*), Amendoim (*Arachis hypogaea*) e o algodão (*Gossypium ssp.*), são cultivadas em outros continentes. Por outro lado, várias espécies do velho mundo como a cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum*), trigo (*Triticum ssp.*), cítrus (*Citrus ssp*), arroz (*Oryza sativa*) e o café (*Coffea arabica*) entre outras, tem enorme importância econômica fora das regiões de origem como no Brasil (NASS et al, 2000)

O estabelecimento do cártamo como cultura nos EUA, México, Argentina e Canadá, é um resultado de introduções da Índia, China, Rússia e Turquia, no início do século XX (CLAASSEN, 1981). Nos Estados Unidos, a sua introdução ocorreu na segunda década do século XX, (OELKE et. al.,1992) .

De acordo com Giayetto et al., (1999) a introdução do cártamo na Argentina ocorreu no final dos anos sessenta no século passado. Para o estabelecimento

desses genótipos foram necessários realizar diversos ciclos de seleção e avaliação desses materiais antes de serem formalmente liberadas para produção comercial.

Durante a introdução de qualquer espécie, a aclimação é necessária para que a população seja submetida à seleção nas condições de cada localidade identificando-se materiais mais promissores para que estes possam ser avaliados com maior rigor em vários locais e anos para liberação formal de uma cultivar comercial. (FERREIRA, 2006a).

4.6 Melhoramento genético do cártamo

O cártamo é uma espécie diplóide com um número de cromossomos de $2n = 24$ (EKIN, 2005). Quanto ao modo de reprodução, ocorre predominante a autofecundação, geralmente uma taxa superior a 90%, embora no seu germoplasma podem ser encontrados acessos com uma taxa de cruzamento em torno de 50%. As abelhas são os principais agentes polinizadores, pois o vento tem pouca importância no transporte de pólen. Apesar da cultura apresentar uma taxa considerável de cruzamentos, os métodos de melhoramento adotados são aqueles comumente empregados para espécies autógamas (DAJUE ; MÜNDEL, 1996)..

Para realização dos cruzamentos (hibridação artificial) as flores são emasculadas retirando-se o cone de anteras que está unido a uma porção da corola. Antes de utilizar a técnica de hibridação, é necessário conhecer o momento ideal para fazer a emasculação que é caracterizado pelo início da exposição dos primeiros floretes para o lado externo do capítulo. Em seguida, procede-se com a retirada das brácteas até que as flores sejam completamente expostas e com o auxílio de uma pinça as partes masculinas da flor são retiradas (VOLLMANN; RAJCAN 2009).

Outra técnica de hibridação, denominada emasculação em massa, é descrita por Dajue e Mündel (1996). Esse método foi desenvolvido no Nimbkar Agricultural Reserch Institute (NARI), em Phalran, Índia. No início da formação das inflorescências, os capítulos dos ramos superiores são protegidos com sacos de polietileno de baixa a média densidade, eliminando-se os ramos inferiores. A temperatura e umidade intensifica-se na região da planta proregida anteriormente, prevenindo, dessa forma, a deiscência das anteras. Este método requer menos tempo do que a emasculação de floretes individuais facilitando a realização dos cruzamentos.

Atualmente, a maior parte dos programas de melhoramento se encontra na Índia, onde a cultura tem maior área cultivada. A Índia coordena um projeto de pesquisa com plantas oleaginosas (AICORPO) desde o final da década de sessenta e no início dos anos setenta incluiu a cultura do cártamo. Este projeto inclui empresas públicas de pesquisa e da iniciativa privada. Nos EUA os primeiros programas de melhoramento foram criados no início da década de quarenta nos estados de Utah, Nebraska, Arizona e Califórnia com a participação da Universidade da Califórnia situada em Davis, além de várias empresas do setor privado (MÜNDEL; BERGMAN, 2009).

No México, a experimentação com cártamo teve início em 1958, no noroeste do país. Diante das especificidades de clima e solo e em virtude de alguns problemas que esses materiais apresentaram, principalmente suscetibilidade às doenças, houve a necessidade de realizar os primeiros cruzamentos e seleção entre os materiais introduzidos. Em 1971, na cidade de Los Mochis, Estado de Sinaloa, foi criado o primeiro programa de melhoramento do cártamo no México. Atualmente os programas de melhoramento genético da cultura naquele país, pertencem ao Instituto Nacional de Investigações Florestais Agrícolas e pecuária (INIFAP) que estão localizadas nos campos experimentais localizadas ao sul do Estado de Tamaulipas; no campo experimental do Vale de Cuicacán em Sinaloa e campo experimental do vale do Yaqui no Estado de Sonora (CORONADO, 2010).

As cultivares de cártamo, geralmente, são classificadas pela composição do óleo. Aquelas que compõem o grupo oleico, apresentam de 70 a 75% da constituição do referido ácido graxo. O segundo grupo, linoleico, possuem mais de 70% de ácido linoleico. Gracia et al., (2010) descreveram uma série de cultivares de ambos os grupos, bem com suas principais características morfológicas e agronômicas.

A ênfase principal no melhoramento do cártamo está voltada, principalmente, ao aumento de produção de sementes. No entanto, para atender às exigências das condições locais, dos sistemas de cultivo e de requisitos do mercado, os objetivos têm sido direcionados para produzir cultivares resistentes a doenças e pragas, e com alto teor e qualidade de óleo que é o principal foco da cultura na atualidade (EKIN, 2005).

O cártamo é atacado por diversas doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e micoplasmas. Os fungos representam mais de 70% dos patógenos que afetam a cultura, especialmente em períodos de alta umidade atmosférica e do solo. Destes,

a mancha de *Alternaria* causada por *Alternaria carthami* e a murcha causada por *Fusarium oxysporum* são os mais devastadores e podem causar perdas de 100%. (DAJUE; MÜNDEL, 1996).

O melhoramento genético para resistência é o método mais econômico e conveniente para o controle de doenças no cártamo. Contudo, grande parte dos mecanismos genéticos de resistência em cártamo ainda não são conhecidos para a maioria das enfermidades. Ainda assim existem relatos na literatura sobre a herança genética de algumas delas bem como suas respectivas fontes de resistências encontradas em materiais rústicos e melhorados. Coronado (2010) lista as principais cultivares melhoradas; suas principais características morfológicas e agronômicas; inclusive a resistência a algumas doenças e seus respectivos agentes causais. Com relação às pragas, os pulgões têm sido relatados como principais causadores danos à cultura, sendo menos preocupantes que as doenças.

4.6.1 Heterose e macho esterelidade no cártamo

A existência de heterose é bem conhecida no cártamo para características como o rendimento de grãos, porcentagem de óleo na semente, altura de planta, entre outras. A descoberta da macho esterilidade tem sido importante no seu estudo. Os resultados experimentais obtidos poderão ser aplicados à produção comercial, principalmente para o incremento do rendimento de óleo e os seus componentes qualitativos, além da resistência às principais doenças. Tudo isso, sem dúvida, tenderá ao aumento na posição do cártamo como uma importante fonte de óleo comestível (DAJUE; MUNDEL, 1996).

A existência da heterose significativamente elevada para produção de sementes juntamente a outros componentes relacionados e a presença de macho esterilidade genética (GMS) e citoplasmática (CMS), fazem do cártamo um candidato apropriado para exploração do vigor híbrido. No entanto, essa prática ainda tem sido pouco explorada devido ao alto custo de produção de sementes em escala comercial que é limitado em função da baixa eficiência na polinização artificial (ANJANI, 2004)

A identificação de fontes genéticas de esterilidade masculina em cártamo e o desenvolvimento de linhagens macho estereis agronomicamente superiores, resultou no lançamento de híbridos de cártamo na Índia que é o único país que tem cultivo comercial. O sistema de macho esterilidade citoplasmática pode ser aproveitado

para o desenvolvimento de híbridos, no entanto, o sistema de esterilidade masculina utilizada nos programas de melhoramento é a macho esterilidade genética. Os sistemas disponíveis de macho esterilidade genética são de natureza monogênica recessiva e dominante (SIGH ; NIMBKAR, 2007).

As plantas macho estéreis e férteis são identificadas na fase de floração, quando pode ser observada a presença de uma pequena abertura dos capítulos, no caso de plantas com esterilidade, no caso de plantas normais, ou seja, macho férteis isto não ocorre. Outra maneira de distinguir plantas estéreis e normais é velocidade no seu crescimento. No caso das linhas macho estéreis, devido a uma ligação entre genes de nanismo e de esterilidade, planta estéril e plantas férteis tornam-se evidentes em 30 a 40 dias após a sementeira. As plantas machos estéreis atingem uma altura de apenas 5 a 10 cm, 30 a 40 dias após a sementeira, por outro lado, as plantas macho férteis atingem uma altura normal de 20-25 cm (SIGH ; NIMBKAR, 2007).

4.6.2 Estimativa de parâmetros e divergência genética

Estimar os parâmetros genéticos permitem fazer previsões do efeito da seleção e planejar estratégias de melhoramento. Para isto, o pesquisador precisa conhecer o modo que determinadas espécies transmitem seus genes para gerações futuras. Assim, a estrutura genética da população aliado a procedimentos estatísticos apropriados permitem estimar ganhos genéticos e prever se determinados indivíduos poderão ou não ser utilizados nas etapas seguintes em um programa de melhoramento (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Dentre os parâmetros genéticos mais importantes, pode ser citado o coeficiente de herdabilidade que mede a proporção da variação genética em relação à total. Mesmo sendo um bom indicador da variabilidade genética existente em uma população, sua magnitude pode sofrer variação devido, principalmente as mudanças de condições ambientais conforme comenta Borém e Miranda, 2009.

Segundo Vencovsky (1987), além das condições ambientais outros fatores são decisivos e interferem nas estimativas e nos ganhos obtidos por seleção como a intensidade de seleção e as propriedades genéticas da população. O ganho obtido por seleção está diretamente relacionado ao seu diferencial, ou seja, à diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original. Quanto mais heterogênea for uma população, maiores são as chances de ocorrer ganhos com seleção.

O estudo da diversidade genética tem sido realizado com bastante frequência com o objetivo de identificar combinações híbridas desejáveis. Este tipo de estudo pode ser feito através de técnicas biométricas baseadas em diferenças morfológicas, fisiológicas e principalmente em caracteres quantitativos (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Existem várias maneiras para estimar a divergência genética, sendo que a utilização de cada método depende se os dados são qualitativos ou quantitativos. As informações obtidas são expressas em valores adimensionais e indica que quanto menor for essa distância entre dois indivíduos, maior é a sua semelhança. Quando os dados biométricos são quantitativos é mais comum à utilização da distância euclidiana e a distância de Mahalanobis, sendo a primeira mais indicada para dados que não possuem repetições. Quando, porém, os indivíduos são avaliados obedecendo a um delineamento experimental ou dados que contenha repetições, a segunda opção é preferível (CRUZ, 2005).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Procedência dos acessos avaliados

Foram utilizados 926 acessos provenientes do banco de germoplasma Norte Americano Western Regional Plant Introduction Station (WRPIS), obtidos por meio do Germplasm Resources Information Network (GRIN), os quais foram importados pelo Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA-MT) e cedidos para o Programa de Melhoramento do cártamo da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA).

5.2 Pré-seleção dos acessos de cártamo

Os acessos de cártamo foram multiplicados e avaliados previamente na fazenda experimental Lageado em Botucatu-SP e em São Manuel-SP, ambas pertencentes à Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista (FCA-UNESP). A semeadura na fazenda Lageado ocorreu em 05/05/2010 e em São Manuel em 25/05/2010. Cada acesso foi representado por uma planta em ambos locais.

As plantas foram dispostas no espaçamento 1,00 x 0,20 m entre e dentro de fileiras, respectivamente. A semeadura, os tratos culturais e a colheita foram realizados manualmente. Foram aplicados 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 (NPK). O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual durante a fase de roseta que é o período mais crítico da cultura para competição com plantas daninhas. Os caracteres avaliados foram:

- Altura de plantas em metro (AP);
- Massa de grãos em grama (MG);

- Número de capítulos (NC).

Foram descartados os acessos cujas plantas apresentaram baixo vigor, baixa produção de sementes ou não germinaram. Dos 926 materiais semeados em cada localidade, foram selecionados, inicialmente, 100 acessos em São Manuel-SP e 70 em Botucatu-SP por possuírem maior produção de grãos e número de capítulos. A identificação dos acessos selecionados encontram-se nos Apêndices A e B.

5.3 Análises estatísticas preliminares

Os dados foram submetidos a uma análise descritiva para os acessos avaliados em Botucatu-SP e as medidas de dissimilaridade obtidas pela distância euclidiana média padronizada, para os acessos avaliados em São Manuel-SP, não sendo utilizada esta metodologia nos dados do experimento anterior devido a formação de apenas três grupos e um destes comportando a maioria dos materiais (68 acessos).

A padronização dos dados foi realizada conforme Cruz e Carneiro (2003) para eliminação dos efeitos nas mudanças de escalas das características estudadas. A padronização dos dados foi realizada conforme a seguinte equação.

$$x_{ij} = X_{ij}/S(X_j)$$

Onde:

x_{ij} = valor padronizado de cada observação X_{ij} no i -ésimo genótipo e j -ésima característica; e $S(X_j)$ é o desvio padrão da i -ésima característica avaliada.

A distância euclidiana média padronizada entre os pares de acessos foram obtidas por meio da seguinte equação:

$$D_{ii'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_j (x_{ij} - x_{i'j})^2}$$

Onde:

$D_{ii'}$ corresponde a medida de dissimilaridade;

n é o número de caracteres analisados;

x_{ij} é o valor observado na i -ésimo genótipo (1,2,3...100) em referência a j -ésimo característica ($j= 1,2,3,4$). Com a matriz de dissimilaridade obtida através da equação anterior, utilizou-se o método de agrupamento proposto por Tocher,

5.4. Avaliação dos acessos superiores

Utilizando os acessos com maior produção de sementes e quantidade de capítulos, avaliados inicialmente em São Manuel, foi conduzido um experimento na Fazenda Experimental Lageado, tendo a sua implantação ocorrida no dia 01 de abril de 2011, época que coincide com o período da safrinha.

Os 20 acessos de cártamo avaliados foram : PI537697, PI544016, PI544030, PI568787, PI568844, PI572450, PI572470, PI576985, PI613394, PI613401, PI613404, PI613409, PI613415, PI613419, PI613503, PI638543, PI653146, PI653148, PI653152 e uma Cultivar Comercial (CC) mantida por alguns produtores no Paraguai.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram compostos por 20 acessos de cártamo. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de três metros com espaçamentos 0,5m x 0,2m entre e dentro das linha, respectivamente. As avaliações foram realizadas nas duas fileiras centrais deixando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades.

A semeadura e adubação foram realizadas de formar manual e no mesmo período. As sementes foram colocadas a uma profundidade de três centímetros, distribuindo-se dez sementes por metro, sendo duas a cada vinte centímetros e 30 dias após, realizou-se desbaste, deixando-se cinco plantas por metro o que corresponde a uma população de 200000 plantas ha^{-1} . Em relação à adubação, foram aplicados 400 kg ha^{-1} da fórmula 4-14-8 (NPK). O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado por meio de capina manual. Não foi utilizada irrigação em nenhuma etapa do experimento, que é a condição que essa cultura certamente será submetida quando utilizada em escala comercial. As precipitações pluviométricas e a temperaturas médias mensais durante o período experimental encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 – Dados de precipitação pluviométrica e temperaturas médias durante o período experimental em Botucatu-SP (2011).

| Meses | Precipitação (mm) | Temperatura média (°C) |
|----------|-------------------|------------------------|
| Abril | 126,50 | 21,30 |
| Mai | 16,50 | 18,20 |
| Junho | 49,90 | 16,70 |
| Julho | 7,00 | 18,40 |
| Agosto | 24,75 | 18,30 |
| Setembro | 0,00 | 22,50 |

5.5 Caracteres avaliados

As características avaliadas foram:

- Altura de planta AP em centímetros – Medida feita entre a superfície do solo e o ápice, sendo cada observação proveniente de uma média de 10 plantas .
- Número de ramos primários por planta (NRP)-Dados oriundos da média da contagem em 10 plantas por parcela,
- Número de capítulos por planta – Média de cada observação proveniente de contagem em 10 plantas por parcela
- Diâmetro do capítulo (DC) em centímetros – Utilizaram-se 20 capítulos coletados aleatoriamente em cada unidade experimental. A medida foi realizada na parte mediana e transversal de cada capítulo, antes de ocorrer a senescência.
- Produtividade de matéria seca (PMS) em kg ha^{-1} – Coletaram-se 10 plantas da área útil da parcela no período da colheita, determinando-se a massa total e de sementes e em seguida realizou-se a secagem em estufa de circulação forçada de ar com temperatura entre 60 e 70°C por 72 horas, utilizando-se subamostras de 10 gramas de grãos e 70 gramas da parte aérea total.
- Massa de mil grãos (MMG) em gramas – Cada repetição foi representada pela média de quatro pesagens de mil sementes.
- Produtividade de grãos (PG) em kg ha^{-1} – Obtida através da colheita de 10 plantas da área útil da parcela e corrigida para 10% de umidade.
- Índice de colheita (IC) em g g^{-1} – Obtida por meio da divisão da massa de grãos pela massa total da planta (parte aérea + grãos).

- Teor de óleo (OI%) em percentagem - Determinado pelo método de ressonância magnética nuclear, utilizando-se uma amostra de 7 g de sementes para cada parcela.
- Produtividade de óleo (PO) em kg ha^{-1} - Obtida pela multiplicação do teor de óleo pela produtividade de sementes.

5.6 Análises estatísticas

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupados pelo teste Scott- Knott no nível de 5% de probabilidade. Com exceção dos caracteres teor de óleo e produtividade de óleo, foram determinadas as correlações entre as demais características por meio do método de correlação linear simples ou de Pearson e as significâncias determinadas pelo teste t no nível de 5% de probabilidade. As estimativas dos parâmetros genéticos foram calculadas baseando-se na esperança dos quadrados médios, conforme tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância e as esperanças de quadrados médios entre os acessos de cártamo

| F.V. | G.L. | Q.M. | F | E(QM) |
|----------------|------------------|------|---------|--------------------------|
| Blocos | $r - 1$ | | | - |
| Acessos | $a - 1$ | QMG | QMG/QMR | $\sigma^2 + r\sigma_g^2$ |
| Resíduo | $(r - 1)(a - 1)$ | QMR | | σ^2 |
| Total | $rg - 1$ | | | |

As estimativas dos componentes de variâncias e de parâmetros genéticos são dadas pelas seguintes expressões:

$$\sigma_g^2 = \frac{\text{QMG} - \text{QMR}}{r}$$

Sendo o σ_g^2 a variância genética entre médias, os QMG e QMR correspondem a variação entre os acessos e a variação experimental respectivamente e o r se refere ao número de repetições;

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\text{QMG}/r}$$

Onde o h^2 corresponde ao coeficiente de herdabilidade e os demais parâmetros são os mesmos descritos anteriormente;

$$CVg = \frac{100\sqrt{\sigma_g^2}}{\hat{\mu}_a}$$

Em que o CVg corresponde ao coeficiente de variação genético e o $\hat{\mu}_a$ representa a média geral dos acessos.

5.6.1 Determinação da divergência genética

As medidas de divergência genética foram obtidas por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D^2) entre os acessos combinados dois a dois. Essa medida de dissimilaridade é calculada conforme a equação definida por Mahalanobis (1936) citado por Cruz e Regazzi (1997), sendo esta adequada para dados provenientes de repetições em delineamentos experimentais. De posse das informações, são obtidas as médias de cada parâmetro X_{ij} para cada tratamento (Acesso) e a matriz $n \times n$ de dispersão residual (ψ) entre os caracteres avaliados, cuja diagonal estarão contidos os valores dos quadrados médios do resíduo de cada parâmetro avaliado, obtidos por meio da análise de variância e os demais valores representam as covariâncias entre os caracteres.

As estimativas de $D^2_{ii'}$ são obtidos através da expressão:

$$D^2_{ii'} = \delta' \psi^{-1} \delta$$

$D^2_{ii'}$ = distância generalizada de Mahalanobis entre os acessos i e i' ;

ψ = matriz de variâncias e covariâncias residuais;

$\delta' = [d_1, d_2, \dots, d_n]$, sendo $d_n = Y_{ij} - Y_{i'j}$

d_n = representa a diferença entre médias de dois acessos i e i' para cada característica avaliada;

Y_{ij} = média do i -ésimo acesso em relação a j -ésimo parâmetro.

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software Genes (CRUZ, 2006).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação preliminar de acessos de cártamo na fazenda experimental Lageado

Na tabela 3, encontra-se uma resumida análise descritiva em relação a três caracteres quantitativos em 70 acessos selecionados na Fazenda Experimental Lageado. A altura de plantas variou entre 0,57 m no PI343778 e 1,36 m no PI401578. A maior parte dos acessos avaliados possui altura próxima da média (0,93 m), o que pode ser evidenciado pela mediana e o erro padrão. Estes valores observados, na sua maioria, encontram-se dentro dos limites comumente observados nas cultivares melhoradas, cujas médias variam normalmente entre 0,90 m e 1,50m (GRACIA et al, 2010).

Tabela 3 – Análise descritiva de 70 acessos de cártamo avaliados na Fazenda Experimental do Lageado em Botucatu, 2010.

| Descrição | AP | NC | MS |
|---------------|------|-------|-------|
| Máximo | 1,36 | 78,00 | 67,98 |
| Mínimo | 0,57 | 9,00 | 10,08 |
| Média | 0,93 | 22,69 | 23,90 |
| Mediana | 0,90 | 21,00 | 21,82 |
| Amplitude | 0,79 | 69,00 | 57,90 |
| Desvio Padrão | 0,20 | 11,08 | 11,66 |
| Erro-Padrão | 0,02 | 1,32 | 1,39 |

AP- Altura de plantas; NC- Número de capítulos ; MS- Massa de sementes .

Em relação à Massa de grãos e o Número de capítulos por planta, os resultados obtidos seguiram a mesma tendência da altura de plantas, com os valores poucos dispersos e em volta da média. Com exceção desta última característica, foi possível constatar que os resultados obtidos não são condizentes com a realidade da cultura

quando submetida as condições normais de cultivo, pois o PI401578 e o PI506426 apresentaram número de capítulos por planta de 51 e 78 respectivamente, quando nas condições normais de cultivo, dificilmente esses valores chegam a 30 capítulos.

Para a Massa de grãos, o PI369852 com 67,98 g (Apêndice A) foi o acesso com maior valor observado. Assim, se este material mantivesse o mesmo padrão de produção de sementes, em uma população de 100.000 plantas por hectare era de esperar uma produtividade de aproximadamente 7 t ha^{-1} , o que ainda não é possível de se obter na cultura do cártamo.

Nessas avaliações preliminares, as plantas foram submetidas a um maior espaçamento como recomenda Ferreira (2006b). O referido autor afirma que na fase inicial de um programa de melhoramento, a disposição das plantas de forma mais espaçada dará condições ideais para que estas possam expressar todo seu potencial produtivo. Além disso, a morte ou falhas na germinação entre plantas competitivas foi outro fator que certamente favoreceu essas superestimativas. Os acessos, que mesmo submetidos a todas essas condições favoráveis não obtiveram um bom desempenho, foram descartados.

6.2 Avaliação preliminar de acessos de cártamo na fazenda experimental em São Manuel -SP

As estimativas das divergências genéticas foram obtidas por meio do método multivariado baseado na distância euclidiana média padronizada e com a utilização do método de agrupamento de Tocher. Foi possível classificar os 100 acessos de cártamo, previamente avaliados na Fazenda experimental de São Manuel-SP, em 16 diferentes grupos (Tabela 4).

Tabela 4 – Média de altura de plantas (AP), número de capítulos (NC) e massa de grãos (MG) dos diferentes grupos de cártamo, formados a partir do método de otimização de Tocher, São Manuel-SP, (2010).

| Grupo | AP | NC | MG | Frequência |
|-------|------|--------|--------|------------|
| I | 1,05 | 64,53 | 69,32 | 15 |
| II | 1,21 | 43,21 | 42,39 | 29 |
| III | 0,88 | 69,22 | 48,62 | 9 |
| IV | 0,94 | 30,22 | 39,34 | 9 |
| V | 1,28 | 71,85 | 72,19 | 13 |
| VI | 1,23 | 137,67 | 114,69 | 3 |
| VII | 1,11 | 93,60 | 53,27 | 5 |
| VIII | 1,53 | 55,60 | 40,35 | 5 |
| IX | 1,28 | 99,00 | 127,38 | 3 |
| X | 1,20 | 126,50 | 162,36 | 2 |
| XI | 1,47 | 93,00 | 84,8 | 2 |
| XII | 1,26 | 60,00 | 99,21 | 1 |
| XIII | 1,10 | 87,00 | 100,00 | 1 |
| XIV | 1,10 | 117,00 | 78,67 | 1 |
| XV | 1,37 | 25,00 | 46,51 | 1 |
| XVI | 1,05 | 128,00 | 126,09 | 1 |

Os grupos foram formados obedecendo ao limite máximo de 0,6511. A partir desta estimativa, para que cada acesso fosse incluído em qualquer um dos grupos, sua distância média em relação aos demais, foi menor que este limite.

A formação do primeiro grupo ocorreu com o PI401480 e o PI653146, que foram os acessos mais similares e apresentaram uma distância estimada de 0,0462. A altura de plantas, número de capítulos e massa de sementes foram muito semelhantes entre estes dois materiais, o que resultou nesta alta similaridade.

O segundo grupo, comportou o maior número de acessos, totalizando (29%), e a sua formação se deu, inicialmente, com o PI405965 e o PI537682 cuja distância entre eles foi de 0,0514. A formação dos demais grupos obedeceu aos mesmos critérios utilizados nos casos anteriores, tendo a sua formação inicial a partir dos acessos que estão mais próximos entre si.

Os grupos XII, XIII, XIV, XV e XVI foram constituídos por apenas um acesso. Apesar das estimativas de divergência genética terem sido baseadas apenas em três características morfométricas, o que é pouco comum em programas de melhoramento mais avançados, duas delas estão intimamente relacionadas com o potencial

produtivo da cultura, como é o caso da Massa de grãos por planta e o número de capítulos. Por estes dois parâmetros infere-se que os acessos superiores transmitirão aos seus descendentes estas características que os tornarão mais produtivos, mesmo que estes resultados observados estejam superestimados e não sejam expressos com essa mesma intensidade em condições normais de cultivo.

Nos programas de melhoramento genético de plantas, o estudo da divergência poderá ser uma ferramenta imprescindível para auxiliar o melhorista. O uso das informações geradas pelas técnicas disponíveis permitirá ao pesquisador agrupar grande número de genótipos em função de seu grau de semelhança ou direcionar cruzamentos entre os indivíduos contrastantes visando à heterose entre possíveis combinações híbridas ou aumento da variabilidade entre os descendentes. No primeiro caso, Cruz e Carneiro (2003) relatam a importância de se excluir duplicatas, ou seja, alguns genótipos que apresentam alto grau de semelhança, para que haja uma redução da área experimental e mão-de-obra, otimizando-se recursos e possibilitando ao pesquisador atingir seus objetivos em um espaço de tempo mais curto. Em segundo lugar, indivíduos divergentes, teoricamente possuem genes que se complementam e assim poderão resultar em combinações mais vantajosas.

6.3 Variabilidade genética entre acessos de cártamo

O resumo da análise de variância, as médias gerais, o coeficiente de variação ambiental, além dos parâmetros genéticos relativos aos caracteres morfo-agronômicos referentes a 19 acessos de cártamo e uma Cultivar comercial, encontram-se na tabela 5. De acordo com o teste F, houve diferença significativa entre os acessos avaliados no nível de 5% para todas as características analisadas.

Os coeficientes de variação experimental variaram entre 5,36% e 22,72% para a massa de mil grãos (MMG) e produtividade de óleo (PO) respectivamente. O CV%, da produtividade de grãos (PG), massa de matéria seca (MMS) e número de capítulos por planta (NC) foram superiores o 20% e são considerados elevados por Gomes (2000), que os classificam desta forma por situarem-se entre 20% e 30%. Contudo, para estas características, estes valores podem ser considerados perfeitamente aceitáveis tendo em vista que estes caracteres são bastante influenciados pelo ambiente e os acessos ainda são pouco estudados e provavelmente ainda não possuem elevados níveis de

melhoramento, mesmo apresentand morfologicamente homogêneos. Nas demais características, os CVs são classificados entre médios e baixos.

Os resultados das estimativas dos parâmetros genéticos de herdabilidade e a relação entre os coeficientes de variação genética e experimental (Tabela 5) demonstram uma condição bastante favorável à seleção, pois variaram entre 79% e 93% para a herdabilidade de 1,15 e 2,13 para a relação entre os coeficientes de variação genética e experimental.

Nota-se que esses coeficientes de herdabilidade são bastante elevados, mesmo para caracteres que são muito influenciados pelo ambiente como a produtividade de grãos (90%) e a produtividade de matéria seca (86%). Essa alta variabilidade genética pode ser explicada devido aos acessos estudados terem origens distintas, por isso é comum observar variações tão acentuadas durante esta etapa, o que não é comum observar em populações de mesma origem ou submetidas aos processos avançados de melhoramento.

Os coeficientes de herdabilidade por aproximarem-se de 1,0 para todos os caracteres permitem predizer que o acréscimo na média dos caracteres, nos acessos selecionados, serão próximos aos diferenciais de seleção, proporcionado um ganho genético inicial elevado e que, naturalmente, será decrescido à medida que a variabilidade genética for reduzida.

Quanto à relação entre os coeficientes de variação genética e experimental, observou-se uma elevada proporção para todas as características estudadas, inclusive, aquelas que têm maior interferência ambiental como a produtividade de grãos e a produtividade de matéria seca, cujos valores encontrados foram de 1,72 e 1,46 respectivamente. Esta relação quando maior que 1,0 é um indicativo de que a variação genética superara a ambiental, o que fornece, desta forma, uma condição favorável para que seja praticada seleção com maior eficiência e menor interferência do ambiente (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Tabela 5. Análises de variâncias, média e estimativa dos parâmetros genéticos para massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG), produtividade de matéria seca (PMS), teor de óleo (OI%), produtividade de óleo (PO), índice de colheita (IC), número de ramos primários (NRP), altura de plantas (AP), número de capítulos (NC) e diâmetro de capítulos (DCA), Botucatu, 2011.

| F.V | GL | QM | | | | | | | | | |
|--------------|----|--------|-----------|-------------|--------|----------|--------|-------|---------|-------|--------|
| | | MMG | PG | PMS | OI% | PO | IC | NRP | AP | NC | DC |
| Acessos | 19 | 106,11 | 471601,40 | 10795976,40 | 29,20 | 39428,88 | 0,0053 | 3,73 | 1487,72 | 56,71 | 0,14 |
| Blocos | 2 | 8,99 | 61487,45 | 1490906,67 | 0,96 | 3354,80 | 0,0003 | 2,31 | 3,71 | 19,07 | 0,013 |
| Resíduo | 39 | 7,27 | 47628,83 | 1467748,77 | 2,25 | 3818,41 | 0,0011 | 0,46 | 108,38 | 8,41 | 0,014 |
| F | | 14,59* | 9,90* | 7,36* | 12,99* | 10,33* | 4,97* | 8,12* | 13,72* | 6,66* | 10,11* |
| Média | | 50,22 | 1057,55 | 5442,83 | 25,37 | 271,97 | 0,20 | 6,73 | 94,91 | 13,32 | 2,12 |
| CVe | | 5,36 | 20,64 | 22,26 | 5,91 | 22,72 | 16,43 | 10,06 | 10,97 | 21,76 | 5,44 |
| σ_g^2 | | 32,95 | 141324,19 | 3109409,21 | 8,98 | 11870,16 | 0,0014 | 1,09 | 459,78 | 16,10 | 0,04 |
| h^2 | | 0,93 | 0,90 | 0,86 | 0,92 | 0,90 | 0,79 | 0,88 | 0,93 | 0,85 | 0,86 |
| CVg | | 11,43 | 35,55 | 32,40 | 11,81 | 40,05 | 18,89 | 15,50 | 22,59 | 30,12 | 9,43 |
| CVg/CVe | | 2,13 | 1,72 | 1,46 | 2,00 | 1,76 | 1,15 | 1,54 | 2,06 | 1,38 | 1,73 |

* Significativo no nível..de 5%..

6.4 Análises univariadas dos caracteres morfo-agronômicos

Na tabela 6, encontram-se os dados de produtividade além de alguns de seus componentes de 19 acessos de cártamo e uma cultivar comercial.

Em relação à massa de mil grãos, foi possível observar quatro diferentes grupos. No primeiro, os acessos apresentaram médias superiores a 50 g, destacando-se o PI568787 com 59,77 g. Estes valores obtidos são bastante elevados tendo em vista que normalmente as médias dessa característica situam-se bem abaixo dessas encontradas e dificilmente ultrapassam os 40g como foi observado por Ozurk, Ozer e Polat (2008) e Bayyavas et al., (2011).

Tabela 6- Médias de massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PG), produtividade de matéria seca (PMS), teor de óleo (OI%) e produtividade de óleo (PO) avaliados em 20 acessos de cártamo, Botucatu (2011).

| Acessos | MMG | PG | PMS | OI% | PO |
|-------------|---------|-----------|------------|---------|----------|
| PI537697 | 54,53 a | 1586,97 a | 6450,00 b | 27,84 b | 442,42 a |
| PI544016 | 53,33 a | 916,67 c | 5050,00 c | 30,45 a | 279,15 b |
| PI544030 | 42,53 c | 781,53 c | 3866,67 c | 22,82 d | 177,28 c |
| PI568787 | 59,77 a | 1207,23 b | 6900,00 b | 25,63 c | 307,07 b |
| PI568844 | 45,77 b | 745,43 c | 4883,33 c | 24,36 c | 184,21 c |
| PI572450 | 44,87 c | 578,60 c | 5850,00 b | 24,45 c | 141,52 c |
| PI572470 | 53,80 a | 1148,17 b | 4116,67 c | 27,92 b | 319,30 b |
| PI576985 | 48,70 b | 1194,17 b | 6723,33 b | 23,52 c | 282,03 b |
| PI613394 | 50,00 b | 1287,77 b | 5750,00 b | 25,31 c | 323,50 b |
| PI613401 | 47,20 b | 1974,20 a | 10366,67 a | 26,44 b | 523,88 a |
| PI613404 | 56,20 a | 471,23 c | 3133,33 c | 25,07 c | 118,91 c |
| PI613409 | 55,07 a | 661,80 c | 2500,00 c | 22,55 d | 149,93 c |
| PI613415 | 37,76 d | 877,30 c | 3883,33 c | 30,53 a | 267,60 b |
| PI613419 | 49,90 b | 1692,27 a | 8466,67 a | 28,39 b | 479,69 a |
| PI613503 | 53,80 a | 790,77 c | 4933,33 c | 24,10 c | 191,43 c |
| PI638543 | 57,97 a | 1061,51 b | 4666,67 c | 30,47 a | 324,31 b |
| PI653146 | 46,70 b | 1177,67 b | 6266,67 b | 24,80 c | 292,31 b |
| PI653148 | 53,73 a | 558,27 c | 2900,00 c | 20,76 d | 117,08 c |
| PI653152 | 44,17 c | 1125,20 b | 6133,33 b | 19,96 d | 229,76 c |
| C.Comercial | 44,63 c | 1314,33 b | 6016,67 b | 21,99 d | 288,76 b |

Médias seguidas por letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo de acordo com teste de Scott-Knot ao nível de 5% de probabilidade.

No segundo grupo, os acessos apresentaram médias superiores a 45 g para a MMG e, ainda assim, podem ser consideradas elevadas se comparado com os resultados obtidas por Pahavani et al., (2007) e Feizi et al., (2010) cujas magnitudes dos seus resultados não superaram 35 g. Estes dados obtidos pelos respectivos autores, ainda

são inferiores aos observados nos acessos que compõem o terceiro grupo, no qual o PI544030 (42,53g) e o PI613419 (49,90g), ocupam os limites inferiores e superiores respectivamente. Por outro lado, o PI613415 com 37,76 g, tem a menor média diferindo-se dos demais, ainda assim, este valor observado encontra-se dentro dos padrões comumente observadas para cultura do cártamo.

Embora essa característica esteja diretamente relacionada com a produtividade, nem sempre a massa de mil sementes é o componente mais determinante da produção, pois em alguns acessos, a redução da MMS pode ser compensada pelo número de capítulos por planta ou pelo maior diâmetro, como foi constatado no PI653152.

Em relação às médias de produtividade de grãos, foi possível dispor os acessos avaliados em 3 diferentes grupos (Tabela 6). O primeiro compreende os acessos mais produtivos com médias superiores a 1500 kg ha⁻¹. Estes resultados são bastante animadores, pois apesar desses acessos terem sido introduzidos de localidades diferentes, a alta produtividade apresentada é um forte indício de que o potencial produtivo da espécie será bem expresso nas condições de safrinha na região Sudeste do Brasil, podendo se estender para o Centro-Oeste onde ainda ha uma grande demanda de boas alternativa para serem exploradas durante este período.

Os resultados encontrados neste estudo se aproximam aos obtidos por Eslam et al., (2010) e El-Latieff (2012) que avaliaram cultivares, linhagens e populações de cártamo melhoradas e adaptadas para as suas respectivas regiões e com as práticas culturais já bem definidas. Para o Brasil, porém, muito ainda há muito a ser feito. Pois, aliado ao potencial genético da cultura e à alta capacidade de produzir sob condições adversas, é preciso definir as prática culturais que possam fornecer condições que permitam a otimização do desempenho dessa espécie e assim viabilizar sua utilização.

Ainda com relação à produtividade de grãos, o segundo grupo foi formado por oito acessos cujas médias variam de 1061,51 (PI638543) e 1314,33 kg ha⁻¹ (Cultivar comercial). Esses valores também já podem ser considerados satisfatórios e, possivelmente, ainda podem ser incrementados por meio do melhoramento genético, combinando os principais componentes de produção desejáveis presentes nesses acessos.

Evidentemente, na prática, dificilmente se consegue transferir todas as características favoráveis para um único genótipo, pois, em diversas situações estes caracteres nem sempre são correlacionadas geneticamente de forma positiva, dificultando muitas vezes a obtenção de um ideotipo de planta. A exploração do potencial

produtivo desses materiais superiores pode ser uma boa alternativa para a produção de cártamo no Brasil, porém, estes resultados preliminares são apenas bons indicativos, mas ainda, insuficientes para qualquer recomendação, necessitando de estudos de estabilidade e adaptabilidade.

Os acessos pertencentes ao terceiro grupo apresentaram-se menos promissores com médias inferiores a 1000 kg ha^{-1} , especialmente os acessos PI613404, PI572450, PI653148 e PI613409 com valores muito abaixo da média daqueles pertencentes ao primeiro e segundo grupo. Por outro lado, dos acessos que compõe esse grupo, apenas PI544016 apresentou um bom desempenho ($916,67 \text{ kg ha}^{-1}$).

Com base nas médias da produtividade de matéria seca, os acessos PI613419, PI613401 se destacaram, apresentando os maiores resultados e diferindo-se dos demais. Em seguida aparecem os acessos com valores médios variando entre 5.750 kg ha^{-1} (PI544016) e 6.900 (PI568787). No terceiro grupo, os resultados observados foram menos expressivos, principalmente o PI613409 que produziu apenas 2.500 kg ha^{-1} .

A alta produtividade de matéria seca observada nos acessos que compõem os dois grupos superiores, pode ser vista como uma vantagem, quando comparada com a mamona, cultura bastante difundida entre os produtores do cerrado durante o período de safrinha, porém, o acúmulo de matéria seca nas cultivares modernas da mamoneira está bem abaixo do cártamo conforme os resultados obtidos por Souza-Schilick (2010).

O acúmulo elevado de matéria seca, também é de grande relevância no melhoramento quando se pretende selecionar genótipos com esta característica para utilizá-los na alimentação animal, especialmente, para aquelas regiões em que há grande escassez de alimentos durante os prolongados períodos de estiagem, como ocorre frequentemente no semiárido nordestino. O PI613419 e o PI613401, por ter maior capacidade de produção de biomassa e aliada às características da cultura e do clima daquela região poderão ser aproveitados neste sentido. Conforme descreveu Ekin (2005), a torta, subproduto obtido após a prensagem da semente para extração do óleo, é uma rica fonte proteica que já é bastante utilizada na alimentação de ruminantes em algumas regiões do oriente médio, além das folhas secas, ramos e caules que também poderão ser fornecidos a bovinos, ovinos e caprinos.

Juntamente com a produtividade de grãos, o teor de óleo é uma das características mais relevantes na cultura do cártamo, por isso em programas de

melhoramento busca-se sempre a obtenção de cultivares superiores para esta característica. Neste estudo, apesar de alguns acessos apresentarem produtividade satisfatória os teores de óleo no grão variaram entre 19,96 (PI653152) e 30,57% (PI613415), sendo considerados baixos mesmos para os acessos que apresentaram média superior a 30%, pois nos principais programas de melhoramento, existentes atualmente, as cultivares desenvolvidas que superam os 45% (CORONADO, 2010).

O teor de óleo nos grãos, apesar de ser uma característica genética particular do genótipo ou da espécie, pode variar em função de fatores abióticos. Segundo Marcos Filho (2005), além dos fatores genéticos envolvidos na herança desta característica, podem ocorrer variações em função das condições climáticas do cultivo. Dessa forma, o referido autor comenta que a deficiência hídrica pode ser decisiva neste aspecto, provocando, na maioria das vezes, a redução não só no peso da semente, mas também no seu conteúdo.

Em espécies pouco tolerantes aos períodos prolongados sem chuva ou irrigação, normalmente há um acelerado processo de senescência foliar reduzindo o período de acúmulo de reservas prejudicando a composição da semente. Contudo, mesmo com uma disponibilidade hídrica muito baixa durante o período de florescimento e enchimento de grãos, todos os acessos avaliados mantiveram os intervalos de tempo para estas fases dentro dos intervalos comumente observados na cultura, que variou de 120 a 150 dias (OELKE et al., 1992).

É provável que a baixa disponibilidade hídrica não seja tão decisiva para alterar o teor de óleo na semente de cártamo, tendo como base os resultados fornecidos por Ozturk , Ozer e Polat (2008), que avaliando 12 cultivares de cártamo sob condições de irrigação e sequeiro observaram que em alguns genótipos houve uma redução pouco significativa no teor de óleo quando estes foram submetidos ao déficit hídrico. No entanto, alguns deles mantiveram-se praticamente com valores constantes independentemente do regime hídrico, variando apenas a produtividade, a qual foi bastante superior quando houve irrigação.

Situação semelhante foi constatada por Kose (2013), que avaliando 18 genótipos de cártamo sob condição de sequeiro e irrigado, observou que os teores de óleo se mantiveram praticamente inalterados independentemente do fornecimento ou não de água. Os resultados experimentais dos referidos autores bem como o baixo coeficiente de variação experimental observado neste estudo (5,91%), são indicativos de que este

caráter sofre pouca influência do ambiente. O baixo percentual de óleo observado neste estudo, provavelmente, se deve às características genéticas de cada acesso. Assim para obtenção de cultivares superiores, tornam-se necessários inserir neste programa de melhoramento genótipos superiores que possam transmitir esta característica por meio de hibridação permitindo, futuramente, a obtenção de cultivares que apresentem componentes de produção favoráveis presentes nos materiais já avaliados, bem como alto teor de óleo e, conseqüentemente maior rendimento de óleo, que são os principais objetivos nos programas de melhoramento do cártamo.

Com relação à produtividade de óleo (PO), o PI613401, PI613419 e o PI537697, foram os acessos mais produtivos e isso se deve principalmente à alta produtividade de sementes que estes acessos apresentaram. Por outro lado o PI613404 e o PI653148 obtiveram as menores produtividades, como reflexo da baixa Produtividade de grãos desses mesmos acessos.

Para o índice de colheita (Tabela 7), os acessos foram distribuídos em três diferentes grupos. No primeiro deles, estão inseridos aqueles com maiores índices cujas médias variaram entre 0,22 a 0,28 para a cultivar comercial e o acesso PI572470 respectivamente. O segundo o grupo apresentou valores intermediários compreendidos entre 0,16, para os acessos PI568844, PI613404 e PI613503, e 0,20 para PI544030, PI613419 e PI653146. O PI572450 apresentou a menor média, apenas 0,10, e diferiu dos demais.

O índice de colheita do cártamo é relativamente baixo se comparado com outras espécies produtoras de grãos, como por exemplo, a cultura do girassol. No cártamo, a magnitude desta característica, normalmente, não ultrapassa 0,30, ou seja, menos de 30% do acúmulo de matéria seca na parte aérea da planta se destina a formação da semente, o que se confirma com os resultados observados por Koutroubas, Papakosta, Doitsinis (2009); Vafei et al., (2010) e Eslam (2011).

A utilização do índice de colheita é uma característica bastante enfatizada em estudos de melhoramento genético de plantas para as mais diversas espécies economicamente importantes. Esta característica pode ser utilizada como um indicativo da eficiência do transporte de fotoassimilados para o grão. Assim, haverá maior tendência de selecionar plantas que apresentem índices mais elevados, pois genótipos com este padrão investem mais na formação da semente do que nas estruturas vegetativas.

Tabela 7-Médias de índice de colheita (IC), número de ramos primários (NRP), número de capítulos (NC), diâmetro de capítulos (DC) e altura de plantas (AP) em 20 acessos de cártamo.

| Acessos | IC | NRP | NC | DC | AP |
|--------------|--------|--------|---------|-------------------|----------|
| PI537697 | 0,26 a | 6,57 c | 11,60 c | 2,50a | 85,06 d |
| PI544016 | 0,18 b | 6,34 c | 13,07 b | 2,20b | 79,23 d |
| PI544030 | 0,20 b | 7,67 b | 12,72 b | 2,00c | 81,03 d |
| PI568787 | 0,18 b | 6,80 c | 14,76 b | 2,14c | 96,27 c |
| PI568844 | 0,16 b | 5,97 c | 13,06 b | 1,93d | 90,93 c |
| PI572450 | 0,10 c | 6,33 c | 15,60 b | 1,84d | 145,33 a |
| PI572470 | 0,28 a | 6,35 c | 9,07 c | 2,13c | 88,53 c |
| PI576985 | 0,18 b | 5,80 c | 16,30 b | 1,86d | 131,07 b |
| PI613394 | 0,23 a | 9,20 a | 23,33 a | 1,88d | 100,00 c |
| PI613401 | 0,19 b | 8,43 a | 20,43 a | 2,09c | 125,40 b |
| PI613404 | 0,16 b | 6,70 c | 13,27 b | 2,24b | 65,57 d |
| PI613409 | 0,26 a | 4,77 c | 7,00 c | 2,25b | 73,57 d |
| PI613415 | 0,23 a | 6,27 c | 8,03 c | 2,03c | 82,60 d |
| PI613419 | 0,20 b | 8,90 a | 21,07 a | 2,17c | 81,20 d |
| PI613503 | 0,16 b | 6,13 c | 10,00 c | 2,06c | 99,40 c |
| PI638543 | 0,23 a | 5,70 c | 10,40 c | 2,23b | 68,33 d |
| PI653146 | 0,20 b | 7,30 b | 10,80 c | 2,50 ^a | 96,57 c |
| PI653148 | 0,19 b | 6,33 c | 10,90 c | 1,88d | 71,08 d |
| PI653152 | 0,18 b | 5,83 c | 11,00 c | 2,56 ^a | 114,96 b |
| C. Comercial | 0,22 a | 7,27 b | 14,43 b | 2,05c | 121,40 b |

Médias seguidas por letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knot ao nível de 5% de probabilidade.

Para a característica número de ramos primário (NRP), os acessos de cártamo foram ordenados em três grupos distintos (Tabela 7). Sendo que o primeiro apresentou, em média, aproximadamente nove capítulos por planta, o segundo grupo com média superior a sete ramos por planta, e o último, contendo maior número de acessos, apresentou valores médios inferiores a seis unidades.

Através desses resultados, fica claro que os componentes morfológicos da planta de cártamo como NRP, mesmo exercendo um papel fundamental na produtividade, se considerados isoladamente podem não ser um indicativo seguro para se praticar seleção. Em algumas situações, como foi observado nos acessos PI613419, PI613401 e PI613394, associada à alta produtividade, especialmente nos dois primeiros, observou-se também que estes genótipos possuem os maiores NRP. No entanto, esta tendência não foi observada no PI653151 que mesmo apresentando um dos menores resultados, sua produtividade foi bastante elevada (1.125,20 kg ha⁻¹). Assim isto sugere que o baixo NRP, certamente, foi compensada pelo seu maior diâmetro de capítulo (2,56 cm), o que possibilitou maior produção de sementes por cada unidade.

Considerando-se o número de capítulos por planta (NC), os acessos de cártamo foram divididos em três diferentes grupos. O PI613401, PI613419 e o PI613394, apresentaram 20,43, 21,07 e 23,33 respectivamente e se destacaram com as maiores médias. No grupo dois houve um comportamento intermediário dos materiais avaliados com média de aproximadamente 15 unidades por planta. Nos demais, as médias obtidas situaram-se em torno de 10 capítulos por planta. Este parâmetro é um componente de produção bastante relevante, já que, normalmente, plantas com maior número de capítulos produzem mais sementes e conseqüentemente possuem maiores produtividades.

Com relação ao diâmetro de capítulos, houve a formação de quatro diferentes grupos pelo teste Scott-Knott. No primeiro, os acessos apresentaram médias iguais e superiores a 2,50 cm. Já no segundo, as médias variaram entre 2,20 cm a 2,25 cm para o PI544016 e PI613409 respectivamente. O terceiro grupo compreendeu maior número de acesso e, as médias variaram entre 2,00 cm para o acesso PI544030 e 2,17 cm para o PI613419. Os demais acessos apresentaram os menores valores.

O diâmetro de capítulo é um parâmetro morfométrico importante a ser considerado no melhoramento do cártamo. Capítulos maiores, teoricamente, possuem maior capacidade para formação de flores e, conseqüentemente, maior número de sementes, o que poderá contribuir, juntamente com outros componentes, para o aumento da produtividade. Além disso, outra vantagem que esta característica poderá fornecer no melhoramento genético da cultura, ocorre quando se pretende aumentar o seu desempenho produtivo através de uma seleção indireta, pois as plantas que possuem maior tamanho de capítulos, normalmente, têm maior capacidade de armazenar sementes de tamanho e massa superiores, como foi evidenciada por Shakeri-Amoughin; Tobeh e Jamaati-e-Samorin (2012).

Em relação à altura de plantas, houve a formação de quatro diferentes grupos. O PI572450, com 145,33 cm, foi o acesso que apresentou maior média e diferiu dos demais. Em seguida com média variando entre 114,96 (PI653152) e 131,07 (PI576985), estão compreendidos os acessos com a segunda maior média. O terceiro apresentou valores que se aproximaram de 1,00 m de altura. No quarto grupo, o mais numeroso, os acessos apresentaram porte baixo com média de aproximadamente 75 cm.

A altura de plantas é uma característica de grande importância, especialmente, para regiões do Centro-Sul, onde os genótipos selecionados devem possuir arquitetura e altura de plantas que favoreçam a colheita mecanizada. Nas regiões onde a

agricultura é pouco desenvolvida e há um predomínio da colheita manual essa característica tem menor relevância.

A colheita do cártamo pode ser realizada com a utilização do mesmo maquinário empregada, por exemplo, na cultura da soja, necessitando apenas de algumas adaptações.

6.5 Análise de correlação linear

Na tabela 8, encontram-se os coeficientes de correlação de Pearson para oito caracteres avaliados em acessos de cártamo. A massa de mil grãos não apresentou correlação significativa com nenhuma característica. Desse modo, mesmo esta característica sendo um importante componente de produção, sua baixa associação com a produtividade de grãos demonstra que os acessos com maiores MMG nem sempre são os mais produtivos.

Os caracteres massa de mil grãos e produtividade de matéria seca apresentaram alta correlação por outro lado, apesar da alta relação estabelecida entre estes dois caracteres com o índice de colheita, não houve correlação significativa, demonstrando, deste modo que, acessos com produtividade elevada de grãos poderá apresentar baixo índice de colheita como pode ser observado no PI613401. Por outro lado, o PI613409, mesmo sendo um dos materiais menos produtivos (661,80 kg ha⁻¹), o seu IC foi um dos mais elevados (0,26).

Tabela 8- Análise de correlação linear (r) entre as variáveis: massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos, produtividade de matéria seca (PMS), número de ramos primários (NRP), número de capítulos (NC), diâmetro de capítulos, altura de plantas (AP) e índice de colheita (IC) em 20 acessos de cártamo, Botucatu-SP, 2011.

| | MMG | PG | PMS | NRP | NC | DC | AP | IC |
|-----|-----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MMG | 1 | -0,04ns | 0,14ns | -0,20ns | -0,08ns | 0,19ns | -0,43ns | 0,17ns |
| PG | | 1 | 0,86* | 0,58* | 0,54* | 0,27ns | 0,30ns | 0,34ns |
| PMS | | | 1 | 0,56* | 0,69* | 0,10ns | 0,58* | -0,17ns |
| NRP | | | | 1 | 0,81* | -0,14ns | 0,13ns | 0,01ns |
| NC | | | | | 1 | -0,35ns | 0,40ns | -0,27ns |
| DC | | | | | | 1 | -0,26ns | 0,32ns |
| AP | | | | | | | 1 | -0,43ns |
| IC | | | | | | | | 1 |

* significativo no nível de 5% de probabilidade pelo teste t, ns = não significativo.

O número de ramos primários e o número de capítulo tiveram correlação positiva e significativa com a produtividade de grãos e a produtividade de matéria seca que, por sua vez, apresentou correlação positiva com a altura de plantas. O número de capítulos foi diretamente influenciado pelo número de ramos primários, pois a magnitude do coeficiente do r foi 0,81.

6.6 Análise de divergência genética

As estimativas das divergências genéticas entre os 20 acessos de cártamo, obtidas através da distância generalizada de Mahalanobis. A partir destas medidas de dissimilaridade, foi possível ordenar estes genótipos em 9 grupos distintos em função da semelhança entre as suas médias e a estrutura de variação intragrupo.

O grupo I apresentou maior número de componentes, num total de 6, o que corresponde a 30% dos acessos avaliados. A formação deste grupo foi dada a partir do PI544016 e o P638543 cuja distância entre eles foi de 9,98. O critério adotado para inserção de mais acessos dentro de cada grupo obedeceu ao limite máximo de 47,77 que é a distância observada entre o PI544030 e o PI613415.

O uso de técnicas multivariadas, especialmente as análises de dissimilaridade genética, apresentam-se vantajosos em relação aos métodos univariados por permitir conclusões mais abrangentes já que se baseiam no comportamento de cada indivíduo em relação aos demais através do estudo simultâneo de várias características que são simplificadas por meio de índices que podem facilitar a retirada de conclusões. Apesar desta grande vantagem, nem sempre as características agronomicamente mais importantes, como é o caso da produtividade, tem um peso diferenciado, ou seja, não exerce maiores influências na definição dos grupos, como foi observado no grupo I, por exemplo, onde o acesso PI613404, com produtividade média grãos de $471,23 \text{ kg ha}^{-1}$ e o PI638543 que produziu $1061,51 \text{ kg ha}^{-1}$ são considerados similares. No grupo III foi constatada situação semelhante entre o PI572450 e o PI576985. Nas demais características, houve grande concordância entre os acessos pertencentes ao mesmo grupo.

No grupo IV, observou-se alta similaridade entre os componentes, especialmente, para a produtividade de sementes e de matéria seca, cujos resultados apresentados foram muito próximos. Este comportamento também foi evidenciado entre o PI613419 e o PI613401 (grupo V). Os demais grupos foram formados por apenas um acesso (Tabela 9).

Os baixos valores de dissimilaridade dentro de cada grupo sugerem não haver êxito caso sejam realizados cruzamentos entre esses genótipos, devido à estreita base genética existente entre eles. Por outro lado, é possível que ocorram combinações interessantes entre os grupos distintos. Assim quando se tem populações com base genética pouco ampla, orienta-se identificar os mais divergentes para direcionar cruzamentos visando ao aumento da variabilidade genética em busca de combinações superiores (SILVA et al., 2012).

Tabela 9- Análise de agrupamento de 20 acessos de cártamo conforme o método de otimização de Tocher através da distância generalizada de Mahalanobis.

| Grupos | Acessos | Frequência (%) |
|--------|---|----------------|
| I | PI544016, P638543, PI613404, PI568787, PI613503 PI572470 | 30% |
| II | PI544030, PI568844, PI613394 | 15% |
| III | PI572450, PI576985, | 10% |
| IV | PI653146, PI653151, C. Comercial | 15% |
| V | PI613401, PI613419 | 10% |
| VI | PI613415 | 5% |
| VII | PI537696 | 5% |
| VIII | PI653148 | 5% |
| IX | PI613409 | 5% |

7 CONCLUSÕES

Existe alta variabilidade genética entre os acessos de cártamo para todas as características estudadas possibilitando promover ganhos genéticos futuros.

O cártamo tem grande potencial produtivo e apresenta características morfológicas de importância agronômicas que podem ser combinadas para obtenção de genótipos com altos rendimentos.

8 REFERÊNCIAS

ANJANI, K. Development of cytoplasmatic-genic male sterility in safflower. **Plant Breeding**, v.124, n.3, p.310-325, 2005.

ASHRI, A; Divergence and evaluation in the Safflower genus, *Carthamus L.* **Final research Report**. P.L. Washington, 1973, 180p.

ASHRI, A.; KNOWLES, P. F. Cytogenetics of safflower *Carthamus L.* species and their hybrids. **Agronomy Journal**, v. 52, n. 1, p. 11-17, 1960.

BAGHERI, B; SAM-DAILIRI, M. Effect of water estress on agronomic traits of safflower spring (*Carthamus Tinctorius*). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.5, n.12, p. 2621-2624, 2011.

BAYYAVAS et al. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius L.*) Cultivars, Lines and Populations under the Semi-Arid Conditions. **African Journal of Biotechnology**, v 10, n4, p 527-534, 2011.

BORÉM, A; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas** . Viçosa: UFV, 2009, 529p.

CLASSEN, C.E. Development of safflower as a commercial crop in the United States, In: proceedings the 1st international safflower conference. Davis, p.28-35,1981.

CORONADO, L. M. El cultivo del cártamo (*Carthamus Tinctorius L.*) em México. .Cuidade Obregon-México: SGI. 2010, 96p.

CRUZ, C. D. Programa GENES: **Estatística experimental e matrizes**. Viçosa - UFV-, 2006, 285p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C.D; Regazzi, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. 1997. 390p.

CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa:UFV, 2005,394p.

DANIELI et al. The potential role of spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L.var .Inermes) as fodder crop in central Italy. **Italian Journal of Agronomy**, v.4, n.6, p19-22, 2011.

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.

EKIN, Z. Ressurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: A global view. **Journal Agronomic**, v.4,n.2 p.83-87, 2005.

EI-LATTIEF , E.A.A. Evaluation of 25 safflower genotypes for seed and oil yields under arid environment in upper Egypt. **Asian Journal of Crop Science**, v.4, n.2 ,72-79.2012.

EMONGOR,V. Safflower (*Carthamus Tinctorius* L,) the underutilized and neglected crop: A review. **Asian Journal of Plant Science**, v.9, n.6, p.299-306, 2010.

ESLAM, B. P. Evaluation of Physiological Indices for improving water deficit tolerance in Spring Safflower. **Jounal of Agriculture Science and Technology**, v.13, n.3, p 327-338, 2011.

ESLAM, B. P; MONIRIVAR, H; CHASSEMI, M.T. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. **Turkey Journal of Agriculture and Forest**, v 5, n 34, p 373-380, 2010.

FAOEST. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em 5 de abril de 2013.

FEIZE, M; HAJABBASI, M.A; MOSTAFAZADEH-FARD,B. Saline irrigation water management strategies for better yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in an arid region. **Australian Journal of Crop Science**,v.4, n.6, p. 408-414, 2010.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas: Natureza, objetivos e planejamento**. EDUFAL, Maceió-AL,, 86p, 2006a.

FERREIRA, P. V. **Métodos de melhoramento** . EDUFAL, Maceió-AL, 53p, 2006 b.

GIAYETTO, O; FERNANDEZ, E.M; ASNAL, W.E; CERRIONI, G.A; CHOLARKI, L. Comportamento de cultivares de Cartamo (*Carthamuns tinctorius* L.) en la region de Rio Cuarto, Cordoba (Argentina). **Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales**, v. 14, n 1-2, , p 203-215, 1999.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.

GRACIA et al. **Guia para produzir cártamo em Sinaloa**. Fundación Produce, Sinaloa México, 2010, 22p.

GRIN .Germoplasm Resource Information Network. Disponível em < <http://www.ars-grin.gov/>>. Acessado em: 19 de dezembro de 2011.

KIZIL et al. Comprehensive study on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in semi-arid conditions. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v.4, n.1, p. 947-953, 2008.

KOSE, A. Research on yield and quality characteristics of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) lines and varieties under dry and irrigated conditions in Turkey. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.11, n.1, p 553-556, 2013.

KOUTROUBAS, S.D; PAPAKOSTA, D.K; DOITSINIS, A. Phenotypic variation in physiological determinants of yield in spring sown safflower under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v.112, n. 2-3, p 199-204. 2009.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistic. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, v..2, p.49-55, 1936.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MÜNDEL,H.H; BERGMAN, J, W: **Safflower** In: VOLLMANN,J; RAJCAN,J. W: Handbook of plant breeding: Oil Crops ,p.422-447, 2009.

MUNDEL,H.H; BLACKSHOW,R.E; BYERS, J.R; HUANG,H.C; JOHNSON, D.L; KEON,R. **Safflower production on the Canadian Prairies**. Lethbridge, Canada. 2004, 36p.

NASS,L. L; MIRANDA FILHO, J. B. Uso de germoplasma exótico no melhoramento In: NASS, L. L; VALOIS, A. C. C; MELO, I, S; INGRIS, M. C. V. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**, Cuiabá-MT, p 101-122, 2000.

OEIKE et al. Safflower. Alternative Field Crops Manual, 8p, 1992. Disponível em <www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>. Acessado em: 16 de abril de 2013.

OZTURK , E; OZER,H; POLAT,T. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in a highland environment. **Plant Soil Environment**, v.54, n.10, p 453-460,2008.

PAHLAVANI, M.H; SAEID,G; MIRLOHI, A.F. Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F1 and F2 progenies of diallel crosses.**International Journal of Plant Production**, n.1, v.2, p 129-140, 2007.

SHARECK-AMOUGHIN, R.S;TOBEH, A;JOMAATI-E-SOMARIN,S. Effect of plant density on field and yield components of safflower under irrigation and non-irrigation conditions. **International Journal of Agriculture: Research and Review**, v.2, n.5, p.1106-1116, 2012.

SINGH, V; NIMBKAR, N: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), In: SINGH, R, J: **Genetic Resources Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oil Crops**, Boca Raton, p168-194, 2007.

SILVA et al. Divergência entre progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em caracteres quantitativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.69, p 69-77, 2012.

SOUZA-SCHLICK, G.S . Espaçamento entre fileiras e população de plantas para cultivares de mamona de porte baixo na safra de verão e safrinha. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, Botucatu, 2010.

VAFEI et al. Study of phenology, harvest Index, yield, yield components and oil content of different cultivars of rain-fed safflower. **World Applied Science Journal**, v.8, n.7, p 820-827, 2010.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (ed.) **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.1, p.137-214.

VOLLMANN, J; RAJCAN, J. W. **Handbook of Plant Breeding: Oil Crops**, 548p, 2010.

APÊNDICES

Apêndice A – Dados de altura de plantas, número de capítulos e massa de grãos em 70 acessos de cártamo avaliados na fazenda experimental do Lageado, Botucatu-SP, 2010.

| Acessos | AP | NC | MG |
|----------|------|-------|-------|
| PI340097 | 1,15 | 18,00 | 24,72 |
| PI343780 | 1,25 | 16,00 | 15,94 |
| PI369842 | 0,66 | 29,00 | 26,48 |
| PI369852 | 0,85 | 34,00 | 67,98 |
| PI387821 | 1,08 | 25,00 | 24,00 |
| PI392028 | 0,85 | 22,00 | 18,11 |
| PI393498 | 0,70 | 26,00 | 22,38 |
| PI401578 | 1,36 | 51,00 | 34,13 |
| PI401585 | 0,80 | 24,00 | 28,17 |
| PI405965 | 0,95 | 23,00 | 36,04 |
| PI405969 | 1,00 | 18,00 | 21,83 |
| PI405972 | 0,87 | 9,00 | 10,08 |
| PI405973 | 1,00 | 11,00 | 16,88 |
| PI405975 | 1,10 | 22,00 | 36,90 |
| PI405978 | 0,60 | 9,00 | 13,28 |
| PI405981 | 0,90 | 40,00 | 29,06 |
| PI405992 | 0,88 | 25,00 | 27,87 |
| PI406000 | 1,10 | 30,00 | 50,32 |
| PI406001 | 0,67 | 15,00 | 20,39 |
| PI406008 | 0,90 | 14,00 | 14,97 |
| PI406010 | 0,66 | 23,00 | 25,96 |
| PI406012 | 1,08 | 20,00 | 27,57 |
| PI406018 | 0,90 | 43,00 | 50,9 |
| PI406702 | 0,67 | 25,00 | 33,21 |
| PI451950 | 0,92 | 36,00 | 35,72 |
| PI451952 | 0,80 | 27,00 | 23,98 |
| PI451957 | 1,35 | 39,00 | 23,30 |
| PI451958 | 1,30 | 21,00 | 12,97 |
| PI506426 | 1,20 | 78,00 | 45,50 |
| PI514618 | 0,58 | 14,00 | 16,52 |
| PI514619 | 1,10 | 9,00 | 12,69 |
| PI514623 | 0,85 | 13,00 | 14,25 |
| PI537596 | 1,28 | 14,00 | 16,62 |
| PI537597 | 1,25 | 32,00 | 35,07 |
| PI537686 | 1,16 | 12,00 | 13,16 |
| PI543984 | 1,30 | 21,00 | 30,37 |
| PI544034 | 1,10 | 32,00 | 27,99 |
| PI544040 | 0,90 | 29,00 | 21,82 |
| PI544046 | 0,87 | 13,00 | 12,87 |
| PI560175 | 0,86 | 17,00 | 10,44 |
| PI560189 | 0,75 | 22,00 | 17,66 |
| PI560202 | 0,80 | 19,00 | 20,84 |
| PI568783 | 1,12 | 38,00 | 25,73 |

Continuação

Apêndice A – Dados de altura de plantas, número de capítulos e massa de grãos em 70 acessos de cártamo avaliados na fazenda experimental do Lageado, Botucatu-SP, 2010.

| Acessos | AP | NC | MG |
|----------|------|-------|-------|
| PI568795 | 0,95 | 23,00 | 12,37 |
| PI568845 | 0,87 | 12,00 | 15,33 |
| PI568849 | 1,05 | 19,00 | 16,02 |
| PI568858 | 0,75 | 13,00 | 16,82 |
| PI568862 | 0,70 | 18,00 | 12,95 |
| PI572442 | 1,05 | 20,00 | 16,47 |
| PI572464 | 0,88 | 26,00 | 37,28 |
| PI572475 | 0,57 | 13,00 | 12,57 |
| PI613370 | 0,85 | 9,00 | 13,71 |
| PI613371 | 0,95 | 20,00 | 12,95 |
| PI613408 | 1,20 | 28,00 | 25,54 |
| PI613431 | 0,90 | 11,00 | 14,78 |
| PI613494 | 0,97 | 28,00 | 54,39 |
| PI613503 | 0,86 | 13,00 | 11,42 |
| PI613521 | 0,95 | 23,00 | 38,66 |
| PI613523 | 0,70 | 17,00 | 27,43 |
| PI613533 | 0,70 | 22,00 | 19,93 |
| PI653138 | 0,80 | 24,00 | 16,14 |
| PI653147 | 0,80 | 19,00 | 17,52 |
| PI653153 | 0,60 | 24,00 | 25,32 |
| PI653155 | 0,90 | 10,00 | 25,1 |
| PI653160 | 0,70 | 27,00 | 37,81 |
| PI653167 | 1,10 | 34,00 | 23,57 |
| PI653199 | 0,70 | 19,00 | 12,8 |
| PI653200 | 0,85 | 15,00 | 18,29 |
| PI653204 | 0,90 | 26,00 | 32,68 |
| PI653207 | 1,10 | 17,00 | 10,19 |

Apêndice B – Dados de altura de plantas, número de capítulos e massa de grãos em 100 acessos de cártamo avaliados na fazenda experimental de São Manuel-SP, 2010.

| Acessos | AP | NC | MG |
|----------|------|-------|--------|
| PI343781 | 1,22 | 87,00 | 78,48 |
| PI343930 | 1,10 | 83,00 | 61,45 |
| PI369842 | 1,18 | 41,00 | 33,79 |
| PI369845 | 1,31 | 58,00 | 45,87 |
| PI369849 | 1,22 | 38,00 | 33,72 |
| PI369854 | 0,97 | 78,00 | 72,71 |
| PI386172 | 1,30 | 34,00 | 46,31 |
| PI388904 | 1,36 | 50,00 | 42,40 |
| PI401477 | 1,48 | 61,00 | 38,23 |
| PI401480 | 1,08 | 62,00 | 89,06 |
| PI401576 | 1,15 | 55,00 | 33,61 |
| PI405955 | 0,85 | 81,00 | 59,79 |
| PI405961 | 0,90 | 26,00 | 37,12 |
| PI405965 | 1,08 | 34,00 | 42,44 |
| PI405967 | 1,30 | 61,00 | 33,26 |
| PI405969 | 1,12 | 38,00 | 37,57 |
| PI405975 | 1,03 | 18,00 | 48,30 |
| PI405976 | 1,35 | 58,00 | 62,91 |
| PI405994 | 0,89 | 58,00 | 50,75 |
| PI406006 | 1,28 | 28,00 | 46,29 |
| PI406007 | 0,87 | 72,00 | 36,32 |
| PI406020 | 1,10 | 91,00 | 65,94 |
| PI407613 | 0,95 | 40,00 | 38,66 |
| PI451954 | 1,15 | 99,00 | 74,42 |
| PI508098 | 1,02 | 71,00 | 69,94 |
| PI514623 | 0,96 | 41,00 | 40,97 |
| PI525457 | 0,92 | 88,00 | 59,84 |
| PI537110 | 1,47 | 43,00 | 39,03 |
| PI537606 | 1,14 | 86,00 | 40,12 |
| PI537616 | 1,58 | 58,00 | 45,31 |
| PI537618 | 1,28 | 59,00 | 36,36 |
| PI537632 | 1,27 | 78,00 | 79,56 |
| PI537633 | 1,10 | 43,00 | 46,78 |
| PI537637 | 0,88 | 39,00 | 34,87 |
| PI537651 | 1,20 | 31,00 | 52,13 |
| PI537657 | 1,12 | 65,00 | 60,46 |
| PI537658 | 1,30 | 34,00 | 40,51 |
| PI537660 | 1,08 | 50,00 | 33,31 |
| PI537674 | 1,05 | 56,00 | 72,88 |
| PI537680 | 0,97 | 21,00 | 42,10 |
| PI537682 | 1,08 | 32,00 | 43,93 |
| PI537696 | 1,53 | 60,00 | 44,70 |
| PI537697 | 1,25 | 90,00 | 132,57 |

Continuação

Apêndice B – Dados de altura de plantas, número de capítulos e massa de grãos em 100 acessos de cártamo avaliados na fazenda experimental de São Manuel-SP, 2010.

| Acessos | AP | NC | MG |
|----------|------|--------|--------|
| PI537705 | 0,87 | 47,00 | 44,60 |
| PI537710 | 1,32 | 37,00 | 40,53 |
| PI543989 | 1,18 | 86,00 | 69,07 |
| PI544010 | 0,95 | 54,00 | 60,27 |
| PI544016 | 1,22 | 71,00 | 88,50 |
| PI544023 | 1,10 | 117,00 | 78,67 |
| PI544030 | 1,17 | 79,00 | 86,05 |
| PI544043 | 1,21 | 41,00 | 60,31 |
| PI544046 | 1,34 | 34,00 | 41,01 |
| PI560178 | 1,60 | 56,00 | 34,49 |
| PI560181 | 1,07 | 51,00 | 56,69 |
| PI562639 | 1,24 | 70,00 | 67,53 |
| PI568787 | 1,26 | 60,00 | 99,21 |
| PI568792 | 1,04 | 76,00 | 47,45 |
| PI568795 | 1,10 | 96,00 | 40,43 |
| PI568796 | 1,19 | 37,00 | 53,43 |
| PI568800 | 1,23 | 43,00 | 36,43 |
| PI568807 | 1,06 | 96,00 | 45,45 |
| PI568824 | 1,08 | 65,00 | 54,87 |
| PI568840 | 1,37 | 50,00 | 47,74 |
| PI568844 | 1,30 | 139,00 | 105,97 |
| PI568858 | 1,08 | 45,00 | 47,62 |
| PI568866 | 1,00 | 50,00 | 49,82 |
| PI568868 | 1,05 | 128,00 | 126,09 |
| PI568876 | 1,17 | 45,00 | 41,50 |
| PI572420 | 1,17 | 33,00 | 35,59 |
| PI572431 | 1,40 | 79,00 | 69,83 |
| PI572439 | 0,85 | 60,00 | 40,68 |
| PI572450 | 1,48 | 108,00 | 89,07 |
| PI572461 | 1,25 | 78,00 | 65,84 |
| PI572464 | 1,27 | 39,00 | 36,87 |
| PI572465 | 1,37 | 25,00 | 46,51 |
| PI572470 | 1,10 | 65,00 | 94,66 |
| PI572475 | 0,92 | 30,00 | 36,85 |
| PI572544 | 0,93 | 71,00 | 49,30 |
| PI576981 | 1,25 | 143,00 | 58,26 |
| PI576985 | 1,46 | 78,00 | 80,53 |
| PI576986 | 1,37 | 55,00 | 58,27 |
| PI613361 | 1,15 | 64,00 | 42,06 |
| PI613380 | 1,20 | 37,00 | 48,03 |
| PI613384 | 1,35 | 55,00 | 61,95 |
| PI613394 | 1,21 | 140,00 | 117,30 |
| PI613401 | 1,22 | 140,00 | 169,32 |

Continuação

Apêndice B – Dados de altura de plantas, número de capítulos e massa de sementes de 100 acessos de cártamo avaliados na fazenda experimental de São Manuel-SP, 2010.

| Acessos | AP | NC | MG |
|---------------|------|--------|--------|
| PI613404 | 1,33 | 110,00 | 138,84 |
| PI613409 | 1,10 | 87,00 | 100,00 |
| PI613415 | 1,26 | 97,00 | 110,74 |
| PI613419 | 0,96 | 60,00 | 85,33 |
| PI613422 | 0,85 | 83,00 | 61,52 |
| PI613456 | 1,17 | 62,00 | 50,00 |
| PI613503 | 1,18 | 113,00 | 155,39 |
| PI613517 | 0,95 | 32,00 | 34,27 |
| PI613533 | 0,87 | 74,00 | 60,00 |
| PI638538 | 0,92 | 15,00 | 40,96 |
| PI638543 | 1,07 | 70,00 | 76,69 |
| PI653146 | 1,09 | 62,00 | 87,47 |
| PI653148 | 1,33 | 65,00 | 92,25 |
| PI653152 | 1,17 | 134,00 | 120,81 |
| Máximo | 1,60 | 140,00 | 169,32 |
| Mínimo | 0,85 | 18,00 | 33,26 |
| Amplitude | 0,75 | 122,00 | 136,06 |
| Média | 1,16 | 63,73 | 61,64 |
| Mediana | 1,22 | 50,00 | 45,00 |
| Desvio Padrão | 0,17 | 27,75 | 28,45 |

Apêndice C-Agrupamento de 100 acessos de cártamo através do método de Otimização de Tocher com base na distância Euclidiana Média Padronizada.

| Grupos | Acessos |
|--------|--|
| I | PI401480, PI653146, PI572470, PI638543, PI537674, PI508098, PI613419, PI369854, PI537657, PI568824, PI560181, PI343930, PI544010, PI568792, PI568866 |
| II | PI405965, PI537682, PI405969, PI537633, PI568858, PI568876, PI572420, PI369842, PI613380, PI568796, PI537651, PI369849, PI568800, PI572464, PI401576, PI537660, PI544043, PI537658, PI406006, PI386172, PI537710, PI544046, PI613456, PI537618, PI613361, PI369845, PI388904, PI405967, PI568840 |
| III | PI405955, PI613422, PI613533, PI525457, PI572544, PI405994, PI406007, PI572439, PI537705 |
| IV | PI407613, PI514623, PI613517, PI572475, PI405961, PI638538, PI537637, PI537680, PI405975 |
| V | PI405976, PI613384, PI576986, PI562639, PI576981, PI572461, PI537632, PI572431, PI343781, PI543989, PI544016, PI544030, PI653152 |
| VI | PI553148, PI613394, PI568844 |
| VII | PI568795, PI568807, PI537606, PI406020, PI451954 |
| VIII | PI537616, PI537696, PI560178, PI401477, PI537110 |
| IV | PI537697, PI613415, PI613404 |
| X | PI613401, PI613503 |
| XI | PI572450, PI576985 |
| XII | PI568787 |
| XIII | PI613409 |
| XIV | PI544023 |
| X | PI572465 |
| XVI | PI568868 |

Apêndice D- Medida de dissimilaridade por meio da distância generalizada de Mahalanobis entre 20 acessos de cártamo em relação a dez caracteres morfo-agronômicos.

| Acessos | 2* | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 58,8 | 98,1 | 48,2 | 102,5 | 212,9 | 19,6 | 140,1 | 142,8 | 91,5 | 85,1 | 52,9 | 104,4 | 93,5 | 64,1 | 29,4 | 33,4 | 98,2 | 73,2 | 111,6 |
| 2 | - | 74,3 | 29,35 | 48,9 | 126,9 | 50,4 | 105,9 | 75,0 | 95,8 | 18,8 | 104,7 | 79,0 | 58,6 | 38,5 | 9,9 | 72,88 | 71,4 | 133,1 | 121,3 |
| 3 | | - | 57,7 | 18,9 | 94,7 | 71,4 | 70,5 | 35,3 | 48,2 | 59,6 | 124,4 | 47,8 | 54,1 | 38,4 | 90,4 | 44,9 | 49,3 | 77,4 | 37,1 |
| 4 | | | - | 40,01 | 102,4 | 32,2 | 55,0 | 51,3 | 53,2 | 36,1 | 68,3 | 112,7 | 63,1 | 13,3 | 32,8 | 59,2 | 32,9 | 87,7 | 65,5 |
| 5 | | | | - | 47,5 | 70,2 | 34,1 | 37,0 | 47,7 | 46,6 | 118,1 | 54,2 | 60,8 | 19,2 | 70,0 | 66,9 | 39,3 | 86,3 | 44,9 |
| 6 | | | | | - | 143,8 | 27,0 | 87,1 | 103,9 | 128,7 | 193,2 | 135,8 | 174,2 | 59,8 | 169,8 | 158,1 | 100,7 | 141,2 | 76,6 |
| 7 | | | | | | - | 86,3 | 102,6 | 81,7 | 72,6 | 31,1 | 84,7 | 106,0 | 35,9 | 31,0 | 40,0 | 63,6 | 66,7 | 73,5 |
| 8 | | | | | | | - | 64,3 | 54,0 | 117,0 | 129,1 | 118,7 | 135,0 | 34,2 | 126,2 | 110,0 | 69,1 | 87,9 | 31,5 |
| 9 | | | | | | | | - | 48,4 | 67,0 | 174,1 | 107,3 | 47,4 | 55,8 | 106,8 | 111,0 | 57,7 | 155,7 | 65,6 |
| 10 | | | | | | | | | - | 121,2 | 167,2 | 83,4 | 45,1 | 56,1 | 106,7 | 65,8 | 93,9 | 96,4 | 38,0 |
| 11 | | | | | | | | | | - | 98,4 | 111,6 | 69,7 | 37,6 | 34,3 | 83,5 | 41,2 | 133,8 | 126,4 |
| 12 | | | | | | | | | | | - | 172,9 | 193,7 | 69,2 | 72,0 | 86,7 | 68,4 | 80,9 | 129,3 |
| 13 | | | | | | | | | | | | - | 89,6 | 86,4 | 89,8 | 54,2 | 144,8 | 104,3 | 81,9 |
| 14 | | | | | | | | | | | | | - | 81,9 | 71,7 | 88,2 | 92,6 | 171,1 | 118,4 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | - | 47,8 | 50,7 | 25,8 | 63,1 | 43,3 |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | - | 66,3 | 74,5 | 124,6 | 134,6 |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | - | 101,1 | 27,2 | 52,8 |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | - | 117,9 | 86,9 |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | - | 42,2 |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | - |

* 1-PI537697, 2-PI544016, 3-PI544030, 4-PI568787, 5-PI568844, 6-PI572450, 7-PI572470, 8-PI576985, 9-PI613394, 10-PI613401, 11-PI613404, 12-PI613409, 13-PI613415, 14-PI613419, 15-PI613503, 16-PI638543, 17-PI653146, 18-PI653148, 19-PI653152 e uma Cultivar comercial 20-(CC).

Apêndice E- Dias para o início do florescimento e do ciclo de 20 acessos de cártamo avaliados em Botucatu-SP, 2011.

| Acessos | Início do florescimento. (dias) | Colheita (dias) |
|--------------|------------------------------------|--------------------|
| PI537697 | 90,00 | 165,00 |
| PI544016 | 85,00 | 165,00 |
| PI544030 | 85,00 | 165,00 |
| PI568787 | 85,00 | 160,00 |
| PI568844 | 93,00 | 155,00 |
| PI572450 | 110,00 | 179,00 |
| PI572470 | 85,00 | 175,00 |
| PI576985 | 95,00 | 175,00 |
| PI613394 | 85,00 | 170,00 |
| PI613401 | 93,00 | 175,00 |
| PI613404 | 78,00 | 155,00 |
| PI613409 | 85,00 | 155,00 |
| PI613415 | 75,00 | 140,00 |
| PI613419 | 85,00 | 140,00 |
| PI613503 | 93,00 | 165,00 |
| PI638543 | 70,00 | 142,00 |
| PI653146 | 70,00 | 145,00 |
| PI653148 | 93,00 | 155,00 |
| PI653152 | 100,00 | 165,00 |
| C. Comercial | 93,00 | 155,00 |