

JACKSON DA SILVA

**SELEÇÃO E DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA A CULTIVAR DE MAMONA
FCA-PB, EM PROGÊNIES OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE
POLINIZAÇÃO**

Botucatu

2018

JACKSON DA SILVA

**SELEÇÃO E DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA A CULTIVAR DE MAMONA
FCA-PB, EM PROGÊNIES OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE
POLINIZAÇÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Márcia Pereira Sartori

**Botucatu
2018**

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

S586s Silva, Jackson da, 1991-
Seleção e depressão por endogamia para a cultivar de mamona FCA-PB, em progênies obtidas por diferentes métodos de polinização / Jackson da Silva. - Botucatu: [s.n.] 2018
81 p.: grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018

Orientadora: Maria Márcia Pereira Sartori

Inclui bibliografia

1. *Ricinus communis*. 2. Melhoramento genético. 3. Mameira. 4. Estabilidade fenotípica. 5. Coeficiente de endogamia. 6. Distribuição de frequência. I. Sartori, Maria Márcia Pereira. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: SELEÇÃO E DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA O CULTIVAR DE MAMONA FCA-PB EM
PROGÊNIES OBTIDAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE POLINIZAÇÃO**

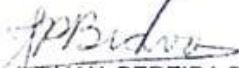
AUTOR: JACKSON DA SILVA

ORIENTADORA: MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Dra. MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP


Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP - Câmpus de Botucatu


Profa. Dra. JULIANA PEREIRA BRAVO
Depto de Agronomia / Faculdade La Salle - Lucas do Rio Verde

Botucatu, 18 de julho de 2018.

*Aos meus amados pais, irmãos, avôs, avós e sobrinhas que
sempre me apoiaram e lutaram comigo para poder alcançar esta
conquista,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por conceder-me o dom da vida.

Aos meus pais Gilson Alves da Silva e Irene Maria da Silva por participarem da minha vida em meus primeiros passos escolares com relação ao ensino, instruindo-me em qual caminho eu deveria seguir, aconselhando-me a progredir e a investir no conhecimento científico, ajudando-me e financiando-me quando hora precisara.

A Prof^a. Dr^a. Maria Márcia Pereira Sartori pela orientação, ensinamentos, confiança, paciência, amizade, além de exemplo de profissional e ser humano.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto pelos ensinamentos, orientação e amizade.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos a mim concedida.

A Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCA/UNESP), e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Agricultura, pela oportunidade em se tornar aluno desta importante instituição de ensino e pesquisa.

A todos os docentes da pós-graduação pelos ensinamentos e incentivos, em especial aos professores Juliano Carlos Calonego e Dirceu Maximino Fernandes.

Ao Setor de Melhoramento Genético de Plantas (SMGP), Centro de Ciências Agrárias (CECA) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), pela oportunidade de participar de suas histórias e por todo o conhecimento produzido.

Ao Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira, pela orientação na graduação, participando ativamente da minha formação acadêmica.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal e aos da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos da graduação Adriel, Rosivaldo, Felipe dos Santos de Oliveira, Jadson dos Santos Teixeira, Moisés Tiodoso da Silva, Artur Pereira Vasconcelos de Carvalho, Douglas dos Santos Ferreira, Antônio Barbosa da Silva Júnior, Islan Diego Espindula de Carvalho, Luiz Leão e Kleyton Danilo da Silva Costa, pela amizade, companheirismo e ensinamentos.

Aos amigos da pós-graduação Deoclécio Jardim Amorim, Andréia Rodrigues Ramos, Marcos Antonio Liodorio dos Santos, Júlio César Meinhardt, Lucas Vasconcelos Veira, Gabriela Nunes da Piedade, Amanda Rithieli e Rute Quelvia que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação Carlos Vinícius, Samara Moreira Perissato, Ana Estela, Larissa Chamma, Bruna Catoia e Juslei Figueiredo pelos momentos de descontração e incentivos.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar com mais inteligência”

Henry Ford

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis*) está presente em inúmeras aplicações na área industrial e na produção de biodiesel, tendo assim, relevante importância econômica. Contudo, no ano de 2017, o Brasil apresentou produtividade de 470 kg ha⁻¹, muito aquém do seu real potencial, devido à falta de genótipos adaptados a cada região produtora. A síntese de híbridos produtivos passa pela obtenção de linhagens puras com o mínimo de endogamia, para maior exploração do vigor de híbrido, que proporcionam plantas mais uniformes e mais produtivas. Assim, o presente trabalho teve por objetivo estimar a depressão por endogamia em progênies obtidas por autofecundação, polinização cruzada e polinização livre advindas do cultivar de mamona FCA-PB. Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 90 x 2 x 2, sendo 90 progênies advindas de três tipos de polinização, em 2 ambientes (São Manuel e Araçatuba) e em 2 safras (2004/2005 e 2005/2006), e no esquema fatorial 30 x 3, sendo 30 progênies e 3 tipos de polinização, em 2 ambientes e em 2 safras, com três repetições. Com relação à safra 2005/2006, a progênie 49 cultivada no município de São Manuel produziu 4171 kg ha⁻¹ de grãos, podendo o seu desempenho ser explicado pelo tipo de fecundação que foi originada, polinização cruzada, sendo este método o que ocasiona no maior nível de heterose. Na avaliação da depressão por endogamia verificou-se que a polinização cruzada apresentou maior produtividade de grãos e menor coeficiente de endogamia. Por outro lado, a menor produtividade foi observada na autopolinização, a qual obteve maior coeficiente de endogamia. Considerando o potencial produtivo das 20 % melhores progênies, podem ser selecionadas as progênies 1, 5, 6, 8, 15, 18, 19, 21, 27, 31, 35, 36, 38, 45, 49, 55, 56 e 58. Verificou-se também, que o coeficiente de endogamia na produtividade apresenta comportamento inversamente proporcional.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. melhoramento genético. Mamoneira. estabilidade fenotípica. coeficiente de endogamia. distribuição de frequência.

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis*) is present in numerous applications in the industrial area and in the production of biodiesel, having thus, relevant economic importance. However, in the year 2017, Brazil presented productivity of 470 kg ha⁻¹, far short of its real potential, due to the lack of genotypes adapted to each producing region. The synthesis of productive hybrids passes through the obtaining of pure lineages with the minimum of endogamy, for greater exploitation of hybrid vigor, which provide more uniform and more productive plants. Thus, the present study aimed to estimate depression by inbreeding in progenies obtained by self-fertilization, cross pollination and free pollination from the cultivar of castor bean FCA-PB. The experiments were in a randomized block design, in the factorial scheme 90 x 2 x 2, being 90 progenies coming from three types of pollination, in 2 environments and 2 crops, and in the factorial scheme 30 x 3, being 30 progenies and 3 types of pollination, in 2 environments (São Manuel and Araçatuba) and in 2 crops (2004/2005 and 2005/2006), with three replications. In relation to the 2005/2006 crop, the progeny 49 grown in the municipality of São Manuel produced 4171 kg ha⁻¹ of grains, and its performance can be explained by the type of fertilization that originated, cross pollination, being this method that causes in the greater level of heterosis. In the assessment of inbreeding depression it has been found that cross pollination presented greater productivity of grain and lower coefficient of inbreeding. On the other hand, the lower productivity was observed in self-pollination, which obtained higher coefficient of inbreeding. Considering the productive potential of the 20 % best progenies, can be selected the progenies 1, 5, 6, 8, 15, 18, 19, 21, 27, 31, 35, 36, 38, 45, 49, 55, 56 and 58. It was verified also, that the coefficient of inbreeding in productivity presents inversely proportional behavior.

Keywords: *Ricinus communis*. Breeding. Castor bean. Phenotypic stability. Coefficient of inbreeding. Frequency distribution.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Coeficientes de endogamia das progênies de mamona de polinização cruzada (■), aberta (●) e de autopolinização (▲) para: A) São Manuel, safra 2004/2005; B) São Manuel, safra 2005/2006; C) Araçatuba, safra 2004/2005; D) Araçatuba, safra 2005/2006.....59
- Figura 2 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de São Manuel para a safra 2004/2005.....61
- Figura 3 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de São Manuel para a safra 2005/200662
- Figura 4 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de Araçatuba para a safra 2004/2005.....63
- Figura 5 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de Araçatuba para a safra 2005/2006.....64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de variância conjunta entre progênies, locais e safras com relação a característica produtividade de grãos (kg ha^{-1}).....	35
Tabela 2 – Análise de variância conjunta entre progênies e locais, para cada safra, com relação a característica produtividade de grãos (kg ha^{-1}).....	36
Tabela 3 – Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das progênies e locais, para cada safra.....	37
Tabela 4 – Análise de variância conjunta entre progênies e safras, para cada local, com relação a característica produtividade de grãos (kg ha^{-1}).....	41
Tabela 5 – Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das progênies e safras, para cada local.....	41
Tabela 6 – Resumo das análises de variância dos três tipos de polinização para as progênies de mamona em duas cidades do Estado de São Paulo e em duas safras.....	45
Tabela 7 – Estimativas de parâmetros genéticos com relação aos três tipos de polinização para as progênies de mamona em duas cidades do Estado de São Paulo e em duas safras.....	46
Tabela 8 – Produtividade média de grãos, em kg ha^{-1} , e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em São Manuel - SP, safra 2004/2005.....	66
Tabela 9 – Produtividade média de grãos, em kg ha^{-1} , e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em São Manuel - SP, safra 2005/2006.....	68
Tabela 10 – Produtividade média, em kg ha^{-1} , e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em Araçatuba - SP, safra 2004/2005.....	70
Tabela 11 – Produtividade média de grãos, em kg ha^{-1} , e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em Araçatuba - SP, safra 2005/2006.....	71

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	21
CAPÍTULO 1 - POTENCIAL PRODUTIVO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MAMONA DA CULTIVAR FCA-PB, RESULTANTES DE TRÊS TIPOS DE POLINIZAÇÕES, EM DUAS SAFRAS E EM DOIS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	29
1.1 INTRODUÇÃO.....	31
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
1.4 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
CAPÍTULO 2 - DEPRESSÃO ENDOGÂMICA DE PROGÊNIES DE MAMONA, ORIUNDAS DA CULTIVAR FCA-PB, RESULTANTES DE TRÊS TIPOS DE POLINIZAÇÕES.....	51
2.1 INTRODUÇÃO.....	53
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
2.4 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS.....	77

INTRODUÇÃO GERAL

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma dicotiledônea, que segundo Weiss (1983), as variedades botânicas apresentam $2n = 20$, sendo possivelmente um poliploide natural. Essa espécie é tida como xerófila, sendo bastante tolerante à falta de água, contudo, essa cultura não suporta teores de umidade do solo muito elevados, exigindo calor e luminosidade para seu adequado desenvolvimento (CORRÊA et al., 2006).

Essa espécie é considerada como de clima tropical e segundo alguns autores a sua origem ocorreu na Etiópia, mas não se sabe quando se iniciou a sua domesticação, no entanto, existem relatos de que no Egito a 4000 a. C. já cultivavam essa cultura (FIGUEIREDO NETO et al., 2004; BORÉM, 2005; ALLAN et al., 2008).

Esta oleaginosa apresenta grande variabilidade genética, a qual é expressa em suas características como habito de crescimento, cor das folhas, cor do caule, tamanho, cor e teor de óleo das sementes, porte da planta, ciclo, presença de cera no caule, presença de espinhos no fruto e deiscência de sementes (BORÉM, 2005).

Possui sistema radicular vigoroso, do tipo pivotante e profundo, principalmente em regiões semiáridas que a taxa de crescimento da raiz é maior que a da parte aérea, o que possibilita a explorar uma maior área de absorção de água e nutrientes do solo, além de possibilitar o desenvolvimento das plantas em condições de escassez de água (BORÉM, 2005; SAVY FILHO et al., 2007).

A mamona é uma cultura de crescimento indeterminado no sentido da emissão de inflorescências, assim na mesma planta pode haver cachos de diferentes idades fisiológicas o que acarretará em diferentes pontos de maturação, ocasionando com isso um grande problema na colheita mecanizada para variedades de frutos deiscentes, porém em variedades indeiscentes essa questão não é preocupante. O caule é geniculado, espesso, ramificado, brilhante, tenro e suculento, passando para lenhoso com o tempo. A haste principal não tem ramificações até o surgimento da primeira inflorescência, que uma vez fecundada é chamada de cacho ou racemo, dependendo da cultivar e do ambiente o número de frutos é variável. O ramo lateral se desenvolve a partir da axila (SAVY FILHO, 2005; EMBRAPA, 2016).

As folhas da cultura podem mudar de variedade para variedade em relação à largura do limbo, cor, cerosidade, comprimento do pecíolo e na profundidade dos lóbulos, apresentando-as filotaxia alternada, folhas simples e grandes (LUZ, 2012).

A mamona é uma espécie monóica, ou seja, possui o aparelho reprodutor feminino e masculino na mesma inflorescência, o que estruturalmente proporciona ao hábito reprodutivo misto, se propagando assim tanto por autofecundação como também por fecundação cruzada. Na inflorescência as flores femininas situam-se na parte superior e as masculinas na parte inferior da ráquis, sendo a proporção de flores femininas e masculinas, em condições normais, de 1/3 a 1/2 a depender da variedade, no entanto essa proporção é alterada por fatores ambientais, onde a deficiência hídrica e altas temperaturas induzem a maior formação de flores masculina. Por outro lado, em solos férteis ou adubados adequadamente induzem a maior formação de flores femininas, o que irá ocasionar numa maior produtividade. As flores femininas são polinizadas predominantemente de forma anemófila, ou seja, o grão de pólen é transportado pelo vento (BORÉM, 2005; BELTRÃO et al., 2007; SILVA et al., 2010).

O fruto da mamona é uma cápsula globosa que pode ser lisa ou com estruturas semelhantes a espinhos, em média medindo aproximadamente 2,4 cm de comprimento, com máximo de três sementes em cada fruto. Os frutos são classificados em indeiscentes quando não se abrem naturalmente e deiscentes quando se abrem naturalmente. Existem genótipos cujas sementes são muito diferentes em relação à cor, forma, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença ou ausência de carúncula e aderência do tegumento ao endosperma, sendo suas sementes formadas por tegumento, rafe, micrópila, carúncula, endosperma, cotilédones e eixo embrionário, e apresentam germinação epígea (SAVY FILHO, 2005; BELTRÃO et al., 2007).

Em relação aos aspectos econômicos da mamona, o maior produtor dessa espécie no ano de 2014 foi a Índia com uma produção de 1,55 milhões de toneladas e produtividade de 1,79 Mg ha⁻¹, em segundo lugar, Moçambique com uma produção de 77,4 mil toneladas e produtividade de 0,38 Mg ha⁻¹, em terceiro lugar a China com produção de 40,0 mil toneladas e produtividade de 1,74 Mg ha⁻¹. O Brasil é o quarto maior produtor mundial, com produção de 24,6 mil toneladas e produtividade de 0,55 Mg ha⁻¹, sendo a produção nacional concentrada no Nordeste com 88,54 %, onde o Estado da Bahia é o maior produtor do país com uma produção de 10,4 mil toneladas (FAO, 2016; CONAB, 2017).

Sendo a cultura de grande importância econômica e social para a região Nordeste, servindo como cultura alternativa para a região, pois a planta possui capacidade de produzir satisfatoriamente bem sob condições de baixa precipitação

pluviométrica, aspecto que caracteriza a região. Porém, apesar da sua potencialidade, apenas os Estados da Bahia, Ceará e Piauí existem registros de área cultivada com mamona, com produtividade de 0,49, 0,22 e 0,49 Mg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2017).

O principal produto desta oleaginosa é o óleo presente nas sementes, cujo teor pode atingir até a 60 %. O seu óleo é constituído de 80 a 90 % de ácido ricinoléico, 3 a 6 % de ácido linoléico, 2 a 4 % de ácido oléico e de 1 a 5 % de ácidos graxos saturados. É importante salientar que o ácido ricinoléico composto, entre outras moléculas, de um grupo hidroxila, lhe proporciona a característica de ser solúvel em álcool (SCHOLZ & SILVA, 2008; VOLLMANN & RAJCAN, 2009; VENTURA et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2011).

Em razão dessas características, o seu óleo é de grande relevância, devido a inexistir substitutos adequados em muitas aplicações industriais (CHIERICE & CLARO NETO, 2007; VIEIRA & LIMA, 2008). Por ser a principal fonte industrial de ácidos graxos hidroxilados (BALDANZI et al., 2003) e constituinte para uma diversificada linha de matérias-primas, as quais são empregadas na elaboração de plásticos, fibras sintéticas, tintas, esmaltes, coberturas protetoras, resinas e lubrificantes (VIEIRA & LIMA, 2008; MOSHKIN, 1986; WEIS, 1983).

O ácido ricinoléico (C₁₈H₃₄O₃) é o componente mais relevante, em termos de proporção, do óleo de mamona, esse ácido apresenta moléculas com propriedades e estrutura diferente entre os ácidos graxos existentes nos óleos vegetais (MOSHKIN, 1986). Estas propriedades e estrutura diferenciadas conferem características peculiares ao óleo de mamona, permitindo com isso a utilização em mais de 400 processos industriais, a exemplos da produção de anti-congelantes de combustível de aeronaves, revestimento de poltronas e paredes de aeronaves, componentes de automóveis, lubrificantes, resinas, tintas, cosméticos e medicamentos (VIEIRA & LIMA, 2008).

De acordo com Pina (2005), existe um déficit anual nacional de óleo de mamona superior a 80 mil toneladas, sendo esse déficit suprido pela importação da Índia e China. Na produção do biodiesel a solubilidade e a viscosidade são características que permitem um menor consumo de energia na transformação. Apesar dessas qualidades, o óleo da mamona ainda não atingiu todo o seu potencial para este fim, pois atualmente é considerado inviável, sendo utilizado para substituí-lo o óleo de soja (NÓBREGA, 2008). Contudo, apesar do avanço na cadeia produtiva

da mamona, ainda há muito que se avançar no tocante a modernização e melhor viabilidade de seus produtos (RAMOS, 2006).

Uma outra opção de utilização da cultura da mamona é o seu plantio no período de safrinha, pois a cultura subsequente poderá dispor de restos culturais, o qual é um excelente adubo orgânico e vários autores relatam até efeitos nematicidas (KAYANI et al., 2001; MCSORLEY & DICKSON, 1995). A mamoneira ainda se apresenta sob o prisma ornamental, porém só há relatos dessa prática em alguns países da Europa (MOSHKIN, 1986).

No melhoramento desta oleaginosa no Brasil há poucos programas de pesquisas e desenvolvimento da cultura da mamona, situados nos Estados de São Paulo, Paraíba, Bahia e Mato Grosso (BORÉM, 2009; MAPA, 2016).

Em São Paulo, iniciou-se o primeiro programa de melhoramento da mamona no Brasil em 1936, pelo Instituto Agrônomo de Campinas, e já desenvolveu e disponibilizou seis variedades comerciais, Campinas, IAC-38, Guarani, IAC 2028 (com frutos indeiscentes), IAC 226 e IAC80, além de manter mais de 500 acessos em seu banco de germoplasma entre progênies, linhagens e introduções. Atualmente o programa vem desenvolvendo variedades visando precocidade, porte baixo, qualidade de óleo, teor de ricina e tolerância à seca. (SAVY FILHO et al., 2007; BORÉM, 2005; PUTTINI, 2014).

O mesmo Estado ainda conta com a variedade AL-Guarany 2002, a qual foi desenvolvida e lançada pelo Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), situada em Campinas – SP, por meio de seleção massal da cultivar Guarani (SAVY FILHO, 2005).

Na Paraíba, A EMBRAPA, através do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ), vem desenvolvendo variedades e manejos mais adequados para a cultura da mamona para a região semiárida do Nordeste. Segundo MAPA (2016), o CNPA detém os registros das variedades BRS Energia, BRS Gabriela, BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, e ainda tem um banco de germoplasma de mamona, por meio do Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN), com cerca de 1.000 acessos disponíveis para intercâmbio (SAVY FILHO, 1999).

Na Bahia, a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A (EBDA), percebeu a importância da cultura para a região e a partir daí criou-se o programa de melhoramento da mamona, que desenvolveu as variedades EBDA MPB 01, EBDA

MPA 34 e EBDA MPA 11, voltadas para as condições do Estado (BORÉM, 2005; MAPA, 2016).

No Mato Grosso, o Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA), visualizou a demanda por materiais apropriados para o cultivo mecanizado para o período de safrinha, além da benéfica rotação com a soja, a qual os restos culturais da mamona proporcionam efeito nematicida, está buscando desenvolver híbridos que satisfaçam essa exigência, otimizando assim a utilização de máquinas agrícolas. Em decorrência desse trabalho, o programa lançou no ano de 2014 o híbrido AG IMA 110204 (SOUZA-SCHLICK, 2010; MAPA, 2016).

Um outro programa que tem muita importância é o Programa de Melhoramento Genético da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu – UNESP, o qual estuda a cultura da mamona com o principal objetivo de obter genótipos produtivos, nesse sentido vem desenvolvendo a população denominada de FCA-PB de porte baixo, por meio de seleção recorrente visando a obtenção de materiais adaptados a colheita mecanizada para as condições do Estado de São Paulo (ZANOTTO, 2004).

Segundo Borém (2005), os principais objetivos dos programas de melhoramento da mamona são obter plantas de porte baixo, maior percentagem de flores femininas, maior potencial produtivo, resistência às principais doenças, frutos indeiscentes, sementes de tamanho médio, tolerância à seca, precocidade e teor de óleo.

Para se melhorar geneticamente uma planta, é necessário empregar um método para isso, e por se tratar de uma cultura monóica (possui os dois sexos na mesma planta) a mamona pode ser melhorada por vários métodos, a definir conforme as características da planta e o objetivo do melhoramento que se quer aplicar. Na literatura existe o relato de vários testes utilizados na cultura da mamona que são o de seleção massal, seleção genealógica, seleção individual com teste de progênies, hibridação, retrocruzamento e seleção recorrente (SAVY FILHO & BANZATTO, 1993; ZANOTTO, 2004; BORÉM, 2005).

Na utilização desses métodos de melhoramento, é de vital importância o emprego de linhagens endogâmicas, as quais são obtidas através do uso da endogamia, sendo ela definida como o sistema de acasalamento de indivíduos que possuem ancestrais comuns, havendo com isso, maior probabilidade de que a descendência possua cópias de um mesmo alelo ancestral, o que ocasiona num

aumento da homozigose e pode aumentar a frequência de genes deletérios indesejáveis, que leva a uma diminuição do vigor de híbrido (GONÇALVES et al., 2011; RAMALHO et al., 2012).

Esse fenômeno, o qual há aumento da homozigose, pode resultar do cruzamento entre irmãos germanos, meios irmãos, pais e filhos (retrocruzamento) e autofecundação, a qual esta última forma propicia o maior aumento da homozigose (BORÉM, 2009).

Segundo Borém e Miranda (2013), as consequências da endogamia podem ser: 1) o aumento gradativo da homozigose, em consequência do avanço de gerações com indivíduos aparentados, fixando com isso os caracteres; 2) modificação da frequência genotípica, no entanto não é constatado modificação na frequência alélica; 3) Aparecimento de caracteres indesejáveis ou deformações antes escondidos na condição heterozigota, onde as mais usuais são a deficiência de clorofila que gera plantas albinas ou estriadas, formação de sementes no órgão reprodutor masculino, esterilidade e nanismo, permitindo com isso se fazer seleção nessas linhagens; 4) redistribuição da variância genética à medida que aumenta a endogamia, elevando a variância genética entre linhagens e diminuindo dentro das linhagens; 5) perda gradativa do vigor da planta (depressão por endogamia), resultando em diminuição na produtividade, altura da planta e ciclo de desenvolvimento mais longo.

Sendo que para o melhoramento de plantas, a endogamia é mais empregada para a fixação genética de um genótipo. A exemplo na produção de híbridos em alógamas, essa fixação é utilizada na obtenção e manutenção de linhagens homozigotas, as quais serão cruzadas entre si para dar origem aos híbridos.

Nas espécies em que o modo de reprodução se dá por cruzamentos obrigatórios, a tolerância à endogamia varia de espécie para espécie. É importante ressaltar que um fator influenciador dessa tolerância é a ploidia da espécie, em que a medida que eleva a ploidia dos indivíduos a heterose diminui lentamente com as autofecundações.

Para exemplificar, enquanto que em plantas F1 diploides a heterose diminui em 50% após uma autofecundação, em plantas F1 tetraploides com a mesma quantidade de autofecundação a diminuição é de 5,6%, ou seja, cerca de dez vezes menor (BORÉM E MIRANDA, 2013). Esse fenômeno também foi observado por Dewey (1966), em que avaliando diferentes espécies de forragem com foco na ploidia constatou que perante algumas gerações de autofecundação que as espécies

diploides tiveram a maior perda de vigor, sofrendo as espécies tetraploides perda intermediária, enquanto que as espécies hexaploides apresentaram a menor perda de vigor.

Para a determinação da perda de vigor, ocorrida com a endogamia, comumente é mensurada pela depressão por endogamia. Vale ressaltar que na depressão endogâmica ocorre também a diminuição do valor adaptativo de um indivíduo, devido a expressão dos genes deletérios que se encontravam encobertos nos heterozigotos na geração anterior (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; BORÉM, 2001).

Segundo Ferreira (2006), existem graus de tolerância das espécies em relação a essa depressão, que podem ser classificadas em muito pouco tolerantes, pouco tolerantes e tolerante.

Sendo assim, o conhecimento a respeito da depressão por endogamia de uma espécie é um importante fator limitante para o desenvolvimento de uma linhagem pura, que posteriormente será usada no processo de hibridação (OLIVEIRA et al., 2012; BERNINI et al., 2013).

A depressão por endogamia pode ser mensurada através do coeficiente de endogamia, o qual é um indicador relevante das consequências do aumento da homozigose, tanto ao nível de indivíduo como da população. Em menção ao indivíduo, ela indica a probabilidade de dois alelos, em qualquer locus, serem idênticos por descendência. Já para a população exibe a percentagem de todos os loci que antes estavam em heterozigose, e com a autofecundação, passaram a estar em homozigose. Em resumo, para o indivíduo e para a população mede-se o aumento da homozigose em decorrência da fecundação entre indivíduos aparentados.

O coeficiente de endogamia pode variar de 0 a 1, sendo 0 para quando uma população A tem os mesmos genes que uma população base específica, indicando a semelhança genética entre elas e, 1 quando essas duas populações são completamente diferentes geneticamente (FALCONER, 1987).

Segundo VENCOVSKY e BARRIGA (1992), os coeficientes de depressão endogâmica, com relação as populações, podem evidenciar as potencialidades para o melhoramento genético. Portanto, em populações que demonstram altas médias e nenhuma ou pouca depressão endogâmica para as características de interesse, possui grandes chances de obter linhagens superiores, para posterior produção de híbridos e de populações sintéticas.

Contudo, nas espécies cujo modo de reprodução se dá naturalmente por autopolinização (autógamas) a depressão por endogamia não ocorre, contrapondo-se as espécies alógamas. Mas, é importante ressaltar que nas espécies de sistema de reprodução tido como misto, o efeito da depressão está atrelado a taxa de autofecundação natural, de modo que essas espécies apresentam efeitos na depressão intermediários, localizando-se entre as autógamas (não ocorre depressão) e as alógamas (maior grau de depressão).

O conhecimento acerca da endogamia e da depressão que ela causa são de grande valia no processo de obtenção das linhagens endogâmias, as quais servirão de base genética para os programas de melhoramento.

Em plantas alógamas a produção de linhagens endogâmicas (indivíduos homozigotos) consiste na autofecundação de indivíduos superiores por vários ciclos de seleção para caracteres de interesse do fitomelhorista, ocasionando à fixação do genótipo. As linhagens advindas desse processo apresentam grau de vigor muito baixo, assim a obtenção dessas linhagens são o primeiro passo no processo de hibridação (FERREIRA, 2006).

Com relação a obtenção da linhagem o método padrão, método da cova única, método genealógico, método do híbrido críptico e método da seleção zigótica podem ser utilizados para este fim (FERREIRA, 2006).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar o potencial produtivo de progênies de mamona da cultivar FCA-PB resultantes de diferentes tipos de polinizações (Capítulo 1), bem como estimar a depressão por endogamia para a cultivar de mamona FCA-PB, em progênies obtidas por autofecundação, polinização cruzada e polinização livre (Capítulo 2).

CAPÍTULO 1

POTENCIAL PRODUTIVO E SELEÇÃO DE PROGÊNIAS DE MAMONA DA CULTIVAR FCA-PB, RESULTANTES DE TRÊS TIPOS DE POLINIZAÇÕES, EM DUAS SAFRAS E EM DOIS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma cultura de grande relevância na área industrial, possuindo elevada importância econômica e social. Contudo o Brasil ainda apresenta produtividade relativamente baixa com $0,47 \text{ Mg ha}^{-1}$, o que acarreta em falta de produto no mercado nacional, haja visto que sua área de cultivo é relativamente pequena, sendo suprida a demanda de óleo de mamona por importação principalmente da Índia e da China. No entanto, o desenvolvimento de genótipos altamente produtivos e adaptados às regiões produtoras pode sanar esta problemática. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o potencial produtivo e seleção de progênies de mamona da cultivar FCA-PB, resultantes de três tipos de polinizações, em duas safras e em dois municípios do Estado de São Paulo. Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial $90 \times 2 \times 2$, sendo 90 progênies (advindas de três tipos polinização, a polinização livre (progênies 01 a 30), polinização cruzada (progênies 31 a 60) e a autopolinização (progênies 61 a 90)), 2 ambientes (São Manuel e Araçatuba) e 2 safras agrícolas (2004/2005 e 2005/2006), com três repetições. As colheitas ocorreram em maio de 2005 e 2006, avaliando-se a produtividade de grãos, sendo possível a estimação de alguns parâmetros genéticos. Com relação à safra 2005/2006, a progênie 49 cultivada no município de São Manuel produziu $4170,66 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos, podendo o seu desempenho ser explicado pelo tipo de fecundação que foi originada a progênie 49, polinização cruzada, sendo este método o que ocasiona no maior nível de heterose. Os coeficientes de herdabilidade variaram de 0,83 a 0,93, tendo sido observados os maiores valores na safra 2005/2006 no município de Araçatuba, onde ocorreram também os maiores ganhos genético estimados com a seleção das progênies 20 % melhores. Tendo sido selecionadas as progênies 1, 5, 6, 8, 15, 18, 19, 21, 27, 31, 35, 36, 38, 45, 49, 55, 56 e 58.

Palavras-chave: *Ricinus communis*, melhoramento genético, mamoneira, estabilidade.

CHAPTER 1

PRODUCTIVE POTENTIAL AND SELECTION OF CASTOR BEAN OF PROGENIES OF THE CULTIVAR FCA-PB, RESULTING FROM THREE TYPES OF POLLINATIONS, IN TWO SAFARES AND IN TWO MUNICIPALITIES OF THE STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is a crop of great relevance in the industrial area, having high economic and social importance. However, Brazil still has productivity relatively low with 0.47 Mg ha^{-1} , which results in lack of product on the national market, given the fact that its cultivation area is relatively small, being supplied the demand of castor oil by imports mainly from India and China. However, the development of highly productive genotypes and adapted to the producing regions can solve this problem. In this context, the objective of this research was to evaluate the productive potential and selection of castor beans progenies of the cultivar FCA-PB, resulting from three types of pollination, in two harvests and in two municipalities of the State of São Paulo. The experiments were implanted in a randomized complete block design, in the factorial scheme $90 \times 2 \times 2$, being 90 progenies (coming from three types of pollination, free pollination (progenies 01 to 30), cross-pollination (progenies 31 to 60) and self-pollination (progenies 61 to 90)), 2 environments (São Manuel and Araçatuba) and 2 crops agricultural (2004/2005 and 2005/2006), with three replications. The harvests took place in May 2005 and 2006, evaluating grain yield, being possible the estimation of some genetic parameters. In relation to the 2005/2006 crop, the progeny 49 cultivated in the municipality of São Manuel produced $4170.66 \text{ kg ha}^{-1}$ of grains, being able your performance be explained by the type of fertilization that originated the progeny 49, cross-pollination, being this method that causes in the greater level of heterosis. The coefficients of heritability ranged from 0.83 to 0.93, having observed the highest values in the 2005/2006 crop in the municipality of Araçatuba, where there were also the highest genetic gains estimated with the selection of the best progenies 20%. Having selected the progenies 1, 5, 6, 8, 15, 18, 19, 21, 27, 31, 35, 36, 38, 45, 49, 55, 56 and 58.

Keywords: *Ricinus communis*, breeding, castor bean, stability.

1.1 INTRODUÇÃO

A mamona pertence à família Euphorbiaceae, gênero *Ricinus* e espécie *Ricinus communis* L. De acordo com Ferreira (2006), esta cultura pertence ao centro de origem Abssínio, classificado por Vavilov, sendo essa região o local que se encontra a maior diversidade genética da espécie. Essa cultura apresenta inúmeras aplicações na área industrial e na produção de biodiesel, tendo assim, relevante importância econômica, além de social, devido ao fato de servir como importante fonte de renda para os pequenos produtores (GONELI, 2008).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial, com produção de 24 mil toneladas e produtividade relativamente baixa com $0,47 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo a produção nacional concentrada no Nordeste com 88,54 %, onde o Estado da Bahia é o maior produtor do país com uma produção de 10,4 mil toneladas, apresentando produtividade de $0,49 \text{ Mg ha}^{-1}$ (FAO, 2016; CONAB, 2017). Apesar do país ser um dos principais produtores mundiais dessa cultura, ainda apresenta déficit em óleo de mamona na ordem de 80 mil toneladas, sendo suprido por importação da Índia e da China (PINA et al., 2005).

Segundo Bajay (2009), no ano de 2008 o Brasil importou mais de 21 mil toneladas para atender a indústria desse óleo. Dessa forma, existe uma demanda pela produção de óleo de mamona, que pode ser alcançada com o desenvolvimento de genótipos altamente produtivos além de adaptados às condições edafoclimáticas de cada região produtora (BRASIL, 2005).

O desenvolvimento desses genótipos depende do melhoramento genético, em que pode-se vislumbrar a obtenção de variedades, híbridos e linhagens puras, sendo a polinização um fator que reflete no nível de homozigose e, conseqüentemente, na finalidade do genótipo. Além disso, o melhoramento genético ainda passa pelo estudo da adaptação de determinado genótipo para certo local, daí a importância de se avaliar em anos e locais diferentes, pois desse modo aumenta-se a precisão do melhorista ao selecionar os melhores genótipos (CRUZ et al, 2012).

A seleção de genótipos superiores pode ser dificultada em razão das características serem controladas por vários genes, em especial as características quantitativas, como produtividade de grãos. Contudo, o uso de parâmetros genéticos, tais como a herdabilidade e o ganho genético, podem orientar a seleção, de modo a torna-la mais eficiente (GAYA et al., 2006).

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o potencial produtivo e seleção de progênies de mamona da cultivar FCA-PB, resultantes de três tipos de polinizações, em duas safras e em dois municípios do Estado de São Paulo.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

Os experimentos foram desenvolvidos nas safras agrícolas 2004/2005 e 2005/2006, nos meses de outubro a maio, simultaneamente em dois municípios do Estado de São Paulo São Manuel e Araçatuba. O clima da cidade de São Manuel-SP, é do tipo Cfa, a temperatura média anual é entre 18 a 20 °C, com precipitação pluvial média anual entre 1000 a 1300 mm e altitude entre 600 a 800 metros. Com relação a cidade Araçatuba, de acordo a classificação de Köppen-Geiger é do tipo Aw, apresentando temperatura média anual de 22,2 °C, com pluviosidade média anual de 1206 mm e altitude em torno de 401 metros (Alvares et al., 2014),

1.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 90 x 2 x 2, sendo 90 progênies (advindas de três tipos polinização, a polinização livre (progênies 01 a 30), polinização cruzada (progênies 31 a 60) e a autofecundação (progênies 61 a 90)), 2 ambientes (São Manuel e Araçatuba) e 2 safras agrícolas (2004/2005 e 2005/2006), com três repetições. Vale ressaltar que as progênies de mamona foram obtidas a partir da população FCA-PB (desenvolvido pelo Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP/FCA).

1.2.3 Instalação e condução dos experimentos

Antes da instalação do experimento foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0,0 a 0,2 m. De posse dos resultados, foi realizada a adubação de fundação com 400 kg ha⁻¹ do adubo formulado 04-14-08.

O preparo do solo foi realizado de modo tradicional com duas arações e duas gradagens. Posteriormente, foram abertos os sulcos e distribuído o adubo com uma semeadora-adubadora tratorizada, regulada de acordo com o espaçamento de 1,0 m entre linhas.

Os plantios dos experimentos ocorreram em outubro de 2004 e 2005, onde foram colocadas três sementes manualmente a cada 0,5 m de sulcos, com profundidades de 4 a 8 centímetros, e dez dias após a emergência procedeu-se o desbaste deixando-se duas plantas por metro linear.

A parcela experimental consistiu em 3 linhas de 7 m de comprimento, tendo sido empregado o espaçamento de 1,0 x 0,5 m, onde foram consideradas como área útil, para coleta dos dados, a fileira central, descartando-se as duas primeiras plantas de cada extremidade.

Para garantir a germinação e uniformizar das plantas, de modo que a manutenção da umidade do solo para a cultura ocorresse de forma ideal, foi instalado um sistema de irrigação por aspersão, com lâmina variando de acordo a evapotranspiração da mamona, esse sistema foi usado apenas na fase inicial da cultura.

Devido ao longo ciclo dessa cultura, foi realizado o controle de plantas daninhas em três épocas durante o ciclo da cultura, sendo esse controle ocorrido de forma manual.

1.2.4 Caracteres avaliados

As colheitas foram realizadas em maio de 2005 e 2006, em que na ocasião se deu avaliação da produtividade de grãos (PG), em kg ha^{-1} , tendo sido pesado as sementes das cinco plantas centrais da parcela, corrigido para 13% de umidade e, em seguida estimada para hectare.

1.2.5 Análise estatística

Os dados aferidos foram submetidos à análise de variância e análise de variância conjunta, considerando-se os efeitos dos tratamentos como fixos. E quando necessário, foi aplicado a comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste de

Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, com o uso do software AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO, 2015).

1.2.6 Determinação de parâmetros genéticos

De posse dos dados de produtividade, foram calculados alguns parâmetros genéticos: herdabilidade ao nível de média, ganho genético esperado e o progresso genético estimado em porcentagem, conforme detalhado nas equações 1, 2, 3 e 4, reportadas por Cruz et al. (2012), sendo as equações expressas a seguir:

$$h^2 m = \frac{QMP - QME}{QMP} \quad (1)$$

Em que: $h^2 m$ = herdabilidade ao nível de média de progênie

QMP = Quadrado médio de progênie

QME = Quadrado médio do resíduo

$$\Delta G = i \frac{\sigma^2 p}{\sqrt{\sigma^2 p + \frac{\sigma^2 e}{r}}} \quad (2)$$

Em que: ΔG = Estimativa do progresso genético esperado com 20 % de intensidade de seleção em kg ha^{-1} .

i = 1,4 diferencial de seleção standardizado, correspondendo a 20% de intensidade de seleção (Vencovsky, 1980).

$\sigma^2 p$ = Variância genética entre as progênie (kg ha^{-1})², obtida por $\sigma^2 p =$

$$\frac{QML - QME}{r} \quad (3)$$

r = Número de repetições.

$\sigma^2 e$ = QME

$$G \% = \frac{\Delta G}{\hat{m}} \cdot 100 \quad (4)$$

Em que: G% = Progresso genético estimado em porcentagem em relação à média de produtividade de cada progênie.

ΔG = Estimativa do progresso genético esperado com 20 % de intensidade de seleção em kg ha⁻¹.

\hat{m} = Média de produtividade de cada progênie.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pela análise de variância conjunta entre progênies, locais e safras (Tabela 1) que a interação entre locais e safras não apresentou comportamento significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F, indicando que não houve influência entre local e safra, sugerindo que o grupo de progênies, em média, apresenta comportamento similar para a produtividade de grãos nos dois locais e duas safras.

Tabela 1 - Análise de variância conjunta entre progênies, locais e safras com relação a característica produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Fonte de variação	GL ⁽¹⁾	QM ⁽²⁾
Bloco/Local	4	2444572,63
Local	1	6191957,57**
Safra	1	2011912,03**
Progênie	89	1383597,44**
P. livre	29	1517654,72**
P. cruzada	29	937153,98**
Autopolinização	29	1361299,33**
Entre progênies	2	6236519,81**
Local x Safra	1	159870,00ns
Local x Progênie	89	1093284,65**
Safra x Progênie	89	918884,95**
Local x Safra x Progênie	89	1132049,00**
Tratamento	359	
Resíduo	716	119344,65
Total	1079	
CV ⁽³⁾	15,92	

** : Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e ns não significativo a 5 % de probabilidade, ambos pelo teste F. 1: Graus de liberdade; 2: Quadrado médio; 3: Coeficiente de variação.

Todavia, em todas as demais fontes de variação foram detectadas as respectivas significâncias ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, observando dessa forma variação entre as progênes de modo geral, como também entre os tipos de polinização e entre as progênes em cada método de polinização, indicando ganhos significativos com a seleção das melhores progênes.

Devido a significância da interação progênie x safra x local ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, desmembrou-se a análise de variância conjunta em duas, sendo uma análise de variância conjunta, progênes e locais, e a outra progênes e safras.

Na análise de variância conjunta entre progênes e locais, para cada safra (Tabela 2), observa-se que as progênes e os locais obtiveram o mesmo comportamento nas duas safras, tendo os fatores local e progênie, de modo geral, apresentado efeitos principais não significativos ao nível de 5 % de probabilidade e a interação progênie x local, polinização livre, polinização cruzada, autopolinização e entre esses três tipos de polinização significância ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 - Análise de variância conjunta entre progênes e locais, para cada safra, com relação a característica produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Fonte de variação	GL ⁽¹⁾	QM ⁽²⁾	
		Safra 2004/2005	Safra 2005/2006
Bloco/Local	4	1515510,49	1141257,40
Local	1	4170855,12ns	2180972,45ns
Progênie	89	1042230,68ns	1260251,71ns
P. livre	29	1235607,81**	986907,17**
P. cruzada	29	647885,86**	929027,44**
Autopolinização	29	827185,07**	1360333,61**
Entre grupos	2	7074423,67**	8575311,77**
Progênie x Local	89	1235473,31**	989860,34**
Tratamento	179		
Resíduo	356	123476,26	114169,77
Total	539		
CV ⁽³⁾		15,87	14,66

** e ns: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e não significativo a 5 % de probabilidade, ambos pelo teste F. ¹: Graus de liberdade; ²: Quadrado médio; ³: Coeficiente de variação.

Em decorrência das significâncias da análise de variância conjunta, se fez necessário a aplicação do teste de comparação entre médias (Tabela 3), pode-se observar que, na safra 2004/2005, 54% das progênes apresentaram diferença na produtividade entre os locais, e na safra 2005/2006 44%.

Tabela 3 - Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das progênes e locais, para cada safra.

(continua)

Progênie	Safra 2004/2005		Progênie	Safra 2005/2006	
	São Manuel	Araçatuba		São Manuel	Araçatuba
1	2887 aA ⁽¹⁾	2494 bA	1	2946 bA	2686 dA
2	1867 cA	1463 dA	2	1860 dA	2412 dA
3	2821 aA	1772 dB	3	2772 cA	2662 dA
4	1990 cA	1503 dA	4	2004 dB	3096 dA
5	3002 aA	2055 cB	5	2988 bA	2455 dA
6	2240 bA	2805 bA	6	2208 dA	2171 eA
7	2887 aA	1584 dB	7	2928 bA	2848 dA
8	3282 aB	3904 aA	8	3276 bA	2255 eB
9	1709 cB	2315 cA	9	1674 eB	3524 bA
10	2750 aA	1641 dB	10	2796 cA	2881 dA
11	2048 cA	2614 bA	11	2028 dB	3205 cA
12	1960 cA	2032 cA	12	1890 dB	2738 dA
13	1255 dB	2560 bA	13	1086 eB	2487 dA
14	1431 dA	1037 dA	14	1476 eB	3064 dA
15	2368 bA	2870 bA	15	2364 cA	2535 dA
16	1591 cA	3122 aB	16	1500 eB	2930 dA
17	1454 dA	1930 cA	17	1494 eB	2685 dA
18	2144 bA	2247 cA	18	2130 dB	2982 dA
19	2189 bB	2778 bA	19	2190 dA	2622 dA
20	1914 cA	1258 dB	20	1884 dA	2103 eA
21	2513 bA	2741 bA	21	2484 cB	3280 cA
22	2976 aA	1359 dB	22	2958 bA	1132 gB
23	1597 cB	2635 bA	23	1650 eA	1645 fA
24	2491 bA	2562 bA	24	2574 cA	1885 eB
25	2228 bA	1762 dA	25	2136 dA	1506 fB
26	2497 bA	1911 cB	26	2520 cA	2187 eA
27	2372 bA	2479 bA	27	2352 cA	2213 eA
28	2333 bB	3478 aA	28	2184 dA	1666 fA
29	1421 dB	2123 cA	29	1524 eA	1536 fA
30	1462 dB	3066 aA	30	1488 eA	1440 fA
31	2796 aA	2669 bA	31	2167 dB	3052 dA
32	1874 cB	3158 aA	32	2305 cB	3862 bA
33	2832 aA	2004 cB	33	2046 dA	2341 dA
34	2006 cA	2080 cA	34	2125 dB	2706 dA
35	2985 aA	2864 bA	35	2782 cA	2606 dA
36	2214 bA	2299 cA	36	2170 dA	2576 dA

Tabela 3 - Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das progênie e locais, para cada safra.

(continuação)

Progênie	Safra 2004/2005		Progênie	Safra 2005/2006	
	São Manuel	Araçatuba		São Manuel	Araçatuba
37	2967 aA	1894 cB	37	3102 bA	2121 eB
38	3262aA	2390 bB	38	2459 cA	2578 dA
39	1695 cA	1645 dA	39	2338 cA	2706 dA
40	2776 aA	1708 dB	40	2125 dB	3693 bA
41	2090 bA	2360 cA	41	2314 cB	3759 bA
42	1895 cB	3154 aA	42	2317 cA	2609 dA
43	1107 dB	3300 aA	43	2638 cA	2575 dA
44	1681 cB	3307 aA	44	2864 bA	2696 dA
45	2393 bA	2941 bA	45	2481 cA	2532 dA
46	1621 cB	3407 aA	46	2508 cA	2151 eA
47	1524 dB	2316 cA	47	1815 dB	2667 dA
48	2180 bA	2586 bA	48	2409 cA	1994 eA
49	2218 bB	3297 aA	49	4171 aA	2253 eB
50	1884 cA	1830 cA	50	2785 cA	2695 dA
51	2524 bA	2349 cA	51	1973 dA	2034 eA
52	2967 aA	1544 dB	52	1725 eB	2825 dA
53	1618 cB	2600 bA	53	1953 dB	2561 dA
54	2521 bA	2485 bA	54	1973 dA	1517 fA
55	2220 bB	3107 aA	55	3361 bA	2960 dA
56	2519 bB	3377 aA	56	2536 cA	2424 dA
57	2358 bB	3219 aA	57	2587 cA	1761 fB
58	2316 bA	2748 bA	58	2620 cB	3639 bA
59	1443 dB	2251 cA	59	2106 dB	2661 dA
60	1549 dB	2793 bA	60	1536 eA	1677 fA
61	1462 dB	3665 aA	61	1916 dA	1144 gB
62	2369 bA	2733 bA	62	2279 cA	1873 eA
63	2237 bA	2193 cA	63	2392 cA	1067 gB
64	1761 cA	1763 dA	64	1700 eB	2404 dA
65	2095 bA	1980 cA	65	1804 dA	1906 eA
66	2299 bA	2809 bA	66	1590 eA	1686 fA
67	1563 dB	2305 cA	67	1488 eA	1219 gA
68	1658 cB	3227 aA	68	2348 cA	1751 fB
69	1461 dA	1927 cA	69	1794 dA	1711 fA
70	1337 dB	2824 bA	70	2646 cA	2237 eA
71	2158 bB	2808 bA	71	1564 eB	2489 dA
72	1149 dB	1776 dA	72	2618 cA	2126 eA
73	2433 bA	1881 cA	73	2424 cA	1054 gB
74	1338 dA	1632 dA	74	2732 cA	2379 dA
75	2507 bA	1963 cA	75	3150 bA	1968 eB
76	2229 bA	2207 cA	76	1332 eB	2275 eA
77	2512 bA	1618 dB	77	2484 cA	2085 eA
78	3197 aA	1261 dB	78	2292 cA	2057 eA
79	1224 dB	2042 cA	79	3078 bA	3173 cA
80	2484 bA	1479 dB	80	1340 eA	1633 fA

Tabela 3 - Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das progênie e locais, para cada safra.

(continuação)					
Progênie	Safra 2004/2005		Progênie	Safra 2005/2006	
	São Manuel	Araçatuba		São Manuel	Araçatuba
81	2107 bA	906 dB	81	1950 dB	4453 aA
82	2830 aA	1494 dB	82	1608 eB	2436 dA
83	1231 dB	1985 cA	83	3480 bA	2212 eB
84	1792 cA	2244 cA	84	1620 eA	1843 eA
85	1478 dA	1473 dA	85	1968 dB	2558 dA
86	3200 aA	1582 dB	86	2642 cA	2397 dA
87	1253 dA	1162 dA	87	1668 eB	2301 eA
88	1709 cA	1997 cA	88	1152 eA	1480 fA
89	2729 aA	1619 dB	89	2172 dA	1614 fB
90	1335 dB	2338 cA	90	1926 dA	1660 fA
Média	2121	2296	Média	2231	2358

¹: Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna e letras maiúsculas na linha (em cada safra), não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Como a interação progênie x local foi significativa e grande parte das progênie apresentam diferença entre os locais de produção é natural e importante em melhoramento genético que cada progênie se adeque melhor a determinado ambiente, pois desse modo os melhoristas podem atuar visando a seleção de genótipos com maior nível de estabilidade fenotípica, como também o desenvolvimento de cultivares ou linhagens adaptadas a determinada região, em detrimento de ganhos genéticos e precisão na seleção (TORRES et al., 2015).

Assim, as progênie que apresentaram maior produtividade de grãos na safra 2004/2005 em São Manuel foram: 1, 3, 5, 7, 10, 22, 31, 33, 35, 37, 38, 40, 52, 78, 82, 86 e 89, apresentando variação de 2729 a 3262 kg ha^{-1} e em Araçatuba 8, 28, 30, 32, 42, 43, 44, 46, 49, 55, 56, 57, 61 e 68, sendo a variação de 3107 a 3904 kg ha^{-1} . Indicando o potencial genético das progênie acima mencionadas, e detendo rendimentos cerca de cinco vezes maiores em comparação com a produtividade nacional na safra dos experimentos (CONAB, 2017).

Com relação à safra 2005/2006 a progênie 49 cultivada no município de São Manuel alcançou 4171 kg ha^{-1} de produtividade de grãos e, a progênie 81 na cidade de Araçatuba obteve rendimento de 4453 kg ha^{-1} . Em que a alta produtividade da progênie 49 pode ser explicada pelo tipo de fecundação que foi originada, a qual

foi por polinização cruzada, sendo este método o que provoca o maior nível de heterose, podendo esta progênie resultar em híbridos altamente produtivos, como também é explicada pela boa capacidade de combinação entre os seus parentais, em que cada parental possuía genes favoráveis complementares com o outro parental (BERNINI et al., 2013).

Com relação a progênie 81, por se tratar de uma progênie originada por autopolinização, que proporciona o maior nível de homozigose, o seu rendimento de grãos é de certa maneira surpreendente, haja visto que a sua produtividade foi cerca de seis vezes a média nacional da safra 2005/2006 (714 kg ha^{-1} , CONAB, 2017), contudo como a mamona é uma espécie de tipo de reprodução tido como misto, pode ter ocorrido a diminuição dos efeitos deletérios advindos do aumento da homozigose.

Nessa safra várias das progênies apresentaram alta produtividade de grãos em São Manuel foram: 1, 5, 7, 8, 22, 37, 75, 79 e 83 apresentando variação de 2928 a 3480 kg ha^{-1} , e em Araçatuba 9, 11, 21, 40, 41 e 79, apresentando variação de 3173 a 3759 kg ha^{-1} .

Com base na análise variância conjunta entre progênies e safras, para cada local (Tabela 4), é possível notar para o município de São Manuel que apenas o fator safras não foi significativo, apresentando todos os demais fatores significância à 1 % de probabilidade pelo teste F. Com relação ao município de Araçatuba, os fatores safras e progênies não foram significativos, contudo quando observa-se os tipos de polinizações e a interação safra x progênie é nítida a significância a 1 % de probabilidade pelo teste F. Devido a significância da interação safra x progênies nos dois municípios foi aplicado o teste de comparação de médias.

Tabela 4 - Análise de variância conjunta entre progênie e safras, para cada local, com relação a característica produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Fonte de variação	GL ⁽¹⁾	QM ⁽²⁾	
		São Manuel	Araçatuba
Bloco/Safra	4	2296415,82	360352,07
Safra	1	1653028,02ns	518754,02ns
Progênie	89	1289843,20**	1187038,89ns
P. livre	29	1861564,31**	1130569,31**
P. cruzada	29	917613,48**	844791,89**
Autopolinização	29	957129,58**	676509,46**
Entre grupos	2	3221565,69**	14371105,81**
Safra x Progênie	89	642306,05**	1408627,90**
Tratamento	179		
Resíduo	356	120881,67	116764,36
Total	539		
CV ⁽³⁾		15,95	14,61

** e ns: Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e não significativo a 5 % de probabilidade, ambos pelo teste F. ¹: Graus de liberdade; ²: Quadrado médio; ³: Coeficiente de variação.

Ao que concerne à produtividade de grãos das progênie e safras, para cada local (Tabela 5), observa-se que o município de Araçatuba proporcionou a maior produtividade média, apresentando 19 progênie com produtividade acima de 3000 kg ha⁻¹, o que pode ser atribuído a condições ambientais mais favoráveis. No entanto, houve progênie que exibiram altas produtividades em São Manuel apresentando 10 progênie com produtividade acima de 3000 kg ha⁻¹, em razão da capacidade adaptativa de cada progênie.

Tabela 5 - Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das progênie e safras, para cada local.

(continua)					
Progênie	São Manuel		Progênie	Araçatuba	
	Safra			Safra	
	2004/2005	2005/2006		2004/2005	2005/2006
1	2887 aA ⁽¹⁾	2946 bA	1	2494 bA	2686 dA
2	1867 cA	1860 dA	2	1463 dB	2412 dA
3	2821 aA	2772 cA	3	1772 dB	2662 dA
4	1990 cA	2004 dA	4	1503 dB	3096 dA
5	3002 aA	2988 bA	5	2055 cA	2455 dA
6	2240 bA	2208 dA	6	2805 bA	2171 eB
7	2887 aA	2928 bA	7	1584 dB	2848 dA

Tabela 5 - Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das progênes e safras, para cada local.

(continuação)

Progênie	São Manuel		Progênie	Araçatuba	
	Safr			Safr	
	2004/2005	2005/2006		2004/2005	
8	3282 aA	3276 bA	8	3904 aA	2255 eB
9	1709 cA	1674 eA	9	2315 cB	3524 bA
10	2750 aA	2796 cA	10	1641 dB	2881 dA
11	2048 cA	2028 dA	11	2614 bB	3205 cA
12	1960 cA	1890 dA	12	2032 cB	2738 dA
13	1255 dA	1086 eA	13	2560 bA	2487 dA
14	1431 dA	1476 eA	14	1037 dB	3064 dA
15	2367 bA	2364 cA	15	2870 bA	2535 dA
16	1591 cA	1500 eA	16	3122 aA	2930 dA
17	1454 dA	1494 eA	17	1930 cB	2685 dA
18	2144 bA	2130 dA	18	2247 cB	2982 dA
19	2189 bA	2190 dA	19	2778 bA	2622 dA
20	1914 cA	1884 dA	20	1258 dB	2103 eA
21	2513 bA	2484 cA	21	2741 bA	3280 cA
22	2976 aA	2958 bA	22	1359 dA	1132 gA
23	1597 cA	1650 eA	23	2635 bA	1645 fB
24	2491 bA	2574 cA	24	2562 bA	1885 eB
25	2228 bA	2136 dA	25	1762 dA	1506 fA
26	2497 bA	2520 cA	26	1911 cA	2187 eA
27	2372 bA	2352 cA	27	2479 bA	2213 eA
28	2332 bA	2184 dA	28	3478 aA	1666 fB
29	1421 dA	1524 eA	29	2123 cA	1536 fB
30	1462 dA	1488 eA	30	3066 aA	1440 fB
31	2796 aA	2167 dB	31	2669 bA	3052 dA
32	1874 cA	2305 cA	32	3158 aB	3862 bA
33	2832 aA	2046 dB	33	2004 cA	2341 dA
34	2006 cA	2125 dA	34	2080 cB	2706 dA
35	2985 aA	2782 cA	35	2864 bA	2606 dA
36	2214 bA	2170 dA	36	2299 cA	2576 dA
37	2967 aA	3102 bA	37	1894 cA	2121 eA
38	3262 aA	2459 cB	38	2390 bA	2578 dA
39	1695 cB	2338 cA	39	1645 dB	2706 dA
40	2776 aA	2125 dB	40	1708 dB	3693 bA
41	2090 bA	2314 cA	41	2360 cB	3759 bA
42	1895 cA	2317 cA	42	3154 aA	2609 dA
43	1107 dB	2638 cA	43	3300 aA	2575 dB
44	1681 cB	2864 bA	44	3307 aA	2696 dB
45	2393 bA	2481 cA	45	2941 bA	2532 dA
46	1621 cB	2508 cA	46	3407 aA	2151 eB
47	1524 dA	1815 dA	47	2316 cA	2667 dA
48	2180 bA	2409 cA	48	2586 bA	1994 eB
49	2218 bB	4171 aA	49	3297 aA	2253 eB

Tabela 5 - Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das progênie e safras, para cada local.

(continuação)

Progênie	São Manuel		Progênie	Araçatuba	
	Safr			Safr	
	2004/2005	2005/2006		2004/2005	2005/2006
50	1884 cB	2785 cA	50	1830 cB	2695 dA
51	2524 bA	1973 dA	51	2349 cA	2034 eA
52	2967 aA	1725 eB	52	1544 dB	2825 dA
53	1618 cA	1953 dA	53	2600 bA	2561 dA
54	2521 bA	1973 dA	54	2485 bA	1517 fB
55	2220 bB	3361 bA	55	3107 aA	2960 dA
56	2519 bA	2536 cA	56	3377 aA	2424 dB
57	2358 bA	2587 cA	57	3219 aA	1761 fB
58	2316 bA	2620 cA	58	2748 bB	3639 bA
59	1443 dB	2106 dA	59	2251 cA	2661 dA
60	1549 dA	1536 eA	60	2793 bA	1677 fB
61	1462 dA	1916 dA	61	3665 aA	1144 gB
62	2369 bA	2279 cA	62	2733 bA	1873 eB
63	2237 bA	2392 cA	63	2193 cA	1067 gB
64	1761 cA	1700 eA	64	1763 dB	2404 dA
65	2095 bA	1804 dA	65	1980 cA	1906 eA
66	2299 bA	1590 eB	66	2809 bA	1686 fB
67	1563 dA	1488 eA	67	2305 cA	1219 gB
68	1658 cB	2348 cA	68	3227 aA	1751 fB
69	1461 dA	1794 dA	69	1927 cA	1711 fA
70	1337 dB	2646 cA	70	2824 bA	2237 eB
71	2158 bA	1564 eB	71	2808 bA	2489 dA
72	1149 dB	2618 cA	72	1775 dA	2126 eA
73	2433 bA	2424 cA	73	1880 cA	1054 gB
74	1338 dB	2732 cA	74	1632 dB	2379 dA
75	2507 bB	3150 bA	75	1962 cA	1968 eA
76	2229 bA	1332 eB	76	2207 cA	2275 eA
77	2512 bA	2484 cA	77	1618 dA	2085 eA
78	3197 aA	2292 cB	78	1261 dB	2057 eA
79	1224 dB	3078 bA	79	2042 cB	3173 cA
80	2484 bA	1340 eB	80	1479 dA	1633 fA
81	2107 bA	1950 dA	81	906 dB	4453 aA
82	2830 aA	1608 eB	82	1494 dB	2436 dA
83	1231 dB	3480 bA	83	1985 cA	2212 eA
84	1792 cA	1620 eA	84	2244 cA	1843 eA
85	1478 dA	1968 dA	85	1473 dB	2558 dA
86	3200 aA	2642 cA	86	1582 dB	2397 dA
87	1253 dA	1668 eA	87	1162 dB	2301 eA
88	1709 cA	1152 eA	88	1997 cA	1480 fA
89	2729 aA	2172 dA	89	1619 dA	1614 fA
90	1335 dB	1926 dA	90	2338 cA	1660 fB
Média	2119	2231	Média	2296	2358

¹: Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna e letras maiúsculas na linha (em cada safra), não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Na análise do fator safra, nota-se que de modo geral que a safra 2005/2006 obteve as maiores médias gerais, na ordem de 2231 e 2358 kg ha⁻¹ para São Manuel e Araçatuba, respectivamente, indicando que nessa safra pode ter havido melhores condições para expressão do potencial produtivo das progênies.

As melhores combinações em São Manuel, média entre as safras, foram as progênies 1, 5, 7, 8, 22, 37, 49 e 86, variando de 2907 a 3279 kg ha⁻¹, ressaltando que as progênies 37 e 49 foram as mais produtivas. Para o município de Araçatuba, os melhores valores médios entre as safras, surgiram da combinação entre as progênies 8, 9, 11, 16, 21, 32, 41, 43, 44, 49, 55, 56 e 58, tendo essas progênies produtividade variando de 2900 a 3510 kg ha⁻¹, e a progênie 81 com a safra 2005/2006 com rendimento de 4453 kg ha⁻¹.

É oportuno observar que as melhores progênies em São Manuel não se repetiram de uma safra para outra, como também para o município de Araçatuba, indicando que a grande maioria das progênies exibem baixa estabilidade de produtividade (RIBEIRO et al., 2008).

Contudo, a estabilidade de produtividade é um importante elemento levado em consideração na escolha da cultivar por parte do produtor, desse modo nota-se que as progênies como produtividades intermediárias, dentro do grupo amostrado, foram as mais estáveis, e ressalta-se que suas produtividades são excelentes quando comparadas a média regional que foi de 443 kg ha⁻¹ na safra 2016/2017 (CONAB, 2017).

As progênies 1, 5, 6, 8, 15, 18, 19, 21, 27, 31, 35, 36, 38, 45, 49, 55, 56, e 58 exibem determinado nível de estabilidade com produtividade em acima de 2100 kg ha⁻¹, nas diferentes cidades e safras, sendo elas selecionadas por esses aspectos, e podendo ser utilizadas para obtenção de novas cultivares e híbridos (MACHADO et al., 2008).

Pode-se observar que das progênies mais estáveis pré-selecionadas, 9 são advindas de polinização livre e as outras 9 de polinização cruzada, podendo estas 9 progênies da polinização cruzada resultar em híbridos altamente produtivos (BERNINI et al., 2013).

Houve variação nas médias dos tipos de polinização tanto para a safra 2004/ 2005 e 2005/2006 quanto para as cidades de São Manuel e Araçatuba ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, indicando a possibilidade de sucesso com a seleção dos melhores genótipos (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo das análises de variância dos três tipos de polinização para as progênes de mamona em duas cidades do Estado de São Paulo e em duas safras.

Safra	Cidade	Progênie	QMP ⁽¹⁾	QME ⁽²⁾	Média	CV ⁽³⁾
2004/ 2005	São Manuel	Livre	918868,97**		2189,36	
		Cruzada	888429,87**	107545,93	2201,14	15,46
		Autop.	1089343,40**		1971,23	
	Araçatuba	Livre	1395197,52**		2270,01	
		Cruzada	956515,92**	139406,58	2589,35	16,25
		Autop.	1148519,56**		2029,68	
2005/ 2006	São Manuel	Livre	948342,28**		2178,80	
		Cruzada	811487,90**	134217,39	2409,68	16,41
		Autop.	1012533,89**		2105,22	
	Araçatuba	Livre	1112362,50**		2427,68	
		Cruzada	1004970,94**	94122,13	2607,72	13,00
		Autop.	1335967,10**		2039,61	

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. ¹: Quadrado médio de progênes; ²: Quadrado médio do resíduo; ³: Coeficiente de variação.

Os coeficientes de herdabilidade estimados ao nível de médias das progênes em relação ao caráter produtividade de grãos variaram de 0,83 a 0,93, sendo observado os maiores valores na safra 2005/2006 no município de Araçatuba (Tabela 7), vale ressaltar que na mesma condição, também é perceptível os maiores ganhos genético estimados com a seleção das progênes 20 % melhores, atingindo um ganho de 42,58 % em relação as médias das progênes que foram autofecundadas.

Tabela 7 - Estimativas de parâmetros genéticos com relação aos três tipos de polinização para as progênies de mamona em duas cidades do Estado de São Paulo e em duas safras.

Safra	Cidade	Progênie	σ^2_p ⁽¹⁾	σ^2_e ⁽²⁾	$h^2 m$ ⁽³⁾	ΔG ⁽⁴⁾	G % ⁽⁵⁾
2004/ 2005	São Manuel	Livre	270441,01**	107545,94	0,88	684,12	31,25
		Cruzada	260294,64**	107545,94	0,88	669,64	30,42
		Autopol.	327265,82**	107545,94	0,90	760,34	38,57
	Araçatuba	Livre	418596,98**	139406,58	0,90	859,34	37,86
		Cruzada	272369,78**	139406,58	0,85	675,31	26,08
		Autopol.	336370,99**	139406,58	0,88	761,09	37,50
2005/ 2006	São Manuel	Livre	271374,963**	134217,39	0,86	675,73	31,01
		Cruzada	225756,837**	134217,39	0,83	607,70	25,22
		Autopol.	292772,167**	134217,39	0,87	705,53	33,51
	Araçatuba	Livre	339413,457**	94122,13	0,92	780,36	32,14
		Cruzada	303616,27**	94122,13	0,91	734,41	28,16
		Autopol.	413948,323**	94122,13	0,93	868,43	42,58

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. ¹: Estimativas da variância genética entre progênies (kg ha⁻¹)². ²: Estimativas da variância ambiental (kg ha⁻¹)². ³: Estimativas do coeficiente de herdabilidade ao nível de média de progênies. ⁴: Progresso genético estimado com 20 % de intensidade de seleção (kg ha⁻¹). ⁵: Progresso genético estimado em relação à média de cada tipo de polinização para a característica produtividade de grãos.

A significância das variâncias das progênies (genéticas) ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para os quatro experimentos, indica a existência de variabilidade genética dentre as progênies de cada tipo de polinização e possibilita ganhos genéticos por via de seleção (SILVEIRA et al., 2016). Esse efeito significativo, em especial as progênies provenientes de autopolinização, em que dos quatro experimentos obtiveram maiores ganhos percentuais em três deles, pode estar relacionado com ao maior nível de homozigose, expressando com isso maior divergência entre as progênies, o que permite a percentuais de ganhos genéticos maiores (VARGAS-REEVE et al., 2013).

É válido mencionar que, de modo geral, na cidade de Araçatuba foram observados as maiores estimativas de herdabilidade, indicando que além da possibilidade de ganho genético com a seleção das progênies, esse ambiente também propicia a escolha de progênies mais estáveis, sendo esse raciocínio partilhado por Silva et al. (2011), que observou relação entre a herdabilidade e a estabilidade fenotípica frente às variações do ambiente (SILVEIRA et al., 2016; PASSOS et al.,

2010). Altas estimativas de herdabilidade também demonstram um bom controle genético, pressupondo-se que a maior parte da variação observada nas plantas de mamona foi de natureza genética (CRUZ NETO et al., 2016).

Ao que concerne aos ganhos genéticos estimados com intensidade de seleção de 20 % (ΔG) e os ganhos genéticos estimados em porcentagem da média de cada tipo de polinização (G %), pode-se afirmar que apresentaram os maiores valores para o município de Araçatuba, sendo este o local mais indicado para se fazer seleção, pois as progênies selecionadas para esse ambiente possivelmente terão uma maior estabilidade.

Vale salientar, que na época em que foram conduzidos os experimentos, a região das duas cidades é caracterizada pela maior precipitação pluviométrica e maiores temperaturas, condições estas, apropriadas para o bom desenvolvimento da cultura da mamona, o que pode ter influenciado as progênies a expressarem o seu potencial genotípico, o que refletiu em altas estimativas de herdabilidade, possibilitando maiores ganhos genéticos com a seleção (CRUZ NETO et al., 2016).

1.4 CONCLUSÕES

Tanto o município de Araçatuba quanto a safra 2005/2006 proporcionaram melhores expressões do potencial produtivo das progênies, indicando seus potenciais genéticos, o que facilita e aumenta a precisão da seleção dos melhores genótipos.

As progênies selecionadas foram as progênies 1, 5, 6, 8, 15, 18, 19, 21 e 27 (originadas pela polinização livre), como também as progênies 31, 35, 36, 38, 45, 49, 55, 56 e 58 (advindas da polinização cruzada) todas por apresentarem produtividade acima de 2100 kg ha⁻¹, independentemente da safra e da cidade, sugerindo haver algum nível de estabilidade, e podendo elas serem utilizadas para obtenção de novas cultivares e híbridos.

O município de Araçatuba apresentou as maiores estimativas de herdabilidade, especialmente as progênies autofecundadas, em que proporcionaram que as linhagens apresentassem comportamento produtivo mais estáveis, o que aumenta a eficiência da seleção de genótipos superiores.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- BAJAY, M. M. **Desenvolvimento de marcadores microssatélites e caracterização do germoplasma de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 96f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2009.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396 p.
- BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES, P. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F₂ de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Seção 1, p. 08.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras: série histórica das safras**. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
- CRUZ NETO, A. J.; ROSA, R. C. C.; OLIVEIRA, E. J.; SAMPAIO, S. R.; SANTOS, I. S.; SOUZA, P. U.; PASSOS, A. R.; JESUS, O. N. Genetic parameters, adaptability and stability to selection of yellow passion fruit hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 321-329, 2016.
- CRUZ, A.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas: métodos de melhoramento**. Maceió: EDUFAL, 2006. 110 p.

FAO. Food and Agricultura Organization of the United States Nations. **Faostat**. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 20 mai. 2018.

GAYA, L. G.; MOURÃO, G. B.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos de características de desempenho, carcaça e composição corporal em frangos. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 709-716, 2006.

GONELI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

MACHADO, J. C.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P.; LIMA, J. L. Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos de milho oriundos de um mesmo conjunto gênico. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 627-631, 2008.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; SOUZA, C. S.; SOUZA, C. M. M.; FERNANDES, L. S. Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 709-714, 2010.

PINA, M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; VILLENEUVE, P.; LAGO, R. Novas alternativas de valorização para dinamizar a cultura da mamona no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 2, p. 453-462, 2005.

RIBEIRO, N. D.; ANTUNES, I. F.; SOUZA, J. F.; POERSCH, N. L. Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2434-2440, 2008.

SILVA, J. A. G.; BANDEIRA, T. P.; MANJABOSCO, C. D.; KRÜGUER, C. A. M. B.; SILVA, S. D. A.; CRESTANI, M.; CARBONERA, R. Caracterização e herdabilidade em caracteres morfológicos e fisiológicos da mamona. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 17, n. 3-4, p. 348-358, 2011.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; WEBER, H.; DAROS, E.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Selection in energy cane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 298-306, 2016.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A. M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 15-20, 2015.

VARGAS-REEVE, F.; MORA, F.; PERRET, S.; SCAPIM, C. A. Heritability of stem straightness and genetic correlations in *Eucalyptus cladocalyx* in the semi-arid region of Chile. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 2, p. 107-112, 2013.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1980. 122-201 p.

CAPÍTULO 2

DEPRESSÃO ENDOGÂMICA DE PROGÊNIES DE MAMONA, ORIUNDAS DA CULTIVAR FCA-PB, RESULTANTES DE TRÊS TIPOS DE POLINIZAÇÕES

RESUMO

O óleo da mamona (*Ricinus communis* L.), apesar de sua ampla gama de utilização, ainda apresenta um déficit relevante no mercado brasileiro. Esse déficit poderia ser amenizado ou extinto com o aumento da produtividade, na qual o aspecto genético tem grande contribuição. Os genótipos mais produtivos são as variedades híbridas, no entanto para a obtenção dos híbridos são necessárias linhagens puras que apresentem características agronômicas apropriadas e que expressem o mínimo de depressão endogâmica. Desse modo, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a depressão endogâmica de progênies de mamona, oriundas da cultivar FCA-PB, resultantes de três tipos de polinizações. Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 30 x 3, sendo 30 progênies e 3 tipos de polinização (livre, cruzada e autopolinização), em 2 ambientes (São Manuel e Araçatuba) e em 2 safras (2004/2005 e 2005/2006), com três repetições. Estimou-se a depressão por endogamia sob a variável produtividade de grãos. Observou-se que a polinização cruzada apresentou produtividade de grãos próximo de 2500 kg ha⁻¹, na qual determinou-se o menor coeficiente de endogamia, zero (0). Contrapondo-se a autopolinização, a qual propiciou a menor produtividade, em torno de 2000 kg ha⁻¹ e o maior coeficiente de endogamia sendo de 0,77. O reflexo do coeficiente de endogamia na produtividade apresenta comportamento inversamente proporcional, ou seja, a medida que se aumenta o coeficiente de endogamia diminui-se a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Ricinus communis*, melhoramento genético, coeficiente de endogamia, distribuição de frequência.

CHAPTER 2

INBREEDING DEPRESSION OF PROGENIES OF castor bean, FROM OF THE VARIETY FCA-PB, RESULTS OF THREE TYPES OF POLLINATIONS

ABSTRACT

Oil of castor bean (*Ricinus communis* L.), despite its wide range of use, still present a relevant deficit in the Brazilian market. This deficit could be softened or extinguished with increased productivity, in which the genetic aspect has a great contribution. The most productive genotypes are the hybrid varieties, however for obtaining the hybrids pure lineages are required which have appropriate agronomic characteristics and that express the minimum of inbreeding depression. Thus, the objective of this research was to evaluate the inbreeding depression of castor bean progenies, from the cultivar FCA-PB, resulting from three types of pollination. The experiments were implanted in design in randomized blocks, in the 30 x 3 factorial scheme, being 30 progenies and 3 types of pollination (free, cross and self-pollination), in 2 environments (São Manuel and Araçatuba) and in 2 crops (2004/2005 and 2005/2006), with three replications. Inbreeding depression was estimated under the grain productivity variable. It was observed that cross-pollination presented grain productivity close to 2500 kg ha⁻¹, in which the lowest coefficient of inbreeding was determined, zero (0). Opposed It self-pollination, in which resulted in lower productivity, around 2000 kg ha⁻¹, and the highest inbreeding coefficient being of 0.77. The reflection of the coefficient of inbreeding on productivity presents inversely proportional behavior, ie, the measure that increases the coefficient of inbreeding decreases the grain yield.

Keywords: *Ricinus communis*, breeding, inbreeding coefficient, frequency distribution.

2.1 INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma cultura com elevado valor socioeconômico, sendo assim uma importante fonte de receita para o país. O óleo desta oleaginosa exibe grande relevância, devido ao fato de inexistir substitutos adequados em muitas aplicações industriais (CHIERICE & CLARO NETO, 2007; VIEIRA & LIMA, 1999). Dentre os seus constituintes, o ácido ricinoléico se destaca em termos de proporção e apresenta moléculas com propriedades e estruturas diferentes entre os demais ácidos graxos existentes nos óleos vegetais (MOSHKIN, 1986). Estas propriedades e estrutura diferenciada conferem características peculiares ao óleo de mamona, permitindo com isso a utilização em mais de 400 processos na área industrial e farmacêutica (VIEIRA & LIMA, 1999).

No cenário mundial, o Brasil se apresenta como o quarto maior produtor da mamoneira, obtendo produção de 24 mil toneladas e produtividade de 0,47 Mg ha⁻¹. Tendo o Estado da Bahia a maior produção nacional com 10,4 mil toneladas, apresentando produtividade de 0,49 Mg ha⁻¹ (FAO, 2016; CONAB, 2017). Apesar da abrangência de utilização do óleo da mamona, o Brasil importou, no ano de 2013, 5 mil toneladas em óleo (FAO, 2016).

Porém, a obtenção de genótipos produtivos e adaptados às condições edafoclimáticas de cada região produtora seria uma estratégia para aumentar a produtividade e diminuir a dependência de importação do óleo de mamona (TOPPA et al., 2018). Sendo as variedades híbridas, as quais proporcionam as plantas mais uniformes e produtivas, devido ao fato de explorarem a heterose entre linhagens puras (LOPES et al, 2008).

Contudo, para a obtenção dessas linhagens puras é imprescindível que as populações tenham o mínimo de endogamia, pois a endogamia pode resultar em efeitos prejudiciais. Assim, obter linhagens puras com o mínimo de endogamia é fundamental para os programas de melhoramento. Desse modo, o conhecimento da forma de polinização que resulte no menor nível de endogamia é bastante relevante (BORÉM, 2005; BUENO et al., 2006; BORÉM & MIRANDA, 2013; TOPPA, 2012).

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a depressão endogâmica de progênies de mamona, oriundas da cultivar FCA-PB, resultantes de três tipos de polinizações.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Obtenção das progênes

Na safrinha de 2003, tanto no município de São Manuel como também em Araçatuba, foram obtidas progênes de polinização aberta, cruzada e de autopolinização, em 30 plantas da cultivar FCA-PB, perfazendo então um total de 30 progênes para cada tipo de fecundação.

As progênes autopolinizadas foram obtidas através da proteção das inflorescências em antese, com sacos de papel impermeável de modo a conter o pólen e criar a atmosfera de grãos de pólen no interior do saco, favorecendo a fertilização das flores femininas e evitar contaminações com pólenes diferentes (SAVY FILHO, 2009).

No caso de progênes obtidas por polinização cruzada, as hibridações foram precedidas por emasculação do racemo do genitor feminino, que recebeu o pólen, e em seguida protegidos com sacos de papel de dimensões adequadas. Para a polinização, os grãos de pólen foram obtidos a partir de uma mistura de pólen de 100 plantas aleatórias da população original de flores femininas, em seguida os grãos de pólen foram espalhados e posteriormente os cachos ensacados (SAVY FILHO, 2009).

Nas progênes de polinização livre, não foram tomadas nenhuma medida específica, apenas a coleta das sementes.

As sementes das progênes foram guardadas em câmara fria para diminuir a sua respiração, para com isso manter ou perder o mínimo possível do poder de germinação e vigor das sementes.

2.2.2 Obtenção da taxa de cruzamento natural

A taxa de cruzamento natural foi estimada em São Manuel e em Araçatuba com o uso de um marcador morfológico no caráter presença de acúleos, sendo que os lotes de mamona para essa estimação tiveram que ser instalados de forma isolada por um raio mínimo de 200 m entre si. Cada lote se constituiu de um composto com uma planta recessiva (ss), que condiciona a ausência de acúleos, e 100 plantas homocigotos dominantes (SS), em que esse tipo alélico expressa a presença acúleos.

Assim, a taxa de cruzamento natural se deu pelo quociente entre o número de plantas heterozigóticas (Ss) e o número total de plantas por descendência nas plantas recessivas.

2.2.3 Localização e caracterização das áreas experimentais

Os experimentos ocorreram nas safras agrícolas 2004/2005 e 2005/2006, durante os meses de outubro a maio, simultaneamente em São Manuel e em Araçatuba. O clima da cidade de São Manuel-SP, é do tipo Cfa, a temperatura média anual é entre 18 a 20 °C, com precipitação pluvial média anual entre 1000 a 1300 mm e altitude entre 600 a 800 metros. Ao que concerne a Araçatuba, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é classificada como Aw, apresentando temperatura média anual de 22,2 °C, com pluviosidade média anual de 1206 mm e altitude em torno de 401 metros (ALVARES et al., 2014).

2.2.4 Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 30 x 3, sendo 30 progênies e três tipos de polinizações (polinização aberta, polinização cruzada e autopolinização), com três repetições. Vale ressaltar que as progênies de mamona foram obtidas a partir da população FCA-PB (desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP/FCA).

2.2.5 Instalação e condução dos experimentos

Antes da instalação dos experimentos foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0,0 a 0,2 m, sendo recomendada a realização da adubação de fundação com 400 kg ha⁻¹ do adubo formulado 04-14-08.

O preparo do solo consistiu em duas arações e duas gradagens, sendo em seguida abertos os sulcos e distribuído o adubo com uma semeadora-adubadora tratorizada, regulada de acordo com o espaçamento de 1,0 m entre linhas.

Os plantios dos experimentos se deram em outubro de 2004 e 2005, de modo que se depositaram três sementes manualmente a cada 0,5 m de sulcos, com

profundidades entre 4 a 8 centímetros. Decorridos dez dias após a emergência, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta.

A parcela experimental ocorreu em 3 linhas de 7 m de comprimento, sendo utilizado o espaçamento de 1,0 x 0,5 m, em que a área útil foi a fileira central, descartando-se as duas primeiras plantas de cada extremidade.

Na fase inicial da cultura, empregou-se o sistema de irrigação por aspersão, com lâmina variando de acordo a evapotranspiração da mamona, visando padronizar a emergência plantas.

O controle de plantas daninhas ocorreu em três operações de capina, de modo manual, durante todo o ciclo da mamona, haja visto o longo ciclo da mesma.

2.2.6 Caracteres avaliados

As colheitas foram realizadas em maio de 2005 e 2006, em que na ocasião se deu avaliação da Produtividade de Grãos (PG), em kg, a qual se deu pela pesagem das sementes das dez plantas centrais da parcela, corrigida para 13% de umidade e, em seguida estimada para hectare. Sendo este o parâmetro utilizado para a avaliação a depressão por endogamia.

2.2.7 Coeficiente de endogamia e depressão por endogamia

O coeficiente de endogamia (F) foi calculado de acordo com as equações 5, 6 e 7, reportadas por Oliveira et al. (2012), as quais são expressadas a seguir:

$$F_{PA} = s / (2 - s) \rightarrow \text{progênies de polinização aberta (PA)} \quad (5)$$

Supondo-se que a população de base está em equilíbrio, em relação ao sistema reprodutivo.

$$F_{AU} = (1 + F_{PA}) / 2 \rightarrow \text{progênies de autopolinização (AU)} \quad (6)$$

$$F_{CR} = 0 \rightarrow \text{progênies de polinização cruzada (PC)} \quad (7)$$

De tal modo que:

F_{PA} = coeficiente de endogamia nas progênies PA;

F_{AU} = coeficiente de endogamia nas progênies AU;

F_{PC} = coeficiente de endogamia nas progênies PC;

S = taxa de autopolinização natural.

A taxa de autopolinização foi obtida pela subtração entre a polinização total (100%) menos a percentagem da taxa de polinização cruzada, a qual foi mensurada na época e na região onde foram obtidas as progênies.

A estimativa de depressão por endogamia (DE), em porcentagem, nas progênies autopolinizadas em relação às progênies de polinização aberta se deu utilizando a equação 8, reportada por Oliveira et al. (2012), sendo expressa a seguir:

$$DE_1 = [(\bar{y}_{PA} - \bar{y}_{AU}) / \bar{y}_{PA}] \cdot 100 \quad (8)$$

Em que:

\bar{y}_{PA} = valor médio da progênie de polinização aberta;

\bar{y}_{AU} = valor médio da progênie de autopolinização.

A estimativa da depressão (DE), em porcentagem, nas progênies autopolinizadas em relação às progênies cruzadas, por sua vez, ocorreu por meio da equação 9, reportada por Oliveira et al. (2012), sendo detalhada a seguir:

$$DE_2 = [(\bar{y}_{PC} - \bar{y}_{AU}) / \bar{y}_{PC}] \cdot 100 \quad (9)$$

Em que:

\bar{y}_{PC} = valor médio da progênie de polinização cruzada;

\bar{y}_{AU} = valor médio da progênie de autopolinização;

2.2.8 Análise estatística

Para avaliar o comportamento dos dados em relação aos diferentes métodos de polinização foi estimada a distribuição normal ajustada dos dados. O software utilizado foi o Minitab 17 (Minitab, 2016).

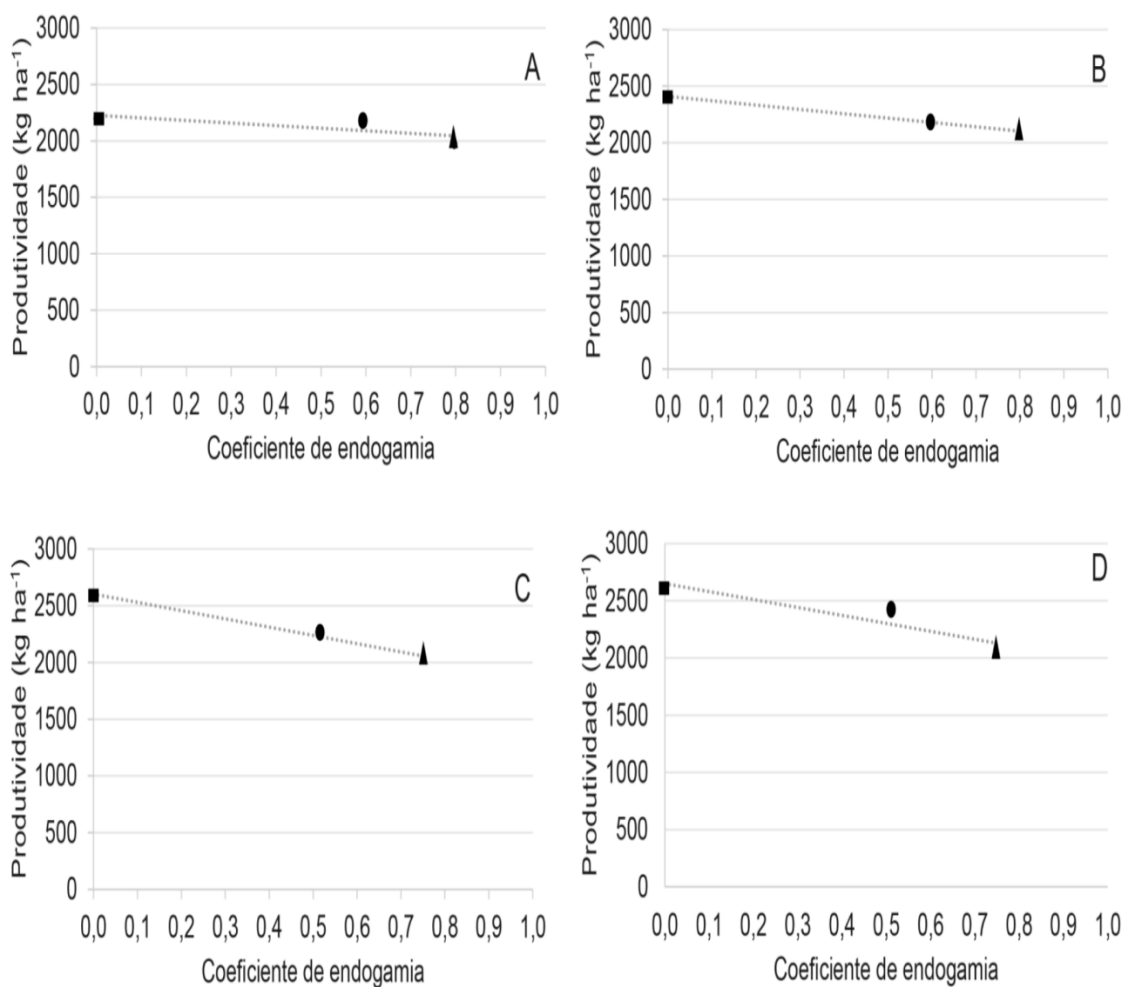
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas espécies cujo modo de reprodução se dá naturalmente por autopolinização (autógamas) a depressão por endogamia não ocorre, contrapondo-se as espécies alógamas. Mas, é importante ressaltar que nas espécies cujo sistema de reprodução tido como misto, em que sua reprodução se dá tanto por autopolinização quanto por polinização cruzada, como é o caso da mamoneira, o efeito da depressão está atrelado a taxa de autopolinização natural, de modo que essas espécies apresentam efeitos na depressão intermediários, localizando-se entre as autógamas e as alógamas (OLIVEIRA et al., 2012).

Desse modo, visando o conhecimento da estrutura genética das progênies foram mensuradas as taxas de autopolinizações naturais, apresentando para os municípios de São Manuel e Araçatuba 74,58 % e 67,33 %, respectivamente. Portanto, as taxas de polinização cruzada variaram de 25,42 % para São Manuel a 32,67% para Araçatuba. A diferença entre as taxas de polinizações para os dois locais de experimentação pode ser justificada pelas diferenças das condições climáticas, em especial pelas intensidades de ventos e insetos polinizadores (NASCIMENTO et al., 2012).

O comportamento da produtividade de grãos das progênies nos três tipos de polinizações com relação ao coeficiente de endogamia em São Manuel e Araçatuba são exibidos na Figura 1.

Figure 1 - Coeficientes de endogamia das progênies de mamona de polinização cruzada (■), aberta (●) e de autopolinização (▲) para: A) São Manuel, safra 2004/2005; B) São Manuel, safra 2005/2006; C) Araçatuba, safra 2004/2005; D) Araçatuba, safra 2005/2006.



Os coeficientes de endogamia das progênies de polinização aberta foram de 0,59 e 0,50 em São Manuel e Araçatuba, respectivamente. Por outro lado, os coeficientes de endogamia das progênies de autopolinização foram de 0,79 e 0,75 em São Manuel e Araçatuba, respectivamente. Com relação aos coeficientes de endogamia das progênies de polinização cruzada, em ambas as cidades, por convenção, tiveram os valores de 0.

Portanto, observa-se que, de modo geral, o tipo de polinização em que se estimou o coeficiente de endogamia de 0 (cruzada), apresentou produtividade de

grãos próximo de 2500 kg ha^{-1} , e que com o aumento do coeficiente de endogamia há a tendência de diminuição da produtividade, como pode ser visto nas progênies oriundas de autopolinização, em que se verificou coeficiente de endogamia de 0,77 e produtividade de grãos por volta de 2000 kg ha^{-1} , podendo ser explicado pelo aumento dos loci com frequências alélicas uniformes (RAMALHO et al., 2012).

No entanto, analisando o comportamento da produtividade de grãos frente ao coeficiente de endogamia individualmente nos experimentos, percebe-se que no município de São Manuel na safra 2004/2005 (Figura 1 A) os tipos de polinizações cruzada, aberta e autopolinização proporcionaram as produtividades de 2201, 2189 e 1971 kg ha^{-1} , em que o ponto referente a polinização aberta situou-se acima da linha de tendência central. Por outro lado, em São Manuel na safra 2005/2006 (Figura 1 B) os valores de produtividade de grãos da polinização cruzada e autopolinização aumentaram em relação ao ano anterior, contudo a polinização aberta diminuiu a sua produtividade, o que levou a localizar-se exatamente sobre a linha da tendência central.

Em Araçatuba na safra 2004/2005 (Figura 1 C), a polinização cruzada proporcionou a maior produtividade de grãos com 2589 kg ha^{-1} e a autopolinização o menor rendimento com 2030 kg ha^{-1} , o mesmo comportamento dessas duas polinizações foram verificados em Araçatuba na safra 2005/2006 (Figura 1 D), todavia, enquanto o desempenho da polinização aberta situa-se sobre a linha de tendência central da Figura 1 C, na Figura 1 D ele se localiza um pouco acima da linha de tendência central.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5, observa-se a distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações nos municípios de São Manuel e Araçatuba e nas safras 2004/2005 e 2005/2006. Nota-se que em todos os experimentos as progênies oriundas de polinização cruzada atingiram os maiores valores de produtividade média de 2201, 2410, 2589 e 2608 kg ha^{-1} para São Manuel na safra 2004/2005 (Figura 2), São Manuel na safra 2005/2006 (Figura 3), Araçatuba na safra 2004/2005 (Figura 4) e Araçatuba na safra 2005/2006 (Figura 5), respectivamente.

Figura 2 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de São Manuel para a safra 2004/2005.

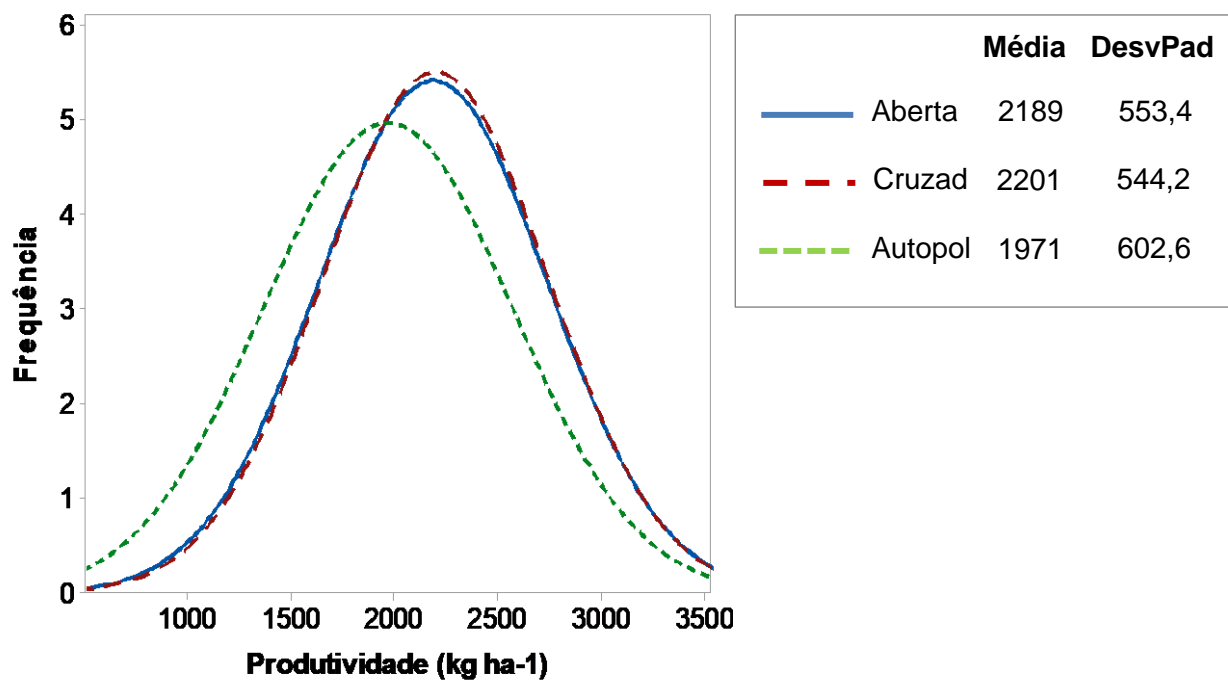


Figura 3 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de São Manuel para a safra 2005/2006.

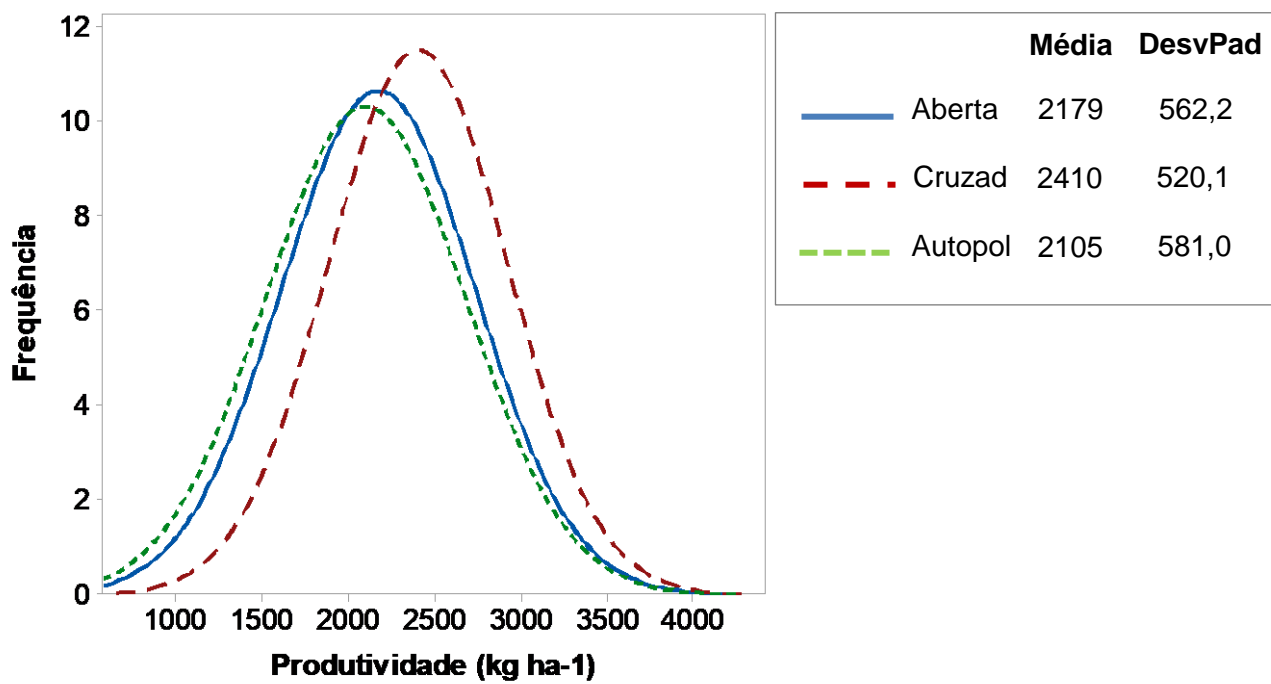


Figura 4 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênies de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de Araçatuba para a safra 2004/2005.

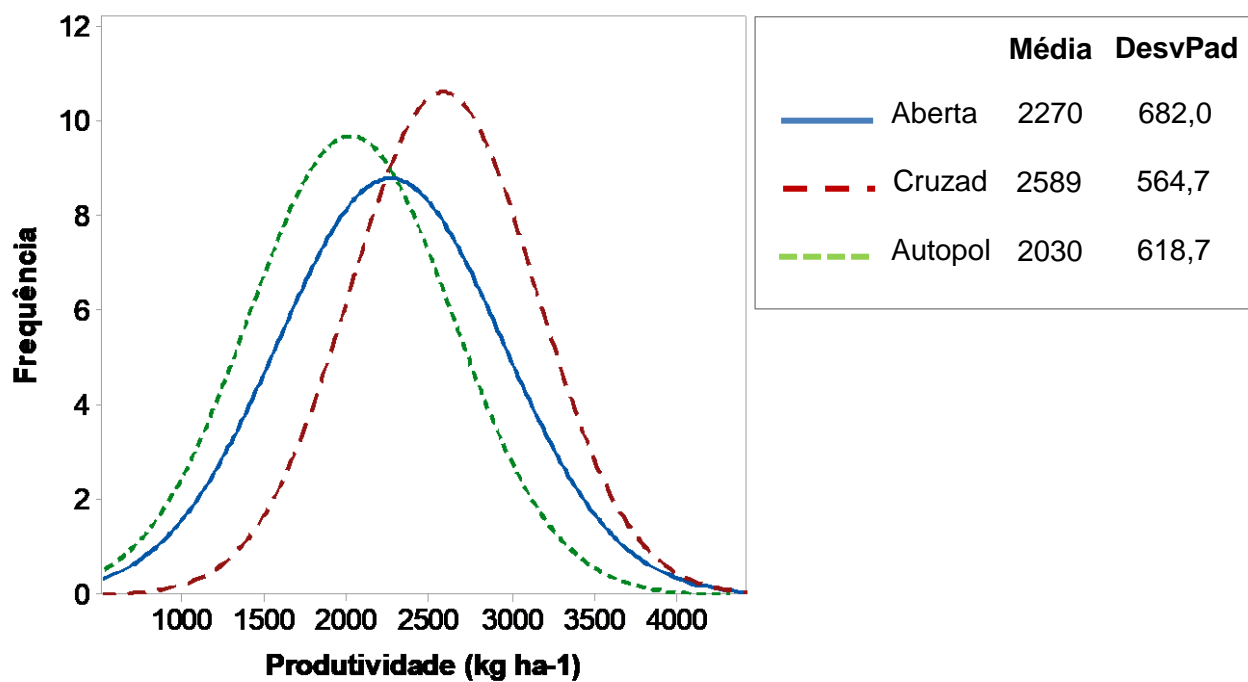
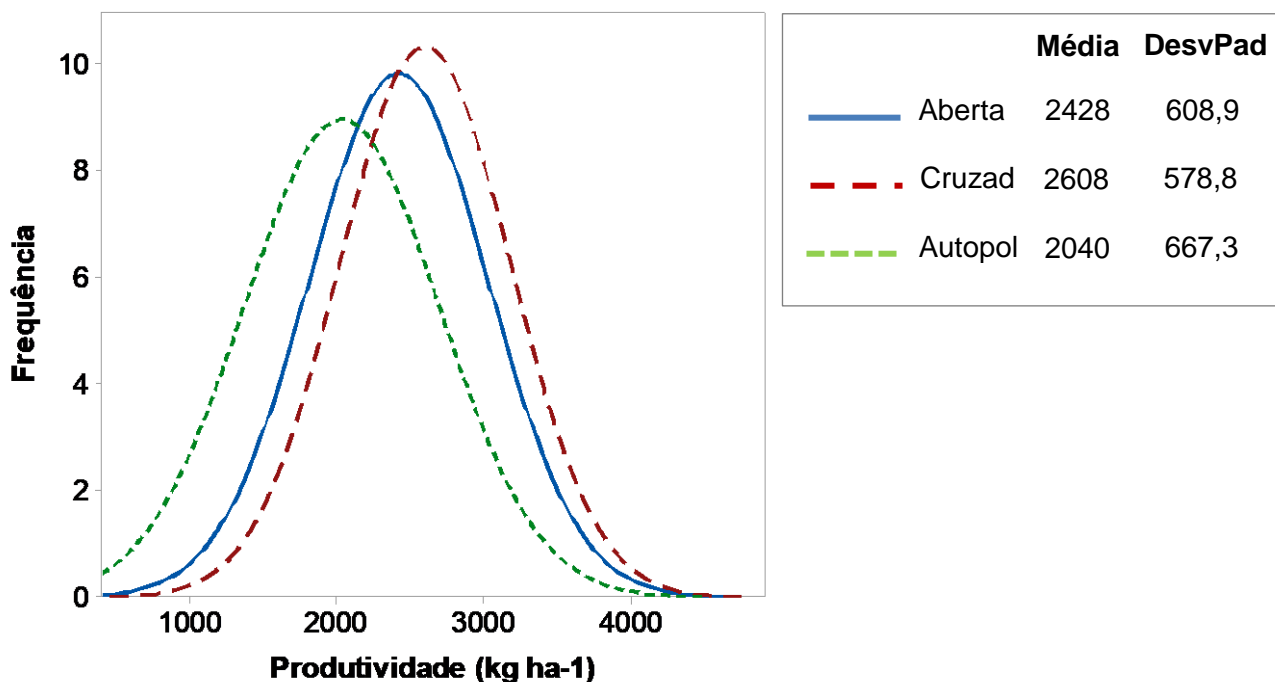


Figura 5 - Distribuição de frequência dos dados amostrados das progênes de mamona, resultantes de três tipos de polinizações no município de Araçatuba para a safra 2005/2006.



Em seguida aparecem as progênes de polinização aberta com produtividade média de grãos de 2189, 2179, 2270 e 2428 kg ha⁻¹ em São Manuel na safra 2004/2005, São Manuel na safra 2005/2006, Araçatuba na safra 2004/2005 e Araçatuba na safra 2005/2006, respectivamente. E com os piores rendimentos ficam as progênes de autopolinização com 1971, 2105, 2030 e 2040 kg ha⁻¹ em São Manuel na safra 2004/2005, São Manuel na safra 2005/2006, Araçatuba na safra 2004/2005 e Araçatuba na safra 2005/2006, respectivamente.

Percebe-se que São Manuel na safra 2004/2005 e Araçatuba na safra 2005/2006, obtiveram distribuição similar, em que as progênes de polinização aberta e cruzada apresentaram comportamento da distribuição de frequência muito semelhante, atingindo um maior número de progênes na região da média dessas duas polinizações. Com relação as progênes de autopolinização, as distribuições exibiram simetria um pouco diferente das demais polinizações, diferindo em relação ao número de progênes próximas a região da média, contendo uma maior dispersão dos dados, visto que foi obtido o maior valor do desvio padrão.

Ao que concerne sobre São Manuel na safra 2005/2006 e Araçatuba na safra 2004/2005, é válida a afirmação de que o comportamento da distribuição das frequências das progênies referentes ao sistema de polinização aberta se apresenta mais próximos aos das progênies de autopolinização, no entanto a média de produtividade das progênies de polinização aberta ainda se mostram mais elevadas quando da comparação com as de autopolinização e menores que as de polinização cruzada. Curiosamente em Araçatuba na safra 2004/2005, observa-se que ela se diferenciou das demais no que tange as progênies de polinização aberta, haja visto que elas exibiram o maior nível de desvio padrão, sendo que em São Manuel na safra 2004/2005, São Manuel na safra 2005/2006 e Araçatuba na safra 2005/2006 este parâmetro é mais elevado nas progênies de autopolinização.

Desse modo, como o desvio padrão é um indicador da variância existente, há maior probabilidade de aumento da média populacional com a seleção dos melhores genótipos nas progênies de polinização aberta no município de Araçatuba para a safra 2004/2005, visto que a base para o melhoramento genético é exatamente a variabilidade existente em determinada população, além do que é detentora de uma elevada produtividade (NASCIMENTO et al., 2016).

Nas espécies cujo modo de reprodução é tido como misto, esse sistema favorece a recombinação dos genes e elimina parcialmente a carga genética provocada pela autofecundação, tornando-se possível a seleção de indivíduos que apresentam pouca ou nenhuma depressão por endogamia, sendo o conhecimento dessa depressão muito importante na obtenção de linhagens puras, as quais poderão resultar em novos híbridos ou em populações melhoradas (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; BERNINI et al., 2013).

É oportuno salientar que a depressão por endogamia pode ser explicada por duas hipóteses, uma é que os alelos favoráveis tendem a ser dominantes ou parcialmente dominantes, e a outra é, que os indivíduos heterozigotos apresentam um valor fenotípico maior do que aos homozigotos (CROW e KIMURA, 1970).

Nota-se menor depressão média nas progênies de polinização aberta com 9,96 %, contudo quando se analisa as progênies, observa-se grande variação na depressão por endogamia, variando de 51,38 a -93,89 % considerando as progênies de polinização aberta e de 51,83 a -119,75 % com relação as progênies de polinização cruzada (Tabela 8).

Tabela 8 - Produtividade média de grãos, em kg ha⁻¹, e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em São Manuel - SP, safra 2004/2005.

Progênes	Polinização			DE Aberta	DE Cruzada
	Aberta	Cruzada	Auto		
1	2887,33	2796,33	1461,67	49,38	47,73
2	1867,00	1874,33	2369,33	-26,91	-26,41
3	2820,67	2832,33	2237,33	20,68	21,01
4	1990,33	2005,67	1761,33	11,51	12,18
5	3002,33	2985,00	2094,67	30,23	29,83
6	2240,33	2214,00	2299,00	-2,62	-3,84
7	2887,00	2966,67	1562,67	45,87	47,33
8	3282,33	3261,67	1658,00	49,49	49,17
9	1709,00	1695,33	1461,33	14,49	13,80
10	2750,33	2776,00	1337,33	51,38	51,83
11	2047,67	2090,00	2158,33	-5,40	-3,27
12	1960,00	1894,67	1149,00	41,38	39,36
13	1254,67	1107,00	2432,67	-93,89	-119,75
14	1431,33	1681,00	1337,67	6,54	20,42
15	2367,67	2393,00	2507,33	-5,90	-4,78
16	1591,33	1621,33	2228,67	-40,05	-37,46
17	1454,00	1523,67	2512,00	-72,76	-64,87
18	2144,33	2180,00	3196,67	-49,08	-46,64
19	2189,33	2218,33	1223,67	44,11	44,84
20	1913,67	1884,00	2483,67	-29,79	-31,83
21	2513,00	2524,00	2107,00	16,16	16,52
22	2975,67	2966,67	2830,00	4,90	4,61
23	1597,33	1617,67	1231,33	22,91	23,88
24	2491,33	2521,00	1792,00	28,07	28,92
25	2227,67	2220,00	1478,00	33,65	33,42
26	2497,00	2519,00	3200,33	-28,17	-27,05
27	2372,33	2357,67	1252,67	47,20	46,87
28	2332,67	2315,67	1709,00	26,74	26,20
29	1421,33	1443,33	2729,00	-92,00	-89,08
30	1462,00	1549,00	1335,33	8,66	13,79
Média	2189,37	2201,14	1971,23	9,96	10,45

É perceptível a ocorrência de progênes cujos valores da depressão por endogamia foram negativos, nessa situação as progênes de autopolinização produzem mais do que as progênes de polinização aberta e cruzada, sendo essas progênes indicadas para a obtenção de linhagens puras. Por outro lado, os valores de depressão positivos indicam que a polinização aberta e cruzada se sobressaem sobre a autopolinização, tendo essas progênes grandes potenciais para obtenção de variedades e híbridos (SILVA, 2018).

A grande variação dos níveis de depressão por endogamia também fora relatada por Lara-Fioreze et al. (2016), em que avaliando a ocorrência de depressão

por endogamia em progênies de crambe, que também é uma espécie de modo de reprodução misto, originadas de autofecundação, em comparação com progênies de polinização livre, observaram variação na depressão endogâmica de -219,0 a 96,2 % para o caráter produtividade de grãos, devendo essa variação estar relacionada a frequência alélica da população que deu origem as progênies avaliadas.

Tendo como critério de classificação das progênies a produtividade igual ou maior a 2000 kg ha⁻¹, a depender do tipo de polinização, elas podem ser elencadas em progênies para obtenção de variedades e híbridos (quando tanto na polinização aberta quanto na cruzada superam o critério acima adotado), linhagens puras (superam o critério acima adotado na autopolinização) e dupla aptidão, sendo esta última servindo tanto para obtenção variedades e híbridos quanto também para linhagens puras. Assim, considerando o comportamento produtivo e a depressão por endogamia no município de São Manuel na safra 2004/2005 as progênies 1, 7, 8, 10, 19, 24, 25, 27 e 28 podem ser selecionadas para a obtenção de variedades e híbridos, visto que tiveram produtividade acima de 2000 kg ha⁻¹ para as polinizações abertas e cruzadas. As progênies selecionadas para obtenção de linhagens puras foram as progênies 2, 13, 16, 17, 20 e 29. Além disso, as progênies 3, 5, 6, 11, 15, 18, 21, 22 e 26 podem ser empregadas para obtenção de variedade e híbridos, como também para linhagens puras.

Observa-se na Tabela 9, que a maior depressão por endogamia média foi obtida nas progênies de polinização aberta com 3,38 %, no entanto especificamente as progênies, percebe-se uma grande variação na depressão por endogamia, tendo nas progênies de polinização aberta e cruzada variação de 49,18 a -123,20 % e de 56,02 a -78,19 %, respectivamente.

Tabela 9 - Produtividade média de grãos, em kg ha⁻¹, e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em São Manuel - SP, safra 2005/2006.

Progênes	Polinização			DE Aberta	DE Cruzada
	Aberta	Cruzada	Auto		
1	2946,00	2166,67	1916,00	34,96	11,57
2	1860,00	2304,67	2278,67	-22,51	1,13
3	2772,00	2045,67	2392,00	13,71	-16,93
4	2004,00	2125,00	1700,00	15,17	20,00
5	2988,00	2781,67	1804,00	39,63	35,15
6	2208,00	2170,33	1590,00	27,99	26,74
7	2928,00	3101,67	1488,00	49,18	52,03
8	3276,00	2459,33	2348,00	28,33	4,53
9	1674,00	2338,33	1794,00	-7,17	23,28
10	2796,00	2125,00	2646,00	5,36	-24,52
11	2028,00	2314,00	1564,00	22,88	32,41
12	1890,00	2316,67	2618,00	-38,52	-13,01
13	1086,00	2638,33	2424,00	-123,20	8,12
14	1476,00	2864,33	2732,00	-85,09	4,62
15	2364,00	2481,33	3150,00	-33,25	-26,95
16	1500,00	2507,67	1332,00	11,20	46,88
17	1494,00	1815,33	2484,00	-66,27	-36,83
18	2130,00	2409,00	2292,00	-7,61	4,86
19	2190,00	4170,67	3078,00	-40,55	26,20
20	1884,00	2785,00	1340,00	28,87	51,89
21	2484,00	1973,33	1950,00	21,50	1,18
22	2958,00	1724,67	1608,00	45,64	6,76
23	1650,00	1953,00	3480,00	-110,91	-78,19
24	2574,00	1973,33	1620,00	37,06	17,91
25	2136,00	3361,00	1968,00	7,87	41,45
26	2520,00	2536,33	2642,00	-4,84	-4,17
27	2352,00	2587,00	1668,00	29,08	35,52
28	2184,00	2619,67	1152,00	47,25	56,02
29	1524,00	2105,67	2172,00	-42,52	-3,15
30	1488,00	1536,00	1926,00	-29,44	-25,39
Média	2178,80	2409,69	2105,22	3,38	12,64

Portanto, no município de São Manuel na safra 2005/2006 as progênes 1, 4, 5, 6, 7, 11, 25, 27 e 28 podem ser empregadas para a obtenção de variedades e híbridos, pois apresentaram produtividades acima de 2000 kg ha⁻¹ nas polinizações abertas e cruzadas. Com relação as progênes 2, 12, 13, 14, 17, 23 e 29 podem ser utilizadas para a síntese de linhagens puras (homozigotas), as quais após cruzadas com linhagens geneticamente divergentes podem resultar em híbridos promissores. Visando ambas as formas de utilização, as progênes 3, 8, 10, 15, 18, 19 e 26 são as recomendadas.

Analisando as duas safras no município de São Manuel, observa-se que houve progênies que mudaram de aptidão de uma safra para a outra, indicando um maior nível de influência do clima sobre elas. Todavia as progênies 1, 7, 25, 27 e 28 para obtenção de variedades e híbridos, as progênies 2, 13, 17 e 29 para síntese de linhagens puras e as progênies 3, 15, 18 e 26 para dupla aptidão se mantiveram constantes independentemente da safra, exibindo com isso uma maior estabilidade para o parâmetro produtividade de grãos.

Com relação a Araçatuba, nota-se que a menor depressão endogâmica foi expressa nas progênies de polinização aberta com depressão média de 10,59 %, restringindo-se o comentário as progênies, fica evidente a grande variação na depressão por endogamia, tendo nas progênies de polinização aberta e cruzada variação de 66,95 a -86,79 % e de 63,92 a -65,37 %, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10 - Produtividade média, em kg ha⁻¹, e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em Araçatuba - SP, safra 2004/2005.

Progênes	Polinização			DE Aberta	DE Cruzada
	Aberta	Cruzada	Auto		
1	2493,67	2668,67	3664,67	-46,96	-37,32
2	1463,00	3158,00	2732,67	-86,79	13,47
3	1771,67	2004,33	2193,00	-23,78	-9,41
4	1503,00	2080,00	1762,67	-17,28	15,26
5	2055,00	2863,67	1979,67	3,67	30,87
6	2805,33	2299,00	2808,67	-0,12	-22,17
7	1584,33	1894,00	2305,00	-45,49	-21,70
8	3904,00	2390,00	3227,33	17,33	-35,03
9	2315,00	1645,00	1926,67	16,77	-17,12
10	1640,67	1707,67	2824,00	-72,13	-65,37
11	2614,00	2360,00	2808,00	-7,42	-18,98
12	2031,67	3154,00	1775,67	12,60	43,70
13	2560,33	3300,33	1880,67	26,55	43,02
14	1037,33	3306,67	1632,33	-57,36	50,64
15	2870,33	2940,67	1962,67	31,62	33,26
16	3121,67	3407,33	2207,00	29,30	35,23
17	1929,67	2315,67	1618,00	16,15	30,13
18	2247,00	2586,33	1261,33	43,87	51,23
19	2778,33	3296,67	2042,00	26,50	38,06
20	1258,33	1830,33	1479,33	-17,56	19,18
21	2740,67	2349,00	905,67	66,95	61,44
22	1359,00	1543,67	1493,67	-9,91	3,24
23	2635,00	2600,00	1984,67	24,68	23,67
24	2562,00	2485,00	2244,33	12,40	9,68
25	1761,67	3106,67	1473,33	16,37	52,58
26	1911,00	3376,67	1582,00	17,22	53,15
27	2479,33	3219,33	1161,67	53,15	63,92
28	3477,67	2748,00	1997,33	42,57	27,32
29	2123,33	2251,00	1619,00	23,75	28,08
30	3066,33	2793,00	2337,67	23,76	16,30
Média	2270,01	2589,36	2029,69	10,59	21,61

Nesse cenário, Araçatuba na safra 2004/2005, as progênes 5, 12, 13, 15, 18, 21, 23, 27, 28 e 29 podem ser usadas na obtenção de variedades e híbridos. Ao que concerne sobre as progênes 2, 3, 7 e 10, elas são passíveis de serem empregadas para produção de linhagens endogâmicas. Com relação as progênes de dupla aptidão, são destacadas as progênes 1, 6, 8, 11, 16, 19, 24 e 30.

Observa-se para Araçatuba na safra 2005/2006, que de modo geral a polinização aberta proporcionou o menor nível de depressão por endogamia com média de 15,99 %, considerando apenas as progênes individualmente, nota-se grande variação nesta depressão, tendo nas progênes de polinização aberta e

cruzada variação de 59,93 a -115,10 % e de 62,52 a -118,91 %, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11 - Produtividade média de grãos, em kg ha⁻¹, e depressão por endogamia (DE) para cada tipo de polinização em Araçatuba - SP, safra 2005/2006.

Progênes	Polinização			DE Aberta	DE Cruzada
	Aberta	Cruzada	Auto		
1	2686,00	3052,00	1144,00	57,41	62,52
2	2411,73	3861,67	1872,64	22,35	51,51
3	2662,20	2340,73	1066,67	59,93	54,43
4	3096,27	2706,47	2403,67	22,37	11,19
5	2454,80	2605,93	1906,08	22,35	26,86
6	2171,47	2575,60	1686,08	22,35	34,54
7	2848,07	2121,47	1219,00	57,20	42,54
8	2255,33	2578,20	1751,20	22,35	32,08
9	3524,00	2706,47	1711,60	51,43	36,76
10	2880,93	3693,33	2236,96	22,35	39,43
11	3205,07	3758,67	2488,64	22,35	33,79
12	2738,13	2609,05	2126,08	22,35	18,51
13	2486,53	2575,01	1054,00	57,61	59,07
14	3063,40	2695,53	2378,64	22,35	11,76
15	2535,27	2532,69	1968,56	22,35	22,27
16	2929,67	2150,89	2274,80	22,35	-5,76
17	2684,87	2667,01	2084,72	22,35	21,83
18	2981,80	1993,57	2056,56	31,03	-3,16
19	2621,40	2253,01	3172,67	-21,03	-40,82
20	2102,33	2694,61	1632,40	22,35	39,42
21	3280,33	2034,05	4452,67	-35,74	-118,91
22	1132,33	2825,25	2435,67	-115,10	13,79
23	1644,93	2561,21	2211,67	-34,45	13,65
24	1885,00	1517,33	1843,00	2,23	-21,46
25	1506,27	2960,49	2558,00	-69,82	13,60
26	2187,47	2424,13	2397,33	-9,59	1,11
27	2213,47	1760,53	2301,00	-3,95	-30,70
28	1665,73	3639,00	1480,00	11,15	59,33
29	1535,87	2661,49	1613,67	-5,07	39,37
30	1440,40	1677,40	1660,33	-15,27	1,02
Média	2427,70	2607,76	2039,61	15,99	21,79

Levando em consideração o comportamento das progênes em Araçatuba na safra 2005/2006, é notório a aptidão das progênes 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 15 e 20 na obtenção de variedades e híbridos, com também das progênes 18, 22, 23, 25 e 27 para a produção de linhagens puras. Também é possível perceber a ocorrências de progênes com essas duas aptidões, as quais foram as progênes 4, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 21 e 26.

Observando as duas safras no município de Araçatuba, apesar de proporcionar os maiores valores médios para produtividade de grãos, houve mais mudanças nas aptidões das progênies de uma safra para outra quando comparadas com os desempenhos das mesmas no município de São Manuel. Contudo, algumas progênies exibiram a mesma aptidão nas duas safras, em que as progênies 5, 13 e 15 foram classificadas para obtenção de variedades e híbridos, e as progênies 11, 16 e 19 tanto para síntese variedades e híbridos como também para produção de linhagens puras. Vale ressaltar que, nenhuma progênie manteve a classificação só para obtenção de linhagens puras nas duas safras.

É importante frisar que, nos quatro experimentos conduzidos, em todos eles a polinização cruzada proporcionou as maiores produtividades de grãos, podendo esse fenômeno ser explicado pela teoria da dominância parcial, sendo a depressão por endogamia proporcional ao grau de dominância (ALLARD, 1960; FALCONER, 1987).

2.4 CONCLUSÕES

O reflexo do coeficiente de endogamia na produtividade apresenta comportamento inversamente proporcional, ou seja, a medida que se aumenta o coeficiente de endogamia diminui-se a produtividade de grãos.

Houve diferenças na distribuição da frequência dos dados para os três tipos de polinizações, no entanto a produtividade média de grãos exibiu-se de forma decrescente para a polinização cruzada, aberta e autopolinização, nesta ordem.

Os valores da depressão por endogamia exibiram uma ampla faixa de variação, todavia, em termos gerais, a depressão com base na polinização aberta apresentou os menores valores.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. New York: Wiley, 1960. 485 p.

ALVARES, C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES, P. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F₂ de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. 969 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013. 523 p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CHIERICE, G. O; CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Eds.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2007. 417-447 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras: série histórica das safras**. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CROW, J. F.; KIMURA, M. **An introduction to population genetics theory**. New York: Harper & Row, 1970. 591 p.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetic**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FAO. Food and Agricultura Organization of the United States Nations. **Faostat**. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 20 mai. 2018.

LARA-FIOREZE, A. C. C.; PIVETTA, L. G.; ZANOTTO, M. D. Inbreeding depression in crambe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 4, p. 401-406, 2016.

LOPES, F. F. M.; BELTRÃO, N. E. M.; LOPES NETO, J. P.; PEDROZA, J. P. Crescimento inicial de genótipos de mamoneira com sementes submetidas ao envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 12, n. 2, p. 69-79, 2008.

MINITAB. **Minitab 17**. Minitab Inc, State College, 2016.

MOSHKIN, V. A. Economic importance and regions of cultivation of castor. In: _____. **Castor**. New Delhi: Oxonian Press, 1986. p. 1-3.

NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 494-498, 2012.

NASCIMENTO, W. M.; ANDRADE, K. P.; FREITAS, R. A.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S. Germinação de sementes de tomateiro em diferentes temperaturas: Variabilidade fenotípica e heterose. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 216-222, 2016.

OLIVEIRA, I. J.; ZANOTTO, M. D.; KRIEGER, M.; VENCOSKY, R. Inbreeding depression in castor bean (*Ricinus communis* L.) progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. 4, p. 269-276, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2012. 566 p.

SAVY FILHO, A. Hibridação em mamona. In: BOREM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 2009. 390-402 p.

SILVA, A. G. **Depressão por endogamia em híbridos simples de sorgo granífero sob estresse hídrico**. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO, 2018.

TOPPA, E. V. B.; SILVA, C. J.; ZOZ, T.; SILVA, T. M. N. Análise comparativa dos métodos de obtenção de linhagens “standard” e híbridos crípticos. **Revista Verde**, v. 7, n. 1, p. 28-31, 2012.

TOPPA, E. V. B.; SILVA, J.; SARTORI, M. M. P.; ZANOTTO, M. D. Comparison of castor beans hybrids produced by the conventional method and by the cryptic hybrid method. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 2, n. 2, p. 1-12, 2018.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. Importância sócio-econômica e melhoramento genético da mamoneira no Brasil. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa, 1999. 913-920 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado relevante potencial genético das progênes avaliadas, facilitando e aumentando a precisão da seleção dos melhores genótipos. Além disto, percebe-se na análise da depressão por endogamia a existência de progênes com aptidão para obtenção de variedades e híbridos, como também para produção de linhagens puras, e progênes com ambas finalidades.

Futuros estudos podem ocorrer pela hibridação das progênes que apresentaram as melhores produtividades de grãos e posterior avaliação nas variadas regiões, sendo possível analisar outras características agronomicamente relevantes, identificando os híbridos de maiores desempenhos produtivos para cada região produtora.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, G.; WILLIAMS, A.; RABINOWICZ, P. D.; CHAN, A. P.; RAVEL, J.; KEIM, P. Worldwide genotyping of castor bean germplasm (*Ricinus communis* L.) using AFLPs and SSRs. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 55, n. 3, p. 365-378, 2008.
- BALDANZI, M.; FAMBRINI, M.; PUGLIESI, C. Redesign of the castor bean plant body plan for optimal combining harvesting. **Annals of Applied Biology**, v. 142, n. 3, p. 299-306, 2003.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Eds.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2007. 116-137 p.
- BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES, P. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F₂ de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013.
- BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 625 p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. 969 p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2001. 500 p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013, 523 p.
- CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Eds.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2007. 417-447 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras: série histórica das safras**. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 200-207, 2006.

DEWEY, D.R. Synthetic agropyron-elymus hybrids I Elymus canadensis x Agropyron subsecundum. **American Journal of Botany**, v. 53, n. 1, p. 87-94, 1966.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Características da planta de mamona**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/mamona/arvore/CONT000h4rb0y9002wx7ha0awymty4m52beo>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetic**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FAO. Food and Agricultura Organization of the United States Nations. **Faostat**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/compare/E>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas: métodos de melhoramento**. Maceió: EDUFAL, 2006. 855 p.

FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; NÓBREGA, M. B. M.; CARNEIRO, R. M.; PEDROZA, J. P. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2004.

GONÇALVES, R. W.; COSTA, M. D.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; COSTA, M. R.; SILVA, E. S. P.; RIBEIRO, A. M. F. Efeito da endogamia sobre características reprodutivas em um rebanho da raça Mangalarga Marchador. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 3, p. 641-649, 2011.

KAYANI, M. Z.; SARWAR, G.; MUHAMMAD, S. Control of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on tomato plants by using root extracts of plants. **Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics**, v. 102, n. 2, p. 143-146, 2001.

LUZ, R. P. **Caracterização morfofisiológica, molecular e agrônômica de cultivares de mamona**. 94f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultivarweb**. Disponível em:

http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

2016. Acesso em: 30 ago. 2016.

MCSORLEY, R.; DICKSON, D. W. Effect of tropical rotation crops on *Meloidogyne incognita* and other plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, v. 27, n. 45, p. 533-544, 1995.

MOSHKIN, V. A. Economic importance and regions of cultivation of castor. In: _____. **Castor**. New Delhi: Oxonian Press, 1986. 1-3 p.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; ZUBA JUNIO, G. R.; FERNANDES, L. A. Crescimento e produtividade de semente de mamona tratada com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 145-151, 2011.

NÓBREGA, M. B. M. **Avaliação de genótipos de mamona (*Ricinus communis* L.) em cruzamentos dialélicos parciais**. 77f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2008.

OLIVEIRA, I. J.; ZANOTTO, M. D.; KRIEGER, M.; VENCOSKY, R. Inbreeding depression in castor bean (*Ricinus communis* L.) progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. 4, p. 269-276, 2012.

PINA, M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; VILLENEUVE, P.; LAGO, R. Novas alternativas de valorização para dinamizar a cultura da mamona no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 2, p. 453-462, 2005.

PUTTINI, F. A. **Caracterização química e agro-morfológica de genótipos de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 92f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2012. 566 p.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. In: CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (Eds.). **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: Esalq, 2006. 81-104 p.

SAVY FILHO, A. Hibridação em mamona. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. 331-342 p.

SAVY FILHO, A. **Mamona Tecnologia Agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A.; AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; MARTINS, A. L. M.; CAVICHIOLI, J. C. IAC-2028: nova cultivar de mamona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 449-452, 2007.

SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N. V. Mamona. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Campinas: IAC, 1993. 315-353 p.

SCHOLZ, V.; SILVA, J. N. Prospects and risks of the rise of castor oil as a fuel. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 2, p. 95-100, 2008.

SILVA, A. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H.; FERRARI NETO, J. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2092-2098, 2010.

SOUZA-SHLICK, G. D. S. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas para cultivares de mamona de porte baixo na safra de verão e safrinha**. 107f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2010.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENTURA D. A. M. F.; ALVES K. B.; SANTOS M. K. V. A. Análise comparativa entre o biodiesel de girassol e o biodiesel de mamona. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. **Anais**. João Pessoa e Campina grande: Embrapa, 2010. 7-12 p.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. Importância sócio-econômica e melhoramento genético da mamoneira no Brasil. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa, 1999. 913-920 p.

VOLLMANN, J.; RAJCANI, J. **Oil crops**. New York: Springer, 2009. 548 p.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 659 p.

ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C.; POLETINE, J. P. Seleção recorrente com utilização de progênies autofecundadas para diminuição da altura da planta de mamona (*Ricinus communis* L.) população guarani comum. In: I Congresso Brasileiro de Mamona. **Anais**. Campina Grande: Embrapa, 2004. 1-5 p.