



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA E BACHARELADO EM
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

LAMONIER CHAVES RAMOS

Estudo de herança de caracteres em mamoneira

CAMPINA GRANDE – PB
2012

LAMONIER CHAVES RAMOS

Estudo de herança de caracteres em mamoneira

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, em parceria com a Embrapa Algodão, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dr^a Márcia Barreto de Medeiros Nóbrega

Co-orientador: Prof. Dr. Humberto Silva

CAMPINA GRANDE – PB

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

R175e Ramos, Lamonier Chaves.
Estudo de herança de caracteres em mamoneira.
[manuscrito] / Lamonier Chaves Ramos. – 2012.

34 f.: il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Márcia Barreto de Medeiros Nóbrega, Embrapa Algodão.”

1. Mamoneira. 2. *Ricinus Communis* L. 3. Genética vegetal. I. Título.

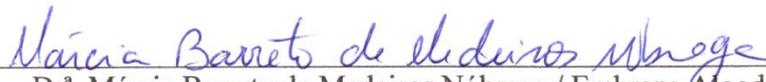
CDD 21. ed. 633.85

LAMONIER CHAVES RAMOS

Estudo de herança de caracteres em mamoneira

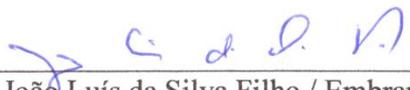
Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, em parceria com a Embrapa Algodão, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em 30 / 11 /2012.



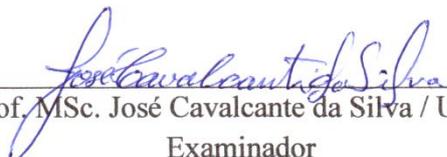
Dr^a. Márcia Barreto de Medeiros Nóbrega / Embrapa Algodão

Orientadora



Dr. João Luís da Silva Filho / Embrapa Algodão

Examinador



Prof. MSc. José Cavalcante da Silva / UEPB

Examinador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pelo exemplo, incentivo e confiança, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edson e Rosângela, pelo amor, pelos cuidados, pelas lições de vida e por todos os esforços que empreenderam para me proporcionar sustento, dignidade e educação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio na iniciação científica com a concessão da bolsa de pesquisa.

À Embrapa algodão por ter aberto suas portas e cedido espaço e material para o desenvolvimento desta pesquisa.

A UEPB e aos meus professores que contribuíram com maestria e de forma fundamental para o meu aprendizado e formação acadêmica.

À minha mãe na ciência, Márcia Barreto de Medeiros Nóbrega, por ter me concedido o estágio, pela contribuição no desenvolvimento de trabalhos científicos, por sua orientação e paciência na condução dos experimentos, por seus conselhos e amizade e pela realização deste trabalho.

Ao professor Humberto Silva pela co-orientação e por ter se colocado à disposição sempre que foi necessário.

A Williany Miranda da Silva pelo auxílio criterioso na redação deste trabalho e pelo grande apoio moral.

A João Luís da Silva Filho por sua colaboração essencial na análise estatística dos dados.

Ao professor José Iranildo Miranda de Melo pela descrição morfológica de uma característica da planta estudada nesse trabalho.

Ao professor José Cavalcante por ter aceitado compor a banca examinadora com gentileza e bom humor.

Aos meus colegas e amigos de sala, em especial, Emmuelle, Fabrício, Geysa e Claudilene, pela ajuda com os estudos, pelos cafés, lanches e almoços divididos, e ainda, pelos risos e lágrimas compartilhados durante os dias de convivência ao longo do curso.

Às minhas colegas de estágio Mayra, Amanda, Juliana, Mayara e Thiele pela ajuda nos trabalhos de campo e pelo companheirismo.

Por fim, a todos que de alguma forma participaram nessa minha conquista.

Um ponto final é apenas mais um ponto de partida para uma reticência...

Lamonier Chaves Ramos

RESUMO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma espécie com grande polimorfismo e muitas dessas variações podem ser exploradas no melhoramento ou ser úteis como marcadores genéticos. O entendimento de como essas características são herdadas é importante para definir as melhores estratégias para o isolamento de genes de interesse e o desenvolvimento de novas cultivares. Por se tratar de uma planta mista, quanto à biologia reprodutiva, e por não apresentar depressão endogâmica, os métodos de melhoramento aplicados a plantas autógamas e alógamas podem ser utilizados. Este trabalho tem como objetivo estudar a herança de alguns caracteres morfológicos relacionados com resistência a pragas e doenças. Sementes autofecundadas por três gerações consecutivas de três genótipos divergentes para a presença de antocianina, de cera e de excrescências no pecíolo, foram plantadas e cruzadas na sede da Embrapa algodão. O modo de herança foi analisado nas gerações F₁ e F₂ e, com base em resultados de teste do qui-quadrado para as proporções observadas no campo, inferiu-se que a presença de antocianina, de cera e de excrescências é dominante sobre a ausência, e devem ser de herança governada por um ou poucos genes. No entanto, em todos os caracteres estudados se observou em campo que na geração F₂ havia gradientes de intensidade que dificultaram a classificação das plantas, o que pode também ser atribuído à herança poligênica ou quantitativa. Outros autores também constataram o mesmo, porém estudos mais aprofundados para elucidar estas questões não foram realizados. Há indicativo de que possa haver um gene regulador dominante para expressão da cera no limbo da folha. Sob esse ponto de vista, os fenótipos observados no campo se ajustam a proporção de 13:3, caracterizando epistasia recessiva dominante.

PALAVRAS-CHAVE: *Ricinus communis* L.. Excrescências. Marcadores genéticos.

ABSTRACT

The castor bean (*Ricinus communis* L.) is a species with high polymorphism and many of these variations can be exploited in breeding or be useful as genetic markers. Understanding how these traits are inherited is important to define the best strategies for the isolation of genes of interest and the development of new cultivars. Because it is a plant of mixed mate system, and for not present inbreeding depression, the methods applied to plant breeding for autogamous and allogamous can be used. This work aims to study the inheritance of some morphological characters associated with resistance to pests and diseases. Seeds selfed for three consecutive generations of three genotypes differing for the presence of anthocyanin, wax and excrescences of the petiole, were planted and crossed at the headquarters of Embrapa Cotton. The mode of inheritance was analyzed in F₁ and F₂ generations and, based on results of the chi-square test for proportions observed in the field, it was inferred that the presence of anthocyanin, wax and excrescences is dominant over the absence and inheritance should be governed by one or a few genes. However, in all traits were observed in the F₂ field that had intensity gradients that hindered the classification of plants which can also be attributed to a quantitative or polygenic inheritance. Other authors have also found the same, but further studies to elucidate these issues were not performed. . There is indication that there may be a regulatory gene for expression of wax in leaves. From this point of view, the phenotypes observed in the field fit the proportion of 13:3, characterizing dominant recessive epistasis.

KEYWORDS: *Ricinus communis* L.; Excrescences; Genetic markers.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Genitores e suas respectivas características morfológicas estudadas.....	19
TABELA 2 – Características da geração F ₁ de três cruzamentos de mamoneira.....	22
TABELA 3 – Padrões de segregação para cor do caule, na geração F ₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.....	23
TABELA 4 – Padrões de segregação para cor das folhas adultas, na geração F ₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.....	24
TABELA 5 – Padrões de segregação para cor das folhas jovens na geração F ₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.....	25
TABELA 6 – Padrões de segregação para cor das nervuras, na geração F ₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.....	26
TABELA 7 – Padrão de segregação para cerosidade na geração F ₂ de um cruzamento e teste de qui-quadrado.....	26
TABELA 8 – Padrão de segregação para excrescências na geração F ₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.....	27

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** – Bloco de cruzamento com genitores de coloração verde e roxa.. 20
- FIGURA 2** – Esquema de autofecundação e cruzamento em mamoneira 20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Características gerais	13
2.2 Biologia reprodutiva.....	14
2.3 Caracteres morfológicos.....	15
2.4 Programa de melhoramento da mamoneira.....	17
2.5. Hibridação e autofecundação.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Descrições dos genótipos.....	19
3.2 Metodologia.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Geração F ₁	22
4.2 Geração F ₂	22
4.2.1 Cor do caule.....	23
4.2.2 Cor das folhas adultas.....	24
4.2.3 Cor das folhas jovens.....	25
4.2.4 Coloração das Nervuras.....	26
4.2.5 Cerosidade.....	26
4.2.6 Excrescências no pecíolo.....	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
6 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A mamoneira é uma das culturas oleaginosas mais antigas, usadas como planta medicinal e industrial (SEVERINO *et al.*, 2012), havendo registros de seu cultivo que datam de mais de 6000 anos atrás (WEISS, 1983; MUTLU e MEIER, 2010).

A espécie é explorada comercialmente devido ao óleo presente em suas sementes, do qual são derivados muitos produtos que estão presentes no cotidiano e nem sempre se percebe. Embora não seja consumida diretamente como grão, folha, raiz ou fruto, o óleo é matéria prima para alimentos processados, na forma de emulsificantes, flavorizantes, etc. Ao verificar os ingredientes em um chocolate, por exemplo, é possível encontrar componentes como PGPR (Poliglicerol Poliricinoleato). Além do uso na indústria alimentícia, encontram-se também produtos farmacêuticos, cosméticos, tintas, vernizes, lubrificantes, revestimentos, plásticos e uma grande variedade de outros produtos (OGUNNIYI, 2006; CHIERICE e CLARO NETO, 2007; SCHOLZ e SILVA 2008; CASTOROIL.IN, 2010).

Nos últimos anos, no Brasil, esta oleaginosa tem sido cogitada como a principal cultura para a produção de biodiesel.

Devido à presença de ácido ricinoleico, um ácido graxo encontrado somente no óleo de mamona, é que existe esta versatilidade de seu uso nos mais diversos ramos da indústria química (OGUNNIYI, 2006;.SEVERINO *et al.*, 2012).

A mamoneira é a espécie com grande polimorfismo e muitas dessas variações morfológicas, provavelmente, se devem a diferenças gênicas, inversões crípticas e duplicações (SEVERINO *et al.*, 2012). Essa variabilidade morfológica pode ser explorada no melhoramento ou ser útil como marcadores genéticos, no entanto, a genética desta cultura é pouco entendida (GURGEL, 1945; KUMAR *et al.*, 2009; ANJANI, 2012). Novos estudos sobre a herança de características fenotípicas precisam ser confirmadas usando cultivares moderna (SEVERINO *et al.*, 2012).

Na literatura disponível não se encontram muitos estudos de herança de caracteres na mamoneira, sendo que, os mais importantes são muito antigos como os de Harland (1920, 1922 e 1947), Peat (1928), Gurgel (1945) e Zimmerman (1958). Apesar destes trabalhos serem bastante antigos, eles tem informações valiosas sobre a herança de caracteres. Os estudos mais recentes foram publicados por Moshkin e Dvoryadkina (1986) Kumar *et al.* (2009) e Shankar *et al.*, 2010.

Durante o V Congresso Brasileiro de Mamona, em 2012, duas novas características morfológicas foram apresentadas por dois melhoristas distintos no Brasil. Trata-se de

excrescências nos pecíolos (NÓBREGA *et al.*, 2012) e pecíolos curtos (ZANOTTO, 2012), que ainda precisam ser estudadas, do ponto de vista da herança.

O entendimento de como os caracteres são herdados, é importante para conhecer a natureza da variabilidade, para estimar a diversidade em coleções de germoplasma e também porque ajuda a definir os métodos e estratégias de melhoramento a serem usados no desenvolvimento de uma cultivar.

A presente monografia é parte das atividades do programa de melhoramento da mamoneira para o Brasil, liderado pela Embrapa Algodão e tem como objetivo estudar a herança de alguns caracteres.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características gerais

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é encontrada em todas as regiões tropicais, semitropicais e temperadas do mundo (MOSHKIN, 1986; GÁRCIA-GONZÁLEZ *et al.*, 1999; CHAN *et al.*, 2010; RIVAROLA *et al.*, 2011; GOODARZI, 2012), principalmente nos arredores de aglomerados humanos (PESQUISA FAPESP, 2003). Existem relatos de que sementes de mamona foram encontradas durante escavações no Egito, Sudão, Índia, Iran e noroeste da Ásia (DAUGHERTY, 1904 *apud* ZIMMERMAN, 1958; WEISS, 1983; MOSHKIN, 1986).

Esta eudicotiledônea pertence à família Euphorbiaceae, subfamília Acalyphoideae, tribo Acalypheae, subtribo Ricininae, e ao gênero monotípico *Ricinus* (SHIFRISS, 1956, SEVERINO *et al.*, 2012; GOODARZI *et al.*, 2012). A espécie apresenta grande variação no hábito de crescimento, cor das partes vegetativas e reprodutivas, tamanho das sementes e conteúdo do óleo (FREIRE *et al.*, 2007; MOSHKIN & DVORYADKINA, 1986). Pode ser uma planta perene quando as condições ambientais, sobretudo temperatura e umidade, permitam (WEISS, 1983; MAZZANI, 1983; BALDANZI *et al.*, 2003). De acordo com Popova & Moshkin (1986), a mamoneira pode atingir até dez metros de altura e viver mais de dez anos, com porte que variam do anão ao arbóreo (MAZZANI, 1983).

Seu caule é cilíndrico, grosso, podendo alcançar até 30 centímetros de diâmetro na base, sua coloração externa pode variar de verde avermelhado a castanho acinzentado (RODRIGUES, 2002). As folhas são simples, alternas, glabras e verdes, sendo que essa coloração pode variar. Apresenta sistema radicular que se estende lateral e profundamente, com a parte aérea ramificada, de coloração verde ou avermelhada, apresentando ou não cera no caule.

A mamoneira necessita de dias longos com fotoperíodo de pelo menos 12 horas para produzir satisfatoriamente, sendo considerada uma espécie heliófila. Apesar de se adaptar a diferentes fotoperíodos, ocorrem efeitos negativos no crescimento e produtividade (WEISS, 1983).

O clima propício para a mamoneira é o quente e úmido, com estações bem definidas, chuvosa na fase inicial de crescimento e seca na época da maturação e colheita dos racemos, sendo então classificada como cultura de clima tropical (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986).

A cultura da mamona se adapta às mais distintas classes de solos, entretanto, solos excessivamente úmidos e com problemas de drenagem, bem como áreas sujeitas a inundações prolongadas no período chuvoso, devem ser evitadas, pelo fato de a mamoneira ser sensível ao excesso de umidade (TÁVORA, 1982). Portanto, os melhores solos para a sua exploração são os profundos, bem drenados, de textura média, ricos em matéria orgânica, férteis sem problemas de salinidade. Segundo Savy Filho (1999a) o pH ideal do solo para a cultura da mamona é entre 5,5 e 6,5. Vale ressaltar que, devido ao rápido crescimento, ocorre uma grande extração de nutrientes do solo, apresentando-se como muito exigente em termos de fertilidade (HEMERLY, 1981).

2.2 Biologia reprodutiva

Em relação ao sistema de reprodução, a mamoneira é considerada do tipo misto, ocorrendo tanto a autofecundação quanto o cruzamento natural. Embora seja considerada uma planta autógama por alguns pesquisadores, o nível de alogamia pode atingir até 25% nas mamoneiras de porte anão e 40% nas de alto porte (SAVY FILHO, 1999b), ou mesmo 70 a 90% (BRIGHAM, 1967) sendo sua polinização geralmente anemófila (BRIGHAM, 1982). Geralmente, é uma planta monoica que apresenta flores femininas no ápice e masculinas na base de uma mesma inflorescência, entretanto, variações na quantidade e distribuição dessas flores podem ser observadas. A maturação das flores femininas ocorre aproximadamente cinco a dez dias antes das flores masculinas, caracterizando o fenômeno da protoginia o que propicia a manutenção da taxa de alogamia (SAVY FILHO, 1999b).

2.3 Caracteres morfológicos

A parte aérea da planta apresenta grande variação de coloração, indo de verde claro a roxo, passando por rosa e vermelho. Algumas cores são exuberantes e os genótipos que as possuem muitas vezes são usadas como ornamentais. A mamoneira é uma planta tóxica e alergênica e por isso o seu uso como ornamental deve ser desencorajado.

Para Vasconcelos *et al.* (2009) a maior variabilidade está relacionada com caracteres das partes reprodutivas como cor, forma e tamanho das sementes, número de flores por racemo, comprimento do pedúnculo, e deiscência dos frutos.

Certas características morfológicas têm alguma vantagem econômica, como exemplo, algumas plantas de ramos roxos são resistentes à broca do caule e do ápice; e a cera confere mais resistência à planta contra a cigarrinha (SHANKAR *et al.*, 2010).

A cor decorrente da presença de antocianina em diversas partes da planta tem sido associada à resistência a algumas pragas e doenças. Anjani (2005) e Anjani *et al.*, (2010) relataram que dois acessos de mamoneira de coloração roxa apresentaram resistência à fusariose e ao bicho minador. Costa *et al.* (2012) verificou que o acesso de mamoneira BRA 3182 é altamente resistente a fusariose.

A cor das partes vegetativas vem sendo estudadas desde o início do século XX. White (1918) *apud* Harland (1920) descreveu que a cor da haste é dividida em cinco categorias: verde claro; verde corado com avermelhado no lado ensolarado; carmim ou rosa vermelho; mogno vermelho; e roxo (vermelho escuro). Alguns destes fenótipos estão associados com a coloração de outras partes vegetativas. Segundo o autor, as plantas de caule mogno vermelho tem folhas e frutos da mesma cor. Os tipos de caule rosa e rosa vermelho têm folhas verdes com nervuras vermelhas ou avermelhadas. As plantas de caule roxo têm folhas e frutos roxo.

Kumar *et al.*, (2009) estabeleceu que a presença de antocianina no caule é dominante sobre a ausência, e que na geração F₂ de um cruzamento entre plantas com e sem antocianina, houve segregação na proporção de 3:1, indicando a herança monogênica do caráter. Todavia, relata que há diferenças na intensidade de pigmentação entre as segregantes que variaram desde a mancha avermelhadas até uma pigmentação vermelha mais intensa. As plantas não puderam ser classificadas em classes discretas a olho nu, baseando-se na intensidade da pigmentação.

Banzato e Rocha (1969) descrevem que no tipo de caule rosa há tonalidades que variam de rosa muito claro até o rosa escuro.

Harland (1920), Peat (1928) e Gurgel (1945) consideram que a cor do caule é determinada por, pelo menos, dois genes independentes. O gene M para a cor Mogno e o gene G para a cor verde. Ante as variações observadas na geração F₂, Kumar *et al.* (2009) discute que esta variação para acumulação de antocianina deve ser atribuída também a poligenes e a influência ambiental, e que a completa ausência destes pigmentos, em alguns genótipos, deve ser devido à perda de função de um único elemento regulatório adjacente que determina a expressão da antocianina.

A herança da cor da folha adulta e jovem e também das nervuras é muito pouco estudada e em geral é considerada associada à cor do caule (HARLAND, 1920; GURGEL, 1945). Um único estudo sobre a herança da cor da folha roxa foi encontrado. Anjani *et al.*

(2007) concluiu que a cor da folha roxa é de herança materna e que plantas com folhas desta coloração são resistentes ao bicho minador. Esta autora também enfrentou dificuldades em estabelecer classes de cores discretas e por isso considerou que plantas que tinham folhas absolutamente verdes foram caracterizadas como o fenótipo de folha verde e aqueles que tinham folhas roxas ou verde arroxeadas foram consideradas como fenótipo de folha roxa.

A cor das folhas jovens, cor das nervuras e a excrescência dos pecíolos não foram citadas na literatura como caracteres alvo de estudos.

Excrescências são protuberâncias encontradas na superfície de folhas, frutos ou sementes (BRASIL, 2009). Em um bloco de cruzamento instalado em 2010 na sede da Embrapa Algodão, foi observado que o genitor, BRA 3182 possuía excrescências, principalmente, na porção abaxial dos pecíolos, enquanto os demais, não apresentavam. Na descendência de cruzamentos entre este genótipo e as cultivares BRS Energia e BRS Nordestina, observou-se que estas excrescências estavam presentes em todas as plantas F₁. Esta característica não consta nos descritores de mamona, e está sendo estudada em diversas gerações de cruzamentos envolvendo o acesso BRA 3182 (NÓBREGA *et al.*, 2012). Caso se confirme a herança simples em gerações avançadas, esta característica poderá ser usada como um marcador para monitorar e excluir plantas que não são provenientes do cruzamento ou que sejam contaminantes dentro das progênies.

No Brasil estudos de herança genética foram inicialmente realizados por Gurgel (1945) que avaliou o porte da planta, a presença de cera, a coloração da haste, da folha e do fruto, a forma da folha, os espinhos e a deiscência dos frutos. Para tanto, o autor cruzou seis diferentes linhagens, contrastantes entre si, pelo menos, para um dos caracteres analisados.

Além disso, Gurgel (1945) realizou cruzamentos entre mamoneiras com três colorações de caule, roxa, verde e rosa, e concluiu que seus resultados estavam de acordo com os de Harland (1920, 1922 e 1928) e Peat (1928), e também define um segundo fator que controla a coloração verde, que nos trabalhos de Peat, foi denominado de “green blush”.

Anjani *et al.*, (2007) verificaram herança materna para folha roxa nas gerações F₁, F₂, F₃ e nos retrocruzamentos (KUMAR *et al.*, 2009). A cor do caule denominada de mogno está ligada à presença de cera, segundo Peat (1928), embora Gurgel (1945) não tenha encontrado ligação genética desta característica com nenhuma outra que ele estudou.

2.4 Programa de melhoramento da mamoneira

A produção de mamona no Brasil está concentrada no semiárido nordestino, fundamentalmente no estado da Bahia, que responde por mais de 80% da produção e da área plantada (CARVALHO, 2005; CONAB, 2012). Com a criação do Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), anunciado em 2004, a demanda por óleo de mamona aumentou, o que alavancou a expansão do cultivo em diversos estados do país (SAVY FILHO, 2005).

Em função desta expansão, o uso de sementes não selecionadas e de baixa qualidade, multiplicadas pelos próprios produtores, tem resultado no comprometimento da produtividade e na elevação da ocorrência de pragas e doenças e de várias características agronômicas indesejáveis (FREIRE *et al.*, 2007). Assim, novos materiais vêm sendo desenvolvidos pela Embrapa através do programa de melhoramento da mamoneira, buscando-se cultivares mais adaptadas às condições ecológicas tanto das regiões tradicionais de cultivo como das áreas onde a mamona está sendo introduzida. (MILANI *et al.*, 2009)

Os programas de melhoramento para qualquer espécie vegetal consistem no aproveitamento da variabilidade para identificação de indivíduos que atendam a problemáticas específicas de cada região de cultivo. Esta variabilidade pode ser natural ou gerada através de hibridações. Na mamoneira se observa grande variabilidade para uma série de caracteres morfológicos e agronômicos tanto de natureza qualitativa quanto quantitativa o que gera possibilidade para seleção (FREIRE *et al.*, 2007; MOSHKIN & DVORYADKINA, 1986).

Segundo Milani *et al.*, (2009), a Embrapa dispõe de mais de 1000 acessos de mamoneira que fazem parte da coleção de base da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, dos quais adveio toda a variabilidade genética usada atualmente no programa de melhoramento.

O desenvolvimento de uma cultivar demora, em média, de oito a dezessete anos, entre a seleção do germoplasma inicial até o seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. As populações sintetizadas pelo programa de melhoramento da Embrapa Algodão têm sido avaliadas juntamente com parceiros públicos e privados, desde 1987. Vários problemas inerentes à cultura já foram solucionados, podendo-se destacar a diminuição do grau de deiscência dos frutos, o aumento de produtividade, o aumento do teor de óleo nas sementes, a redução do porte da planta e o aumento do nível de resistência a algumas das principais doenças que ocorre no Brasil. (MILANI *et al.*, 2006 e 2009; FREIRE *et al.*, 2007).

2.5. Híbridação e autofecundação

Híbridos são plantas resultantes do cruzamento de duas linhas puras, geneticamente uniformes, com a finalidade de associar características de interesse econômico, agrônômico e ecológico. É somente pela hibridização que se consegue uma nova variabilidade e muitas vezes um bom híbrido pode resultar do cruzamento de duas linhagens que não são consideradas boas do ponto de vista agrônômico (MILANI *et al.*, 2006b; MILANI *et al.*, 2009).

Não há barreiras morfogenéticas que impeçam o cruzamento na mamoneira e a alta taxa de alogamia favorece a heterogeneidade e a mistura varietal. (SAVY FILHO, 1999b; MILANI *et al.*, 2006a).

Para execução de trabalhos de melhoramento da mamoneira, cuja intenção é manter a pureza genética de determinado material, é necessário proteger as inflorescências utilizando sacos de papel impermeável de forma que seja assegurada a autofecundação (BRIGHAM, 1982). De acordo com Gurgel (1945), a autofecundação em plantas de mamoneira favorece a homozigose, aumentando a homogeneidade, sem que ocorra depressão endogâmica quando é submetida a seguidas autofecundações. Devido à inexpressiva perda de vigor com autofecundação em linhagens de mamona, métodos de melhoramento aplicados a plantas autógamias ou alógamas podem ser usados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrições dos genótipos

Sementes autofecundadas por três gerações de três genótipos distintos foram plantados em um bloco de cruzamento instalado na sede da Embrapa Algodão. Estes possuem as características apresentadas na Tabela 1.

O acesso BRA 3182 foi escolhido principalmente por apresentar coloração roxa em todas as partes da planta, ausência de cera e por ter se mostrado resistente à fusariose, em teste de screening. A característica excrescências no pecíolo, presente nesse genótipo, não consta na literatura específica. A linhagem CNPAM 93-168 foi selecionada por não ter cera e ser de coloração verde rosado. E, por fim, a linhagem CNPAM 2009-7 que é contrastante com o acesso BRA 3182, na cor da planta e na presença de cera, também apresentando nanismo, determinado por alelo recessivo pleiotrópico.

Tabela 1 – Genitores e suas respectivas características morfológicas estudadas.

Genitores	Cor do caule	Cor das folhas adultas	Cor das folhas jovens	Cor das nervuras	Cerosidade	Excrescências no pecíolo
BRA 3182	Roxo	Roxo	Vermelha	Avermelhada	0	Presente
CNPAM 93-168	Verde rosado	Verde	Bronze	Esverdeada	0	Ausente
CNPAM 2009-7	Verde clara	Verde clara	Verde	Esverdeada	2	Ausente

3.2 Metodologia

Os genitores foram plantados em fileiras na área experimental da Embrapa algodão, de forma a facilitar o cruzamento entre eles (Figura 1). O acesso BRA 3182 ora foi usado como receptor (♀) e ora como doador (♂) de pólen para os outros dois genitores. Estes cruzamentos recíprocos foram realizados para se verificar a herança materna na geração F₁.

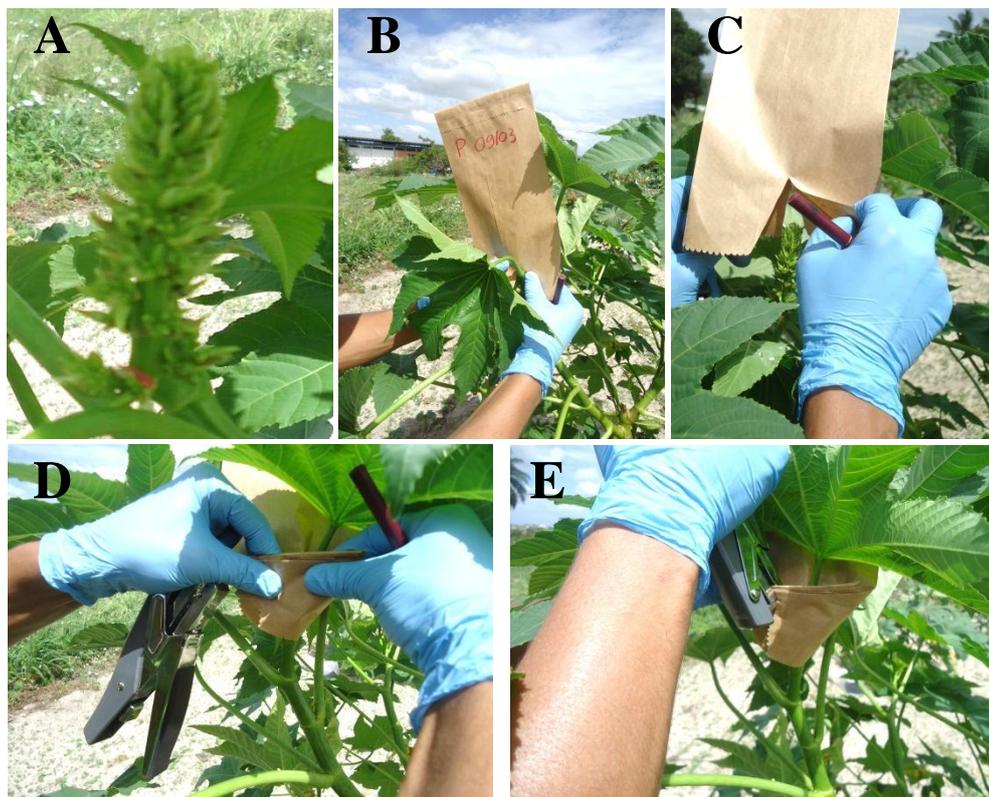
As sementes F₁ foram plantadas em um novo bloco e todas as plantas que alcançaram a fase de reprodução foram autofecundadas, dando origem à geração F₂. Esta última foi plantada, em parcelas, em um terceiro bloco de cruzamento juntamente com seus genitores e geração F₁, para serem autofecundados e retrocruzados, e serem avaliados para as características em estudo.

Cruzamentos e autofecundações foram realizados segundo métodos descritos por Brigham, 1982. Alguns detalhes do processo são apresentados na Figura 2.



Foto: Márcia B. M. Nóbrega

Figura 1 – Bloco de cruzamento com genitores de coloração verde e roxa.



Fotos: Márcia B. M. Nóbrega

Figura 2 - Esquema de autofecundação e cruzamento em mamoneira segundo método descrito por Brigham (1982). (A) - racemo na fase de realização da autofecundação ou emasculação, antes da abertura das flores. (B) - saco de papel impermeável e identificação com lápis permanente. (C) - cobertura da inflorescência, mostrando corte em V na boca do saco, para melhor fixação na base da ráquis da inflorescência. (D) e (E) – fixação do saco, feita grampeando-se as duas pontas do saco, formando um funil em torno da ráquis.

Em todas as etapas foram tomados dados das plantas, dos genitores e das progênies, em todas as gerações, conforme descritores e metodologia citada em Milani (2008), Nóbrega *et al.*, (2007) e descritores preconizados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, sendo eles: 1- coloração do caule; 2- coloração das folhas adultas; 3- coloração das folhas jovens; 4 - coloração das nervuras.

Duas outras características foram avaliadas de maneira diferente do estabelecido nos descritores. Uma delas foi a cerosidade que foi avaliada da forma descrita por Patwardhan (1931) *apud* Narain (1952): 0 – sem cera; 1 – cera no caule, ramos, pecíolos e frutos; 2 – cera no caule, ramos, pecíolos, frutos e na face abaxial do limbo foliar; 3 – cera no caule ramos, pecíolos, frutos e nas duas faces do limbo foliar.

A Característica excrescências no pecíolo foi avaliada para presença e ausência, verificando-se ao tato.

Para o estudo de herança genética desses caracteres, foi aplicado o teste não paramétrico do qui-quadrado (χ^2) que analisa os possíveis desvios entre a proporção observada e a esperada em um dado evento, para um dado modelo genético pré-estabelecido. O χ^2 é dado por: $\chi^2 = \sum \{(oi - ei)^2/ei\}$, onde oi é a frequência observada e ei é a frequência esperada. Sendo adotado o nível de significância de 0,05 ou 5%. Neste caso, os valores do χ^2 superiores a 5% indicam que os desvios são não significativos, aceitando-se a hipótese.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Geração F₁

Todos os indivíduos de um mesmo cruzamento, na geração F₁, apresentaram-se com características morfológicas semelhantes. Os fenótipos observados estão apresentados na Tabela 2. A pureza dos genitores é atestada pela não segregação dos mesmos nos ensaios realizados, em sucessivas gerações de autofecundação, e também, pela não segregação na geração F₁.

Para o cruzamento 4 CNPAM 2009-7 (♀) x BRA 3182 (♂) não se obteve sementes F₂ na mesma época que os demais, portanto não foi possível tomar dados do mesmo nesta etapa.

Tabela 2 – Características da geração F₁ de três cruzamentos de mamoneira

Cruzamentos	Cor do caule	Cor das folhas adultas	Cor das folhas jovens	Cor das nervuras	Cerosidade	Excrescências no pecíolo
1) BRA 3182 (♀) x CNPAM 93-168 (♂)	Roxo	Roxo	Vermelha	Avermelhada	0	Presente
2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Roxo	Roxo	Vermelha	Avermelhada	0	Presente
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Roxo	Roxo	Vermelha	Avermelhada	1	Presente
4) CNPAM 2009-7 (♀) x BRA 3182 (♂)	Roxo	Roxo	Vermelha	Avermelhada	1	Presente

4.2 Geração F₂

Na maioria dos trabalhos consultados, parece haver dificuldade dos autores em identificar as cores na geração F₂, em todas as partes da planta. De um modo geral os autores agrupam as diversas cores com tons de antocianina em uma só classe. Desta forma, sempre se considera que a segregação para as cores em tons de rosa claro até roxo, uma só classe (HARLAND, 1920; HARLAND 1920 apud WHITE, 1918; PEAT, 1928; GURGEL, 1945; BANZATO e ROCHA, 1969; MOSHKIN & DVORIADKINA, 1986; LAVANYA e GOPINATH, 2008; KUMAR et al., 2009; e SHANKAR et al., 2010).

A mesma dificuldade foi observada nos cruzamentos estudados, sendo encontrados diversos tons decorrentes da presença de antocianinas, em todas as partes da planta, na geração F₂ o que dificultou a classificação em classes discretas. Portanto, neste trabalho também se agrupou as características da mesma maneira.

Para o cruzamento 4 CNPAM 2009-7 (♀) x BRA 3182 (♀) não se obteve sementes F₂ na mesma época que os demais, portanto, não foi possível tomar dados nesta etapa.

4.2.1 Cor do caule

Não foi encontrado no cruzamento 3, BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂), nenhum fenótipo semelhante ao genitor roxo (BRA 3182). Entre as 28 plantas sobreviventes, 21 tinham caule de coloração marrom avermelhado, e 7 tinham o caule verde claro, na mesma tonalidade do genitor CNPAM 2009-7. Este resultado se ajusta a proporção de 3:1 associado a um gene dominante.

Em diversos estudos realizados por vários autores a coloração verde é considerada recessiva em relação às colorações decorrentes da presença de antocianina, independentemente da intensidade da cor (HARLAND, 1920; PEAT, 1928; White 1918 *apud* MOSHKIN & DVORYADKINA 1986; MOSHKIN, 1986; KUMAR *et al.*, 2009; SHANKAR *et al.*, 2010;).

Nos cruzamentos 1 e 2, recíprocos entre um genitor roxo (BRA 3182) e outro verde rosado (CNPAM 93-168) a classificação não foi tão clara como no cruzamento 3. Foram encontradas 3 classes: roxo, marrom avermelhado, em várias tonalidades, e verde rosado. Foi possível fazer distinção do verde rosado comparando-se, em campo, o F₂ com o genitor CNPAM 93-168 que foi usado como testemunha. As classes roxo e marrom avermelhado foram agrupadas em uma, levando em consideração a dominância da antocianina. Sendo assim, a frequência observada ajustou-se para a proporção 3:1 (Tabela 3), confirmando o resultado encontrado por Kumar *et al.*, 2009.

Tabela 3 – Padrões de segregação para **cor do caule**, na geração F₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.

Geração F ₂	Observado/ Esperado	Roxo	Verde rosado	Verde claro	Proporção	χ^2	Resultado																				
1) BRA 3182 (♀) x CNPAM 93-168 (♂)	Observado	19	3	-	3:1	1,52	Não signif.																				
	Esperado	16,5	5,5	-				2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Observado	22	5	-	3:1	0,60	Não signif.	Esperado	20,25	6,75	-	3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	21	-	7	3:1	0,00	Não signif.
2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Observado	22	5	-	3:1	0,60	Não signif.																				
	Esperado	20,25	6,75	-				3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	21	-	7	3:1	0,00	Não signif.	Esperado	21	-	7								
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	21	-	7	3:1	0,00	Não signif.																				
	Esperado	21	-	7																							

Para ter-se uma equivalência com as classes de cores apresentadas nos descritores usados pelo MAPA e pela Embrapa Algodão, considerou-se que a coloração marrom avermelhada equivale à coloração “mahogany” ou mogno, e a coloração roxa equivale à

púrpura. Porém, outras cores, tais como verde escuro e rosa, não foi possível comparar com as cores descritas na literatura. As cores são conceitos e podem também depender de fatores ambientais como, por exemplo, a incidência de luz, e a acuidade visual de cada indivíduo que a observa.

Outra dificuldade encontrada é que não existem acessos ou genótipos padrão usados pelos diversos grupos de pesquisa que têm trabalhado no estudo de herança de caracteres morfológicos da mamoneira. Desta forma, não se pode concluir que um mesmo gene, presente no genótipo analisado por um grupo, esteja presente nos genótipos usados por outro grupo. Se houvesse genótipos padrão poderiam ser plantados no mesmo campo e a classe de coloração ser determinada por comparação. Anjani (2012) considera que procedimentos padrão de coleta de dados, uniformização de descritores fenotípicos e disponibilização de bancos de dados agrônômicos e de marcadores moleculares ainda estão por ser desenvolvidos.

4.2.2 Cor das folhas adultas

No cruzamento 3 - BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂) (folha roxa x folha verde) confirmou-se que a presença de antocianina é dominante sobre a ausência. Na geração F₁ todos os indivíduos tinham folhas de cor arroxeadas. A população F₂ segregou a uma taxa de 3 verde arroxeadas :1 verde claro indicando que o caráter é governado por um único gene (KUMAR *et al.* 2009). Neste cruzamento não foi observado nenhum fenótipo com folhas de coloração completamente roxa, mas sim verde arroxeadas. Esta classe de cor não está presente nos descritores, então a classificação aqui adotada para cor da folha adulta foi realizada da mesma forma que Anjani *et al.*, 2007 e Kumar *et al.*, 2009, que agruparam todas as colorações arroxeadas como roxo. Este mesmo critério foi estendido para classificar todos os outros fenótipos encontrados em todos os cruzamentos. O teste do qui-quadrado foi não significativo para esta proporção, aceitando-se que a cor da folha roxa é dominante sobre a cor da folha verde clara.

Os cruzamentos recíprocos foram realizados com a intenção de verificar a herança materna da cor roxa na folha adulta, conforme descrito por Anjani *et al.*, (2007). Em um primeiro cruzamento realizado em 2010, não se observou a uniparentalidade na geração F₁, e as duas progênes apresentaram coloração da folha roxa. O mesmo procedimento foi realizado uma segunda vez para confirmação e, novamente, as duas progênes F₁ apresentaram a cor da folha roxa (Tabela 2).

Na geração F₂ dos cruzamentos recíprocos foi observada uma segregação apresentando folhas roxas, verde arroxeadas e verde. Agrupando as folhas de coloração arroxeadas foi observado uma proporção 3 roxo:1 verde. Resultados semelhantes indicando dominância monogênica para a cor da folha roxa também foi observado por Anjani *et al.*, 2007.

Tabela 4 - Padrões de segregação para **cor das folhas adultas**, na geração F₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.

Geração F ₂	Observado/ Esperado	Roxo	Verde	Verde claro	Proporção	χ^2	Resultado
1) BRA 3182 (♀) x CNPAM 93-168 (♂)	Observado	19	3	-	3:1	1,52	Não signif.
	Esperado	16,5	5,5	-			
2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Observado	22	5	-	3:1	0,60	Não signif.
	Esperado	20,25	6,75	-			
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	21	-	7	3:1	0,00	Não signif.
	Esperado	21	-	7			

4.2.3 Cor das folhas jovens

Este caráter não é tratado isoladamente pelos autores consultados, em geral tem sido considerado como integrante de colorações das partes vegetativas. Kumar *et al.*, (2009), relata que na mamoneira pigmentos de antocianina são encontrados nos caules, pecíolos e folhas jovens. Morfotipos de folhas extremamente roxas tem sido encontradas em acessos da BAG da Embrapa Algodão e também na Índia por Anjani, (2005). Harland, (1920, 1922 e 1928), Peat, (1928) e Moshkin & Dvoryadkina, (1986) estabelecem que a cor da folha é determinada pelo(s) mesmo(s) gene(s) que controla(m) a cor dos ramos. Os resultados da avaliação deste caráter estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Padrões de segregação para **cor das folhas jovens** na geração F₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.

Geração F ₂	Observado/ Esperado	Vermelho	Bronze	Verde	Proporção	χ^2	Resultado
1) BRA 3182 (♀) x CNPAM 93-168 (♂)	Observado	14	8	-	3:1	1,51	Não signif.
	Esperado	16,5	5,5	-			
2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Observado	14	13	-	3:1	7,72**	Signif..
	Esperado	20,25	6,75	-			
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	-	22	6	3:1	0,19	Não signif.
	Esperado	-	21	7			

No cruzamento 3 a proporção observada se ajusta à proporção de 3:1, considerando que, assim como nos outros caracteres que envolvem presença de antocianina, a presença é

dominante sobre a ausência (Kumar *et al.*, 2009) e é determinada por um único gene. Entre os dois cruzamentos recíprocos, a cor da folha jovem foi classificada como vermelha e bronze, e, assim como nos demais caracteres, nestes dois cruzamentos foi atribuída a cor vermelha às folhas jovens de plantas que eram mais avermelhadas do que as de cor bronze, quando comparadas com os seus genitores.

4.2.4 Coloração das Nervuras

Presente como um dos caracteres dos descritores de mamona, a cor das nervuras não é citada nos trabalhos de herança realizados até então. As frequências observadas para as cores avermelhada e esverdeada estão apresentadas na Tabela 6. Para esta característica também houve gradientes de intensidade para a pigmentação da antocianina. Assim como nas demais, a frequência observada não difere da frequência esperada para a proporção de 3:1, em todos os cruzamentos.

Tabela 6 - Padrões de segregação para **cor das nervuras**, na geração F₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.

Geração F ₂	Observado/ Esperado	Avermelho	Esverdeada	Proporção	χ^2	Resultado
1) BRA 3182 (♀) x CNPAM 93-168 (♂)	Observado Esperado	16 16,5	6 5,5	3:1	0,06	Não signif.
2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Observado Esperado	21 20,25	6 6,75	3:1	0,11	Não signif.
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado Esperado	21 21	7 7	3:1	0,00	Não signif.

4.2.5 Cerosidade

A cerosidade estava presente apenas no genitor CNPAM 2009-7, por isso apenas cruzamento 3 será aqui discutido. Na geração F₁ toda a descendência apresentou cerosidade do tipo 1, inferindo que o caráter presença de cera é dominante ou parcialmente dominante sobre a ausência, o que está de acordo com a literatura.

Na geração F₂, composta de 28 indivíduos; 21 apresentaram cera, enquanto 7 não apresentaram, um ajuste perfeito para a proporção 3:1 (HARLAND, 1920 e 1947; PEAT, 1928; GURGEL, 1945; ZIMMERMAN, 1958; MOSHKIN & DVORIADKINA, 1986; KUMAR *et al.*, 2009). Considerando o nível de cerosidade, descrito na metodologia, três fenótipos foram observados: cera 0, cera 1 e cera 2, numa proporção equivalente a 1:2:1 (SHANKAR *et al.*, 2010). O fato da cera do tipo 2 não ter sido expressa na geração F₁ e ter

voltado a se expressar na geração F₂ é indicativo que possa haver um gene regulador dominante para expressão da cera no limbo da folha. Sob esse ponto de vista, os fenótipos observados no campo se ajustam a proporção de 13:3, caracterizando epistasia recessiva dominante (RAMALHO *et al.* 2000).

O teste do χ^2 mostrou-se não significativo para as três proporções (Tabela 7).

Tabela 7 - Padrão de segregação para **cerosidade** na geração F₂ de um cruzamento e teste de qui-quadrado.

Geração F ₂	Observado/ Esperado	2	1	0	Proporção	χ^2	Resultado
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	5	16	7	1:2:1	0,86	Não signif.
	Esperado	7	14	7			
		Presente	Ausente				
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	21	7		3:1	0,00	Não signif.
	Esperado	21	7				
		Sem cera no limbo	Com cera no limbo				
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	23	5		13:3	0,01	Não signif.
	Esperado	22,75	5,25				

Há um consenso de que a presença de cera é dominante sobre a ausência, o que foi verificado também para este cruzamento estudado. Porém com relação à intensidade e a distribuição da cera em diversas partes da planta, existem controvérsias decorrentes da dificuldade de se classificar os fenótipos em classes discretas.

4.2.6 Excrescências no pecíolo

Todas as plantas da geração F₁ dos três cruzamentos apresentaram excrescências no pecíolo indicando uma dominância da presença sobre a ausência. Na geração F₂ houve segregação uniforme para todos os cruzamentos na proporção 3:1 (Tabela 8). O teste do χ^2 revelou-se não significativo para os três cruzamentos, indicando que a herança do caráter é monogênica e dominante.

Tabela 8 - Padrão de segregação para **excrescências no pecíolo** na geração F₂ de três cruzamentos e teste de qui-quadrado.

Geração F ₂	Observado/ Esperado	Presente	Ausente	Proporção	χ^2	Resultado
1) BRA 3182 (♀) x CNPAM 93-168 (♂)	Observado	18	4	3:1	0,79	Não signif.
	Esperado	16,5	5,5			
2) CNPAM 93-168 (♀) x BRA 3182 (♂)	Observado	22	5	3:1	0,61	Não signif.
	Esperado	20,25	6,75			
3) BRA 3182 (♀) x CNPAM 2009-7 (♂)	Observado	19	9	3:1	0,76	Não signif.
	Esperado	21	7			

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados do teste de qui-quadrado e também nas informações obtidas na literatura, conclui-se que a presença de antocianina, de cera e de excrescências é dominante sobre a ausência, e devem ser de herança governada por um ou poucos genes. Todavia, em todos os caracteres estudados se observou, em campo, que na geração F₂ havia gradientes de intensidade que dificultava a identificação das plantas, o que pode também ser atribuído à herança poligênica ou quantitativa.

Para o caráter cor da folha adulta concluiu-se que não há herança materna para a cor roxa no genótipo estudado.

6 REFERÊNCIAS

ANJANI, K. **Purple-coloured castor (*Ricinus communis* L.)** – A rare multiple resistant morphotype. *Current Science*, 2005. v, 88, n. 2, p. 1–2.

ANJANI, K.; PALLAVI, M.; BABU, S. N. **Uniparental inheritance of purple leaf and the associated resistance to leafminer in castor bean**. *Plant Breeding*, 2007. v, 126, n. 5, p. 515–520. doi: 10.1111/j.1439-0523.2007.01395.x

ANJANI, K.; PALLAVI, M.; BABU, S. N. S. **Biochemical basis of resistance to leafminer in castor (*Ricinus communis* L.)**. *Industrial Crops and Products*, 2010. v, 31, n. 1, p. 192–196... doi:10.1016/j.indcrop.2009.10.005

ANJANI, K. **Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation**. *Industrial Crops and Products*, 2012. v. 35, n. 1, 1–14. doi:10.1016/j.indcrop.2011.06.011

BALDANZI, M.; FAMBRINI, M.; PUGLIESI, C. Redesign of the castorbean plant body plan for optimal combine harvesting. *Annals of applied biology*, 2003. v, 142, p. 299–306.

BANZATO, N. V.; ROCHA, J. L. V. da. Genética e melhoramento da mamoneira. In: KERR, W. E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p.102-113.

BRASIL. **Glossário ilustrado de morfologia**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento. Mapa/ACS. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Laborat%C3%B3rios/glossario_ilustrado_morfologia-2.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2012.

BRIGHAM, R.D. **Natural outcrossing in dwarf-internode castor, *Ricinus communis* L.** *Crop Sci*, 1967. v, 7, p. 353-355.

BRIGHAM, R. D. Castor. In W. R. Fehr & H. H. Hadley (Eds.), **Hybridization of crop plants** p. 235–247. Madison: American Society of Agronomy and Crop Science. 1982. Disponível em: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19861654803.html>>. Acesso em: 14 out 2012.

CARVALHO, B. C. L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005.

CASTOROIL.IN. **Comprehensive Castor Oil Report**. Tamilnadu, India. 2010. 203p. Disponível em: <http://www.finagro.com.co/html/cache/HTML/SIS/Higuerilla/Castor_Oil_Report%20Nov%202010.pdf> . Acesso em: 18 out 2012.

CHAN, A. P. et al. **Draft genome sequence of the oilseed species *Ricinus communis***. *Nature biotechnology*, 2010. v.28, n. 9, p. 951–6. doi:10.1038/nbt.1674

CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.417-447.

CONAB. **Série histórica: mamona**. Brasília, DF: Central de Informações Agropecuárias. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 15 de out 2012.

COSTA, R. V. S.; et al. **AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMONEIRA QUANTO A RESISTÊNCIA A *FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. RICINI*** In: *V congresso Brasileiro de Mamona*, 2012, Guarapari. **Anais eletrônicos...** Campina Grande, Embrapa-CNPA, 2012. Disponível em: <http://www.cbmamona.com.br/pdfs_5/FIT-023_O.082.pdf>. Acesso em: 21 out. 2012

FORNAZIERI JUNIOR, A. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo. ed. Ícone. 1986, 72p.

FREIRE, E.C. et al. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. rev. ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p.169-194.

GARCÍA-GONZÁLEZ, J. J. et al. **Pollinosis to *Ricinus communis* (castor bean): an aerobiological, clinical and immunochemical study**. Málaga. *Clinical and experimental allergy*, 1999. v.29, n. 9, p. 1265–75. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10469037>>. Acesso em: 20 out 2012.

GOODARZI, F. et al. **Study on genetic variation in Iranian castor bean (*Ricinus communis* L.) accessions using multivariate statistical techniques**. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2012. v. 6, n. 7, p. 1160–1167. doi: 10.5897/JMPR11.664

GURGEL, J. T. do A. **Estudos sobre a mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 1945. 92 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1945.

HARLAND, S. C. **Inheritance in *Ricinus communis* L.:** Part I. *Journal of genetics*, 1920. v. 10, p. 251–253. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/V79219GL700G6378.pdf>>. Acesso em: 14 out 2012.

HARLAND, S. C. **Inheritance in *Ricinus communis* L.:** Part II. *Journal of genetics*, 1922. v. 12, p. 207–218. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF02983981>>. Acesso em: 14 out 2012.

HARLAND, S. C. **The Genetics of *Ricinus communis* L.** *Bibliografia Genética*, 1928 v, 4: 171-178.

HARLAND, S. C. **An alteration in gene frequency in *Ricinus communis* L. due to climatic conditions**. *Heredity*, 1947. v. 1, p. 121–125. doi:10.1038/hdy.1947.7. Disponível em: <<http://www.nature.com/hdy/journal/v1/n1/pdf/hdy19477a.pdf>>. Acesso em 21 out 2012.

HEMERLY, F. X. **Mamona: Comportamento e tendências no Brasil**. Brasília: Embrapa - Departamento de Informação e Documentação, 1981. 63p.

KUMAR, A. A. et al. **Inheritance studies in castor, *Ricinus communis* L.** Journal of Oilseeds Research, 2009. v. 26. n. 2, p. 98–101. Disponível em: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/20113278344.html>>. Acesso em: 18 out 2012.

LAVANYA, C.; GOPINATH. V. **Study on inheritance of morphological characters and sex expression in pistillate lines of castor.** Indian J. Genet. Plant Breed, 2008. n 68. 275-282.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas. Tártago. In: MAZANNI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas.** Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. p. 273 – 360.

MILANI, M. et al. **Caracterização taxonômica de acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) do banco ativo de germoplasma da Embrapa Algodão.** Campina Grande: Embrapa – CNPA, 2006a. 18p. (Embrapa – CNPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

MILANI, M.; *et al.*. Melhoramento, cultivares e biotecnologia. In: **Mamona – O produtor pergunta, a Embrapa responde.** Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006b. p 153-169.

MILANI, M. **Descritores de mamona utilizados pela Embrapa Algodão.** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2008. 39 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 192).

MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M.; ANDRADE, F. P. **Andamento e perspectivas do programa de melhoramento de mamona da Embrapa,** 2009. 26 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17687/1/DOC226.pdf>>. Acesso em: 28 out 2012.

MOSHKIN, V.A. **Castor.** New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1986. 315 p.

MOSHKIN, V. A.; DVORYADKINA, A. G. Castor Genetics. In: MOSHKIN, V. A. **Castor.** New Delhi: Oxonian Press, 1986. p. 93-102.

MUTLU, H.; MEIER, M. A. R. **Castor oil as a renewable resource for the chemical industry.** Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2010. v. 112, p. 10–30.

NARAIN, A. **Bloom Character in Castor oil plant.** Current Science, 1952. v.6, p.166–167.

NÓBREGA, M. B. M. et al. Germoplasma. In.: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007, p. 195-222.

NOBREGA, M. B; RAMOS, L. C. ANDRADE, F. P; MILANI, M. Excrecências no Pecíolo da Mamoneira – Um Provável Marcador Morfológico. In: *V congresso Brasileiro de Mamona*, 2012, Guarapari. **Anais eletrônicos...** Campina Grande, Embrapa-CNPA, 2012. Disponível em: <http://www.cbmamona.com.br/pdfs_5/MEL-046_P.081.pdf>. Acesso em: 21 out. 2012.

OGUNNIYI, D. S. **Castor oil:** A vital industrial raw material. Bioresource technology. 2006. v. 97, n. 9, p. 1086–91 doi:10.1016/j.biortech.2005.03.028

PEAT, J. E. **Genetic Studies in *Ricinus communis* L.** Journal of Genetics, 1928. v. 19, n. 3, p. 373–389. doi: 10.1007/BF02983166

PESQUISA FAPESP. São Paulo. Edição online. p. 3-4, set 2003. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa2.fapesp.br/?art=2268&bd=1&pg=3&lg=>>. Acesso em: 14 nov 2012.

POPOVA, G.M.; MOSHKIN, V.A. Botanical and biological properties of castor: botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p.11-27.

RAMALHO, M. A. P; *et al.* **Genética na Agropecuária**. 2ª edição. Lavras. Ed. UFLA, 2000. 472p.

RIVAROLA, M. et al. **Castor bean organelle genome sequencing and worldwide genetic diversity analysis**. PloS one, 2011. v. 6, n. 7, p. 21743. doi:10.1371/journal.pone.0021743

RODRIGUES, R. F. de O.; OLIVEIRA, F.; FONSECA, A. M. **As folhas de palma christi – *Ricinus communis* L. *Euphorbiaceae* Jussieu**: revisão de conhecimentos. Revista Lecta, Bragança Paulista, jul./dez. 2002. v. 20, n. 2, p. 183-194.

SAVY FILHO, A. **Mamona: tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A. Melhoramento de mamona. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1999a. p. 398-404.

SAVY FILHO, A. Hibridação em mamona. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação Artificial de Plantas**. Viçosa: UFV, 1999b. 546p.

SCHOLZ, V.; SILVA, J. N. **Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel**. Biomass and Bioenergy, 2008. v. 32, n. 2, p. 95–100. doi:10.1016/j.biombioe.2007.08.004

SEVERINO, L. S. *et al.* **A Review on the Challenges for Increased Production of Castor**. Agronomy Journal. 2012. v. 104, n. 4, p. 853-879. doi:10.2134/agronj2011.0210.

SHANKAR, V. G.; RAO, P. V. R.; REDDY, A. V. **Inheritance of certain morphological characters and fusarium wilt resistance in castor, *Ricinus comunnis*, L.** SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 2010. v. 42, n. 2, p. 57–64. Disponível em: <http://sabrao.org/tmp_journals/sabrao_2010_42-2_57-64.pdf>. Acesso em: 13 nov 2012.

SHIFRISS, O. **Sex instability in *Ricinus***. Genetics, 1956. v. 41, n. 2, p. 265–280. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1209780/>>. Acesso em: 14 out 2012.

TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

VASCONCELOS, S. et al. **Molecular Markers to Access Genetic Diversity of Castor Bean**: Current Status and Prospects for Breeding Purposes. cdn.intechweb.com, 2009. p. 201–222. Disponível em: <<http://cdn.intechweb.org/pdfs/25558.pdf>>. Acesso em: 17 out 2012.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660 p.

ZANOTTO, M. D. Herança da característica de pecíolo curto em mamoneira. In: *V congresso Brasileiro de Mamona*, 2012, Guarapari. **Anais eletrônicos...** Campina Grande, Embrapa-CNPA, 2012. Disponível em: <http://www.cbmamona.com.br/pdfs_5/MEL-038_O.108.pdf>. Acesso em: 21 out. 2012.

ZIMMERMAN, L. H. **Castorbeans**: a new oil crop for mechanized production. New York. Academic press inc, 1958. Adv. Agron. v, 10 p. 257–288. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60067-X