



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LETÍCIA TRINDADE ATAÍDE

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA
IAC 2028 CULTIVADA EM DIFERENTES ARRANJOS
POPULACIONAIS**

Londrina
2013

LETÍCIA TRINDADE ATAÍDE

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA
IAC 2028 CULTIVADA EM DIFERENTES ARRANJOS
POPULACIONAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto P. de Souza
Co-Orientador: Dr. José Salvador Simoneti Foloni

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A862c Ataíde, Leticia Trindade.

Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 cultivada em diferentes
arranjos populacionais / Leticia Trindade Ataíde – Londrina, 2013.
126 f. : il.

Orientador: José Roberto Pinto de Souza.

Coorientador: José Salvador Simoneti Foloni.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Mamona – Cultivo – Teses. 2. Mamona – Produtividade – Espaço agrícola –
Teses. 3. Mamona – Colheita – Teses. 4. Produtividade agrícola – Teses. I. Souza, José
Roberto Pinto de. II. Foloni, José Salvador Simoneti. III. Universidade Estadual de Londrina.
Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU 633.85

LETÍCIA TRINDADE ATAÍDE

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA IAC 2028
CULTIVADA EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Édison Miglioranza
UEL – Londrina – PR

Dra. Alexandra Scherer
IAPAR – Londrina – PR

Dr. Paulo Henrique Caramori
IAPAR – Londrina – PR

Dr. Mateus Carvalho Basílio de Azevedo
IAPAR – Londrina – PR

Dr. Antonio Costa (Suplente)
IAPAR – Londrina – PR

Prof. Dr. Claudemir Zucareli (Suplente)
UEL – Londrina - PR

Orientador. Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza
UEL – Londrina – PR

Londrina, 20/02/2013

DEDICO

Especialmente a Deus, à minha família e principalmente aos meus saudosos pai Otávio Ataíde (*in memorian*) e minha avó Ana Moreira Pereira (*in memorian*) por sempre serem tão importantes, essenciais à minha vida, estarem fisicamente antes de serem chamados por Deus e agora espiritualmente ao meu lado nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu amor eterno, pela minha vida, minha saúde, por toda a força, ânimo, proteção, bênçãos, por estar presente em todos os instantes de minha existência ao me direcionar e cuidar de cada detalhe da minha vida, particularmente durante esta fase acadêmica.

Aos meus pais, Otávio Ataíde (*in memorian*) e Maria Moreira da Trindade Ataíde que não somente me deram a vida, mas me educaram e instruíram para vivê-la intensamente de maneira correta e honesta, por todo o apoio, incentivo e amor incondicional, por acreditarem em mim mais que eu mesma, não medindo esforços e muitas vezes abdicarem de suas próprias atividades para me ajudarem na conquista de mais esta vitória. Ao meu irmão Thiago Trindade Ataíde por estar ao meu lado nesta caminhada, compreender, ter paciência e me auxiliar na realização de mais este sonho.

A minha avó Ana Moreira Pereira (*in memorian*) e minha tia Elídia Moreira da Trindade que além de serem minhas madrinhas de batismo e crisma, respectivamente, me incentivaram com muito carinho em todos os momentos, sempre intercedendo em oração por mim e por toda nossa família, mostrando-nos o quanto é linda esta nossa união fraternal! E a todos meus familiares que sempre compreenderam, me apoiaram e deram forças nos meus grandes desafios.

Aos Clara e Lothar Bazanella, muito mais que amigos, tios padrinhos de coração, sempre muito carinhosos e preocupados, grandes conselheiros e incentivadores de vida.

Ao meu orientador professor Dr. José Roberto Pinto de Souza, pela amizade, conselhos, por acreditar em mim, em minha capacidade profissional, compreendendo e apoiando minhas decisões, e pela disponibilidade e prontidão constante em solucionar dúvidas pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. José Salvador Simoneti Foloni pela co-orientação e oportunidade em trabalhar com esta oleaginosa e assim agregar novos conhecimentos em minha formação profissional.

Ao pesquisador professor PhD. Paulo Henrique Caramori pela amizade, conselhos, valiosos ensinamentos, acompanhamento e importante auxílio na condução do artigo para o exame de qualificação.

Aos funcionários e estagiários da Área de Agrometeorologia pela grande amizade, companheirismo e momentos em que compartilhamos conhecimentos, assim como nas ocasiões de descontração.

Aos funcionários de campo, pelo auxílio na implantação e na condução do experimento, especialmente ao Sr. Paulo Marques da Silva presente durante todo o trabalho e nas avaliações realizadas.

Aos funcionários da Estação Experimental da fazenda pelo auxílio sempre que necessário na disponibilização da área experimental, maquinários e equipamentos para a instalação e condução do experimento.

Aos pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Dr. Ademir Calegari, Dr. Benedito Noedi Rodrigues, Msc. Ruy Seiji Yamaoka, Dra. Ana Maria Meneguim, Msc. Dimas Soares, Dr. Antonio Costa, Msc. Luiz Osvaldo Colasante, Edmirson Borrozzino, à estatística Msc. Inês Fumiko Ubukata Yada, ao auxiliar de pesquisa Msc. Oswaldo Machineski, ao técnico agrícola Élcio Carvalhal, pela valiosa amizade e ensinamentos.

Ao Iapar por fornecer sua infraestrutura, funcionários e apoio financeiro para a execução deste trabalho.

A Universidade Estadual de Londrina (UEL) pela oportunidade em realizar os cursos de graduação, mestrado e doutorado, e aos professores do Centro de Ciências Agrárias, particularmente do Departamento de Agronomia e de Pós-Graduação, que me guiaram e incentivaram pelos caminhos do aprendizado pessoal e profissional durante estes onze inesquecíveis anos.

Aos funcionários da UEL pelos serviços prestados, em especial pela secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Weda Aparecida Westin pela paciência, atenção, presteza e eficiência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos para o Doutorado.

Aos membros escolhidos para compor a Banca Examinadora deste trabalho por aceitarem prontamente o convite.

A todos os inúmeros colegas de graduação, mestrado e doutorado pelo companheirismo, auxílios e momentos em que compartilhamos ideias.

Aos meus grandes amigos Fábio von Gaevernitz Lima, Brenda Crystie Tonon Debiasi, Alexandra Scherer, Ângela Beatriz F. da Costa, Maria Ely Fernandes Carvalhal, Bianca Matos, Geovanna C. Zaro, Karitha Kogima, João Roberto da Silva, Jonas Galdino, e tantos outros que sempre me apoiaram, bem como os que conheci durante esta caminhada que intercederam com preces, carinho, amizade, compreensão, estímulo, e de alguma maneira estiveram presentes durante o curso, contribuíram para a elaboração do trabalho da tese, além dos importantes momentos de entretenimento.

Aos amigos dos grupos de jovens Frutos da Paz e Yahweh Nessi por sempre intercederem por mim e minha família em oração nos ajudando a ir em frente, e pela amizade com muita energia positiva.

Muitos foram aqueles que, talvez até sem saber, me ajudaram direta ou indiretamente para a realização e concretização bem sucedida de mais uma meta, pois nada na vida conquistamos sozinhos e sempre precisamos de outras pessoas para nos auxiliar a atingir os nossos objetivos.

Muitas vezes um simples gesto pode mudar a trajetória de nossa vida e contribuir para o nosso sucesso.

A todos vocês, colaboradores na conquista de mais esta importante vitória, me ajudando a construir e amadurecer o verdadeiro aprendizado, e a escrever as páginas da minha história.

Muito obrigada de coração, verdadeiros anjos da minha vida!

“A vida é fruto da decisão de cada momento. Talvez seja por isso, que a ideia de plantio seja tão reveladora sobre a arte de viver.

Viver é plantar. É atitude de constante semeadura, de deixar cair na terra de nossa existência as mais diversas formas de sementes. Cada escolha, por menor que seja, é uma forma de semente que lançamos sobre o canteiro que somos. Um dia, tudo o que agora silenciosamente plantamos, ou deixamos plantar em nós, será plantaçoão que poderá ser vista de longe...

Para cada dia, o seu empenho. A sabedoria bíblica nos confirma isso, quando nos diz que "debaixo do céu há um tempo para cada coisa!"

Hoje, neste tempo que é seu, o futuro está sendo plantado. As escolhas que você procura, os amigos que você cultiva, as leituras que você faz, os valores que você abraça, os amores que você ama, tudo será determinante para a colheita futura. Felicidade talvez seja isso: alegria de recolher da terra que somos, frutos que sejam agradáveis aos olhos!

Infelicidade, talvez seja o contrário. O que não podemos perder de vista é que a vida não é real fora do cultivo. Sempre é tempo de lançar sementes... Sempre é tempo de recolher frutos. Tudo ao mesmo tempo. Sementes de ontem, frutos de hoje, Sementes de hoje, frutos de amanhã!”

(Pe. Fábio de Melo, SCJ)

ATAÍDE, Leticia Trindade. **Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 cultivada em diferentes arranjos populacionais**. 2013. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

As informações referentes a cultivares de mamona de porte baixo e frutos indeiscentes adequadas à mecanização são pouco exploradas. Destaca-se o conhecimento escasso sobre o comportamento em diferentes arranjos espaciais para cada região de cultivo, com a finalidade de se aprimorar os tratos culturais, aumentar a produtividade e elevar a eficiência de colheita, tornando uma alternativa de produção de grãos mais rentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do espaçamento reduzido, em interação com diferentes populações de plantas, no crescimento e na produtividade da mamoneira de porte baixo IAC 2028 para colheita mecanizada. O experimento foi realizado durante a safra verão de 2009/2010, em um Latossolo Vermelho distroférico, em Londrina, PR. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90 m) e as subparcelas por quatro populações iniciais de plantas (15.000, 30.000, 45.000 e 60.000 plantas ha⁻¹). Diferentes configurações de semeadura alteram o crescimento e o desenvolvimento das plantas de mamoneira e, conseqüentemente, o manejo da cultura com impacto no rendimento final. A condução das plantas sob o espaçamento de 0,90 m entre linhas e a população de 15.000 plantas ha⁻¹ (0,74 m entre plantas), e sob a população de 60.000 plantas ha⁻¹, independente do espaçamento entre linhas adotado, proporcionaram os piores resultados para o desenvolvimento das plantas de mamona. As plantas conduzidas nos espaçamentos entre linhas de 0,90 m e população de 60.000 plantas ha⁻¹ (0,18 m entre plantas na linha) apresentaram os piores resultados de componentes de produção e rendimento de grãos da mamona. O melhor arranjo de plantas, proporcionado pelo espaçamento de 0,45 m entre linhas, na população de 45.000 plantas ha⁻¹ (0,49 m entre plantas na linha), favoreceu o crescimento, o desenvolvimento e os maiores rendimentos de grãos da mamoneira IAC 2028 na safra verão, para as condições edafoclimáticas de Londrina-PR.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Arranjo espacial. Densidade de plantas. Características agronômicas. Rendimento de grãos.

ATAÍDE, Leticia Trindade. **Growth and yield of castor bean IAC 2028 grown in different population arrangements.** 2013. 126f. Doctorate (Thesis in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

Information concerning castor bean cultivars of dwarf habit and indehiscent fruits suitable for mechanization are little explored. There is a need of studies about the behavior in different spatial arrangements for each growing region, in order to enhance cultural practices, increase productivity and raise the efficiency of harvesting, making this crop a more profitable alternative of grain production. The aim of this study was to evaluate the influence of reduced spacing, in interaction with different plant populations, on growth and yield of the castor bean cultivar of dwarf habit IAC 2028 for mechanized harvesting. The experiment was conducted during the summer season of 2009/2010, in an Oxisol clayey in Londrina, PR, Brazil. The experimental design was a randomized block with split plots and four replications. The plots consisted of two row spacings (0.45 and 0.90 m) and the subplots of four initial populations of plants (15,000, 30,000, 45,000 and 60,000 plants ha⁻¹). Different configurations of sowing alter the growth and development of castor plants, and consequently the crop management, impacting on the final yield. Plant spacing of 0.90 m between rows and population of 15,000 plants ha⁻¹ (0.74 m between plants), and the population of 60,000 plants ha⁻¹, regardless of row spacing adopted, provided the worst results for plant development. Plants grown in row spacings of 0.90 m and population of 60,000 plants ha⁻¹ (0.18 m between plants) had the worst results of yield components and grain yield. The best arrangement of plants, provided by the spacing of 0.45 m between rows, the population of 45,000 plants ha⁻¹ (0.49 m between plants), favored the growth, development and the highest grain yield of castor bean IAC 2028 harvest in summer, at the environmental conditions of Londrina-PR.

Key words: *Ricinus communis*. Spatial arrangement. Plant density. Agronomic characteristics. Yield.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área colhida, produtividade e produção de mamona em baga no mundo em 2010	20
Tabela 2 – Área plantada, produtividade e produção de mamona nos principais Estados produtores no Brasil, nas safras 2002/2003 a 2011/2012.....	25
Tabela 3.1 – Distância calculada entre as plantas de mamona na linha de cultivo para obter as populações de plantas desejadas em cada espaçamento entre linhas. Londrina – PR, 2009/2010	81
Tabela 3.2 – Altura de plantas, comprimento de entrenós do caule, área foliar por planta e índice de área foliar, em razão do espaçamento entre linhas e da população inicial de plantas para a cultivar de mamona IAC 2028, em avaliações realizadas aos 57 e 85 dias após a emergência (DAE) da lavoura, e aos 138 DAE (maturação dos racemos de 1ª ordem). Londrina – PR, 2009/2010.....	85
Tabela 3.3 – Massa seca de plantas no estágio de maturação dos racemos de 1ª ordem, 2ª ordem e 3ª ordem, e população final de plantas e índice de colheita da maturação dos racemos de 3ª ordem, em razão dos espaçamentos entre linhas e da população inicial de plantas, para a cultivar de mamona IAC 2028. Londrina - PR, 2009/2010.....	94
Tabela 4.1 – Distância calculada entre as plantas de mamona na linha de cultivo para obter as populações de plantas desejadas em cada espaçamento entre linhas. Londrina – PR, 2009/2010	108
Tabela 4.2 – Número de racemos por planta (NRP), número de frutos por racemo (NFR) e massa de 100 grãos (100G), amostrados separadamente para os racemos de 1ª ordem, 2ª ordem, 3ª ordem e 4ª ordem, total de racemos por planta (NRP total) e número de frutos por racemo da lavoura (NFR médio), em razão do espaçamento entre linhas e da população inicial de plantas, para a cultivar de mamona IAC 2028 colhida na maturação dos racemos de 3ª ordem	110
Tabela 4.3 – Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)por ordem de racemo e total da lavoura, em função do espaçamento entre linhas e da população inicial de plantas, para a cultivar de mamona IAC 2028 colhida na maturação dos racemos de 3ª ordem	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da área plantada (a), produção (b) e produtividade (c) da mamona no Brasil, Índia, China e Mundo, no período de 1961 a 2010.....	21
Figura 2 – Esquema ilustrativo da planta da mamoneira (raízes, caule, folhas e racemos de primeira, segunda e terceira ordens). Fonte: Beltrão et al. (2007b)	32
Figura 3.1 – Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar (a), e umidades relativas máxima e mínima do ar (b), obtidas na área do experimento, de dezembro a outubro do ano agrícola 2009/2010, e datas de emergência (E), início do florescimento (F), maturação do racemo de 1ª ordem (M1), maturação do racemo de 2ª ordem (M2) e maturação do racemo de 3ª ordem (M3) da cultivar de mamona IAC 2028. Londrina, PR.....	80
Figura 3.2 – Altura de plantas nos estádios de 57 DAE (a), 85 DAE (b) e 138 DAE (c), comprimento de entrenós do caule aos 57 DAE (d) e 85 DAE (e), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	86
Figura 3.3 – Área foliar por planta nos estádios de 57 DAE (a), 85 DAE (b) e 138 DAE (c), e índice de área foliar aos 57 DAE (d), 85 DAE (e) e 138 DAE (f), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	90
Figura 3.4 – Massa seca de plantas nos estádios de maturação dos racemos de 1ª ordem (a), 2ª ordem (b) e 3ª ordem (c), e acúmulo de fitomassa na lavoura na maturação dos racemos de 1ª ordem (d), 2ª ordem (e) e 3ª ordem (f), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	95
Figura 3.5 – População final de plantas (a) e índice de colheita (b) da lavoura de mamona, cultivar IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	97

Figura 4.1 – Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar (a) , e umidades relativas máxima e mínima do ar (b) , obtidas na área do experimento, de dezembro a outubro dos anos agrícolas 2009/2010, e datas de emergência (E), início do florescimento (F) e colheita (C) na maturação dos racemos de 3ª ordem da cultivar de mamona IAC 2028. Londrina, PR.....	106
Figura 4.2 – Balanço Hídrico Climatológico Sequencial decendial, obtido na área do experimento, de dezembro a outubro do ano agrícola 2009/2010, e datas de emergência (E), início do florescimento (F) e colheita (C) da cultivar de mamona IAC 2028. Londrina, PR.....	107
Figura 4.3 – Número de racemos por planta de 1ª ordem (a) , 2ª ordem (b) , 3ª ordem (c) , 4ª ordem (d) e total (e) , para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	111
Figura 4.4 – Número de frutos por racemos de 1ª ordem (a) , número de frutos por racemo de 3ª ordem (b) , número médio de frutos por racemo da lavoura (c) e massa de 100 grãos dos racemos de 2ª ordem (d) , para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	114
Figura 4.5 – Produtividade de grãos dos racemos de 1ª ordem (a) , 2ª ordem (b) , 3ª ordem (c) e total da lavoura (d) , para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.....	118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 MAMONA (RICINUS COMMUNIS L.).....	19
2.1.1 Origem e Distribuição Geográfica.....	19
2.1.2 Panorama da Produção da Mamona em Baga e Co-produto.....	19
2.1.2.1 Mundial.....	19
2.1.2.2 Brasil.....	23
2.1.2.3 .Paraná.....	28
2.1.3 Importância Sócioeconômica do Sistema de Produção da Mamona.....	29
2.1.4 Descrição Botânica e Cultivares.....	30
2.1.4.1 Morfologia.....	31
2.1.4.2 Fisiologia.....	32
2.1.4.3 .Principais cultivares recentes.....	34
2.1.5 Estabelecimento da Lavoura.....	35
2.1.6 Distribuição Espacial e Densidade Populacional de Plantas.....	37
2.1.7 Tratos Culturais.....	41
2.1.7.1 Desbaste.....	41
2.1.7.2 .Poda.....	42
2.1.7.3 Manejo de plantas daninhas.....	42
2.1.8 Sistemas de Cultivo.....	44
2.1.9 Fatores Climáticos.....	46
2.1.10 Fatores Edáficos.....	48
2.1.11 Aspectos Fitossanitários.....	51
2.1.11.1 Manejo de pragas.....	51
2.1.11.2 Manejo de doenças.....	52
2.1.11.2.1 <i>Mofo-cinzento (Amphobotrys ricini L.)</i>	53
2.1.12 Colheita e Beneficiamento.....	54
2.1.13 Propriedades Oleaginosas da Mamona e Aplicações Gerais.....	56
2.1.14 A Mamona e o Biodiesel.....	57
2.1.15 Aplicações dos Sub-produtos da Mamona na Indústria.....	59
2.2 REFERÊNCIAS.....	60

3 ARTIGO A: DESENVOLVIMENTO DE CULTIVAR DE MAMONA ADEQUADA À COLHEITA MECANIZADA EM DIFERENTES ADENSAMENTOS	76
3.1 RESUMO.....	76
3.2 ABSTRACT.....	77
3.3 INTRODUÇÃO	77
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	79
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
3.6 CONCLUSÕES	98
3.7 REFERÊNCIAS.....	98
4 ARTIGO B: PRODUTIVIDADE DA CULTIVAR DE MAMONA IAC 2028 EM DIFERENTES ADENSAMENTOS	102
4.1 RESUMO.....	102
4.2 ABSTRACT.....	102
4.3 INTRODUÇÃO	103
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	105
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	109
4.6 CONCLUSÕES	121
4.7 REFERÊNCIAS.....	121
5 CONCLUSÕES GERAIS	126

1 INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma cultura de elevado valor social, potencial econômico e estratégico ao país. O principal produto, extraído de suas sementes, é o óleo, que possui excelentes propriedades e ampla gama de utilização industrial, sendo empregado como matéria-prima em diversas aplicações, onde não pode ser substituído por outros óleos vegetais e podendo ser, ainda, uma opção como potencial fonte alternativa de energia para a produção de biocombustível (BELTRÃO, 2003; LANGE et al., 2005; MELHORANÇA; STAUT, 2005; POPOVA; MOSHKIN, 1986; SEVERINO et. al., 2005; ZUCHI et al., 2010).

O Brasil já foi o primeiro produtor mundial e exportador de óleo de mamona, porém perdeu competitividade com a entrada no mercado da China e Índia. Ocupa atualmente o terceiro lugar na produção internacional de sementes de mamona (FAO, 2012; IBGE, 2012). A queda brasileira no mercado mundial é explicada, principalmente, pelo baixo nível tecnológico dos produtores, caracterizado pelo uso incorreto de insumos, manejo inadequado da cultura e falta de cultivares adaptadas à colheita mecanizada, o que, dentre outros fatores, encarece a produção (NEGRET, 2008; SAVY FILHO et al., 1999).

O nordeste brasileiro responde por cerca de 90% da produção nacional. A mamona é cultivada, predominantemente, por pequenos produtores rurais, com média de 4,7 ha por propriedade. A Bahia é o maior produtor nacional, seguida dos estados da região Centro-Sul (FREITAS, 2011). No Estado do Paraná, o pico de cultivo se deu na safra de 1979/1980 com o cultivo de 48.700 ha e produtividade de 1.677 kg ha⁻¹. A área foi reduzida para 289 hectares em 2006/2007, com média de produtividade de 1.539 kg ha⁻¹. Na safra de 2009/2010 o Estado contou com 1.916 ha, rendimento de 1.223 kg ha⁻¹ e valor bruto de produção total de R\$ 1.826.000,00, entretanto na safra de 2010/2011 houve novamente forte retração na produção desta oleaginosa em 874 ha e rendimento de 637 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012; IBGE, 2012; MAPA, 2012). Mas, devido à expansão do mercado em função de novos produtos derivados do óleo desta espécie, é considerada uma cultura com potencial expansão no Paraná, ocupando áreas que ficam ociosas no período de entressafra (IBGE, 2012; SILVA et al., 2010). Uma das limitações à expansão da cultura da mamona no Brasil e no Paraná é o desenvolvimento de tecnologias para seu cultivo mecanizado, particularmente na operação da colheita.

No final da década de 90, com o aumento da demanda devido à aplicação industrial do óleo de mamona iniciou-se o cultivo em grandes áreas, em Minas Gerais e na

região do Cerrado brasileiro. Assim, pesquisas na área de melhoramento genético têm buscado desenvolver novos híbridos e cultivares com elevado potencial produtivo, ciclo precoce, de porte baixo, resistentes a pragas e doenças, com frutos indeiscentes que possibilitem única colheita. Esses materiais adequados aos sistemas de produção mecanizados, para o cultivo em larga escala em áreas não tradicionais como a região Centro-Sul do Brasil, permitirá aumentar a rentabilidade da cultura e a competitividade brasileira no mercado internacional (SAVY FILHO et al., 2007; SORATTO et al., 2011). Porém, são escassas as informações sobre comportamento e práticas de cultivo destes novos materiais lançados, em cada região de cultivo (FERREIRA; MARUYAMA; SORATTO, 2009). Sistemas de produção mais adequados, utilização de insumos agrícolas e melhoramento das cultivares são as principais alternativas para solucionar tais problemas (LOPES et al., 2008).

O espaçamento entre linhas e, principalmente, a densidade populacional adequada de plantas na linha, buscando a máxima uniformidade na distribuição de área por planta, estão dentre as práticas que reduzem a competição intraespecífica por nutrientes, CO₂ e, principalmente água e luz, impactando assim na produtividade máxima da cultura da mamona (CARVALHO et al., 2010; FERREIRA; MARUYAMA; SORATTO, 2009; SEVERINO et al., 2006c; SORATTO et al., 2011), além de contribuir no controle de plantas daninhas com o rápido fechamento inicial do dossel da cultura (SEVERINO et al., 2006a) e reduzir a erosão do solo (MARIA; RAMOS, 2007).

A execução de ensaios locais para definir a melhor configuração de plantio é um passo tecnológico importante para se adequar o ambiente ao melhor desenvolvimento das plantas e aumentar seu potencial produtivo. É conveniente, também, que o agricultor compatibilize o espaçamento das culturas aos equipamentos de plantio e colheita disponíveis na propriedade, aproveitando a maior amplitude de ajuste na regulagem das máquinas atuais, mais modernas, utilizadas para outras culturas produtoras de grãos que têm permitido maior variação no arranjo espacial e na densidade populacional das lavouras (DOURADO NETO et al., 2003; FERREIRA et al., 2006b).

A colheita mecanizada é recomendada para grandes áreas plantadas, acima de 50 ha, visto que essa prática só pode ser adotada com uso de cultivares de porte baixo, com pouca ramificação lateral e frutos indeiscentes, pois a operação é realizada uma única vez, quando os frutos já estiverem bem secos e, preferencialmente, com a planta desfolhada (DRUMOND et al., 2008; SILVA; MILANI, 2006b; SILVA et al., 2005).

Diante do exposto, considera-se fundamental o uso de espaçamentos mais estreitos e o adensamento na população de plantas da lavoura para aumentar a produtividade da cultura mecanizada.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do espaçamento reduzido em interação com diferentes populações de plantas no crescimento e produtividade da cultivar de mamona IAC 2028, apta à colheita mecanizada, na safra verão, em Londrina, PR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MAMONA (*RICINUS COMMUNIS* L.)

2.1.1 Origem e Distribuição Geográfica

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta oleaginosa pertencente à família Euphorbiaceae de origem tropical (SILVA et al., 2005), provavelmente na Etiópia, na região leste do continente Africano (BELTRÃO et al., 2001), ou na Ásia (BELTRÃO et al., 2007a). Apresenta ampla distribuição geográfica, sendo cultivada comercialmente entre os paralelos 52° Norte e 40° Sul (BELTRÃO et al., 2007b; DRUMOND et al., 2008).

No Brasil, introduzida pelos portugueses, é cultivada em todo o território nacional, principalmente na região nordestina, por sua tolerância à seca e exigência em calor e luminosidade (CARVALHO et al., 2010; BELTRÃO; CARDOSO, 2004; BELTRÃO et al., 2007a; DRUMOND et al., 2008).

No Estado do Paraná, o cultivo comercial da mamona é realizado na maioria dos municípios, mas inviável em 18% do território paranaense, onde ocorrem temperaturas mais baixas com maior risco de geada, conforme o zoneamento de riscos climáticos para a cultura (CAVIGLIONE et al., 2008).

2.1.2 Panorama da Produção da Mamona em Baga e Co-produto

A demanda industrial por óleos vegetais cresce a cada ano, e o interesse mundial pelos oleoquímicos está em alta, visto sua diversificada forma de aplicações, inclusive sob a forma de biocombustíveis para atender a demanda de bioenergia.

2.1.2.1 Mundial

A produção mundial de mamona em baga foi de 1,350 milhão de toneladas na Índia em 2010, principal produtor com 76,58% do total mundial, seguido da China, Brasil, Moçambique e outros (Tabela 1).

Tabela 1 – Área colhida, produtividade e produção de mamona em baga no mundo em 2010.

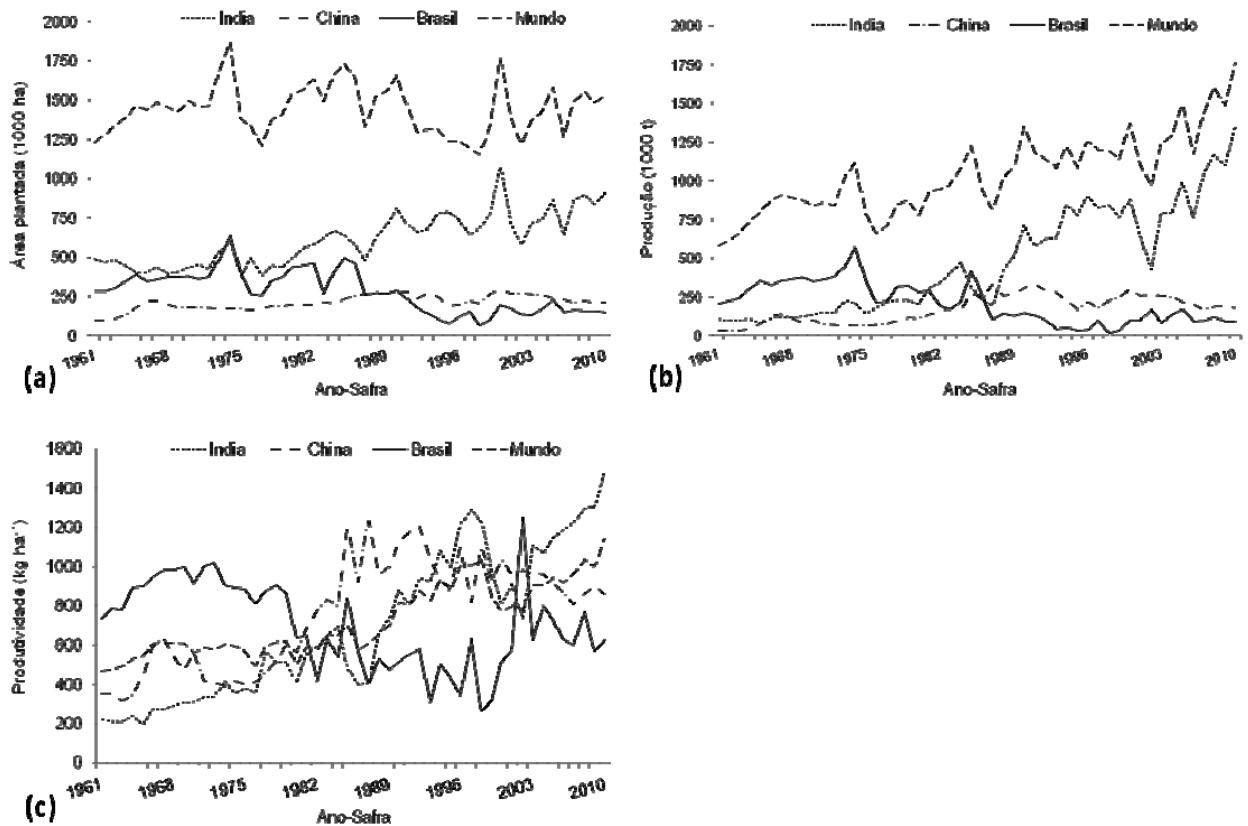
Posição	País	Área colhida (ha)	Produtividade (kg ha⁻¹)	Produção (t)	Participação (%)
1	Índia	910.000	1.484	1.350.000	76,58
2	China	210.000	857	180.000	10,21
3	Brasil	151.865	627	95.183	5,40
4	Moçambique	149.100	402	60.000	3,40
5	Paraguai	11.000	1.182	13.000	0,74
6	Tailândia	12.780	954	12.197	0,69
7	Etiópia	6.800	1.235	8.400	0,48
8	Vietnã	8.000	750	6.000	0,34
9	África do Sul	7.800	705	5.500	0,31
10	Angola	15.000	267	4.000	0,23
11	Filipinas	5.000	800	4.000	0,23
12	Paquistão	3.394	996	3.380	0,19
13	Equador	2.000	1.500	3.000	0,17
14	Quênia	13.000	231	3.000	0,17
15	Tanzânia	5.500	527	2.900	0,16
	Outros	26.480	8.664	12.348	0,70
Total		1.537.719	21.181	1.762.908	100

Fonte: FAO (2012).

Em 1937 se iniciaram as pesquisas com mamona no Brasil e em 1940 o país já era o primeiro produtor mundial com área plantada anualmente superior a 370 mil ha e mais de 300 mil toneladas de bagas produzidas por ano no período entre 1969 a 1981, atingindo 600 mil ha de área cultivada na década de 70 (BELTRÃO, 2004). Na década de 80 o Brasil encontrava-se na segunda posição mundial, com 26% de área cultivada que, em 1999, reduziu-se a 8% (Figura 1).

Atualmente na safra 2010/11, o Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de grãos de mamona (IBGE, 2012), com área plantada de 211.022 ha, sendo colhidas 120,2 mil toneladas com produtividade média de 576 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012).

Figura 1 – Evolução da área plantada (a), produção (b) e produtividade (c) da mamona no Brasil, Índia, China e Mundo, no período de 1961 a 2010.



Fonte: FAO (2012).

No momento, a Índia responde por mais de 76% do total da produção mundial de mamona (Tabela 1e Figura 1) e abastece cerca de 70% do mercado de exportação no mundo, dominando consequentemente a produção mundial de óleo, estimada em mais de 600.000 t ano⁻¹ (CONAB, 2010). O país assumiu a liderança mundial na produção desta oleaginosa, pois investiu fortemente em variedades de porte baixo e tolerantes a seca, à salinidade e às doenças, sendo o primeiro do mundo a usar o vigor híbrido em escala comercial (FERREIRA et al., 2006a).

A China aumentou sua área e produção, que refletiu na produtividade para o período, saindo de um patamar de 350 kg ha⁻¹ e alcança atualmente 857 kg ha⁻¹, totalmente consumidos internamente (Figura 1). Hoje, o país é um dos grandes importadores de óleo e derivados de mamona da Índia e Brasil, indicando que não há mais potencial de crescimento das áreas de cultivo naquele país (FERREIRA et al., 2006a). Estes três países produzem juntos 92% de toda mamona comercializada no mundo (Tabela 1).

De acordo com Ferreira et al. (2006a), esse aumento da importação de óleo pela China se deve à rápida industrialização do país e a sua habilidade para comprar óleo,

agregar valor (produção de derivados) e revender a outros países. Em 2007, a China produziu uma área em torno de 200 a 250 mil hectares, mas necessitou importar 75 mil toneladas de óleo da Índia em atendimento a sua demanda interna, elevando em 18,14% a cotação internacional do óleo bruto, em relação ao ano de 2006, para US\$ 1.335,00/t, em Rotterdam/Holanda (CONAB, 2008).

O crescimento da área plantada e da produção na Índia e na China se deu em substituição ao plantio feito no Brasil que, ao contrário dos demais países produtores, tem diminuído sua área plantada, visto que a produtividade média não se manteve no período de 1961 a 2010 (Figura 1).

A perda de competitividade brasileira no mercado mundial é explicada por vários autores pelo baixo nível tecnológico do produtor, uso incorreto de insumos, bem como não dispor de adequado preparo do solo, plantio, colheita, armazenamento e comercialização e principalmente pela falta de cultivares adaptadas à colheita manual e/ou mecânica e resistente às doenças, o que encarece o custo de produção (NEGRET, 2008; SAVY FILHO et al., 1999).

Freire, Lima e Andrade (2001) também atribuem a diminuição da produtividade do Brasil, em parte, ao uso de sementes de baixa qualidade, multiplicadas pelos próprios produtores, o que conduz a um alto grau de heterogeneidade e à grande diversidade de tipos locais, na grande maioria, pouco produtivos.

Além dos fatores mencionados, Beltrão et al. (2003) atribuem a retração produtiva, principalmente ao mercado restrito dos derivados do óleo de mamona, segundo o autor, devido ao pequeno número de compradores da matéria-prima dentro do mercado brasileiro. Hoje, além da Petrobrás, há somente três empresas ativas que compram mamona no Brasil: a Bom[®], a Azevedo Óleos[®] e a Bióleo[®] (EMBRAPA, 2012).

A produção mundial de óleo, para a safra 2009/2010 foi de 585,4 mil toneladas. A Índia, principal produtor, contribuiu com 432 mil toneladas de óleo (73,8% do total), seguida pela China com 94,5 mil toneladas e Brasil com 58,9 mil toneladas, representando 16,14% e 10,06% do total, respectivamente (CONAB, 2010).

A Índia domina o mercado mundial, respondendo por 91% da produção total de óleo comercializado no mundo (exportação mundial), sendo responsável pelo suprimento de vários países. Na safra 2009/2010 o país exportou cerca de 71% de sua produção, contra os 1,36% exportados pelo Brasil. Os maiores consumidores de óleo de mamona atualmente são União Européia, Índia, China, Brasil, Estados Unidos, Japão e Tailândia (CONAB, 2010).

O preço da mamona no mercado internacional é bastante instável. Parte disso se dá pelo fato da demanda pelo produto ser inelástica, ou seja, a demanda não se altera tanto em função das oscilações nos preços. Por outro lado, a oferta determina os preços desse mercado, no qual quebras de safra em grandes países produtores ou baixo estoque mundial pressionam o nível de preços para cima (FREITAS, 2011).

Conforme dados divulgados pela CONAB (2010), no porto de Rotterdam/Holanda, o preço FOB do óleo bruto de mamona, no ano de 2009, foi em média US\$ 1.237,80 por tonelada, enquanto que em 2008 a média destes preços foi de US\$ 1.636,00 a tonelada, representando redução de 23,3%. Nesta época, os países importadores adiaram o recebimento do óleo devido ao enfraquecimento da demanda provocado pela recessão global, que afetou a indústria automobilística em que o óleo é usado como lubrificante e graxa, principalmente. Este fato acarretou uma menor produção para a safra seguinte e impactou no aumento dos preços desta *commodity* (CONAB, 2010). Durante o ano de 2010, os preços reais mensais do óleo de mamona, em Rotterdam tiveram o seguinte comportamento: de janeiro a dezembro, ágio de 21,7% e no mês de janeiro de 2011, em relação ao mês de dezembro de 2010, aumento de 0,9% (CONAB, 2011a). Entretanto, os preços reais mensais verificados no mês de setembro de 2011 na bolsa de Rotterdam, em comparação ao mês anterior tiveram redução de 7,5%, passando de US\$ 2.650,00 para US\$ 2.497,00 a tonelada do óleo de mamona. Segundo CONAB (2011b), tal fato pode ser atribuído ao realinhamento dos preços que tiveram picos elevados e às incertezas do mercado em virtude da atual crise financeira que passam os países de maior influência econômica mundial.

2.1.2.2 Brasil

A produção brasileira de mamona para safra 2009/10 foi de 100,6 mil toneladas, gerando, aproximadamente, 54.000 t de óleo, considerando um teor de 45%, quantidade que está aquém da capacidade de processamento das indústrias do ramo, com algumas até fechando as portas por falta da matéria prima (bagas) no mercado (CONAB, 2010).

Segundo a CONAB (2010), somente o mercado brasileiro tem condições de absorver uma safra de 100 mil toneladas e, levando-se em conta o mercado de exportação, a produção de óleo de mamona poderá crescer para 200 mil toneladas por ano, o que dará condições às indústrias de atingirem aproximadamente 90% de sua capacidade.

A região Nordeste responde por aproximadamente 88% da produção nacional na safra 2009/10, devido grande parte aos pequenos produtores rurais (CONAB, 2012), sendo o restante produzido por regiões do Centro-Sul. No entanto, para a mesma safra, o Nordeste registrou produtividades médias (601 kg ha^{-1}) menores do que a região Centro-Sul (1.127 kg ha^{-1}), com áreas plantadas de 146,5 e 2,06 mil hectares, respectivamente (CONAB, 2012; IBGE, 2012). Essa baixa produtividade média regional nordestina tem sido explicada constantemente como imposição da falta de água e problemas no manejo (consórcio, época de plantio, variedades, espaçamentos inadequados, fertilidade, etc) (SANTOS et al., 2004).

No Brasil, o mercado da mamona na base da cadeia ainda é oligopsônico, ou seja, com poucos compradores e muitos pequenos produtores, com média de 4,7 ha por estabelecimento, caso típico da Bahia que é o maior produtor nacional, o que não permite boa elasticidade no preço pago ao produtor, que pode variar muito entre anos e, às vezes dentro de uma mesma safra (CARVALHO et al., 2010; FREITAS, 2011).

De acordo com CONAB (2012), a produção de mamona em bagas, na safra 2009/2010 foi de 100,6 mil toneladas, representando acréscimo de 8,6% em relação à safra anterior, e decréscimo de 22,06%, em relação à 2007/2008 (Tabela 2). Por outro lado, dados preliminares da safra de 2010/2011 mostram um acréscimo de 39,85% na produção em comparação à safra anterior. A safra 2011/2012, está estimada em 105 mil toneladas, representando decréscimo de 29,6% em relação à safra passada, e acréscimo de 9,2%, em relação a 2009/10 (Tabela 2). O aumento de área e a melhoria na produtividade contribuíram para uma maior produção em 2010/2011, entretanto, na safra estimada de 2011/2012, a maior seca dos últimos 60 anos impactou na queda significativa na produção de mamona do nordeste, chegando a 50% na região de Irecê-BA (EMBRAPA, 2012). A Bahia continua sendo o principal estado produtor, respondendo por 67,2% da produção brasileira. O Ceará encontra-se em segundo lugar e Minas Gerais em terceiro.

Tabela 2 – Área plantada, produtividade e produção de mamona nos principais Estados produtores no Brasil, nas safras 2002/2003 a 2011/2012.

safras	Área (x 1000 ha)					Produtividade (kg ha ⁻¹)					Produção (x 1000 toneladas)				
	BA	CE	PE	MG	Brasil	BA	CE	PE	MG	Brasil	BA	CE	PE	MG	Brasil
2002/03	123,6	1,9	0,8	1,3	128,3	663	900	300	1.100	673	81,9	1,7	0,2	1,4	86,3
2003/04	148,3	9,3	2,5	1,7	166,2	600	950	770	1.000	646	89,0	8,8	1,9	1,7	107,3
2004/05	169,4	18,0	8,2	3,0	215,1	1.000	840	770	1.400	975	169,4	15,1	6,1	4,2	209,3
2005/06	108,1	10,1	7,4	3,3	147,9	693	825	650	1.400	703	74,9	8,3	4,8	4,6	103,9
2006/07	121,1	9,6	6,4	2,4	155,6	600	614	530	1.500	602	72,7	5,9	3,4	3,6	93,7
2007/08	123,0	26,4	3,7	5,6	162,7	807	430	430	1.505	758	99,3	11,4	1,6	8,4	123,4
2008/09	105,8	35,7	4,4	8,3	157,5	588	397	585	1.229	587	62,2	14,2	2,6	10,2	92,5
2009/10	105,1	30,6	8,3	8,6	157,7	730	196	444	1.059	637	76,8	6,0	3,7	9,0	100,6
2010/11*	140,8	56,4	7,3	7,2	219,3	703	467	386	889	644	99,0	26,3	2,8	6,4	141,3
2011/12**	71,5	60,0	7,3	5,4	148,1	799	491	532	2.010	708	57,1	29,5	3,9	10,9	105,0

* dados preliminares; ** dados estimados.

Fonte: CONAB (2012).

No ano de 2008, apesar dos preços da mamona em baga estiveram acima do mínimo, decorrentes da grande oferta no mercado durante a safra 2007/2008, a boa produção foi insuficiente para atender a demanda do mercado, que estava se recuperando da baixa safra de 2006/2007. Tal ocorrência foi decorrente de condições climáticas desfavoráveis, assim muitos produtores desestimulados haviam deixado de plantar mamona, levando a reduzir a oferta do produto no mercado e contribuir para a elevação dos preços. Esta elevação nos preços se manteve durante todo ano de 2008, tendo como consequência aumento na produção, contribuindo para diminuir a safra seguinte de 2008/2009 (CONAB, 2010).

Contudo, a partir de janeiro de 2009, houve expressiva recuperação dos preços, em função do fortalecimento da economia mundial que aos poucos vai saindo dos seus piores momentos de crise pelos quais foi submetida. Nas primeiras semanas de janeiro de 2009, na principal região produtora e balizadora de preços, Irecê-BA, o preço pago ao produtor encontrava-se a R\$ 64,00 a saca de 60 kg e em novembro de 2012 atinge R\$ 94,25 a saca (CONAB, 2010; 2012). Já no Estado do Piauí, segundo a CONAB (2012), o preço médio recebido pelo produtor atualmente, é de R\$ 57,00 e em Minas Gerais R\$ 85,68 a saca de 60 kg de mamona em baga sem casca.

Embora os preços pagos ao produtor de mamona sofram influência de diversos fatores como a disponibilidade no mercado local, condições climáticas, preços do óleo no mercado mundial, preços em Rotterdam na Europa, a produção mundial, da qual a Índia é a principal responsável, é uma das principais influências no preço final (CONAB, 2009; FERREIRA et al., 2006a).

Em geral, a produção brasileira é fortemente influenciada pelos preços praticados no ano anterior de acordo com a produção mundial, o que é um comportamento típico de mercados agrícolas e em curto prazo, o preço da mamona é influenciado por fatores internos como a época da entressafra, além dos frágeis sistemas de produção, menos tecnificados, descapitalizados, desorganizados e desprotegidos do mercado no Brasil (FERREIRA et al., 2006a; SEVERINO, 2009).

Com a recente introdução das regiões Centro-Oeste, do Cerrado brasileiro na cadeia produtiva, locais de extensas áreas agrícolas, é possível que ocorra o aumento no cultivo da mamona no país (NOVO et al., 2007), o que pode causar mudança neste cenário, sendo necessário que os produtores busquem a profissionalização com aumento do nível tecnológico aplicado na produção (CARVALHO et al., 2010).

Ferreira et al. (2006a) afirmam que, ao se mostrar produtiva e efetiva economicamente no cerrado, para cultivo em grandes áreas, as duas únicas possibilidades existentes, atualmente, para sustentação do preço são o crescimento do mercado interno e externo de biodiesel. A segunda possibilidade, em menor intensidade, é o uso do óleo de mamona em substituição aos derivados do petróleo na fabricação de inúmeros polímeros químicos, devido ao alto preço desse produto no mercado (chegou a US\$ 74,00/barril, em maio de 2006 e alcançou US\$ 102,76 em setembro de 2011) (ANP, 2012). Assim, o mercado global de energia desponta como a grande esperança da cultura da mamona no Brasil, vislumbrando, principalmente, cumprir as metas estabelecidas pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel consolidado pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que fixa em 2% o percentual mínimo de adição do biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional em 2008 e aumento gradual para 5% de biodiesel misturado ao diesel comercial no ano de 2013, que foi antecipado para 1º de janeiro de 2010 (ANP, 2012).

No Brasil, o preço mínimo em vigor estipulado pelo Governo Federal é de R\$ 40,65 a saca (60 kg) ou R\$ 677,50 a tonelada (cerca de US\$ 326,19/t), porém em outubro de 2007, já atingiu o valor de R\$ 74,00 a saca, isto é, cerca de US\$ 593,80 a tonelada, segundo a cotação do dólar de R\$ 2,077, referente à 20/11/2012 (CONAB, 2010; FERREIRA et al., 2006a).

O desafio é manter esse patamar de preço à medida que cresce a oferta de grãos de mamona e de biodiesel. O estabelecimento de preços remuneradores para o produtor de biodiesel e a sua extensão, por meio de contrato, a toda cadeia do agronegócio da mamona é uma medida inteligente para impulsionar o programa de biocombustível brasileiro. Isto vem sendo feito nos últimos leilões públicos efetuados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP),

com volume arrematado de 650.000 m³ de biodiesel ao preço médio de R\$ 2.396,19 por m³, em novembro de 2011 (ANP, 2012; FERREIRA et al., 2006a).

O custo total, em 2009, ficou em torno de R\$ 1.177,00 por hectare, para uma produção de 850 kg/ha, enquanto em propriedade com maior produtividade (1.500 kg/ha), o custo total gira em torno de R\$ 1.385,00. O valor da receita por hectare produzido também varia muito, a depender da escala. Em propriedades com produtividade de 850 kg/ha, a receita média é de R\$ 774,00, já com a produtividade de 1.500 kg/ha, a receita é compatível com o custo: R\$ 1.365,00 por hectare. Os resultados negativos entre receita e custo são reflexos do alto preço dos fertilizantes e corretivos que chegam a representar 25% dos custos totais (FREITAS, 2011).

De acordo com FAO (2012) e IBGE (2012), o Brasil teve 163,663 mil ha de mamona plantada, 151,865 mil ha de mamona colhidas, 95,183 mil toneladas produzidas, gerando uma produtividade média de 626,76 kg ha⁻¹ e valor bruto de produção (V.B.P.) de R\$ 90.707.000,00 na safra de 2009/2010.

Dados preliminares da CONAB (2012) e do IBGE (2012) para a safra de 2010/2011, mostram que o Brasil teve 211,022 mil ha de área plantada, 208,476 mil ha de área colhida, 120,166 mil toneladas de bagas produzidas, com produtividade média de 569,44 kg ha⁻¹ e V.B.P. de R\$ 112.091.000,00. Dados do 11º Levantamento da Safra de Grãos divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) revelam que os preços nominais médios, até agosto de 2011, pago aos produtores ficaram em torno de R\$ 90,70 a saca de 60 kg da mamona *in natura*. O mesmo levantamento apontou um crescimento de 31,9% da produção, 23,7% da área cultivada e 6,9% de produtividade média (FREITAS, 2011).

O Brasil exporta o óleo de mamona principalmente para México, Argentina, Uruguai, Estados Unidos e Chile, sendo a produção também vendida, na forma industrializada, para diversos outros países do mundo. A federação nacional importa o produto hidrogenado da Malásia e refinado da Índia, além de Cingapura, Colômbia e outros (CONAB, 2009, 2010; FERREIRA et al., 2006a).

Conforme estimativa de intenção de plantio verificada pela Conab (2009) prevê-se um crescimento significativo de área em função de parcerias e convênios firmados entre empresas públicas e privadas como Petrobrás, EBDA – Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola, Brasil Ecodiesel e Sindicatos de Trabalhadores Rurais, por exemplo, que estão estimulando os agricultores à semeadura do produto. Por meio dessas

parcerias, além da assistência técnica e, em alguns casos, fornecimento de equipamentos e insumos, para os agricultores familiares, há também as garantias de compras futuras.

2.1.2.3 Paraná

A região sul do Brasil contribuiu na safra 2009/2010, com 2,052 mil toneladas, ou seja, 2,49% da produção nacional de mamona, mais especificamente o Paraná com 93,68% do total sulino e Rio Grande do Sul com o restante (IBGE, 2012).

No Paraná, em 2005, houve um crescimento de 145,16% na produção de mamona em relação ao ano de 2003, o que pode ser reflexo dos incentivos governamentais direcionados à cultura. Tal crescimento no período pode ser atribuído a municípios das regiões Norte Central e Norte Pioneiro do Estado. Contudo, já na safra 2006/2007 nota-se um deslocamento da produção deste produto, sendo observada a presença da cultura em municípios da região Oeste do Estado (SILVA et al., 2010).

O noroeste paranaense deu um salto na produção passando de 210 toneladas em 2008 para 1,356 mil toneladas em 2009 e 2,339 mil t em 2010, porém reduzindo para 542 toneladas em 2011. Sua área plantada aumentou no mesmo período (2008 – 180 ha, 2009 – 639 ha, 2010 – 1913 ha e 2011 – 860 ha). O principal município produtor paranaense é Paranavaí com 1,87 mil ha de área plantada com mamonas, produção de 2,274 mil toneladas e produtividade de 1.214 kg ha^{-1} , na safra de 2009/2010 (IBGE, 2012).

De acordo com dados do IBGE (2012) e MAPA (2012), na safra de 2009/2010, o Paraná contou com 1,916 mil ha de área plantada, 2,34 mil toneladas produzidas, rendimento de 1.223 kg ha^{-1} e valor bruto da produção (V.B.P.) de R\$ 1.826.000,00. Entretanto, na safra 2010/2011, comparando-se com a safra anterior, houve forte redução no cultivo desta oleaginosa no Paraná em 874 ha, com produção de 557 toneladas de bagas e rendimento de 637 kg ha^{-1} . Porém, devido a expansão do mercado em função de novos produtos derivados do óleo, inclusive a produção de biodiesel, é considerada uma cultura com potencial de expansão no Estado (IBGE, 2012). Inclusive, esta oleaginosa é uma aposta na diversificação agrícola do Paraná para completar o ciclo de culturas nas áreas que ficam ociosas entre uma safra e outra (SILVA et al., 2010).

De acordo com o zoneamento de riscos climáticos para semeadura adequada no Paraná, realizado por Caviglione et al. (2008), na região norte/noroeste do estado, embora ocorra uma estação seca mais definida, esta não prejudica a aptidão climática da mamona por seu xerofitismo, enquanto que no centro-sul/sudeste, onde predominam altitudes elevadas,

temperaturas mais baixas com maior risco de geada, o cultivo da mamona somente é possível em alguns municípios e com cultivares precoces (separados em até 150 dias de ciclo) considerados aptos em 82% dos municípios paranaenses como cultura de verão e safrinha.

Assim, percebe-se que é comum à cultura a instabilidade de produção, de preços e mesmo de locais de cultivo, trazendo incertezas ao agricultor. Neste aspecto, é importante apontar a necessidade de informações sobre de cultivares, manejo, tecnificação, localidade adequada e aspectos econômicos para melhor orientar os produtores, bem como os demais agentes envolvidos no processo com efetiva assistência técnica a ser promovida pelas empresas públicas e privadas do ramo.

2.1.3 Importância Sócioeconômica do Sistema de Produção da Mamona

O sistema de produção da mamona é praticado principalmente por pequenos produtores e devido à sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, constitui-se em grande potencial para a economia do semi-árido nordestino, sendo viável onde poucas culturas podem ser tecnicamente recomendadas (LIMA et al., 2007).

Seu cultivo tanto como cultura alternativa, com características de resistência à seca, quanto como fator fixador de mão-de-obra, gerando empregos diretos no campo, e feito em consórcio e/ou rotação com outras culturas pode contribuir ao aumento da renda do produtor, também no volume de alimentos por área e para a obtenção de produtos necessários ao desenvolvimento da indústria nacional (AZEVEDO et al., 1998a; FREITAS, 2004b).

A maior produção nacional (88%) situa-se no Nordeste onde, segundo Beltrão e Lima (2007) são aproximadamente 4,5 milhões de hectares de terras agronomicamente aptas ao cultivo desta oleaginosa. Percebe-se que há disponibilidade de aumento da produção atual ao se expandir a fronteira agrícola, entretanto faltam sementes melhoradas, há degenerescência dos materiais cultivados e inexistem sistemas racionais de cultivo que permitam ao produtor retornos condizentes com o capital ou com o serviço familiar investido (AZEVEDO et al., 1998a; FREIRE et al., 2007). Ramos et al. (2006) concordam que uma das limitações à expansão da área cultivada relaciona-se com a disponibilidade de reduzido número de cultivares comerciais adaptada às condições edafoclimáticas específicas.

De acordo com Freire, Lima e Andrade (2001), em virtude da pouca utilização de sementes selecionadas, por sua escassez no mercado, ocorrem na maioria das

grandes regiões produtoras de mamona, baixa produtividade, alto nível de suscetibilidade às principais doenças e pragas, além de outras características indesejáveis.

Portanto, torna-se imprescindível o desenvolvimento e distribuição de cultivares vigorosos, resistentes às principais pragas e doenças, semideiscentes ou indeiscentes, precoces para regiões de baixa e irregular precipitação pluvial e cultivo de “safrinha”, e que apresentem porte alto e médio mais adaptados às condições semi-áridas devido ao profundo sistema radicular, e porte baixo para a colheita mecânica quando cultivada por produtores de maior poder aquisitivo, como para regiões do Cerrado brasileiro (FREIRE et al., 2007; SILVA et al., 2009).

Atualmente, pesquisas estão sendo desenvolvidas no intuito de aumentar não somente a produtividade desta cultura, cultivando-a de forma mais tecnificada em áreas não tradicionais como o Centro-Sul do Brasil, como também sua aplicabilidade de forma cada vez mais rentável. Sistemas de produção mais adequados, utilização de insumos agrícolas e melhoramento das cultivares são as principais alternativas para solucionar tais problemas (LOPES et al., 2008).

Além disso, o serviço de assistência técnica realizado geralmente pelos órgãos públicos do setor é também de fundamental importância para o repasse sobre as práticas de manejo, orientando as atividades do sistema de cultivo de forma racional possibilitando ao menos o retorno do capital investido aos agricultores.

2.1.4 Descrição Botânica e Cultivares

A mamoneira pertence à classe Dicotiledônea, ordem Geraniales, família Euphorbiaceae, gênero *Ricinus* e espécie *R. communis* na qual há seis subespécies classificadas e 25 variedades botânicas todas compatíveis entre si, além de mais de três mil cultivares comerciais simples e híbridos identificados em todo o mundo (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007; BELTRÃO; CARDOSO, 2004).

Trata-se de uma planta perene, rústica, heliófila (exigente em luz), xerófila (tolerante à seca) e, devido a sua variação de cultivares e híbridos, possui ampla capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas do território nacional, tanto que é cultivada desde o semi-árido nordestino, cerrado e vem se expandindo nos últimos anos alcançando também a região do Rio Grande do Sul (AMORIM NETO et al., 2001a; BELTRÃO et al., 2007a; BEVILAQUA et al., 2008; FERREIRA et al., 2006; LOPES et al., 2008).

2.1.4.1 Morfologia

As plantas de mamoneira são polimórficas com grande variação no hábito de crescimento, possuem hábito arbustivo de porte muito variado que podem apresentar-se alto (altura da planta de 2,50 a 5,00 m), médio (altura de 1,80 a 2,50 m), baixo ou anão (altura inferior a 1,80 m), com diversas colorações de caule, folhas e racemos (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007; GONÇALVES et al., 1981). Segundo Popova e Moshkin (1986), a mamoneira pode atingir até 10,00 m de altura e viver mais de 10 anos.

Seus frutos possuem acúleos, podendo ser deiscentes (que se abrem totalmente quando estão maduros), semi-deiscentes (que se abrem parcialmente quando estão maduros) e indeiscentes (que não se abrem quando estão maduros), características importantes relacionadas à colheita e nível tecnológico ao descascamento (DRUMOND et al., 2008). As sementes apresentam diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração, sendo uma fonte praticamente pura de ácido graxo ricinoléico (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007; LANGE et al., 2005).

Seu sistema radicular bem desenvolvido é do tipo pivotante, atingindo profundidades superiores a três metros, podendo chegar a até seis metros, promovendo aumento da aeração e da capacidade de retenção e distribuição da água no solo (POPOVA; MOSHKIN, 1986). No entanto, a planta absorve cerca de 60% da água que consome dos primeiros 60 cm do solo (TÁVORA, 1982). Portanto, os solos profundos e menos densos permitem obter melhores resultados (BELTRÃO et al., 2007a).

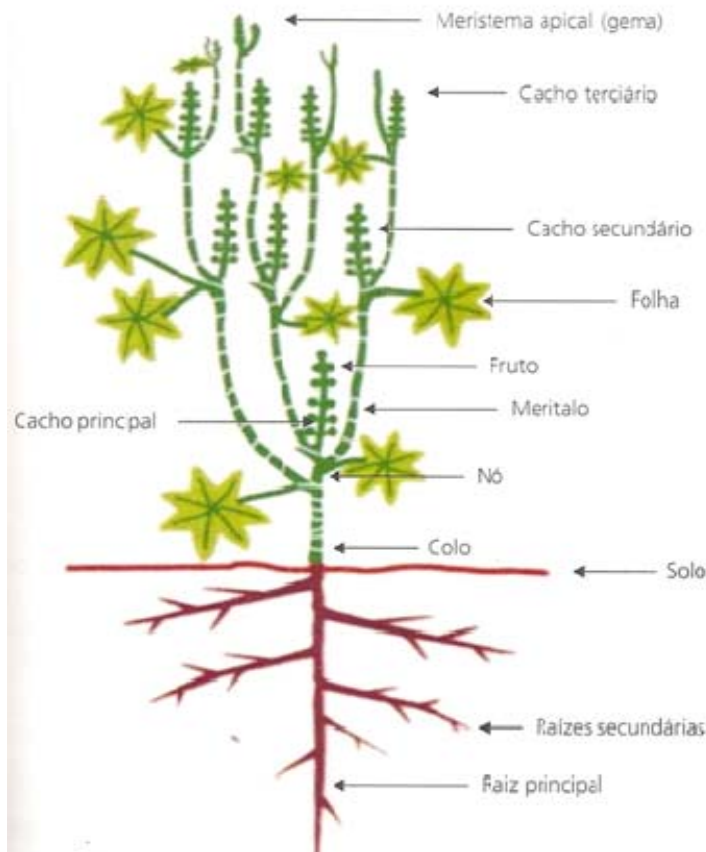
A mamoneira apresenta, à medida que envelhece, caule lenhoso, fistuloso com coloração variando do verde ao roxo, cerosidade presente ou ausente, rugosidade e nós bem definidos e salientes (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007).

A ramificação caulinar é do tipo simpodial, pois a parte aérea emite ramos laterais, logo após a emissão da inflorescência primária, na qual termina o caule principal. (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007). Todos os ramos terminam com inflorescência e o desenvolvimento das ramificações é um importante fator de produção, pois cada ramo vai formar um racemo de mamona (SILVA et al., 2005).

Os ramos laterais (secundários) surgem em números variados e sempre finalizam com uma nova inflorescência (racemo) (Figura 2). Se houver condições favoráveis, a planta continua seu desenvolvimento indefinidamente, lançando numerosos ramos terciários e quaternários que apresentam crescimento limitado, terminando em uma inflorescência, com intervalos entre a emissão das inflorescências primárias e secundárias, secundárias e

terciárias, e assim sucessivamente (BELTRÃO et al., 2007b; DRUMOND et al., 2008; SAVY FILHO, 2005). No entanto, há uma tendência para que os cachos produzidos por esses ramos tenham poucos frutos e tornem a colheita trabalhosa e inviável (DRUMOND et al., 2008).

Figura 2 – Esquema ilustrativo da planta da mamoneira (raízes, caule, folhas e racemos de primeira, segunda e terceira ordens).



Fonte: Beltrão et al. (2007b).

2.1.4.2 Fisiologia

A mamoneira é uma planta monóica com inflorescências do tipo panicular, denominada de racemo ou cacho, com flores unissexuais femininas (30 a 50%) na parte superior e masculinas (50 a 70%) na parte inferior do eixo principal (ráquis) de uma mesma inflorescência, podendo ocorrer também flores andrógenas (BELTRÃO et al., 2001). Devido ao tipo de inflorescência, em especial a conformação e distribuição das flores, a polinização é do tipo anemófila, podendo a taxa de alogamia chegar a mais de 40% de taxa de cruzamento, embora seja considerada autógama (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007; SAVY FILHO, 1999).

De acordo com Moshkin (1986), a planta possui várias fases (estádios) de desenvolvimento, dependendo da cultivar e das condições ambientais, sendo elas: germinação, formação das estruturas vegetativas, emissão do racemo de primeira ordem (principal), floração, formação dos frutos e maturação das sementes de cada racemo, iniciando-se pelo primário, e assim por diante.

A mamoneira apresenta morfofisiologia complexa, de crescimento dicotômico, do tipo indeterminado, ou seja, não há diferenciação precisa entre o período vegetativo e o reprodutivo, pois ambos são de ocorrência contínua, desde que haja disponibilidade de água (BELTRÃO et al., 2007b; BELTRÃO; VALE, 2007). Portanto, o desenvolvimento dos racemos é desuniforme e atingem a maturação em épocas diferentes, assim como de seus frutos, dependendo da posição na planta, pois cada um independe do outro, encontrando-se ao mesmo tempo frutos verdes e frutos maduros (BANZATTO; ROCHA, 1965).

O índice de área foliar (quantidade de área foliar por unidade de terreno), ângulo da folha, distribuição das mesmas na planta e no campo, e a interceptação de luz por outras partes da planta influenciam a interceptação da radiação solar e conseqüentemente a fotossíntese do dossel. Essas características juntamente com a temperatura e a fração do carbono fixado pela fotossíntese, consumido na respiração, regem a conversão da radiação em biomassa. Portanto, a interceptação de radiação solar é um dos principais fatores determinantes da produtividade otimizados pelo arranjo de plantas adequado no dossel (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001).

A planta é um fitossistema eucariótico de elevado nível de organização morfológico, apresentando metabolismo fotossintético C3, menos eficiente quando comparado ao C4 (D'YAKOV, 1986), com elevada taxa de fotorrespiração (respiração global das folhas) e baixa eficiência fotossintética por suas folhas serem planofilares e receberem menos luminosidade do que o requerido para elevadas taxas fotossintéticas (BELTRÃO et al., 2001; BELTRÃO et al., 2008). A taxa fotossintética normal é de 18 a 27 mg CO₂/dm².hora, bem abaixo das observadas em plantas eficientes C4 como milho (*Zea mays* L.) e sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] que chegam a atingir 60 mg CO₂/dm².hora (D'YAKOV, 1986).

Esta oleaginosa, no entanto, tem elevado potencial de produção de biomassa, podendo superar 20 t ha⁻¹ de matéria seca com índice de colheita (IC) em torno de 20%, o que mostra aporte de carbono na superfície do solo e reciclagem de nutrientes bastante expressivos (BELTRÃO et al., 2001; BELTRÃO et al., 2007b). Além disso, o IPEA (2006)

informa que, de acordo com estudos da Embrapa, um hectare de lavoura de mamona absorve, anualmente, cerca de oito toneladas de gás carbônico, devolvendo à atmosfera quase seis toneladas de oxigênio puro, portanto uma cultura que contribui para a diminuição do efeito estufa.

2.1.4.3 Principais cultivares recentes

A escolha da cultivar/variedade de mamoneira a ser plantada é um dos pontos mais importantes para o sucesso da produção, visto que uma grande parte dos fracassos que se verificam na cultura é devido à má qualidade da variedade semeada (CANECCHIO FILHO; TELLA, 1958).

No Brasil, a pesquisa com cultivares de mamona iniciou-se no Estado de São Paulo em 1937, com trabalhos desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) relacionados ao melhoramento genético e ensaios de competição (BELTRÃO, 2004).

Além do IAC, a Embrapa Algodão localizada no Estado da Paraíba e a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) são as instituições de pesquisa do país que mantêm em seus Bancos Ativos de Germoplasma (BAG's), recursos genéticos disponíveis de suas coleções de trabalho na ricinocultura, adaptados às suas respectivas regiões de cultivo (MILANI et al., 2007; NÓBREGA et al., 2007).

O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) iniciou parceria com a Embrapa Algodão a partir da safra 2005/2006, ao instalar ensaios da cultura no município de Londrina, norte do Estado, com a finalidade de desenvolver tecnologia de produção de culturas oleaginosas não tradicionais na região e com potencial para produção de biodiesel (FONSECA JUNIOR; MILANI, 2006).

A Embrapa Algodão, a partir de 1987, iniciou pesquisas com a mamoneira visando a adaptação de cultivares a região semi-árida nordestina (VIEIRA; LIMA, 2011). Atualmente, a Embrapa possui em seu BAG as cultivares: BRS 149 Nordeste e BRS Paraguaçu, desenvolvidas para plantio em região semi-árida e para uso na agricultura familiar, com plantio e colheita manual; e a recente “BRS Energia”, adaptada à condição edafoclimática nordestina, ainda está sendo validada em outras regiões do país e sob condições de mecanização (EMBRAPA, 2011), são as que se destacam dentre as cultivares pertencentes à sua coleção.

O IAC tem disponível aos produtores rurais as cultivares de mamona: Campinas, IAC-38, IAC-80, IAC-226 e Guarani, plantadas em todo o território nacional.

Além destas, o IAC lançou em 2007, uma das mais recentes cultivares, a IAC-2028 (IA., 2011; SAVY FILHO et al., 2007).

A cultivar IAC-2028 apresenta porte baixo (entre 1,50 e 1,80 m), ciclo precoce (média de 180 dias) e frutos indeiscentes, desenvolvida por seleção massal dentro da cultivar IAC-38 de porte anão, boa capacidade produtiva e adaptada às condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, e também dentro da progênie H34 que transmitiu a característica de indeiscência do fruto, possibilitando a colheita única e a mecanização desta (SAVY FILHO et al., 2007).

Os autores explicam tratar-se de uma cultivar com amplo potencial produtivo para grandes áreas de exploração em virtude de sua adaptação perfeita à semeadura e colheita mecânicas. Associado ao seu porte baixo, pode ser semeada em arranjos populacionais mais adensados (até 20.000 plantas por hectare) dependendo da época de semeadura e nível tecnológico dos produtores, sendo para isso mais recomendado o sistema de produção solteiro (isolado). Em experimentos com a 'IAC-2028', Savy Filho et al. (2007) alcançaram a produtividade média de 1.950 kg ha⁻¹, superior em 15,8% à cultivar testemunha Guarani (porte médio).

Uma das limitações à expansão da área cultivada com mamona relaciona-se à disponibilidade de reduzido número de cultivares comerciais adaptadas às condições edafoclimáticas específicas e as informações que se tem conhecimento, em grande parte, são com cultivares de porte médio a alto para colheita manual (RAMOS; AMORIM; SAVY FILHO, 2006; SORATTO et al., 2011).

Portanto, o desenvolvimento de cultivares com elevado potencial produtivo, ciclo precoce, porte baixo, resistentes a pragas e doenças, e frutos indeiscentes que possibilitem uma única colheita e adequados à mecanização, tornam a mamona uma interessante opção de cultivo (SAVY FILHO et al., 2007; SORATTO et al., 2011). Porém, muitos desses materiais ainda são pouco explorados e pouco conhecidos, e ainda são escassas as informações sobre o comportamento de cultivares de mamona, em cada região de cultivo (FERREIRA; MARUYAMA; SORATTO, 2009).

2.1.5 Estabelecimento da Lavoura

A época de semeadura está relacionada à incidência de pragas, doenças, plantas daninhas e ao melhor aproveitamento dos fatores hídrico, térmico e luminoso, que podem interferir na emergência e na produtividade da lavoura. A época de semeadura mais

propícia para a mamoneira vai de setembro a novembro de acordo com cada região de plantio, onde deve-se levar em conta fatores como: umidade, temperatura e luminosidade (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007; SILVA; WREGGE, 2007).

A semeadura da mamoneira poderá ser efetuada manual ou mecanizada em curva de nível ou no sentido perpendicular ao escoamento das águas, quando em terreno com declividade superior a 12%. O plantio manual é feito em sistema consorciado com sementes de tamanho médio e grande, e o mecânico é recomendado em sistema isolado com sementes pequenas e cultivares de porte baixo, e adubação concomitante ao semeio (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007; AZEVEDO et al., 2001).

A profundidade de semeadura está relacionada com a capacidade de retenção de água do solo. Em solos de textura arenosa (baixo armazenamento de água), recomenda-se plantio de 8 a 10 cm de profundidade e os demais, de 4 a 6 cm de profundidade (SILVA; WREGGE, 2007).

Segundo Moro, Crusciol e Carvalho (2011), a opção do cultivo em safrinha pode também ser interessante para a cultura da mamona, pois muitas regiões com zoneamento agrícola favorável ao cultivo de safrinha se tornaram monocultura de espécies como o milho. Nestas áreas, a introdução da mamona nos programas de rotação de culturas pode resultar em aumento de fertilidade do solo, possivelmente devido ao seu profundo sistema radicular que deve favorecer a porosidade do solo e reciclagem de nutrientes. Além do elevado potencial de produção de biomassa da mamona que pode chegar a mais de 20 t ha⁻¹ de matéria seca (BELTRÃO et al., 2007b).

De acordo com Ferreira et al. (2006a), em boa parte do cerrado brasileiro, a mamoneira é opção para cultivo em safrinha aproveitando o residual de nutrientes e palhada da cultura da soja, do milho e do girassol. Salientam que neste caso, a cultura possui de 90 a 120 dias com umidade no solo para seu crescimento e produção; desse modo, assim que terminar o período chuvoso e as plantas entrarem em déficit hídrico, haverá maturação mais precoce dos frutos e o secamento das folhas.

Savy Filho (2005) também informa que nos Estados de Mato Grosso e Goiás, quatro híbridos comerciais vêm sendo cultivados como cultura de "safrinha", em sucessão à soja ou ao milho.

Os agricultores têm constatado que as culturas implantadas após o cultivo com mamona, têm sido beneficiadas, com aumento de produtividade. Provavelmente, devido aos efeitos benéficos, físicos e químicos, que a mamoneira exerce sobre o solo, promovendo

descompactação, estruturação do solo e reciclagem de nutrientes do subsolo para a superfície, disponibilizando-os para a cultura seguinte (FERREIRA et al., 2006a).

Ferreira et al. (2006a) ressaltam que principalmente na região do cerrado, com uso de alta tecnologia, o cultivo safrinha da mamona é uma oportunidade excelente para melhorar o solo, quebrar o ciclo de doenças e pragas das culturas tradicionais, aumentar o número de opção de plantio em rotação com a cultura principal ou em safrinha e melhorar a rentabilidade do agricultor, por meio de sua integração na cadeia de produção de biodiesel.

A possibilidade de cultivo da mamona na “safrinha” ainda se encontra em estudo no Estado de São Paulo e em outras regiões, pois o atraso na semeadura pode desfavorecer, consideravelmente, o desempenho da cultura frente às temperaturas inferiores à 20 °C, que são comuns entre os meses de maio e junho (RAMOS et al., 2006).

2.1.6 Distribuição Espacial e Densidade Populacional de Plantas

O sistema de produção de uma cultura pode ser aperfeiçoado ao se determinar o espaçamento entre linhas e a distância entre plantas na linha (densidade de plantas) mais adequados, para se obter uma população ideal de plantas (HENDERSON; JOHNSON; SCHNEITER, 2000; KITTOCK; WILLIAMS, 1970). Esta escolha é uma das práticas de manejo mais simples e importantes para otimizar a produtividade de grãos da cultura, com impacto em aspectos de condução da lavoura, como controle de plantas daninhas, colheita e uso de implementos agrícolas (AZEVEDO et al., 1999; CARVALHO et al., 2010; FERREIRA; MARUYAMA; SORATTO, 2009; SEVERINO et al., 2006a).

Entretanto, definir essa população ideal de plantas é uma decisão complexa, pois se devem considerar as características do clima (chuvas, insolação, temperatura, ventos) e solo (textura, fertilidade, profundidade, relevo) da região de cultivo, as características genéticas da cultivar a ser adotada (porte, ciclo, suscetibilidade a doenças, forma de colheita) e o sistema de manejo (mecanização, uso de herbicidas, irrigação) (BIZINOTO et al., 2010; SEVERINO et al., 2006c).

Numa lavoura de mamona (*Ricinus communis* L.), os menores espaçamentos entre linhas intensificam a competição entre as plantas por água e nutrientes, sem contar que baixas populações proporcionam formação de plantas com floração tardia e ramos laterais longos (SEVERINO et al., 2006a; SORATTO et al., 2011). Já elevadas populações induzem plantas muito altas, por estiolarem, e sujeitas ao acamamento (AZEVEDO et al., 2001), porém ocorre maior eficiência na interceptação da luz pelo aumento

do índice de área foliar e as plantas daninhas são controladas devido ao efeito do sombreamento ocorrer mais cedo, influenciando assim a produtividade da mamoneira (SEVERINO et al., 2006a).

A pesquisa, no entanto, tem se concentrado no estudo do melhor espaçamento entre linhas, mas não na densidade de semeadura (SEVERINO et al., 2006a), pois menores espaçamentos em uma mesma população proporcionam melhor distribuição espacial das plantas na área por permitirem a redução da densidade de plantas nas linhas, com maior aproveitamento da radiação solar e aumento da cobertura vegetal do solo, contribuindo para reduzir o processo erosivo (MARIA; RAMOS, 2007; TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002). Além de se observar que geralmente não há diferenças na produtividade da mamoneira quando a distância entre as plantas é aumentada ou diminuída em intervalos próximos a um metro (SEVERINO et al., 2006a).

Quando se refere ao adensamento da cultura, Holliday (1960) descreve que em rendimentos provindos de estruturas reprodutivas, como baga de mamona, a produtividade aumenta até um ponto máximo enquanto se aumenta o nível populacional, até um ponto ótimo de arranjo em que se estabiliza o crescimento biológico, para, em seguida, decrescer sempre que a população se eleva.

Para determinada cultivar, o que interfere na definição da população ótima é o porte da planta, seu hábito de crescimento, a fertilidade do solo, o manejo fitossanitário e sua adequação ao nível tecnológico a ser utilizado nas operações de semeadura, condução e colheita, levando-se em consideração a disponibilidade de água no solo, por ser fator preponderante na definição da população ótima (AZEVEDO et al., 1998a).

Azevedo et al. (2001) não recomendam a exploração tecnificada para a mamoneira de porte alto por seu manejo ser trabalhoso e caro, além de seu rendimento não compensar o retorno do capital ou mão-de-obra investidos. Já para cultivares de porte médio, Azevedo, Beltrão e Severino (2007) recomendam um espaçamento entre 2,5 m e 3 m, dependendo da disponibilidade hídrica local, pois a proximidade das plantas resultaria em redução da altura das mesmas quando ocorrer déficit hídrico ou seu estiolamento devido a competição por luz e pouca produção de sementes, quando do suprimento hídrico (SEVERINO et al., 2006a).

Savy Filho (2005), no entanto, sugere não se ultrapassar a população de 15.000 plantas ha⁻¹ para colheita mecanizada, em que a variação de espaçamento entre linhas deve ser de 0,80 a 1,35 m e a distância de plantio da semente na linha de 0,70 a 0,80 m, pois o adensamento da lavoura pode contribuir ao surgimento de doenças, especialmente o mofo-

cinzento (*Amphobotrys ricini* L.), devido ao microclima favorável com maiores populações (CHAGAS et al., 2010; SUSSEL et al., 2011).

Severino et al. (2004b) relatam que quando há alta disponibilidade de água e nutrientes, as plantas de porte médio e alto tendem a crescer excessivamente, como constatado em experimento com a cultivar BRS Nordestina (porte médio), no qual as plantas atingiram mais de 3 m de altura, prejudicando a produtividade e a operação de colheita. Severino et al. (2006c) alertam que sob espaçamento reduzido, a tendência ao crescimento excessivo em altura é agravada o que precisa ser levado em consideração para se definir a configuração de plantio.

Os resultados alcançados em experimentos por Carvalho et al. (2010) com arranjo populacional mais adensado em cultivares de porte médio, também contribuíram na obtenção de plantas mais altas, com maior altura de cacho e maiores produtividades, corroborando a informação de que quanto maior a planta e mais indeterminado seu crescimento, mais baixo deverá ser o nível populacional a ser utilizado para definir a população ótima. No entanto, Azevedo, Beltrão e Severino (2007) explicam que como cultivares de porte baixo apresentam grande variação no hábito de crescimento e na resposta às condições ambientais, portanto a definição da população de plantas envolve a fertilidade do solo para se evitar competição entre as plantas e ocorrência de plantas daninhas, pragas e doenças, além da disponibilidade de água.

Alguns híbridos e variedades anãs podem ser cultivados em populações tão elevadas quanto 50.000 plantas ha⁻¹, devido ao seu porte e ramos menores, desde que se tenha o controle do fornecimento da água. Configurações de plantio de 1,0m x 1,0m; 1,0m x 0,45m; 0,90m x 0,45m; 0,70m x 0,70m e 1,0m x 0,35m são usadas com esse tipo de mamoneira (FERREIRA et al., 2006b).

Soratto et al. (2011) ressalta que não apenas a população de plantas é importante, mas também o seu arranjo na área, pois o aumento no espaçamento entre fileiras, para uma mesma população de plantas, promove aglomeração de plantas na fileira, o que induz competição por nutrientes, água, luz e CO₂, e desta forma, reduz a produção de grãos por planta e no entanto, aumenta a produtividade por área (ROCHA et al., 1964; SEVERINO et al., 2006a, 2006c; TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002).

Ao se considerar a produção e os componentes da mamoneira, cada um desses assume determinada importância no rendimento final da lavoura, dependendo do porte, tendência a ramificar, população de plantas, dentre outras características. Os componentes de produção da cultura relacionados com sua produtividade final são: número de plantas por

unidade de área, tamanho do racemo, número de racemos por planta, número de frutos por racemo, massa de 100 grãos e teor de óleo dos grãos (WEISS, 1983; BELTRÃO et al., 2007b).

Em cultivares de ciclo médio a tardio e de porte médio a alto, indicados para colheita manual, tradicionalmente os espaçamentos entre linhas variam de 1,0 a 3,0 m e populações de 3.000 a 10.000 plantas ha⁻¹, e os componentes de produção de maiores influências são o número de racemos por planta e o número de frutos por racemo. Já no caso de cultivares de ciclo precoce e porte baixo, indicados para a exploração tecnificada, as populações recomendadas são de 15.000 a 50.000 plantas ha⁻¹, a população de plantas por unidade de área possui destaque na formação da produtividade final, pois em geral as plantas são colhidas com poucos racemos por planta (BELTRÃO et al., 2007b).

Na análise de 16 experimentos distribuídos por seis diferentes localidades do Estado de São Paulo, Canecchio Filho (1954) concluiu que a melhor densidade para a mamoneira anã IAC 38 estava compreendida entre 0,45 a 0,90 m entre plantas por 1,00 m entre linhas, por terem obtido aumento de produção ao diminuírem a população de plantas.

Canecchio Filho e Freire (1959) também concluíram que, para a mamona IAC 38, em condições hídricas favoráveis, as maiores produtividades foram alcançadas com os espaçamentos mais estreitos (1,0 x 0,9 m e 1,00 x 0,45 m). Entretanto, sob condições de estresse hídrico a produção não aumentou com maiores populações de plantas, mesmo em solo adubado, ou seja, em situação de déficit hídrico, populações muito elevadas não são recomendadas para mamoneira de porte anão mesmo com elevada fertilidade do solo (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007).

Rocha et al. (1964) corroboram os demais autores ao trabalhar com a mesma cultivar, verificando maiores produtividades em espaçamentos menores de 1,0 x 1,0 m e 1,5 x 0,5 m. Já para o efeito do adubo neste mesmo experimento, as distâncias intermediárias de espaçamento ou densidade, proporcionaram melhores condições que as extremas, provavelmente por estarem melhor distribuídos na área e por minimizarem o efeito salino sobre as sementes nas menores condições.

Kittock e Williams (1970) constataram, sob condições irrigadas, populações ótimas de 58.000 plantas.ha⁻¹ e, sob condições de precipitação pluviométrica natural, a população considerada ótima foi próxima a 30.000 plantas.ha⁻¹, no espaçamento entre fileiras de 1,02 m.

Gondim et al. (2004) observaram aumento da produtividade quando se reduziu o espaçamento ao avaliar o genótipo CSRN-2 (porte baixo) em três espaçamentos

entre linhas (0,60; 0,83 e 1,05 m) e três densidades (0,37; 0,48 e 0,60 m) em cultivo irrigado. A produtividade máxima de 1.719 kg ha⁻¹ foi obtida na configuração de 0,83 x 0,6m, confirmando que para cultivares de porte baixo, a população de plantio pode ser adensada quando a água não for o fator limitante (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007).

O lançamento de novas cultivares de mamona de porte baixo, ciclo precoce (90 a 120 dias), alta capacidade produtiva, elevado teor de óleo, resistência às doenças e frutos indeiscentes para colheita mecanizada tem sido estimulado para plantio em áreas mais extensas pela crescente demanda por materiais apropriados a atender ao seu agronegócio. Entretanto, grande parte das informações atualmente disponíveis sobre a mamona é oriunda de trabalhos com cultivares de porte médio e alto, baixas populações de plantas e espaçamentos largos para a colheita manual (CARVALHO et al., 2010; SEVERINO et al., 2006a, 2006b, 2006c; SORATTO et al., 2011).

A execução de ensaios locais para definir a melhor configuração de plantio é um passo tecnológico importante para se adequar o ambiente ao potencial produtivo da cultura. É conveniente, também, que o agricultor adeque o espaçamento aos equipamentos de plantio e colheita disponíveis, aproveitando as máquinas utilizadas para outras culturas produtoras de grãos (FERREIRA et al., 2006b).

Além do amplo estudo do efeito de populações de plantas no rendimento de monocultivos, tem sido realizados experimentos para investigar este efeito da mamoneira também em consórcio com outras culturas como milho, caupi e sorgo (AZEVEDO et al., 1997a, 1998a, 1998b, 1998c).

2.1.7 Tratos Culturais

2.1.7.1 Desbaste

O desbaste é uma prática realizada para evitar a competição intraespecífica das plantas por nutrientes, água, luz e CO₂. Quando do plantio manual de *R. communis*, semeia-se mais de uma unidade por cova, então o desbaste deve ser realizado assim que a plântula atingir 10 a 12 cm de altura (25 a 30 dias após sementeira), deixando-se apenas uma planta por cova. Já quando da sementeira em grandes áreas, o desbaste torna-se inviável, devendo-se atingir a população desejada pela regulação adequada da sementeira e uso de sementes de boa qualidade (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007).

2.1.7.2 Poda

A operação de poda das plantas é uma prática utilizada no Brasil em cultivares de porte médio e alto com o objetivo de evitar o plantio da lavoura todo ano, reduzir o porte das plantas, estimular emissão de ramos laterais, aumentar crescimento horizontal e a conseqüente supressão natural de plantas daninhas, além do estímulo ao aumento do rendimento da lavoura. Ela consiste no corte da parte aérea da planta a uma altura de 30 cm do solo ao final da colheita e recomenda-se que a lavoura seja podada no máximo uma vez, ao final do inverno, para evitar aumento da ocorrência de pragas e doenças, preparando-a para o segundo cultivo (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007).

2.1.7.3 Manejo de plantas daninhas

A mamoneira, tanto isolada quanto consorciada, é uma planta que, após germinar, primeiro estabelece seu sistema radicular, e só então se desenvolve a parte aérea, tendo, portanto nos primeiros 50 dias, desenvolvimento vegetativo lento, sofrendo forte competição das plantas daninhas (SAVY FILHO, 2005). Durante este período inicial e até o início da formação do primeiro cacho, aos 70 dias aproximadamente, encontra-se o período crítico de sensibilidade da cultura à competição por água, luz e nutrientes causada pelas plantas daninhas (BELTRÃO et al., 2003).

Nessa fase, as plantas ficam sujeitas ao efeito depressivo das plantas daninhas, abafamento e crescimento atrasado com reflexos sobre a produção. Sendo que essas deixam de ser problema após o sombreamento das entrelinhas pelas folhas da mamona, havendo nesse caso, o controle natural pela inibição da fotossíntese (SAVY FILHO, 2005).

A condução do mamonal deve ser feita no limpo para se reduzir a competição de plantas daninhas, entretanto, são escassas as informações recentes envolvendo recomendações de cultivares e a definição do período crítico de competição da infestação nas diferentes regiões produtoras do país (AZEVEDO et al., 2006).

A rotação de culturas é uma das técnicas preventivas com baixo custo para evitar a entrada de sementes de invasoras na área de cultivo, e evitar a produção e a disseminação das sementes, caso a espécie daninha já esteja instalada no local (THEISEN; ANDRES, 2007).

Outra alternativa tecnológica na produção de mamona é a utilização do sistema de plantio direto na sucessão do milho, sorgo, milheto ou cereais de inverno, pois

além de benefícios como controle da erosão, aumento da capacidade de retenção de água e melhora das características físico-químicas do solo, a cobertura morta presente na superfície do solo é um importante aliado na supressão e no controle de plantas daninhas, pelo efeito da alelopatia (THEISEN; ANDRES, 2007).

O cultivo em baixa densidade populacional e arranjo de plantas em largas fileiras é outro aspecto negativo, pois além do crescimento inicial lento, essa configuração permite a reinfestação e deixa esta cultura mais vulnerável à competição das plantas daninhas refletindo em ineficiente cobertura do solo e falhas no fechamento entre linhas da cultura (AZEVEDO et al., 2007). Torna-se com isso, indispensável o controle mecânico com capinas manual, mecânica ou tratorizada, que além de oneroso, podem danificar o frágil e longo hipocótilo, e o sistema radicular secundário espalhado e superficial da mamona (AZEVEDO; SEVERINO, 2006).

Para cultivares de porte médio e alto em plantio convencional e de baixa tecnologia, algumas informações disponíveis na literatura nacional sobre período crítico de competição com plantas daninhas, indicam que os tratos culturais devem ser realizados principalmente na fase inicial de crescimento, até atingir 60 a 70 dias do ciclo vegetativo, favorecendo a produção dos cachos primários (AZEVEDO; SEVERINO; GONDIM, 2006).

O período crítico de competição pode ser diferente quando se plantam mamoneiras de porte baixo e ciclo mais curto, com reduzido espaçamento entre plantas, e menores populações, em função da mecanização da cultura da mamona, possibilitada por esses novos materiais.

No estudo feito por Maciel et al. (2006), plantando o híbrido Íris em São Paulo no espaçamento de 0,5 x 0,5 m, concluíram que o Período Crítico de Competição foi de 3 a 25 dias após a emergência, pois a lavoura se fecha e sombreia as plantas daninhas em menor período de tempo, auxiliando no controle cultural.

Ressalta-se que o uso de herbicidas na cultura da mamoneira, apesar de mais prático e econômico, principalmente para cultivos mais tecnificados, é restrito, pois o herbicida com ingrediente ativo Trifluralina é o único produto legalmente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para esta cultura (AGROFIT, 2012) e não há cadastro liberando a sua aplicação para esta cultura no Estado do Paraná (SEAB, 2013). Entretanto, por ser considerada uma invasora com potencial de uso comercial, vários são os herbicidas registrados para o seu controle, e em contrapartida inexistem outros registros para a mamona como cultura (MACIEL et al., 2007; SILVA et al., 2005).

Nesse contexto, tem prevalecido o desinteresse das indústrias de produtos fitossanitários no desenvolvimento de herbicidas seletivos, em função da cultura ser explorada na maioria dos casos em pequenas áreas, assim como de ainda também não existirem estudos de técnicas de aplicação alternativas que viabilizem o controle de plantas daninhas sem prejudicar a mamoneira (MACIEL, 2011).

2.1.8 Sistemas de Cultivo

O crescimento e o rendimento final de uma determinada cultivar são resultantes de interações do genótipo com o ambiente. Nesse contexto, para se compreender alguns aspectos intrínsecos ao comportamento varietal, necessita-se conhecer os índices biométricos mais detalhados, que permitam fazer indicações de uso e manejo mais condizentes com os diferentes ambientes de produção e sistemas de cultivo (CARDOSO et al., 2003; BEZERRA et al., 2009). Assim, o estudo das variações fenotípicas que ocorrem ao longo do desenvolvimento da mamona é fundamental para que se possa modelar e quantificar o crescimento desta cultura em razão de diferentes ajustes fitotécnicos e ambientes de produção.

A adoção de práticas agrícolas como rotação de cultura, plantio direto e uso de cultura de cobertura melhoram o armazenamento de água e aumentam o nitrogênio disponível no solo. Portanto, Azevedo, Severino e Gondim (2006) recomendam essas práticas para estabilizar a produção da mamoneira, por ser uma cultura explorada geralmente em condições de sequeiro. Os autores enfatizam os efeitos benéficos atribuídos à rotação de culturas com relação à umidade, fertilidade, estrutura e microrganismos do solo, diversificação de incidência de ervas daninhas, redução de pragas, doenças e compostos fitotóxicos derivados dos resíduos culturais do monocultivo.

Savy Filho (2005) salienta que a mamona é uma excelente cultura para compor rotação de culturas, principalmente pela capacidade de seu sistema radicular, profundo, de explorar camadas de solo que normalmente não são atingidas pelas culturas convencionais como o milho, arroz, feijão e amendoim. Pois, apesar de não existirem publicações brasileiras sobre pesquisas relacionadas à rotação de culturas com a mamona, há o incentivo para se promovê-la com gramíneas (arroz, milho, sorgo), com leguminosas (feijão, amendoim) e outras espécies (girassol, gergelim) por sua provável capacidade de favorecer a porosidade do solo e reciclagem de nutrientes (SAVY FILHO, 2005).

Ueno (2007) informa ainda que em monocultivos, a mamona não deve ser plantada por mais de dois anos no mesmo local, para se evitar aumento da incidência de doenças fúngicas, principalmente a fusariose, que quando ocorre durante a germinação, pode inutilizar a cultura, sendo a rotação de culturas uma boa opção.

Associado ao período de semeadura, o sistema a ser adotado, em função do nível tecnológico dos produtores, também merece atenção. O sistema de plantio convencional é tradicionalmente o mais utilizado para a cultura, entretanto, sistemas alternativos e conservacionistas como o Sistema Plantio Direto (SPD) e o cultivo mínimo ou reduzido, ainda precisam ser mais avaliados, para uma recomendação efetiva aos produtores conforme cada região (RAMOS et al., 2006).

No Brasil, esta oleaginosa é explorada sob dois sistemas de cultivo distintos. O cultivo consorciado é típico do Semi-árido nordestino onde predomina o uso de cultivares de porte médio e alto, pequena propriedade com utilização da força de trabalho da própria família, sendo cultivada sob baixo a médio nível tecnológico (AZEVEDO et al., 2001). Este sistema compreende o cultivo simultâneo de duas ou mais culturas em fileiras distintas na mesma área como estratégia para fugir da irregularidade climática freqüente nas regiões semi-áridas e assim, assegurar produção mais estável com melhor uso dos recursos naturais, controle de pragas e doenças, além de diversificação de matéria-prima, controle de erosão e otimizar o uso da mão-de-obra (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007).

Em sistema de consórcio, a cultura da mamoneira pode ser plantada por diversos anos na mesma área pela possibilidade de alternância das linhas duplas de plantio, além da incorporação da matéria orgânica, pelo aproveitamento dos restos vegetais da mamoneira (SAVY FILHO, 2005). Trabalhos a respeito do manejo das espécies consorciadas envolvendo a cultura da mamona com culturas alimentares são cada vez mais freqüentes, pois para que o sistema garanta elevados rendimentos aos produtores é necessário o seu manejo adequado (AZEVEDO et al., 1997a, 1998a, 1998b, 1998c; CORRÊA; TÁVORA; PITOMBEIRA, 2006).

O sistema de cultivo isolado tem sido mais utilizado por grandes produtores, principalmente na região do Cerrado, que utilizam cultivares de porte baixo, indeiscentes e maiores níveis tecnológicos, em que o uso da tração motora é mais intensa, registrando-se também a utilização da irrigação e outros insumos modernos como sementes híbridas e agrotóxicos (AZEVEDO et al., 2001; VIEIRA; LIMA, 2011).

O desenvolvimento de materiais genéticos de porte adequado para facilitar a colheita, com maturação precoce e uniforme, e adequado arranjo populacional, visando a

utilização de alta tecnologia para a produção da oleaginosa em maior escala, torna-se imprescindível para atender à necessidade crescente de matéria-prima e dificuldade de produção em escala industrial (OLIVEIRA; ZANOTTO, 2008).

2.1.9 Fatores Climáticos

A mamoneira é considerada uma planta xerófila (tolerante à seca) (AMORIM NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001a), com diversos mecanismos de tolerância a deficiência de água no ambiente edáfico, tais como: profundo e ramificado sistema radicular, acumulação de metabólitos nas raízes, em especial o amido, regulação osmótica, etc, porém sensível ao excesso de umidade por períodos prolongados por favorecer a incidência de doenças, intenso desenvolvimento vegetativo e provocar queda e perda dos frutos maduros (AZEVEDO et al., 1997b; SILVA, 1981).

A época de plantio da mamona está relacionada com a distribuição e quantidade da precipitação pluvial. Em regiões de alta pluviosidade, a época de plantio deve ser ajustada de forma que não ocorram grandes volumes de precipitação nas fases de florescimento, frutificação, amadurecimento e secagem dos frutos (TÁVORA, 1982).

Sua maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa (60-90 dias após semeadura), produzindo com viabilidade econômica em áreas onde a precipitação mínima acumulada durante seu ciclo de desenvolvimento seja em torno de 400 a 500 mm (AZEVEDO et al., 1997b). Precipitações de 600 a 700 mm proporcionam rendimentos superiores a 1.500 kg ha⁻¹, já em condições de sequeiro, a mamona produz a média de 1.200 kg/ha de bagas, com um teor de óleo de 47% (BAHIA, 1995; CAVIGLIONE et al., 2008; PERES; FREITAS; GAZZONI, 2005).

Azevedo et al. (1997a) verificaram no semi-árido paraibano, que até o término do estágio vegetativo, ao redor de setenta dias após a germinação (fase vegetativa), a precipitação acumulada de 215 e 270 mm, respectivamente, em dois anos de cultivo, garantiu a obtenção de plantas bem estabelecidas e produtivas. Portanto, a época de semeadura adequada é aquela em que se aproveita ao máximo o período chuvoso, mas se realiza a colheita no período seco.

Para se obter produção satisfatória que assegure valor comercial, a variação de temperatura deve ser de 20 a 35 °C, com temperatura considerada ótima para a planta em torno de 25 °C, mínimo de 14 °C e máximo de 36°C (SEVAST'YANOVA, 1986). Pois temperaturas superiores a 40 °C provocam abortamento das flores, reversão sexual das flores

femininas em masculinas e redução do teor de óleo nas sementes. Já as temperaturas abaixo de 10°C retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo e perde-se a viabilidade do pólen, portanto as plantas deixam de produzir sementes, além de que a ocorrência de geadas pode matá-las (CAVIGLIONE et al., 2008; TÁVORA, 1982).

Estudos têm demonstrado que o teor de óleo das sementes é proporcional à soma do calor recebido pela planta em todo o seu ciclo vegetativo (AMORIM NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001a). Apesar de sua fácil adaptação às regiões subtropicais, se não houver bastante calor, a planta reduz a qualidade do óleo e a produtividade de sementes (FORNAZIERI JUNIOR, 1986). Os conteúdos de óleo e proteína tornam-se reduzidos em temperaturas acima de 35 °C, e abaixo de 15 °C, além de reduzir o teor de óleo, suas características são alteradas (FREIRE, 2001).

Por ser uma planta heliófila (exigente em luz), esta espécie não tolera cultivo em áreas sombreadas, contribuindo para o prolongamento do estado vegetativo, embora possua boa adaptação às regiões com fotoperíodos curtos, não inferiores a nove horas, áreas com insolação intensa contribuem para o aumento da porcentagem de óleo com melhor desenvolvimento e produtividade onde ocorra pelo menos 12 horas de sol ao dia (AZEVEDO et al., 1997b; BELTRÃO; SILVA, 1999).

Uma alternativa que permite caracterizar cada uma das fases fenológicas das plantas cultivadas é a utilização dos graus-dia, que nada mais é que o acúmulo diário da energia e influencia o crescimento e desenvolvimento das plantas, assim como as demais variáveis meteorológicas (LIMA; SILVA, 2008). Apesar de se tratar de uma planta que dia longo favorece a formação de flores femininas, enquanto que dias curtos favorecem as masculinas, ela se adapta bem a outros regimes de comprimento de dia e necessita entre 2.000 a 3.800 unidades de graus-dia para chegar à maturidade, dependendo do ciclo da cultivar, sendo que somente na formação do fruto necessita da soma térmica de 1.200 °C a 2.000 °C ao dia (FERREIRA et al., 2006a; MOSHKIN, 1986).

Outro fator do clima que tem grande influência no crescimento e no desenvolvimento da mamoneira é a umidade relativa do ar com preferência de níveis médios, entre 50 a 65% durante a maior parte do seu ciclo (BELTRÃO et al., 2003; MOSHKIN, 1986). No período subsequente ao florescimento, até o amadurecimento dos frutos, umidade relativa do ar elevada e temperaturas noturnas baixas, podem favorecer o desenvolvimento de doenças, principalmente o mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini*), comprometendo a produtividade e a qualidade da produção (BELTRÃO; CARDOSO, 2004).

2.1.10 Fatores Edáficos

A manutenção dos nutrientes necessários às culturas está ligada diretamente aos fatores físicos (textura e estrutura) e químicos do solo, sendo estes determinantes na escolha dos métodos a serem empregados no preparo do mesmo.

O correto preparo do solo tem grande impacto sobre o desempenho das plantas e, conseqüentemente, sobre sua produtividade. A boa aeração e a inexistência de camadas compactadas possibilitam o adequado desenvolvimento do sistema radicular de forma que a planta possa absorver água em camadas profundas e explorar suficiente volume de solo para acessar os nutrientes (SILVA et al., 2005).

No preparo do solo para o plantio de mamona, Drumond et al. (2008) recomendam apenas gradagem no preparo de solos de textura arenosa, em condições de baixa infestação de plantas daninhas. Já em solos de textura argilosa, principalmente se houver alta incidência de plantas daninhas, recomendam realizar aração profunda e gradagem, sempre adotando as práticas de conservação de solo.

Entretanto, Silva et al. (2005) informam que equipamentos de preparo primário baseados em hastes, como os subsoladores e/ou escarificadores apresentam vantagens em relação aos equipamentos de discos, pois rompem camadas compactadas em subsuperfície, fragmentando os agregados do solo em seus pontos de fraqueza, ao contrário de equipamentos de discos, que devido ao uso inadequado acabam promovendo o pé-de-arado ou pé-de-grade pela grande transferência de peso do equipamento para os discos e, posteriormente, para o solo.

Após cada colheita, grande parte dos nutrientes presentes no solo é retirada com as culturas, sendo fundamental que os mesmos sejam repostos ao solo garantindo o sucesso do próximo plantio.

A mamoneira é exigente em fertilidade do solo para que atinja boa produtividade, demandando quantidades elevadas de nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (SAVY FILHO, 2005). Porém, o conhecimento científico sobre o uso de fertilizantes nesta cultura ainda é muito incipiente e carece de aperfeiçoamento e adaptação para as diferentes regiões onde a cultura é plantada (SEVERINO et al., 2005).

Segundo Canecchio Filho e Freire (1958), a mamoneira exporta da área de cultivo cerca de 80 kg ha⁻¹ de N, 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 32 kg ha⁻¹ de K₂O, 13 kg ha⁻¹ de CaO e 10 kg. ha⁻¹ de MgO para produzir 2000 kg ha⁻¹ de sementes. Ao passo que Nakagawa e Neptune (1971), mostraram que a absorção de nutrientes pelas plantas, atingiu aos 133 dias

após a germinação, em torno de 156 kg ha⁻¹ de N, 12 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 206 kg ha⁻¹ de K₂O, 19 kg ha⁻¹ de CaO e 21 kg ha⁻¹ de MgO, o que demonstra as necessidades nutricionais da cultura em sua fase inicial de desenvolvimento, para se obter produtividade adequada.

Corroborando os dados de extração total de nutrientes pela planta, Ferreira et al. (2006a) informam que a absorção de nutrientes alcança valores tão altos quanto 180 kg ha⁻¹ de N, 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Desse total, exceto o nitrogênio, a maior parte retorna ao solo com a palhada da cultura. Os autores ainda complementam que a maior saída de nitrogênio é pelas sementes, que podem conter até 20% de proteína; na torta, esses teores são aumentados para até 41%, ocasião em que teores de 4,5 a 6,0% são comuns.

Quando se adota o cultivo adensado da lavoura de mamona, embora se reduza o desenvolvimento e a produção unitária das plantas, aumenta-se a produção total de massa vegetal e produtividade de frutos, o que se torna necessário maior e mais rápido suprimento de nutrientes e demais fatores ligados diretamente ao desenvolvimento das plantas (CANECCHIO FILHO; FREIRE, 1959).

A mamoneira desenvolve-se e produz em grande variedade de solos, com exceção daqueles de textura argilosa que apresentem drenagem deficiente, devido à sensibilidade da planta ao excesso de umidade no solo (BELTRÃO et al., 2007a). Solos de fertilidade muito elevada e umidade excessiva podem favorecer o crescimento vegetativo exagerado com emissão de novos brotos, prolongar o período de maturidade e retardar, consideravelmente, o período de floração (AMORIM NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001b; AZEVEDO et al., 1997b).

Esses fatores afetam o rendimento, as práticas culturais e, conseqüentemente, a economicidade da lavoura. O ideal são solos profundos e bem drenados, de textura média, que não estejam compactados em demasia, ou seja, bem estruturados, e nível médio de fertilidade para o adequado desenvolvimento do sistema radicular de forma que a planta absorva água em camadas profundas e explore suficiente volume de solo para acessar os nutrientes (AZEVEDO et al., 1997b; SILVA et al., 2005).

Apesar de sua rusticidade, as plantas são sensíveis à acidez, que se desenvolvem e produzem, adequadamente, em solos com pH próximo à neutralidade e por serem tolerantes à seca, não suportam a salinidade e deficiência de oxigênio no solo (hipoxia) (BELTRÃO; CARDOSO, 2004; BELTRÃO et al., 2001; DEPERON JUNIOR et al., 2007).

Por ser uma espécie que, durante os estágios iniciais de desenvolvimento, expõe o solo ao impacto das gotas de chuva, seu cultivo deve ser feito em áreas onde a

declividade seja inferior a 12%, obedecendo às técnicas de conservação do solo (AMORIM NETO; ARAÚJO; BELTRÃO, 2001a).

A adubação da mamoneira é pouco estudada no Brasil, principalmente nos estados do Nordeste, principal região produtora, e nos cerrados do Centro-Oeste, região onde a cultura é emergente. Entretanto na literatura há recomendações para aplicar adubação nitrogenada de base de 15 kg ha⁻¹ e em cobertura de 30 a 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio (aos 50 dias após a germinação), dependendo do teor de matéria orgânica do solo e utilizar doses maiores em solos com teores de matéria orgânica mais baixos. Em sistema de plantio direto, indicam-se doses 20% maiores de nitrogênio. Entretanto, a recomendação de adubação fosfatada e potássica dependem exclusivamente da interpretação dos resultados de análise de solo (SILVA, 2005).

Beltrão e Gondim (2006) recomendam para o Estado de São Paulo, de uma maneira geral, a adubação com NPK na seguinte composição 60 kg de N, 24 kg de P₂O₅ e 18 kg de K₂O por hectare. O nitrogênio deve ser parcelado, aplicando-se 90 % dele cerca de dois meses após a germinação.

Já para as condições do Centro-Oeste, em especial Mato Grosso, onde a mamoneira é plantada na chamada safrinha, Beltrão e Gondim (2006) indicam, antes do plantio, fazer a correção do solo com calcário, de preferência dolomítico, de acordo com os resultados das análises do solo, considerando: os teores de cálcio, magnésio e alumínio; a saturação de bases; o teor de matéria orgânica; e o grau textural do solo. Em geral, informam ser necessário aplicar cerca de 2,0 t ha⁻¹ de calcário dois a três meses antes do plantio e manter o solo com o pH próximo da neutralidade.

De acordo com Beltrão e Gondim (2006), os Estados nordestinos da Bahia e Pernambuco adotam a recomendação da Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989; 1998) para a adubação da mamoneira.

Algumas pesquisas têm sido realizadas para se determinar as quantidades de adubo para a mamoneira a fim de se obter a máxima eficiência produtiva da cultura, em virtude também dos sistemas de plantio e arranjo populacional (OLIVEIRA et al., 2010; SEVERINO et al., 2005; SEVERINO et al., 2006b; SILVA et al., 2007b;). Contudo, as quantidades a serem aplicadas dependem obviamente do nível de fertilidade do solo, sendo ideal e viável que se proceda à análise química e se possível física do solo, cerca de três meses antes do plantio, para que a adubação e a calagem, caso necessário, sejam as melhores possíveis (BELTRÃO et al., 2003).

2.1.11 Aspectos Fitossanitários

2.1.11.1 Manejo de pragas

A incidência de pragas na cultura da mamona não tem representado danos que limitem a produtividade. As principais constatações são formas jovens de lagartas de várias espécies alimentando-se das folhas, geralmente ocorrem em reboleiras e em baixas populações (SAVY FILHO, 2005).

Por esta razão, os problemas fitossanitários relacionados ao complexo de insetos-praga associados à ricinocultura são pouco estudados, o que limita o volume de informação disponível, além de haver apenas duas moléculas (imidacloprido e tiodicarbe) registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para se conter casos de surtos populacionais (AGROFIT, 2012; SOARES et al., 2007).

Dentre os artrópodes que atacam a mamoneira podem-se destacar três grupos principais: pragas das plântulas e raízes (lagartas), pragas das folhas (ácaros fitófagos, cigarrinhas e lagartas) e pragas das folhas e frutos (percevejos) (BASTOS; SOARES; ARAÚJO, 2006; SOARES; ARAÚJO; BATISTA, 2001).

Com a incorporação extensiva do cultivo em grandes áreas, o quadro de pragas efetivamente representativas para *Ricinus communis* pode mudar em regiões como o cerrado, principalmente em áreas vizinhas de soja, milho, milheto e sorgo (FERREIRA et al., 2006a). Algumas pragas podem migrar destas espécies e atacar a mamoneira provocando danos econômicos, quando se cultivam grandes áreas com mamona híbrida ou variedades anãs; desta forma, medidas têm que ser tomadas para proteger a planta desde o estágio de plântula até o estágio de florescimento (SOARES et al., 2007).

As plântulas de mamona podem ser atacadas pela lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*) e pela lagarta do solo (*Elasmopalpus lignosellus*) provocando redução no estande inicial (BELTRÃO; CARDOSO, 2004).

O percevejo verde (*Nezara viridula*), após a colheita da soja, pode migrar para as lavouras de mamona, podendo ser planta hospedeira. Em ataque intenso de alta população pode causar prejuízos econômicos devido ao seu hábito alimentar de sugar a seiva de frutos e sementes, resultando num aumento de sementes chochas e ressecadas (FERREIRA et al., 2006a; SAVY FILHO, 2005).

Trips (*Thysanoptera* sp.) e cigarrinhas (*Agallia* sp. e *Empoasca* sp), devido a injeção de toxinas, podem provocar o enrolamento (encarquilhamento) das folhas, levando

ao enfezamento das plantas com redução no porte e produção seriamente comprometida quando em danos severos tanto em variedades anãs, híbridos ou não, como as de porte alto, são atacadas (BATISTA et al., 1996; SANTOS et al., 2009; SAVY FILHO, 2005). Tem sido constatada a ocorrência de mosca-branca (*Bemisia* spp.) como infestação pós-safra de feijão, causando o enrugamento foliar, secamento e queda de folhas (SAVY FILHO, 2005).

O bicho-minador (*Argyroplice wahlbergiana*) e os ácaros vermelho (*Tetranychus ludeni*) e rajado (*Tetranychus urticae*) também causam fortes danos às folhas e podem reduzir a produtividade se, em ataque severo, não forem controlados. Assim como as lagartas desfolhadeiras como a *Spodoptera latifascia* e mandarovás, podem também reduzir fortemente a área foliar da planta diminuindo sua produtividade (BASTOS; SOARES; ARAÚJO, 2006; FERREIRA et al., 2006a)

O bom preparo do solo, rotação de culturas, utilização de controle biológico, arranquio e queima de restos culturais são algumas medidas que podem auxiliar na prevenção ou controle das pragas. A literatura também cita alguns estudos relatando a existência de cultivares de mamona resistente a fitófagos que podem evitar prejuízos à produção pela diminuição do inóculo infestante das plantas (SOARES et al., 2007). Por ser uma espécie antagonica ou não-hospedeira esta oleaginosa reduz a população de nematóides, apresentando efeitos positivos no controle de espécies do gênero *Meloidogyne* sp. (LIMA, 2008).

2.1.11.2 Manejo de doenças

Embora seja uma planta rústica com grande adaptação a diversos edafoclimas, a mamoneira é bastante afetada por vários microorganismos, tais como fungos, bactérias e vírus, que podem causar doenças de grande expressão econômica, se as condições climáticas forem favoráveis ao seu desenvolvimento. Dentre as doenças fúngicas, destacam-se principalmente: mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini* [Buchw.] Hennebert), podridão-de-macrohomina (*Macrophomina phaseolina*), murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ricini*), mancha-de-cercospora (*Cercospora ricinella*) e mancha-de-alternária (*Alternaria ricini*) (ARAÚJO; SUASSUNA; COUTINHO, 2007; SAVY FILHO, 2005; SUSSEL, 2008).

O aumento significativo de doenças em *Ricinus communis* tem sido constatado com a expansão de seu cultivo no Brasil, mediante principalmente o adensamento da população de plantas, que por promover um microclima favorável em seu dossel, auxilia na dispersão dos agentes etiológicos dessas; e do uso de cultivares suscetíveis (ARAÚJO; SUASSUNA; COUTINHO, 2007).

As práticas de controle mais utilizadas para eliminar ou reduzir o inóculo inicial e as taxas de doenças no campo são: plantio de sementes certificadas, rotação de culturas, eliminação de restos culturais, utilização de cultivares resistentes, plantio em maiores espaçamentos e em locais desfavoráveis (ARAÚJO; SUASSUNA; COUTINHO, 2007).

O tratamento de sementes é importante no controle inicial do inóculo, pois existem fungos associados às sementes que podem afetar a germinação da planta de mamona. Ueno (2007) informa que, de acordo com trabalhos conduzidos na Embrapa Clima Temperado, os fungicidas de contato + sistêmico (carboxina + thiram e carbendazim + thiram), conseguiram controlar totalmente os fungos associados às sementes, além de aumentar a taxa de emergência das sementes, sem afetar o vigor das plântulas emergidas.

Entretanto, cabe lembrar que os fungicidas acima citados e produtos para controle químico a campo, ainda não possuem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para essa finalidade em cultura de mamona (AGROFIT, 2012).

2.1.11.2.1 Mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini* L.)

Em algumas regiões onde o período de chuvas prolongadas e temperaturas amenas coincidem com a época de florescimento da mamona e o início da frutificação, foram constatadas perdas severas causadas pelo mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini* [Buchw.] Hennebert), cuja sinonímia é *Botrytis ricini* (Godfrey) (MELHORANÇA; STAUT, 2005; SUSSEL, 2008).

Constatada pela primeira vez no Brasil em 1932, é considerada a doença mais importante da cultura, contudo há na literatura apenas alguns relatos de alta incidência e de severidade em regiões onde ocorrem precipitação elevada, umidade relativa do ar acima de 75% e temperatura em torno dos 25°C, durante o ciclo da cultura (CHAGAS et al., 2010; MELHORANÇA; STAUT, 2005).

Esse patógeno infecta principalmente o racemo em qualquer fase de seu desenvolvimento, encobrindo-o totalmente com micélio e esporos em condições de alta umidade relativa, conferindo-lhe um aspecto pulverulento cinza e induzindo ao apodrecimento das inflorescências e frutos no cacho (SUSSEL et al., 2011).

Dependendo do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorreu a infecção, as sementes das cápsulas afetadas apresentam desde redução no teor de óleo até a necrose completa, atingindo perdas de produção acima de 50% (SUSSEL, 2008).

Chagas et al. (2010) também relatam que a incidência e a severidade do mofo-cinzento em mamoneira apresentam valores máximos de 100%, podendo em muitos casos haver queda dos frutos e perdas de até 100% em campos expostos às condições edafoclimáticas favoráveis à doença.

O fungo pode sobreviver, de um ano para o outro, como escleródios no solo ou em restos de cultura, ou como micélio em restos de cultura. Mamonas espontâneas e, provavelmente, hospedeiros alternativos da mesma família da mamoneira (*Euforbiaceae*) podem, também, abrigar inóculo do patógeno disseminando-se facilmente pelo vento, bem como através de insetos (SUSSEL, 2008; UENO, 2007).

As principais medidas de controle são, de acordo com Sussel (2008), a utilização de sementes saudáveis, eliminação dos restos de cultura, escolha apropriada do local de plantio e a utilização de cultivares resistentes, apesar dessas medidas não serem plenamente eficazes, segundo o autor.

Sussel (2008) ainda informa que há recomendação na literatura, do controle químico com benomil, carbendazim, thiran, iprodione e tratamento de sementes por imersão em solução de formaldeído. Entretanto salienta que o uso de cultivares resistentes é o método mais adequado para o controle de doenças apesar de, no Brasil, não existirem cultivares comerciais com bons níveis de resistência ao mofo-cinzento.

De acordo com Ueno (2007), os fungicidas recomendados para o mofo-cinzento, causado por *A. ricini*, segundo testes preliminares realizados, em condições de laboratório, indicaram que os princípios ativos recomendados para o controle de *Botrytis cinerea* em outras plantas cultivadas podem ser usados para o controle dessa doença.

Ressalta-se que os produtos citados possuem restrição de uso por ainda não apresentarem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura da mamona (AGROFIT, 2012).

2.1.12 Colheita e Beneficiamento

A colheita reúne as operações necessárias para remover os frutos da planta e colocar as sementes em condições de comercialização. Sendo que os procedimentos da colheita dependem das características da cultivar utilizada (SAVY FILHO, 2005).

A colheita em cultivares com frutos deiscentes deve ser feita quando os frutos começarem a se abrir, em torno 70% dos frutos do racemo estiver seco, derrubando as

sementes no chão. Essa abertura dos frutos se intensifica quando o tempo está quente e seco (BELTRÃO et al., 2003; DRUMOND et al., 2008).

A operação de colheita deve se prolongar por três ou quatro etapas, em função da maturação progressiva dos cachos completando a secagem no terreiro, através da exposição das bagas ao sol ou em secadores mecânicos (SILVA et al., 2005).

Nas cultivares de frutos indeiscentes, a operação de colheita é feita em uma única vez, quando todos os cachos da planta atingirem a maturidade fisiológica. Neste estágio de desenvolvimento, a semente apresenta o máximo vigor, teor de óleo e poder germinativo (SILVA; MILANI, 2006b).

A colheita pode ser realizada sob duas formas distintas. A colheita manual pode ser feita com tesoura de poda, canivete ou facão, ou quebra manual na base do cacho (DRUMOND et al., 2008).

Já a colheita mecânica só pode ser feita em cultivares de porte baixo, com pouca ramificação lateral e frutos indeiscentes, pois a operação é realizada uma única vez, quando os frutos já estiverem bem secos e, preferencialmente, as folhas tenham caído. Esta prática é recomendada para grandes áreas plantadas, acima de 50 ha, podendo ser usadas colhedoras de milho adaptadas que colhem e fazem o descascamento simultâneo (DRUMOND et al., 2008; SILVA; MILANI, 2006b; SILVA et al., 2005).

A secagem dos frutos pode ser realizada após a colheita de maneira natural mais utilizada no Brasil, recomendada para pequenos agricultores, expondo-se os frutos ao sol por volta de 4 a 15 dias, dependendo das condições climáticas (SILVA; CASAGRANDE JR.; AIRES, 2007; SILVA; MILANI, 2006b; SILVA et al., 2007a).

A secagem artificial é recomendada para grandes produções utilizando-se secadores mecânicos com temperatura entre 50 a 55 °C até os frutos atingirem umidade de 10%, quando ocorre a deiscência das cápsulas (SILVA; CASAGRANDE JR.; AIRES, 2007; SILVA; MILANI, 2006b; SILVA et al., 2007a).

A otimização do processo de colheita, secagem e beneficiamento dos frutos da mamoneira é extremamente importante, pois nessa fase se pode definir o lucro ou o prejuízo do produtor (SILVA et al., 2007a).

As sementes podem ser debulhadas manualmente no local de secagem, por meio de batimento com pedaços de mangueira plástica ou varas, geralmente em cultivares semideiscentes em que alguns frutos podem reter a casca, ou mecanicamente com o uso de máquina debulhadora, também chamado de descascador mecânico, que é a opção mais eficiente (DRUMOND et al., 2008; SILVA et al., 2005).

O descascamento deve ser feito quando o teor de umidade nos frutos estiver em torno de 10% e nas horas mais quentes do dia, para que as sementes se desprendam mais facilmente. Na colheita mecanizada, a debulha é em geral feita diretamente pela máquina colhedora (DRUMOND et al., 2008; SILVA et al., 2005).

Após a colheita, Ferreira et al. (2006a) recomendam que as sementes ou grãos de mamona sejam mantidos com umidade de 6 a 10% para evitar acidificação do óleo e, deste modo, perda de qualidade na sua extração.

Após o descascamento e limpeza das sementes, procede-se ao ensacamento, utilizando-se sacos de aniagem com capacidade para 50 a 60 kg (SILVA; MILANI, 2006a).

Drumond et al. (2008) informam que se as sementes estiverem secas e pouco quebradas, podem ser armazenadas sem perder a qualidade por até um ano, se forem usadas para plantio, ou até dois anos para uso industrial.

Entretanto, Ferreira et al. (2006a) explicam que o armazenamento por prazo superior a um ano não é recomendado, seja por perdas devidos à acidificação do óleo ou aos elevados custos de armazenamento.

2.1.13 Propriedades Oleaginosas da Mamona e Aplicações Gerais

A mamoneira é a única das 7.000 espécies pertencentes às euforbiáceas que produz um glicerídeo solúvel em álcool extraído pela prensagem das sementes. Seus grãos possuem teor de óleo, variando nos tipos comerciais entre 35 a 55 %, que são uma fonte praticamente pura de ácido graxo ricinoléico (por volta de 90%), o qual confere ao óleo características singulares, possibilitando ampla gama de utilização industrial, podendo também ser utilizado como fonte alternativa de energia sob a forma de biocombustível, o que torna a cultura de elevado valor social, potencial econômico e estratégico ao país (BELTRÃO, 2003; LANGE et al., 2005; MELHORANÇA; STAUT, 2005; POPOVA; MOSHKIN, 1986; SEVERINO et. al., 2005).

Devido às suas propriedades físico-químicas (grupamentos hidroxila, inerte à borracha, metais ou plásticos; baixo ponto de solidificação, resistência ao escoamento e viscosidade elevada), o óleo de mamona ou de rícino é reconhecido como um lubrificante de alta qualidade (queima sem deixar resíduos), além de apresentar melhor resistência à oxidação e estabilidade térmica, motivos pelo qual é utilizado especialmente em condições nas quais óleos minerais perdem a eficiência como em motores de alta rotação e avançada tecnologia, como os sistemas de freios dos automóveis, nas aeronaves e nos foguetes espaciais

(ANTHONISEN, 2007; BELTRÃO; CARDOSO, 2004; FREIRE, 2001; KOURI; SANTOS; BARROS, 2006;).

A mamona é aproveitada em mais de 500 itens pela ricinoquímica, podendo ainda ser utilizada na fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, serve de base para fungicidas, inseticidas, tintas de impressão, náilon, além de seu uso na biomedicina com a elaboração de próteses e implantes, dentre outros (NEGRET, 2008; PERES; FREITAS; GAZZONI, 2005).

A partir do emprego do óleo de mamona nas fábricas de lubrificantes, revestimentos protetores, vernizes e tintas látex, cosméticos, sabões, ceras impermeabilizantes de couros, materiais plásticos e fibras sintéticas (AZZINI; SALGADO; SAVY FILHO, 1981), o preço pago pelas indústrias para o produto refletiu diretamente na lavoura, na qual aumentou o interesse dos agricultores por essa oleaginosa (CANECCHIO FILHO; TELLA, 1958).

Dentre as diversas aplicações da cultura da mamona, uma das principais é a excelente alternativa para obtenção do biodiesel aliado a demanda energética por fontes renováveis de energia (SILVA et al., 2009).

2.1.14 A Mamona e o Biodiesel

Com a busca de fontes alternativas de energia para a substituição de recursos finitos como é o caso do petróleo, por novos recursos renováveis e menos poluentes, intensifica-se a inserção do biodiesel na matriz energética nacional. Esta medida possibilita que o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) impulse e promova a expansão da área de plantio e produção da mamona, especialmente no Nordeste, região incentivada para a produção do biodiesel a partir dessa oleaginosa (ALMEIDA et al., 2004; BRASIL, 2006).

Conforme a lei federal 11.097/2005 em seu artigo 2º, parágrafo 1º, o Governo Federal autorizou a adição de 2% (B2) de combustíveis derivados de óleos vegetais ao diesel, obtido a partir do petróleo em 2008, e a elevação para 5% (B5) até 2013 (MDA, 2011). No entanto, o Ministério de Minas e Energia (MME) já antecipou de 2013 para 2010 a obrigatoriedade da comercialização do B5 (diesel composto por 5% de biodiesel e 95% de petrodiesel). O aumento do percentual de biodiesel na mistura do óleo diesel provoca um aumento significativo na demanda interna de B100 (CASTRO, 2011).

O aumento da adição do biodiesel ao diesel de 3% para 4% em julho de 2009 impulsionou a comercialização deste energético. Com isso, as vendas de biodiesel sofreram um aumento de 39% em relação a 2008, embora o crescimento se dê sobre uma base ainda pequena. Na fase atual, que começou em 1º de janeiro de 2010, a mistura obrigatória é de 5% (ANP, 2010).

Com a obrigatoriedade do B5, em 2010, a capacidade nominal de produção de biodiesel (B100) foi de cerca de 5,8 milhões m³. Entretanto, a produção efetiva do Brasil foi de aproximadamente 2,4 milhões m³, o que correspondeu a 41,1% da capacidade total (ANP, 2012). Ainda assim, Castro (2011) afirma que com base no consumo brasileiro atual de diesel de petróleo, a viabilização efetiva do B5 só será possível se houver uma disponibilidade de 2,4 bilhões m³ de B100.

Em 2011, a capacidade nominal de produção de biodiesel puro (B100) foi cerca de 6,8 milhões m³. Entretanto, a produção efetiva do Brasil foi de cerca de 2,7 milhões m³, correspondendo a 39,5% da capacidade de produção nacional e 12% maior quando comparado a produção de 2010 (ANP, 2012).

Como *Ricinus communis* é indicada pelo governo como primeira escolha para desenvolvimento de projetos relacionados à agricultura familiar e programas de produção de biodiesel, de acordo com Lima (2004), esta cultura pode vir a ser a principal fonte de óleo para produção de biodiesel no Brasil. O autor cita que estudos multidisciplinares recentes sobre o agronegócio da mamona concluíram que esta oleaginosa constitui, no momento, a cultura de sequeiro mais rentável em certas áreas do semi-árido nordestino. Segundo o IPEA (2006), um hectare de mamoneira pode gerar até 750 kg de óleo, podendo resultar 800 litros ou 0,800 m³ de biodiesel.

Lima (2004) salienta ainda que nesses estudos verificou-se, com base em séries históricas das áreas tradicionalmente produtoras de mamona, uma produtividade média de 1.000 kg.ha⁻¹ ao ano de baga de mamona. Contudo, essa produtividade é considerada conservadora, pois com as modernas cultivares desenvolvidas pelos institutos de pesquisa, como Embrapa e IAC, atingiu-se produtividade superior a 2.000 kg.ha⁻¹ ao ano.

Além disso, o governo pretende promover a inclusão social e o desenvolvimento dessa região, ao reduzir o nível de desemprego e distribuição de renda, pois sua diretriz determina que 40% da produção nacional de biodiesel tenha como matéria-prima a mamona produzida com base na agricultura familiar, especialmente do semi-árido nordestino onde vivem mais de 2 milhões de famílias em péssimas condições de vida (ALMEIDA et al., 2004; LIMA, 2004).

Apesar dos argumentos contrários ao uso da mamona, a mistura do seu óleo ao óleo de soja – que oxida em apenas duas horas – prolonga a sua conservação. Para o governo, investir na mamona – e em outras oleaginosas, como dendê, girassol, algodão, pinhão-manso, babaçu e palma – é uma forma de oferecer alternativas agrícolas, principalmente aos pequenos produtores (ANP, 2012).

Há também incentivo para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país como produtora de óleo industrial ou mesmo como produtora da matéria-prima do biodiesel (ALMEIDA et al., 2004). Nessas regiões torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas que facilitem a mecanização e desenvolvimento de variedades de ciclo curto, porte baixo, com alto teor de óleo, resistente a doenças e indeiscentes permitindo colheita mecânica única anual e também, ser uma alternativa para os sistemas de rotação de culturas em “safrinha” nas épocas de entressafra das culturas tradicionais como soja e milho, que visem à sustentabilidade econômica e ambiental de biomas (KOURI; SANTOS; BARROS, 2006; KOURI; SANTOS; SANTOS, 2004).

Portanto, a área plantada, a produtividade e a produção nacional poderão aumentar consideravelmente, bastando aplicar a tecnologia disponível de produção da matéria-prima (KOURI; SANTOS; BARROS, 2006).

Com essas utilizações nobres, obviamente que o preço é remunerador, situando-se, atualmente, no patamar de US\$ 650 por tonelada. Um forte incentivo à produção de mamona terá, como uma das conseqüências, a depressão de seu preço no mercado internacional. No entanto, é previsível um período de turbulência, com a destinação compulsória do óleo de mamona para fins energéticos, cujo preço de equilíbrio equivale a menos de 40% do preço praticado no mercado atual (PERES; FREITAS; GAZZONI, 2005).

2.1.15 Aplicações dos Sub-produtos da Mamona na Indústria

A planta toda de mamoneira pode ser aproveitada do ponto de vista agrícola, pois de uma lavoura bem desenvolvida, pode-se incorporar ao solo mais de 20 t de restos culturais (GONÇALVES; BANDEIRA; LELES, 1981). Suas folhas servem como ativadores da secreção lática quando incorporadas à ração do gado leiteiro (LOUREIRO, 1962), e de alimento ao bicho-da-seda, de seu caule e hastes podem-se extrair fibras para a confecção de tecidos grosseiros e ser matéria-prima para obtenção de celulose (ANTHONISEN, 2007; AZEVEDO et al., 1998b).

Além disso, caule e folhas podem ser utilizados como inseticidas naturais, evitando a proliferação de insetos do solo, quando deixados sobre o terreno. Até mesmo as flores, que atraem as abelhas, são úteis como melíferas (ANTHONISEN, 2007).

A semente é constituída, em média, de 75% de amêndoa e 25% de casca, onde são encontrados o alcalóide ricinina e a proteína ricina, o que a torna imprópria para alimentação de animais e humana em sua forma natural devido a sua toxicidade (SAVY FILHO et al., 1999). A proteína está concentrada no endosperma das sementes e ausente nas outras partes da planta, bem como em órgãos vegetativos e do óleo extraído do grão, uma vez que esta não é solúvel (ANTHONISEN, 2007; MOSHKIN, 1986).

A torta de mamona é o mais tradicional e importante subproduto da cadeia produtiva da mamona, produto da extração do óleo das sementes desta oleaginosa, com mais de 35% em fibra, e cerca de 5% de nitrogênio. Em cada tonelada de semente processada obtém-se cerca de 600 kg de torta, cuja principal aplicação é como fertilizante conhecido mundialmente, constituindo-se num adubo orgânico nitrogenado que pode ser aplicado em doses de até três toneladas por hectare (GOMES, 2007; MATOS, 2007).

Segundo Freire e Nóbrega (2006) e Severino et al. (2004), a velocidade de mineralização da torta de mamona, e conseqüente disponibilização de seus nutrientes, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que a do bagaço de cana.

Como adubo orgânico possui também efeito nematicida por biofumigação da torta no solo e caso seja desintoxicada, com eliminação da ricina e elementos alergênicos, torna-se uma excelente fonte protéica para rações animais (AZEVEDO et al., 1998a; BELTRÃO et al., 2003). No entanto, por se tratar de um processo de desintoxicação bastante complexo e, muitas vezes, caro, as usinas de óleo preferem vender a torta apenas como fertilizante (GOMES, 2007; MATOS, 2007).

2.2 REFERÊNCIAS

AGNOL, A. D. **Porque fazemos biodiesel de soja?** Centro de Inteligência da Soja. Dez. 2007. Disponível em: < <http://www.cisoja.com.br/index.php?p=artigo&idA=32>>. Acesso em: 09 out. 2011.

AGROFIT – **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**/ MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 23 set. 2012.

ALMEIDA, C. M.; ALMEIDA NETO, J. A. de; PIRES, M de M.; ROCHA, P. K. A produção de mamona no Brasil e o Probiodiesel. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001a. p.63-76.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.551-556, 2001b. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/revista/cap20.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2011.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis - 2012**. Rio de Janeiro: ANP. 247p. 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=57905&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1318353363781>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

_____. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis - 2010**. Rio de Janeiro: ANP. 221p. 2010. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=57905&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1318353363781>>. Acesso em: 11 out. 2011.

_____. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis - 2009**. Rio de Janeiro: ANP. 218p. 2009. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=36506&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1289507199704>>. Acesso em: 11 out. 2011.

ANTHONISEN, D. Co-produtos da mamona. In: CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SILVA, S. D. dos A. e; SCIVITTARO, W. B. (Ed.). **Sistemas de produção da mamona**, n.11. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, nov. 2007. versão eletrônica. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/co_produtos.htm>. Acesso em: 30 set. 2011.

ARAÚJO, A. E. de.; SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Doenças e seu manejo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.281-304.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

AZEVEDO, D. M. P. de, BELTRÃO, N. E. de M., BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997a. 21p. (Boletim de pesquisa, 34).

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J.; PEREIRA, J. R. Efeito de

população de plantas no consórcio mamoneira/sorgo. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.3, p.183-192, set./dez. 1998a.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W.; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. da; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; PEREIRA, J. R. Efeito de população de plantas no rendimento de consórcio de mamoneira com culturas alimentares. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.3, p.193-202, set./dez. 1998b.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007. p.223-254.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D. Controle de plantas daninhas. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007. p.333-360.

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997b. 52p. (Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. dos; BATISTA, F. A. S.; NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J.; PEREIRA, J. R. População de plantas no consórcio mamoneira/caupi. I. Produção e componentes da produção. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.3, n.1, p.13-20, jan-abr. 1999.

AZEVEDO, D. M. P. de; SANTOS, J. W. dos; BELTRÃO, N. E. de M.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J.; PEREIRA, J. R. População de plantas no consórcio mamoneira/milho. I – produção e componentes da produção. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.2, p.141-146, 1998c.

AZEVEDO, D. M. P. de; SANTOS, J. W. dos; SANTOS, T. da S.; LEÃO, A. B. Período crítico de competição entre mamoneira e plantas daninhas. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.10, n.1/2, 1017-1024, jan./ago. 2006.

AZEVEDO, D. M. P. de; SEVERINO, L. S. Plantas daninhas. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**: sistemas de produção. Campina Grande: Embrapa Algodão, n.4, 2. ed., set. 2006, versão eletrônica. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/plantasdanimhas.html>. Acesso em: 23 set. 2011.

AZEVEDO, D. M. P. de; SEVERINO, L. S.; GONDIM, T. M. S. Tratos culturais. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/tratos.html>. Acesso em: 25 ago. 2011.

AZEVEDO, D. M. P. de; GONDIM, T. M. S. Clima e solo. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**: sistemas de produção. Campina Grande: Embrapa Algodão, n.4, 2. ed., set. 2006, versão eletrônica. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/climasolo.html>. Acesso em: 20 jul. 2011.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

AZZINI, A.; SALGADO, L. de B.; SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N. V. Restos vegetais da cultura da mamona como matéria-prima para celulose. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.11, p.115-124, jul. 1981.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. **Série Oleaginosa: diagnóstico e oportunidades de investimento – mamona**. Salvador: CICM/SEBRAE, 1995. v.5. 63p.

BANZATTO, N. V.; ROCHA, J. L. V. Florescimento e maturação das cultivares de mamoneira “IAC 38” e “Campinas”. **Bragantia**, Campinas, v.24, n. único, p.29-31, 1965.

BASTOS, C. S.; SOARES, J. J.; ARAÚJO, L. H. A. Pragas. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2006. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/pragas.html>. Acesso em: 24 set. 2011.

BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F.; SOARES, J. J.; AZEVEDO, D. M. P. de. **Doenças e pragas da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e seu controle**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1996. 53 p. (Circular Técnica, 21).

BELTRÃO, N. E. de M. **A cadeia da mamona no Brasil, com ênfase para o segmento P&D: Estado da Arte, Demandas de Pesquisa e Ações Necessárias para o Desenvolvimento**. Campina Grande, 2004. Disponível em:
<<http://www.especiais360.com.br/mamona/mamona.htm>>. Acesso em: 19 ago 2011.

BELTRÃO, N. E. de M. **Informações sobre o Biodiesel, em especial feito com o óleo de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003, 3 p. (Comunicado Técnico, 177).

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.118-137.

BELTRÃO, N. E. de M.; BRANDÃO, Z. N.; AMORIM NETO, M. da S.; AMARAL, J. A. B. do; ARAÚJO, A. E. de. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007a. p.73-93.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na região Nordeste, em especial o semi-árido e outros aspectos ligados a sua cadeia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 5p. (Comunicado Técnico 213 – on-line). Disponível em:
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/275871/1/COMTEC213.PDF>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

BELTRÃO, N. E. de M.; GONDIM, T. M. de S. Adubação. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2006. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/adubacao.html>. Acesso em: 22 set. 2011.

BELTRÃO, N. E. de M.; LIMA, R. de L. S. de. Aplicação do óleo de mamona como fonte de energia: biodiesel. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.395-416.

BELTRÃO, N. E. de M.; MELO, F. B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2003, 19p. (Circular Técnica, 70).

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de; FIDELIS FILHO, J.; BRITO, G. G. de. **Enfoque agrometeorológico para cultura da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, jun. 2008, 13p. (Circular Técnica, 120).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, Campina Grande, n.31, p.7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.37-61.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S. do. Plantas oleaginosas e suas características. **Revista Biodiesel**, Monte Alto, n. 22, p. 34-35, nov. 2007.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, R. L. S. de.; QUEIROZ, W. N. de.; QUEIROZ, W. C. de. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2. ed., 2007b, p.43-72.

BEVILAQUA, G. A. P.; ZUCHI, J.; SILVA, S. D. dos A. e; MARQUES, R. L. L. **Desempenho de cultivares de mamona em sistema ecológico de produção de sementes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, dez. 2008, 37p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 78).

BILICH, F.; SILVA, R. da. Análise multicritério da produção de biodiesel. In: SIMPEP, 13. Bauru. **Anais...** nov. 2006, 7p. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/635.pdf>. Acesso em: 11 out. 2011.

BIZINOTO, T. K. M. C.; OLIVEIRA, E. G. de; MARTINS, S. B.; SOUZA, S. A. de; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.367-370, 2010.

BRASIL. **Plano nacional de agroenergia 2006-2011**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110p.

CANECCHIO FILHO, V. Resultados de experiências de espaçamento da mamoneira anã, variedade I.A. 38. **Bragantia**, Campinas, v.13, n.25, p.297-305, out. 1954.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira: I - experiências preliminares. **Bragantia**, Campinas, v.17, n. único, p.243-259, dez. 1958.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira: II – experiências de espaçamento x adubação. **Bragantia**, Campinas, v.18, n.1, p.77-99, 1959.

CANECCHIO FILHO, V.; TELLA, R. de. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). V – quarta série de ensaios de variedades anãs – 1953/1954. **Bragantia**, Campinas, v.17, n.único, p.101-107, nov. 1958.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.shtml>>. Acesso em: 9 out. 2011.

CARVALHO, A. K. F. de. **Síntese de biodiesel por transesterificação pela rota etílica: comparação do desempenho de catalisadores heterogêneos**. 2011. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2011.

CARVALHO, E. V. de; SÁ, C. H. A. C. de; COSTA, J. da L. da; AFFÉRI, F. S.; SIEBENEICHLER, S. C. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.387-392, jul-set. 2010.

CASTRO, C. N. de. **O programa nacional de produção e uso do biodiesel (PNPB) e a produção de matéria prima de óleo vegetal no Norte e no Nordeste**. Rio de Janeiro: IPEA, mai. 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/tds/TD_1613_WEB.pdf>. Acesso em: 09 out. 2011.

CAVIGLIONE, J. H.; RICCE, W. da S.; CARAMORI, P. H.; FONSECA JUNIOR, N. da S.; OLIVEIRA, D. de; YAMAOKA, R. S. Zoneamento da mamona (*Ricinus communis* L.) no estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, 2008, Salvador. Energia e ricinoquímica. **Anais...** Salvador: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/cbm3/trabalhos/OUTRAS%20AREAS/OA%2005.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2011.

CHAGAS, H. A.; BASSETO, M. A.; ROSA, D. D.; ZANOTTO, M. D.; FURTADO, E. L. Escala diagramática para avaliação de mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini*) da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.36, n.2, p.164-167, 2010.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. Salvador: CEPLAC/ EMATERBA/ EMBRAPA / EPABA /NITROFERTIL, 1989. 176 p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: segunda aproximação, segunda Revisão. Recife: IPA/ EMBRAPA/UFRPE/ UFPE/ EMATER, 1998.198 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Comparativo de safras** - Série histórica de área plantada, produção e produtividade de mamona. Brasília, 2012. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_10_09_53_50_mamonaseriehist.xls>. Acesso em: 06 jul. 2012.

_____. **Conjuntura mensal**. Outubro de 2011a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_10_31_12_03_59_mamonaoutubro2011.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2012

_____. **Conjuntura mensal**. Março de 2011b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_03_15_17_15_17_mamonamarco2011..pdf>. Acesso em: 07 jul. 2012.

_____. **Estudos de preços mínimos**: produtos de inverno, regionais, café e leite. Safra 2010-2011. Brasília, 2010, 179p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_03_26_16_42_11_pm_de_inverno_2010-2011.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2012.

_____. **Estudos de preços mínimos**: produtos de inverno, regionais, café e leite. Safra 2009-2010. Brasília, 2009, 179p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/45c6877e594b08b313d53089d7b19d21..pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2012.

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 Agrônômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.200-207, 2006.

D'YAKOV, A. B. Properties of photosynthesis. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1986. p.65-68.

DEPERON JUNIOR, M. A.; AVELAR, R. C.; CASTRO, R. P. AURELIANO, A. Q.; ARAÚJO, J. C.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. **Implantação da cultura da mamona em Aimorés, MG** – Avaliação dos fatores limitantes da fertilidade do solo. 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/50.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos; MORGADO, L. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. **Cultivo da mamona para o semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 12p. (Circular Técnica, 85 – on-line). Disponível em: <www.cpatia.embrapa.br>. Acesso em: 20 jul. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mamona**: cultivares. Campina Grande: Embrapa Algodão. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/cultivares.html>>. Acesso em: 28 ago. 2011.

_____. **Mercado da mamona cresce no mundo**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/noticias/mercado-da-mamona-cresce-no-mundo/>>. Acesso em: 10 set. 2012.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 2012. **Agricultural Production Statistics**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

FERREIRA, G. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, S. L.; GONDIM, T. M. de S.; PEDROSA, M. B. **A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades**. Campina Grande: Embrapa Algodão, ago. 2006a, 70p. (Documentos, 149).

FERREIRA, G. B.; VASCONCELOS, O. L.; PEDROSA, M. B.; ALENCAR, A. R.; FERREIRA, A. F.; FERNANDES, A. L. P. Produtividade da mamona híbrida Savana em diversas populações de plantio no sudoeste da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. Cenário atual e perspectivas. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006b. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M. G. C.; MARUYAMA, W. I.; SORATTO, R. P. Avaliação de cultivares de mamona em dois arranjos de plantas no outono-inverno em Cassilândia-MS. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.2, p.53-60, maio-ago. 2009.

FONSECA JUNIOR, N. da S.; MILANI, M. Avaliação de genótipos de mamona na região norte do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

FORNAZIERI JÚNIOR, A. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo: Ícone, 1986. 71p.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. de; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007, p.169-194.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001, p.229-256.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.295-334.

FREIRE, R. M. M.; NÓBREGA, M. B. de M. Sub-produto: torta. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/torta.html>. Acesso em: 30 set. 2011.

FREITAS, G. A. de. **Banco do Nordeste: Informe rural ETENE** (Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste). Ano V, n.14, set. 2011. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/etene/etene/docs/ire_ano5_n14.pdf>. Acesso em: 07 jul 2012.

FREITAS, S. M. de. Biodiesel à base de óleo de soja é a melhor alternativa para o Brasil? **Informações Econômicas**, São Paulo, v.34, n.1, jan. 2004a, p.86-89. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/seto3-0104.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2011.

FREITAS, S. M. de. Ricinocultura do século 21: propiciando o desenvolvimento sustentável. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, 2004b, Campina Grande. Energia e sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. 1 CD-ROM.

GOMES, C. B. Torta de mamona. In: CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SILVA, S. D. dos A. e; SCIVITTARO, W. B. (Ed.). **Sistemas de produção da mamona**, n.11. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, nov. 2007. versão eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/torta.htm>>. Acesso em: 30 set. 2011.

GONÇALVES, N. P.; BANDEIRA, J. M.; LELES, W. D. Época, espaçamento e densidade de plantio para a cultura da mamona. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.82, p.33-54, 1981.

GONDIM, T. M. S.; NÓBREGA, M. B. M.; SEVERINO, L. S.; VASCONCELOS, R. A. Adensamento da mamoneira sob irrigação em Barbalha, CE. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/pdf/mamona/028.PDF>>. Acesso em: 18 set. 2011.

HEMERLY, F. X. **Mamona: comportamento e tendências no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. 69p. (EMBRAPA-DTC. Documentos, 2).

HENDERSON, T. L.; JOHNSON, B. L.; SCHNEITER, A. A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.329-336, 2000.

HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. **Field Crop Abstracts**, v.13, n.3, p.159-167, 1960.

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas. **Cultivares de mamona**. Campinas: IAC. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Grãos e Fibras. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/UniPesquisa/GraosFibras/Cultivares/Mamona.asp>>. Acesso em: 28 ago. 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=11>>. Acesso em: 07 jun. 2012.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. **Preços médios mensais recebidos pelos agricultores**. Ago. 2011. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/precos_medios.aspx?cod_sis=2>. Acesso em: 05 out. 2011.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Um Rolls-Royce vegetal: Óleo de mamona é transformado em próteses ósseas e muitos outros produtos**, Brasília: Revista Desafios do Desenvolvimento. Ed. 23, jun./ 2006. Disponível em: <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1428:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 01 out. 2011.

KITTOCK, D. L.; WILLIAMS, J. H. Effects of plant population on castorbean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, n.4, p.527-529, jul-ago. 1970.

KOURI, J.; SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L. Importância econômica. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa

Algodão, set. 2006. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/importancia.html>. Acesso em 25 ago. 2006.

KOURI, J.; SANTOS, R. F. dos; SANTOS, J. W. dos. Evolução da cultura da mamona no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C. da; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.61-67, jan. 2005.

LIMA, E. A. de. **Seleção de plantas antagonistas para manejo de *Meloidogyne ethiopica* em videira e quivi**. Brasília, 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008. 40p.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social**. Biblioteca digital da Câmara dos Deputados. Brasília: Câmara dos Deputados, mar. 2004, 35p. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1142/biodiesel_inclusao_lima.pdf?sequencia=1>. Acesso em 25 ago. 2011.

LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L. da; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.1, p.15-21, jan./abr. 2007.

LOPES, F. F. de M.; BELTRÃO, N. E. de 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**, Campina Grande, v.12, n.2, p.69-79, maio-ago. 2008.

LOUREIRO, M. C. Torta de sementes de mamona na alimentação animal. **Revista Ceres**. V.11, n.66, p.290-294, 1962.

MACIEL, C. D. de G. **Manejo na cultura da mamona em sistema de semeadura direta**. Disponível em:

<http://www.funge.com.br/upload_trabalhos/10_Manejo_na_cultura_da_mamona_em_Sistema_de_Semeadura_Direta.pdf>. Acesso em: 23 set. 2011.

MACIEL, C. D. de G.; POLETINE, J. P.; VELINI, E. D.; ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C. do; SANTOS, H. R. dos; ARTIOLI, J. C.; SILVA, T. R. M. da; FERREIRA, R. V.; LOLLI, J.; RAIMONDI, M. A. Seletividade de herbicidas em cultivares de mamona. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.1, p.47-54, jan./abr. 2007.

MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; VELINI, E. D.; ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C. do; BERNANRDO, R. dos S.; JARDIM, C. E.; ALVES, L. S. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da mamona cultivar íris em diferentes espaçamentos de semeadura. In: Congresso Brasileiro de mamona, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 1 CD-ROM.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor bruto da produção:** principais produtos agrícolas. Ago. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/ministerio/gestao-estrategica/valor-bruto-da-producao>>. Acesso em: 7 jul. 2012.

MARIA, I. C. de; RAMOS, N. P. Conservação e manejo do solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007. p.95-116.

MATOS, E. H. da S. F. **Dossiê técnico:** cultivo da mamona e extração do óleo. Brasília: Serviço Brasileiro de Resposta Técnicas – SBRT; Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UNB, jul. 2007, 29p. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 29 set. 2011.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário / SFA – Secretaria da Agricultura Familiar. **Programas Biodiesel:** Legislação. Brasília. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2290882>>. Acesso em: 09 out. 2011.

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A. **Indicações técnicas para a cultura da mamona no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 65p.

MILANI, M.; FÁVERO, A. P.; SOUSA, R. de L.; DANTAS, F. V. **Caracterização de acessos do Banco de Germoplasma de mamona da Embrapa Algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 4p. (Comunicado Técnico, 310). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/273452/1/COMTEC310.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; CARVALHO, L. L. T. de. Épocas de aplicação de nitrogênio para híbridos de mamona no sistema plantio direto em safrinha. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.2, p.391-410, abr./jun. 2011.

MOSHKIN, V. A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1986. p.36-42.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar “Campinas”. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, v.28, 1971, p.323-337.

NEGRET, F. **Brasil – mamona, biocombustível e agricultura familiar no semi-árido**. Fortaleza: Adital, notícias da América Latina e Caribe, fev. 2008. Disponível em: <http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=31823>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

NÓBREGA, M. B. de M.; ANDRADE, F. P.; SANTOS, J. W. dos; MILANI, M.; LEITE, E. J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.195-222.

NOVO, M. do C. de S. S.; RAMOS, N. P.; LAGO, A. A. do; MARIN, G. C. Efeito da adição de palha de cana-de-açúcar e da aplicação de vinhaça ao solo no desenvolvimento inicial de três cultivares de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.1, p.125-130, 2007.

OLIVEIRA, I. J. de; ZANOTTO, M. D. Eficiência da seleção recorrente para redução da estatura de plantas em mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1107-1112, jul./ago., 2008.

OLIVEIRA, J. P. M. de; SCIVITTARO, W. B.; CASTILHOS, R. M. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.8, p.1835-1839, ago, 2010

PARENTE, E. J. de S. Mamonas assassinas... porém sagradas. **Jornal da Ciência**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC. Nov. 2004. Disponível em: < <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=22933>>. Acesso em: 01 out. 2011.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E. de; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.1, ano XIV, p.31-41, jan./ fev./ mar. 2005.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1986. p.11-27.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; CALLI, J. A.; MARTINS, A. L. M.; BRANCALÃO, S. R.; SAVY FILHO, A.; BOLONHEZI, D. Desempenho vegetativo de mamona sob diferentes sistemas de manejo do solo. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de biodiesel. In: CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (Ed.). **Agronegócio de plantas oleaginosas**: matérias-prima para biodiesel. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV. 2006. p.81-104.

RIBEIRO, J. L.; RIBEIRO, V. Q. Potencialidades do óleo do algodoeiro herbáceo para produção de biodiesel no Estado do Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4., Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.1746-1750.

ROCHA, J. L. V.; CONECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S.; SCARANARI, H.; PETTINELLI, A. Adubação da mamoneira: IV – experiências de espaçamento x adubação (2ª série). **Bragantia**, v.23, p.257-269, 1964.

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. de A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, Campina Grande:Embrapa Algodão, 2004. **Anais...** 1CD-ROM. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm1/075.PDF>. Acesso em: 12 ago. 2011.

SANTOS, Z. de S. dos; NASCIMENTO, M. de L.; MENEZES, A. M. S. de; SÃO JOSÉ, A. R.; MENEZES JR., A. O.; CARVALHO, J. M. de; LINS JUNIOR, J. C.; SOUZA, I. V. B. Flutuação populacional de cigarrinha-verde na cultura da mamona em Irecê e Barra do Choça, Bahia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p.148-152, nov. 2009.

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

SAVY FILHO, A. Melhoramento da mamona. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.385-407.

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**, Brasília, v.42, n.3, p.449-452, mar. 2007.

SAVY FILHO, A.; BENZATTO, N. V.; BONDOZ, M. Z.; MIGUEL, A. M. R. O.; DAVI, L. H. N.; CARVALHO, L. O. de; RIBEIRO, F. M. Mamona. In: CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. 39p. (Documento técnico, 107).

SEAB – Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Agrotóxicos no Paraná**. Disponível em: <<http://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

SEVAST'YANOVA, L. B. Germination of seeds. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1986. p.34-36.

SEVERINO, L. S. **Análise do preço diário da mamona entre 2002 e 2008 em Irecê, Bahia**. Capina Grande: Embrapa Algodão, 2009, 6p. (Comunicado Técnico, 366).

SEVERINO, L. S.; COELHO, D. K.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, L. S. do. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.10, n.1/2, p.993-999, jan-ago. 2006a.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. 1 CD-ROM.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; FREIRE, W. S. de A.; CASTRO, D. A. de; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, abr. 2006b.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; FERREIRA, G. B.; CARDOSO, G. D.; GONDIM, T. M. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIRIATO, J. R. **Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; FERREIRA, G. B.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Adubação química da mamoneira com NPK, cálcio, magnésio e micronutrientes em Quixeramobim, CE. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. 1 CD-ROM.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.50-54, 2006c.

SILVA, G. H. da; ESPERANCINI, S. T.; MELO, C. O. de; BUENO, O. de C. Variação estacional de preços da mamona no Paraná. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4., e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010, p.1927-1932.

SILVA, O. R. R. F. da; SEVERINO, L. S.; CARTAXO, W. V.; JERÔNIMO, J. F. Colheita, descascamento e extração de óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007a. p.361-380.

SILVA, O. R. R. F.; MILANI, M. Beneficiamento. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2006a. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/beneficiamento.html>. Acesso em: 28 set. 2011.

SILVA, O. R. R. F.; MILANI, M. Colheita. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção, n.4, 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, set. 2006b. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/colheita.html>. Acesso em: 28 set. 2011.

SILVA, S. D. dos A. e; ANDRES, A.; UENO, B.; FLORES, C. A.; GOMES, C. B.; PILLON, C. N.; ANTHONISEN, D.; MACHADO, E. B.; THEISEN, G.; MAGNANI, M.; WREGGE, M. S.; AIRES, R. F. **A cultura da mamona na região de clima temperado**: informações preliminares. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 33p. (Documentos, 149).

SILVA, S. D. dos A. e; CASAGRANDE JR., J. G.; AIRES, R. F. Secagem. In: CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SILVA, S. D. dos A. e; SCIVITTARO, W. B. (Ed.). **Sistemas de produção da mamona**, n.11. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, nov. 2007. versão eletrônica. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/secagem.htm>>. Acesso em: 28 set. 2011.

SILVA, S. D. dos A. e; WREGGE, M. S. Estabelecimento da lavoura. In: CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SILVA, S. D. dos A. e; SCIVITTARO, W. B. (Ed.). **Sistemas de produção da mamona**, n.11. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, nov. 2007. versão eletrônica. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/estabelecimento.htm>>. Acesso em: 19 set. 2011.

SILVA, S. M. S. e; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.338-348, jul./set. 2009.

SILVA, T. R. B. da; LEITE, V. E.; SILVA, A. R. B. da; VIANA, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1357-1359, set. 2007b.

SILVA, W. J. da. **Aptidões climáticas para as culturas do girassol, mamona e amendoim**. Informe Agropecuário, v.7, n.82, p.24-33, 1981.

SOARES, J. J.; ARAÚJO, L. H. A.; BATISTA, F. A. S. Pragas e seu controle. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001, p.213-228.

SOARES, J. J.; ARAÚJO, L. H. A.; BATISTA, F. A. S.; BASTOS, C. S. Principais pragas e seu controle. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.255-280.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D. de; GIACOMO, B. M. S.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.245-253, mar.2011.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D.; CRUSCIOL, C. A. C. Narrow row spacing and high plant population to short height castor genotypes in two cropping seasons. **Industrial Crops and Products**, Dordrecht, v.35, n.1, p.244-249, 2012.

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

SOUZA-SCHLICK, G. D. de; SORATTO, R. P.; PASQUALI, C. B.; FERNANDES, A. M. Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas na safrinha, **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.519-528, 2011.

SUSSEL, A. A. B. **Epidemiologia do mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini* Buchw.) da mamoneira**. 2008. 116 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SUSSEL, A. A. B.; POZZA, E. A.; CASTRO, H. A. de; LASMAR, E. B. de. C. Incidência e severidade do mofo-cinzento-da-mamoneira sob diferentes temperaturas, períodos de molhamento e concentração de conídios. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.1, p.30-34, 2011.

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

THEISEN, G.; ANDRES, A. Manejo de plantas daninhas. In: CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SILVA, S. D. dos A. e; SCIVITTARO, W. B. (Ed.). **Sistemas de produção da mamona**, n.11. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, nov. 2007. versão eletrônica. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/manejo_plantas.htm>. Acesso em: 23 set. 2011.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1071-1077, 2002.

UENO, B. Manejo integrado de doenças. In: CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SILVA, S. D. dos A. e; SCIVITTARO, W. B. (Ed.). **Sistemas de produção da mamona**, n.11. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, nov. 2007. versão eletrônica. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/manejo_integrado.htm>. Acesso em: 27 set. 2011.

VIEIRA, R. de M.; LIMA, E. F. **Importância sócio-econômica e melhoramento genético da mamoneira no Brasil**. Petrolina: Embrapa Semiárido. Disponível em: <www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/mamona.pdf>. Acesso em: 04 set. 2011.

WEISS, E. A. Castor, In: WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. p.31-99.

3 ARTIGO A

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVAR DE MAMONA ADEQUADA À COLHEITA MECANIZADA EM DIFERENTES ADENSAMENTOS

3.1 RESUMO: Considera-se fundamental, para que ocorram avanços tecnológicos no cultivo da mamona, o uso de espaçamentos mais estreitos e o adensamento na população de plantas visando a mecanização do cultivo e o aumento da produtividade da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar atributos biométricos, acúmulo de matéria seca da cultivar IAC 2028 conduzida em espaçamentos reduzidos em interação com diferentes populações de plantas. O experimento foi realizado durante a safra verão de 2009/2010, em um Latossolo Vermelho distroférico, em Londrina, PR. Foi utilizado o delineamento blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90 m) e as subparcelas por quatro populações iniciais de plantas (15 000, 30 000, 45 000 e 60 000 plantas por hectare). O aumento da população de plantas, nos espaçamentos de 0,90 m entre linhas, proporcionou plantas mais altas e redução do crescimento na maturação dos racemos primários. As maiores populações aumentaram o comprimento de entrenós até a inserção do primeiro racemo. O aumento da população de plantas, independente do espaçamento entre linhas, diminuiu a sobrevivência de plantas e a matéria seca da parte aérea. O adensamento reduziu a área foliar por planta e em compensação, elevou o índice de área foliar e o acúmulo de fitomassa seca por área, independentemente do espaçamento entre linhas. No espaçamento entre linhas de 0,45 m, a população de 30 000 plantas ha⁻¹ (0,74 m entre plantas) favoreceu o maior índice de colheita para a mamoneira IAC 2028.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Arranjo espacial. Características agronômicas. Densidade de plantas. Índices de crescimento.

DEVELOPMENT OF A CASTOR CULTIVAR SUITABLE TO MECHANIZED HARVESTING IN DIFFERENT PLANTING DENSITIES

3.2 ABSTRACT: The use of narrower spacing and higher plant population is considered essential to technological advances in castor cultivation, with focus on mechanized cropping and increasing crop productivity. The aim of this study was to evaluate biometric attributes and dry matter accumulation of the cultivar IAC 2028 grown in reduced spacings and different plant populations. The experiment was conducted during the summer season of 2009/2010, in an Oxisol clayey in Londrina, PR, Brazil. The experimental design was a randomized complete block split plot with four replications. The plots consisted of two row spacings (0.45 and 0.90 m) and the subplots of four initial populations of plants (15,000, 30,000, 45,000 and 60,000 plants per hectare). The increase on plant population using the spacing of 0.90 m between rows resulted in higher plants and reduced growth in the maturation of primary racemes. The highest plant population increased length of internodes up to the insertion of the first raceme. The increase in plant population, regardless of row spacing decreased the survival of plants and shoot dry matter. Higher densities reduced leaf area per plant but increased the leaf area index and dry matter accumulation per area, regardless of row spacing. Under row spacing of 0.45 m, at the population of 30,000 plants ha⁻¹ (0.74 m between plants) there was a higher harvest index.

Key words: *Ricinus communis*. Spatial arrangement. Agronomic characteristics. Plant density. Growth rates.

3.3 INTRODUÇÃO

Na instalação de culturas agrícolas, conhecer o arranjo espacial ótimo e a densidade populacional de plantas depende de fatores edafoclimáticos, da cultivar, do manejo fitossanitário, do propósito da lavoura e do nível tecnológico a ser empregado, com o intuito de elevar a produtividade sem incrementar o custo (BEZERRA et al., 2009; BIZINOTO et al., 2010; SEVERINO et al., 2006a, 2006c; SILVA et al., 2009).

Numa lavoura de mamona (*Ricinus communis* L.), os menores espaçamentos entre linhas intensificam a competição entre plantas por recursos do ambiente. Baixas populações de plantas promovem o aumento do ciclo vegetativo das plantas, a formação de ramos laterais longos e o retardamento do ciclo reprodutivo (SEVERINO et al., 2006a; SORATTO et al., 2011). Por outro lado, elevadas populações induzem o aumento da estatura das plantas, por estiolamento, o que as tornam mais suscetíveis ao acamamento (AZEVEDO et al., 2001). Contudo, pode ocorrer maior interceptação de luz em razão do aumento do índice de área foliar. O adensamento de plantas pode ser adotado como estratégia para reduzir a erosão do solo (MARIA; RAMOS, 2007) e controlar plantas daninhas (SEVERINO et al., 2006a).

O potencial produtivo de uma cultura necessita ser estudado em razão de diferenças edafoclimáticas, pois o crescimento e o rendimento final de uma cultivar são resultantes de interações do genótipo com o ambiente. Nesse contexto, para se compreender alguns aspectos intrínsecos ao comportamento varietal, necessita-se conhecer índices biométricos mais detalhados, que permitam que se façam indicações de uso e manejo mais condizentes com os diferentes ambientes de produção e sistemas de cultivo (CARDOSO et al., 2003; BEZERRA et al., 2009). Assim, o estudo das variações fenotípicas que ocorrem ao longo do desenvolvimento da mamona é fundamental, para que se possa modelar e quantificar o crescimento desta cultura em razão de diferentes ajustes fitotécnicos e ambientes de produção. De outro lado, o índice de colheita (IC) reflete a capacidade genética que uma cultivar tem em converter parte do que foi assimilado em produtos economicamente comercializáveis (LIMA et al., 2010).

A busca de novas cultivares de mamona com porte baixo, ciclo mais precoce, elevado teor de óleo, tolerância às principais doenças, maturação mais uniforme dos grãos e frutos indeiscentes é determinante para que a cultura componha programas de rotação mecanizados, como é o caso do sistema plantio direto na palha (SAVY FILHO et al., 2007).

Estudos recentes sobre cultivares de mamona de porte baixo para colheita mecanizada no Estado de São Paulo constataram que a produtividade da mamoneira aumenta com populações entre 55.000 e 70.000 plantas ha⁻¹, nos espaçamentos entre fileiras de 0,45 a 0,75 m (SORATTO et al., 2011) e nos de 0,45 e 0,60 m (SOUZA-SCHLICK et al., 2011).

Entretanto, ainda são escassos os conhecimentos sobre o desempenho de cultivares de mamona de porte baixo, lançados recentemente, pois grande parte das informações disponíveis sobre a cultura é oriunda de trabalhos com cultivares de porte médio e alto, nos quais foram utilizadas baixas populações de plantas e espaçamentos maiores visando a colheita manual (CARVALHO et al., 2010; SEVERINO et al., 2006a, 2006b, 2006c; SORATTO et al., 2011).

A execução de ensaios locais para definir a melhor configuração de instalação da cultura é um passo tecnológico importante para se adequar novas cultivares ao ambiente e manejo cultural, definidos para a produção mecanizada de mamona, que ainda necessitam de vários ajustes (FERREIRA; MARUYAMA; SORATTO, 2009). Diante do exposto, para aumentar a produtividade e diminuir o tempo de ocupação de área pela mamona, considera-se fundamental o uso de espaçamentos mais estreitos e o aumento de plantas na linha de cultivo, desta forma adensando-se a população de plantas.

O objetivo do trabalho foi avaliar atributos biométricos e o acúmulo de massa seca da cultivar de mamona de porte baixo IAC 2028, conduzida em espaçamentos reduzidos em interação com diferentes populações de plantas, para colheita mecanizada.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina-PR, localizada a 23°17'08" sul e 51°13'10" oeste; em 560 m de altitude, na safra de verão de 2009/2010. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), em relevo suave ondulado. O clima da localidade é do tipo Cfa, conforme Köppen, que se caracteriza como subtropical úmido, com verões quentes e chuvosos, geadas pouco frequentes e sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

Os dados climáticos locais coletados durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 3.1. De posse das informações de temperatura, calcularam-se as somas térmicas necessárias para atingir a maturação dos racemos de 1ª, 2ª e 3ª ordens, o que ocorreu aos 138, 207 e 302 dias após a emergência (DAE), respectivamente, considerando-se as temperaturas base para cultura da mamona de 36 °C e 14 °C (BELTRÃO et al., 2007). O método utilizado para determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD), para o período de análise foi o método Residual descrito por Arnold (1959), também conhecido por Método do menor desvio padrão, em dias, conforme a equação:

$$GD = \frac{TM + Tm}{2} - Tb$$

2

em que:

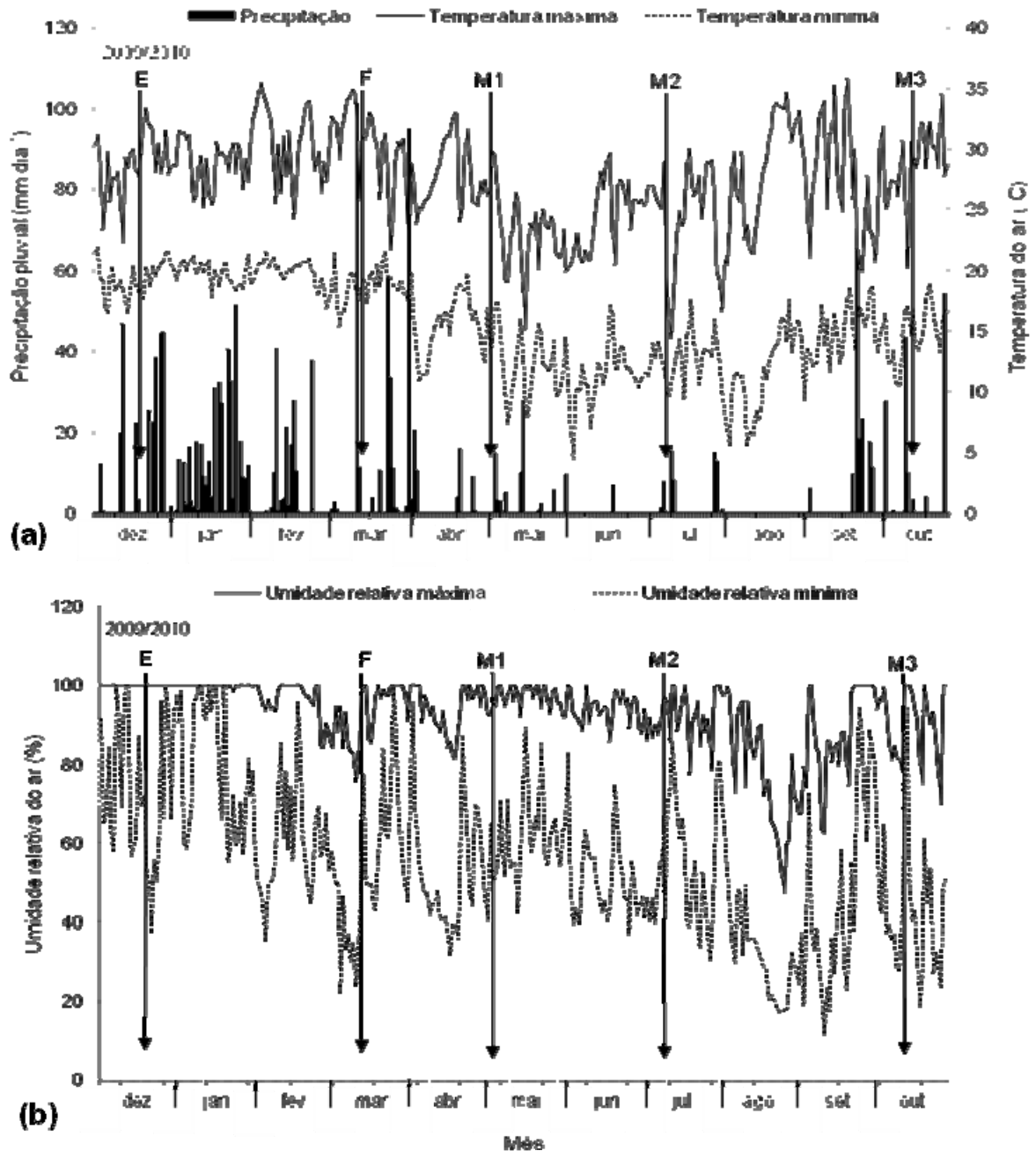
GD = graus-dia, °C;

TM = temperatura máxima do dia, °C;

Tm = temperatura mínima do dia, °C;

Tb = temperatura base inferior, °C.

Figura 3.1 – Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar (a), e umidades relativas máxima e mínima do ar (b), obtidas na área do experimento, de dezembro a outubro do ano agrícola 2009/2010, e datas de emergência (E), início do florescimento (F), maturação do racemo de 1ª ordem (M1), maturação do racemo de 2ª ordem (M2) e maturação do racemo de 3ª ordem (M3) da cultivar de mamona IAC 2028. Londrina, PR.



Fonte: IAPAR (2009, 2010).

Foi realizada amostragem do solo na profundidade 0-20 cm para caracterização de atributos químicos (PAVAN et al., 1992) e da granulometria (EMBRAPA, 1997), que apresentaram as leituras com os seguintes resultados: pH (CaCl_2 1 mol L⁻¹) de 5,6; 16,5 g dm⁻³ de MO; 36 mg dm⁻³ de P; 5,4 cmol_c dm⁻³ de H+Al; 0,4 cmol_c dm⁻³ de K; 4,9 cmol_c

dm^{-3} de Ca; $2,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg; $7,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de soma de bases (SB); $12,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC; 58% de saturação por bases (V); 92 g kg^{-1} de areia; 138 g kg^{-1} de silte; 770 g kg^{-1} de argila.

A área escolhida para o experimento encontrava-se cultivada no sistema plantio direto (SPD) com rotação de cultura, soja e milho no verão, e trigo e aveia-preta no inverno. Antes da instalação do experimento, quando o solo encontrava-se friável, fez-se o cultivo mínimo por meio de escarificação mecânica. Por ocasião da semeadura, fez-se a dessecação das plantas existentes na área com Glifosato na dose de $1,08 \text{ kg}$ do ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1} .

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições, distribuídas em parcelas subdivididas, com dois espaçamentos entre linhas de lavoura (0,45 e 0,90 m) ocupando as parcelas, e quatro populações iniciais de plantas (15.000, 30.000, 45.000 e 60.000 plantas ha^{-1}) ocupando as sub-parcelas.

As sub-parcelas foram constituídas de 7,2 m de largura por 6,0 m de comprimento, nas quais foram instaladas 8 linhas de lavoura para o espaçamento de 0,90 m e 16 linhas para o espaçamento de 0,45 m. A área útil das sub-parcelas foi formada pelas 6 linhas centrais para o espaçamento de 0,90 m e 12 linhas centrais para o espaçamento de 0,45 m, descartando-se 1 m de lavoura nas extremidades das linhas de semeadura. Para a obtenção das populações desejadas, variou-se o número de plantas dentro das linhas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Distância calculada entre as plantas de mamona na linha de cultivo para obter as populações de plantas desejadas em cada espaçamento entre linhas. Londrina – PR, 2009/2010.

Tratamento	Espaçamento entre linhas (m)	
	0,45	0,90
Plantas iniciais ha^{-1}	----- m -----	
15 000	1,48	0,74
30 000	0,74	0,37
45 000	0,49	0,25
60 000	0,37	0,18

Utilizou-se a cultivar IAC 2028, lançada em 2007 pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), caracterizada como de porte baixo (1,50 a 1,80 m), apta à colheita mecanizada, moderadamente suscetível ao mofo-cinza (*Amphobotrys*

ricini [Buchw.] Hennebert), com frutos indeiscentes, teor de óleo nos grãos em torno de 47% e produtividade média de grãos de 1.950 kg ha⁻¹. É recomendada para o Estado de São Paulo, com potencial de uso em outras regiões com aptidão edafoclimática para a mamona (SAVY FILHO et al., 2007).

A instalação do experimento foi realizada em 09/12/2009, utilizando-se uma semeadora/adubadora desenvolvida para o SPD, munida de discos de corte e hastes escarificadoras, para demarcar as linhas e depositar o adubo nos sulcos de semeadura, aplicando-se 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 04-14-08, com base nas recomendações de Savy Filho (2005). Em seguida, fez-se a semeadura manual com o auxílio de gabaritos, utilizando-se o dobro de sementes viáveis por unidade de área, as quais foram previamente tratadas com fungicidas (60 g Carboxin + 60 g Thiram do i.a. por 100 kg de sementes) e inseticida imidacloprido (120 g do i.a. por 100 kg de sementes), seguindo as indicações de Savy Filho et al. (2007).

Após a semeadura, irrigou-se a área experimental por meio de aspersão, até que o teor de água do solo ficasse próximo à capacidade de campo, visando uniformizar a emergência da cultura. No restante do período de condução do experimento manteve-se a mamona em regime de sequeiro. As plantas emergiram em 21/12/2009, e aos sete dias após a emergência (DAE) efetuou-se o desbaste, para manter as densidades populacionais desejadas. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais aos 29 e 67 DAE. Foram efetuadas adubações nitrogenadas de cobertura aos 32 e 65 DAE, totalizando 60 kg N ha⁻¹ com a fonte sulfato de amônio, de acordo com Savy Filho (2005).

Aos 57 e 85 DAE (início do florescimento primário) e na maturação dos racemos de 1ª ordem (138 DAE), fez-se a contagem do número total de plantas contidas na área útil das parcelas. Aos 57 e 85 DAE, determinou-se a altura das plantas e o comprimento dos entrenós do caule, a partir da superfície do solo até a inserção da última folha (antes do surgimento dos racemos de 1ª ordem), em 10 plantas ao acaso na área útil das sub-parcelas. Aos 138 DAE, mediu-se a altura das plantas a partir da superfície do solo até a inserção do racemo mais alto, também em 10 plantas ao acaso na área útil das sub-parcelas. Em seguida, nos mesmos estádios supracitados, foram realizadas medições não destrutivas de área foliar, conforme metodologia de Severino et al. (2005), o que permitiu calcular a área foliar total por planta (dm² planta⁻¹) e o índice de área foliar por unidade de área.

Nos estádios de maturação dos racemos de 1ª ordem (138 DAE), 2ª ordem (207 DAE) e 3ª ordem (302 DAE), contou-se o número total de plantas na área útil das sub-parcelas para verificar a sobrevivência final das mesmas. Foram amostradas 10 plantas ao

acaso, cortando-as rente à superfície do solo, pesando-se, em seguida, todo o volume vegetal coletado. Imediatamente após as pesagens, o material coletado foi totalmente picado (± 10 cm) e homogeneizado retirando-se alíquotas de aproximadamente 20% (volume/volume), que foram acondicionadas em sacos de plástico vedados. Posteriormente, fez-se a pesagem das alíquotas (matéria fresca), transferindo-as para sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até atingirem massa constante, permitindo calcular o teor de água e o acúmulo de massa seca da mamona (MS) por unidade de planta e de área.

Na maturação dos racemos de 3ª ordem, fez-se a colheita manual de todos os racemos contidos nas plantas da área útil das sub-parcelas, os quais foram secados ao ar, trilhados e pesados. Em seguida, determinou-se a produtividade de grãos e de massa seca da parte aérea, com teor de água corrigido para 130 g kg⁻¹. A partir dessas avaliações, calculou-se o índice de colheita (IC) pela relação entre massa seca de grãos e a massa seca total das plantas (grãos + parte aérea).

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos de espaçamento entre linhas foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para calcular a diferença mínima significativa (DMS). Quando necessário, os dados foram ajustados a regressão polinomial com base na significância do coeficiente de regressão e do teste F da regressão (ambos a 5% de probabilidade), em consonância com os maiores valores dos coeficientes de determinação (R^2).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre população de plantas e espaçamento foi significativa quando se avaliou a altura média de plantas, aos 57 DAE (Tabela 3.2 e Figura 3.2a). A maior altura de plantas ocorreu com a utilização do espaçamento entre linhas maior, 0,90 m, independentemente da população de plantas, assim como ocorreu com o alongamento de entrenós (Tabela 3.2, Figura 3.2d). No maior espaçamento, observou-se aumento linear da altura com o aumento da população de plantas; efeito não observado no espaçamento de 0,45 m (Figura 2a). Esse resultado indica que o maior número de plantas na linha de cultivo, no espaçamento de 0,90 m, estimulou a competição entre plantas e o crescimento em altura, quando comparado à mesma população distribuída no espaçamento de 0,45 m.

Resultados semelhantes foram obtidos por Souza-Schlick et al. (2011), ao avaliarem a cultivar IAC-2028, constataram maiores valores de altura de plantas no maior espaçamento adotado, 0,90 m e na população mais adensada, 70.000 plantas ha⁻¹.

Na avaliação realizada aos 85 DAE as plantas conduzidas no espaçamento de 0,90 m apresentaram maior altura do que as cultivadas em 0,45 m, independentemente da população estudada (Tabela 3.2 e Figura 3.2b). No menor espaçamento, não se observou variação na altura com o aumento da população de plantas; e no maior espaçamento, a altura aumentou linearmente com o aumento da população (Figura 3.2b). Portanto, a avaliação nesse período reitera os resultados obtidos aos 57 DAE, com ocorrência de competição entre plantas na linha, no espaçamento de 0,90 m, quando comparado ao cultivo em 0,45m.

O maior adensamento de plantas aumenta a competição intraespecífica, acarretando seu estiolamento (AZEVEDO et al., 2001; SEVERINO et al., 2006a). O arranjo populacional mais adensado na linha de cultivo aumentou a altura de plantas de mamona, no período avaliado, devido ao maior crescimento, como consequência da baixa a disponibilidade de luz (CARVALHO et al., 2010; SEVERINO et al., 2006a).

Quando se colhe mecanicamente a cultura é desejável plantas de menor porte, portanto o uso de espaçamento mais estreito, com densidade reduzida na linha, é a forma mais adequada para distribuição das plantas, independentemente da população avaliada (Tabela 3.2 e Figuras 3.2a, b).

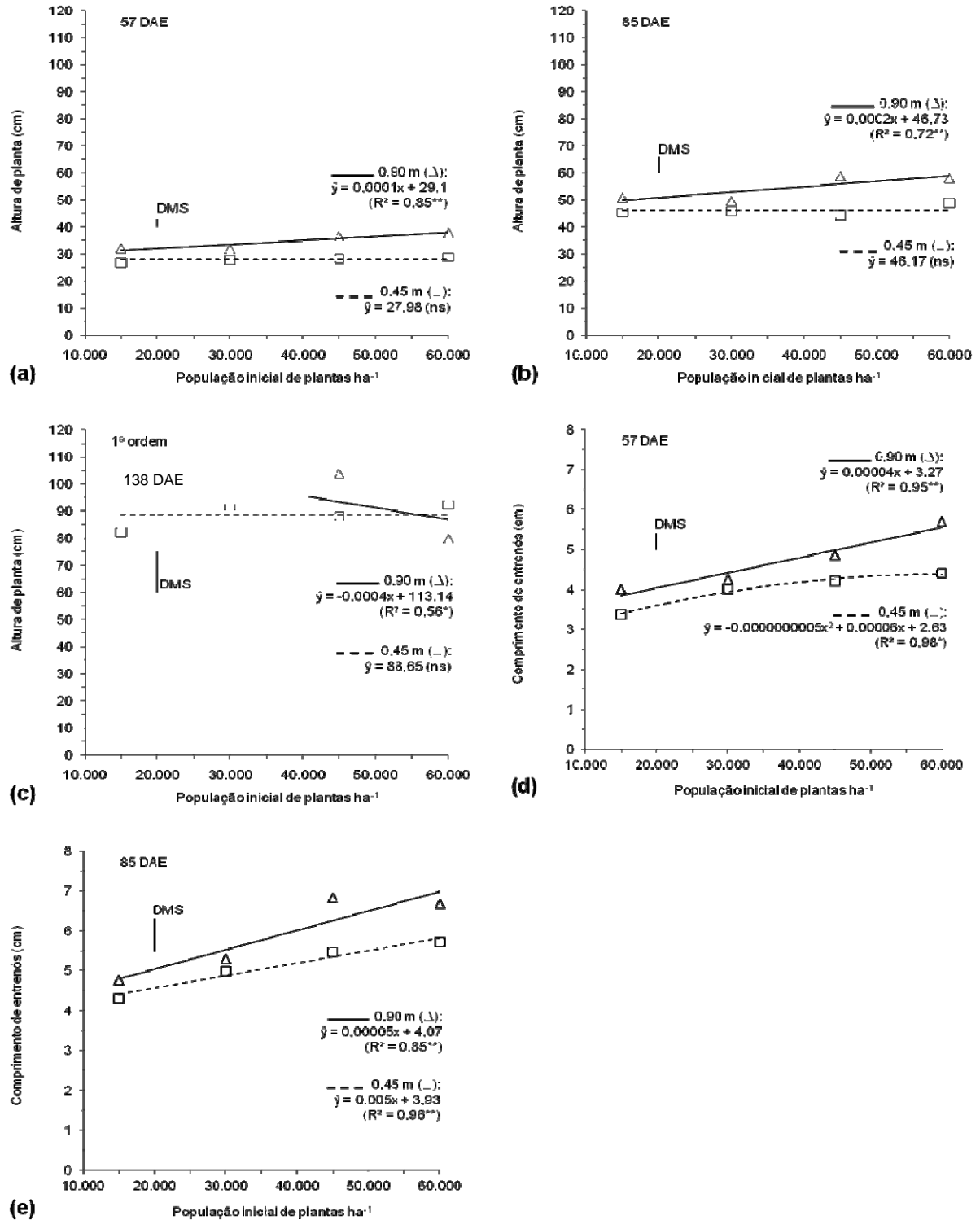
A interação entre espaçamento e população foi significativa quando se avaliou altura de plantas aos 138 DAE, na maturação dos racemos de primeira ordem. Não se observou alteração na altura de plantas no espaçamento de 0,45 m, com estimativa de valor médio de 88,65 cm, enquanto no maior espaçamento essa variável diminuiu com o aumento da população de plantas, tendo valores estimados variando de 107,17 a 89,14 cm para as populações de 15.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3.2 e Figura 3.2c). O aumento no comprimento dos entrenós com aumento da população e, conseqüente, aumento da altura de plantas não ocorreu nessa avaliação, ao contrário do verificado nas avaliações efetuadas aos 57 e 85 DAE. A diminuição da altura com o aumento da população de plantas, no maior espaçamento de cultivo, é justificada pelo déficit hídrico ocorrido neste período (Figura 3.1), que demonstra a competição entre plantas, por água, provocada pelo maior adensamento na linha, no espaçamento de 0,90 m.

Tabela 3.2 – Altura de plantas, comprimento de entrenós do caule, área foliar por planta e índice de área foliar, em razão do espaçamento entre linhas e da população inicial de plantas para a cultivar de mamona IAC 2028, em avaliações realizadas aos 57 e 85 dias após a emergência (DAE) da lavoura, e aos 138 DAE (maturação dos racemos de 1ª ordem). Londrina – PR, 2009/2010.

	Altura de plantas			Entrenós do caule		Área foliar por planta			Índice de área foliar			
	DAE											
	57	85	138	57	85	57	85	138	57	85	138	
Espaçamento (m)	cm					dm ²						
0,45	27,4 9 b	45,8 1 b	88,6 6 ^{ns}	3,91 b	5,12 ^{ns}	36,58 a	74,09 ^{ns}	150,0 0 ^{ns}	0,87 b	2,44 ^{ns}	5,12 ^{ns}	
0,90	34,2 5 a	54,2 9 a	96,0 6	4,58 a	5,89	24,74 b	67,42	144,4 3	1,31 a	2,56 ^{ns}	5,62 ^{ns}	
Plantas iniciais ha ⁻¹												
15.000	29,5 0 b	48,1 0 a	91,7 7 ^{ns}	3,68 b	4,53 b	39,28 a	92,58 a	165,5 9 a	0,62 bc	1,37 c	2,50 c	
30.000	29,8 0 b	47,7 2 a	93,2 4	4,00 b	5,14 b	29,96 ab	70,09 ab	153,8 5 ab	0,87 bc	2,12 b	4,62 b	
45.000	31,7 0 ab	51,6 2 a	98,3 6	4,47 a	6,14 a	27,51 b	62,94 b	148,9 4 ab	1,37 ab	3,00 a	7,12 a	
60.000	32,8 0 a	52,7 6 a	86,0 5	4,81 a	6,20 a	25,89 b	57,43 b	120,4 9 b	1,50 ab	3,50 a	7,25 a	
Causas da variação	F calculado											
Espaçamento (E)	21,6 2**	14,2 2*	1,55 ^{ns}	10,97 **	4,14 ^{ns}	10,26 *	1,62 ^{ns}	0,67 ^{ns}	49,00 **	0,60 ^{ns}	8,00 ^{ns}	
População plantas (P)	5,70 **	3,40 ^{ns}	1,69 ^{ns}	31,54 **	15,85 **	4,67* *	5,53* *	4,50* *	8,73* *	40,80 **	18,96 **	
E x P	5,07 **	2,89 ^{ns}	4,06 *	9,85* *	1,41 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,81 ^{ns}	
Análise de regressão												
0,45 m	^{ns}	^{ns}	^{ns}	Q*	L**	L**	L**	^{ns}	L*	L**	L**	
0,90 m	L**	L**	L*	L**	L**	^{ns}	L**	L**	L**	L**	L**	
CV _{parcela} (%)	13,3 3	14,7 1	18,2 1	13,51	19,55	34,12	20,95	13,04	16,16	18,26	9,30	
CV _{subparcela} (%)	9,14	8,72	11,9 4	8,91	10,46	25,62	26,25	17,33	36,14	16,67	27,39	

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ** significativos pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Análise de regressão para equações lineares (L) e quadráticas (Q), a partir do desdobramento de população de plantas dentro de cada nível de espaçamento.

Figura 3.2 – Altura de plantas nos estádios de 57 DAE (a), 85 DAE (b) e 138 DAE (c), comprimento de entrenós do caule aos 57 DAE (d) e 85 DAE (e), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



Em uma mesma densidade populacional de plantas, o aumento do espaçamento entrelinhas resulta em adensamento de plantas na linha, o que propicia competição intraespecífica por nutrientes, água, luz e CO₂, prejudica o desenvolvimento da cultura e resulta em decréscimos de produção por planta (SEVERINO et al., 2006a, 2006c; SORATTO et al., 2012; TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002). Portanto, a competição por luz e/ou água é prejudicial quando o arranjo espacial adotado não é adequado.

Os menores espaçamentos em uma mesma população possuem a vantagem de proporcionarem melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar, da disponibilidade hídrica e ocorre aumento da cobertura vegetal do solo como estratégia para o controle cultural de plantas daninhas, contribuindo também para reduzir o quanto antes a matocompetição, especialmente nos estádios iniciais da cultura (BELTRÃO et al., 2007; SEVERINO et al., 2006a).

O comprimento de entrenós do caule, aos 57 DAE, respondeu significativamente à interação entre espaçamento e população (Tabela 3.2). Os maiores comprimentos de entrenós ocorreram no maior espaçamento, 0,90 m e, nesse espaçamento, aumentaram linearmente com o aumento da população de plantas. Esse efeito indica que o aumento do adensamento de plantas na linha de cultivo provocou o alongamento dos entrenós da mamoneira. No espaçamento de 0,45 m o aumento no crescimento de entrenós seguiu o modelo quadrático, atingindo crescimento máximo estimado de 4,0 cm, na população inicial aproximada de 55.000 plantas (Tabela 3.2 e Figura 3.2d). Isso se deve, provavelmente, ao melhor arranjo espacial das plantas no espaçamento mais estreito de 0,45 m para este período de desenvolvimento com melhor aproveitamento de luz e água, contrariamente ao ocorrido quando se aumentou o adensamento de plantas e proporcionou competição entre elas. As alterações observadas no alongamento dos entrenós em função dos diferentes espaçamentos e populações, na avaliação realizada aos 57 DAE, interferiram na altura das plantas.

Na avaliação realizada aos 85 DAE, a análise de regressão indicou que a população de plantas afetou positivamente o comprimento de entrenós do caule e que esse comprimento foi menor quando as plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,45 m, independentemente da população estudada. Observou-se aumento linear do comprimento de entrenós com o aumento da população de plantas nos dois espaçamentos estudados (Tabela 3.2 e Figura 3.2e). O adensamento na linha de cultivo influenciou o aumento da distância entre os nós do caule das plantas, devido à maior competição entre elas, o que condiciona a diferença em altura das plantas e de inserção do primeiro racemo, caracterizando o

estiolamento da cultura, mas segundo Kotz (2012), este resultado não altera o número dos internódios na planta.

A alteração no arranjo de plantas interfere na qualidade de luz interceptada através do dossel. O adensamento de plantas promove maior reflexão de luz na faixa do vermelho (V) e maior absorção na faixa do vermelho extremo (VE) (SOUZA-SCHLICK et al., 2011; KASPERBAUER; KARLEN, 1994). Em plantas que apresentaram maior relação VE/V, devido ao adensamento de plantas, pode haver maior desenvolvimento dos entrenós do caule condicionando a uma maior alongação, e justificaria o comportamento das plantas observado neste trabalho, quando se usou o espaçamento de 0,90 m.

A área foliar por planta (AF) variou significativamente em razão de ajustes no espaçamento entre linhas e na população de plantas, sem efeito da interação entre esses fatores.

Aos 57 DAE, as plantas no espaçamento de 0,45 m apresentaram maior área foliar individual do que em 0,90 m (Tabela 3.2). No maior espaçamento não se observou variação na área foliar média por planta com o adensamento populacional na linha de cultivo, porém, no menor espaçamento avaliado, verificou-se redução linear da AF quando se aumentou a população de plantas (Figura 3.3a). Esse resultado indica que no espaçamento de 0,45 m entre linhas, o aumento do número de plantas na linha de cultivo promoveu a competição entre as plantas e favoreceu a redução foliar, quando comparado à mesma população no espaçamento de 0,90 m. Taiz e Zeiger (2006) explicaram que quando uma planta é sombreada por outra, há estímulo de crescimento acima do dossel (sentido longitudinal) para obter um melhor aproveitamento da radiação solar, o que acarreta em alongamento dos entrenós, e assim há redução da área foliar e das ramificações da planta.

Na avaliação realizada aos 85 DAE, apenas o aumento da população de plantas afetou significativamente esta variável (Tabela 3.2). As plantas conduzidas no espaçamento de 0,45 m apresentaram AF maior do que em 0,90 m, independentemente da população de plantas avaliada; no entanto o adensamento da cultura causou declínio linear na área foliar média por planta, independente do espaçamento utilizado (Figura 3.3b). Portanto, nessa avaliação observou-se a competição entre plantas na linha em ambos os espaçamentos, provavelmente devido ao início do estágio reprodutivo da cultura.

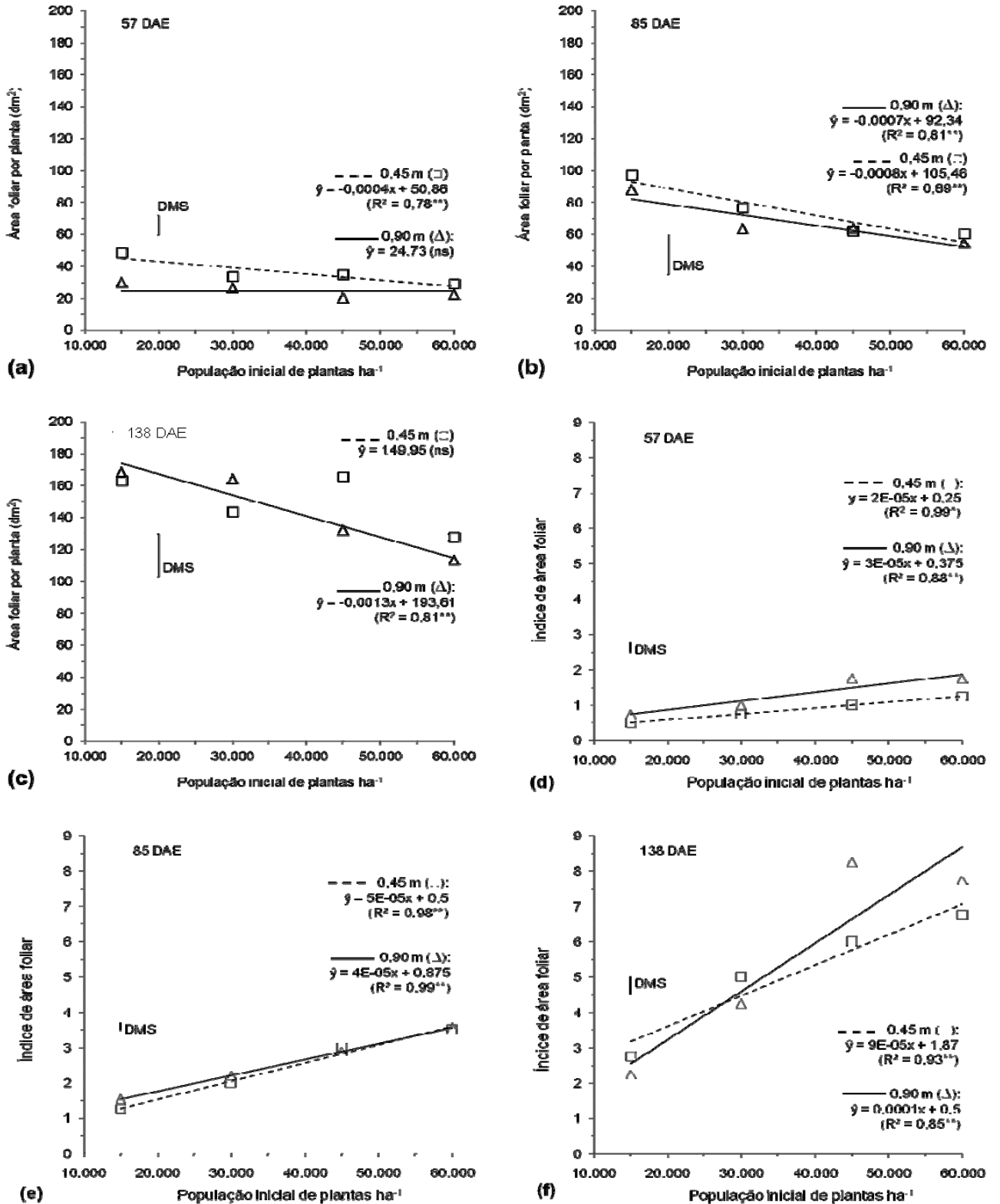
No estágio de 138 DAE, período de maturação dos racemos de 1ª ordem, semelhante aos 85 DAE, a AF foi alterada apenas em função da população de plantas (Tabela 3.2). No espaçamento de 0,90 m, houve redução linear de AF à medida que se aumentou o adensamento das plantas, entretanto em 0,45 m entre linhas, o aumento da população de

plantas não alterou a AF (Figura 3.3c). Isto demonstra que a melhor distribuição espacial entre plantas proporcionada pelo espaçamento mais estreito favoreceu o desenvolvimento foliar da cultura, minimizando o efeito negativo do adensamento de plantas nas linhas de cultivo.

Estes resultados de diminuição da área foliar, especialmente para esta avaliação, provavelmente sofreram influência do déficit hídrico neste período (Figura 3.1). A baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, com a diminuição da quantidade e tamanho de folhas para diminuir conseqüentemente as perdas de água por transpiração (SILVA et al., 2009), fato observado no presente estudo para as maiores populações e também consequência do estiolamento da cultura, devido a competição entre as plantas.

Os resultados indicam que em espaçamentos mais largos e com menores populações de plantas, a mamoneira produz e mantém maior área de folhas por planta, especialmente na fase final do ciclo. Resultados semelhantes foram obtidos por Peixoto (1998), que constatou a diminuição da área foliar da planta de soja proporcionalmente com o aumento da densidade na linha de semeadura. Maddonni, Otegui e Cirilo (2001), estudaram espaçamentos e populações de plantas na cultura do milho e, também verificaram decréscimos na área foliar com o aumento da densidade populacional de plantas. Segundo Benincasa (2003), a redução da área foliar à medida que as plantas se desenvolvem e crescem, são decorrentes da interferência das folhas superiores sobre as inferiores, principalmente em plantas muito adensadas na linha, como observado em maiores populações de plantas submetidas a espaçamentos mais largos para compensar o efeito da competição intraespecífica, o que provoca a diminuição da área a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura, em geral na maturação.

Figura 3.3 – Área foliar por planta nos estádios de 57 DAE (a), 85 DAE (b) e 138 DAE (c), e índice de área foliar aos 57 DAE (d), 85 DAE (e) e 138 DAE (f), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



A quantidade de área foliar por unidade de área de terreno, denominada de índice de área foliar (IAF), foi influenciada estatisticamente pelo espaçamento e pela densidade quando estudados isoladamente e, sem efeito a interação para todos os períodos avaliados (Tabela 3.2).

Aos 57 DAE, o IAF médio no espaçamento de 0,90 m foi estatisticamente superior ao do espaçamento de 0,45 m (Tabela 3.2). Entretanto, foi observado aumento linear desta variável com o incremento da população de plantas, nos dois espaçamentos avaliados (Tabela 3.2 e Figura 3.3d). O aumento da área foliar de plantas é consequência direta da necessidade de compensação de espaços, visando a incrementar ao máximo sua área fotossinteticamente ativa (JADOSKI et al., 2000). Segundo Portes (1996), a maior população de plantas promove maior índice de área foliar e, conseqüentemente, um ambiente de maior competição com menor disponibilidade de radiação solar disponível por planta.

Na avaliação realizada aos 85 DAE, o IAF aumentou linearmente à medida que se adensou a população de plantas, efeito semelhante foi observado em ambos os espaçamentos entre linhas utilizados (Tabela 3.2 e Figura 3.3e).

No estágio de 138 DAE, maturação dos racemos de 1ª ordem, houve aumento linear do IAF com o incremento da população de plantas, independentemente do espaçamento entre linhas utilizado (Tabela 3.2 e Figura 3.3f). Os maiores valores de IAF foram observados no espaçamento de 0,90 m para as plantas cultivadas nas populações entre 30.000 e 60.000 plantas ha⁻¹.

Contrariamente aos resultados observados para área foliar, o índice de área foliar aumentou com o aumento nas populações de plantas. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2006) em trabalho realizado com a cultura do algodoeiro e, por Jadoski et al. (2000), com a cultura do feijoeiro.

A explicação de tal fato é que, como o IAF é definido em função da área foliar individual da planta e da superfície de solo por ela ocupada, então, com o aumento populacional ocorre aumento nessa razão, principalmente na fase inicial do desenvolvimento vegetativo da cultura. Assim, há diminuição na competição por recursos do ambiente, e uma exploração mais eficiente de uma determinada área do solo (JADOSKI et al., 2000). A adequação do melhor arranjo espacial promove o fechamento mais rápido das entrelinhas da cultura, com redução da erosão, aumento da competição com as plantas daninhas, promovendo o controle cultural destas e otimização no aproveitamento de luz pelo dossel vegetal (KASPERBAUER; KARLEN, 1994; MARIA; RAMOS, 2007; SEVERINO et al., 2006a; TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002).

Os resultados deste trabalho estão de acordo com Azevedo et al. (2001), que constataram que populações elevadas induzem as plantas de mamona a ficarem mais altas, por estiolarem, e sujeitas ao acamamento. Porém, o adensamento de plantas na cultura da mamona incrementa a interceptação da luz pelo aumento do índice de área foliar, e o manejo cultural de plantas daninhas torna-se mais eficiente devido ao sombreamento mais rápido das entre linhas, influenciando a produtividade e reduzindo os custos (SEVERINO et al., 2006a).

Heiffig (2002) explicou que o IAF depende da fase de desenvolvimento da cultura, pois nos primeiros estádios a área foliar é pequena, com grandes perdas de radiação que atinge diretamente o solo. Ao se desenvolver a cultura e, por conseguinte, o aumento da área foliar, promove a interceptação da radiação até um nível máximo, sem que haja problemas de sombreamento das folhas inferiores. A partir desse ponto, ocorre o auto-sombreamento, as folhas inferiores diminuem a fotossíntese líquida, tendendo a estabilização no que diz respeito ao acréscimo de área foliar e de intensidade no acúmulo de matéria seca (KOTZ, 2012).

Uma alternativa das variáveis meteorológicas que permite caracterizar cada uma das fases fenológicas das plantas cultivadas é a utilização dos graus-dia. O estágio de maturação dos racemos de 1ª ordem (138 DAE), 2ª ordem (207 DAE) e 3ª ordem (302 DAE) ocorreram com somas térmicas de 1.296, 1.538 e 2.076 graus-dia, respectivamente. As plantas cresceram e se desenvolveram a medida que acumulam unidades térmicas acima de uma temperatura base, denominado de graus-dia (MEDEIROS et al., 2000). Esta temperatura base representa a menor temperatura abaixo da qual o desenvolvimento da planta é nulo; abaixo desta temperatura a planta não se desenvolve e, se o fizer, será a uma taxa muito reduzida (LIMA; SILVA, 2008).

Os resultados obtidos pelo presente trabalho, entretanto, mostram que a maturação dos racemos ocorreu com valores menores que a literatura. Ferreira et al. (2006) e Moshkin (1986) apontaram que a mamoneira necessita de 2.000 a 3.800 unidades de graus-dia para atingir a maturidade, dependendo do ciclo da cultivar, sendo que somente na formação do fruto, a planta precisa da soma térmica de 1.200 a 2.000 graus-dia.

Conforme Medeiros et al. (2000), obtém-se ótimas correlações com a duração do ciclo da cultura, ou dos estádios de desenvolvimento fenológico de uma dada cultivar com o uso desse conceito. Há correlação também entre o aumento de graus-dia e a maior cobertura vegetal do solo, ao longo do desenvolvimento das plantas, em função de sua maior população, com conseqüente maior interceptação da radiação e taxa fotossintética.

A massa seca (MS) média da parte aérea da planta, em g planta^{-1} , no estádio de maturação dos racemos de 1ª ordem, sofreu influência significativa apenas da população de plantas (Tabela 3.3). Nessa avaliação, no espaçamento de 0,45 m, ocorreu redução linear na produção de MS com o aumento da população de plantas. A produção de MS, no espaçamento de 0,90 m, não foi alterada pelo aumento da população de plantas (Figura 3.4a).

No espaçamento reduzido, as menores populações apresentaram maior produção de MS (em torno de 225 a 200 g planta^{-1}); contrariamente, nas populações mais adensadas as produções foram menores (em torno de 190 a 150 g planta^{-1}), quando comparado ao espaçamento mais largo que, para as mesmas populações, apresentaram estimativa média de 191,50 g planta^{-1} . Este resultado aconteceu devido ao melhor desenvolvimento das plantas nos arranjos populacionais menos densos.

Na avaliação realizada no estádio de maturação dos racemos de 2ª ordem, apenas a população de plantas influenciou a produção de MS (Tabela 3.3). O modelo ajustado para essa relação foi o quadrático, independente do espaçamento entre linhas utilizado (Figura 3.4b). No espaçamento de 0,45 m, os valores médios estimados variaram de 350 a 225 $\text{g de MS planta}^{-1}$, para as populações de 15.000 a 60.000 plantas ha^{-1} , respectivamente. No maior espaçamento a produção de MS foi semelhante.

A interação entre população de plantas e espaçamento foi significativa quando se avaliou esta mesma variável no estádio de maturação dos racemos de 3ª ordem (Tabela 3.2 e Figura 3.4c). Nesta avaliação, a maior produção de MS da parte aérea por planta ocorreu no espaçamento entre linhas de 0,90 m, na população de 15.000 plantas ha^{-1} .

No menor espaçamento entre linhas, de 0,45 m, observaram-se valores médios estimados variando de 325 a 250 g MS planta^{-1} com o aumento da população de plantas e ponto de máximo estimado de 350 g MS planta^{-1} na população aproximada de 33.000 plantas ha^{-1} .

Os resultados indicam que a produção média de MS da parte aérea por planta mais elevada ocorreu na menor população (15.000 plantas ha^{-1}) devido ao maior crescimento das plantas, que, provavelmente, foi favorecido pela menor competição entre elas, resultando em maior desenvolvimento individual e maior área foliar por planta. Contrariamente, o aumento da população na área, diminuiu a distância entre as plantas na linha de cultivo e, conseqüentemente, aumentou a competição por fatores ambientais (água, luz e nutrientes) comprometendo o seu crescimento (ROCHA et al., 1964). Assim, ocorreu o estiolamento das plantas e a produção de biomassa foi reduzida (KOTZ, 2012). A deficiência hídrica, ocorrida nos períodos dos estádios de maturação dos racemos de segunda e terceira

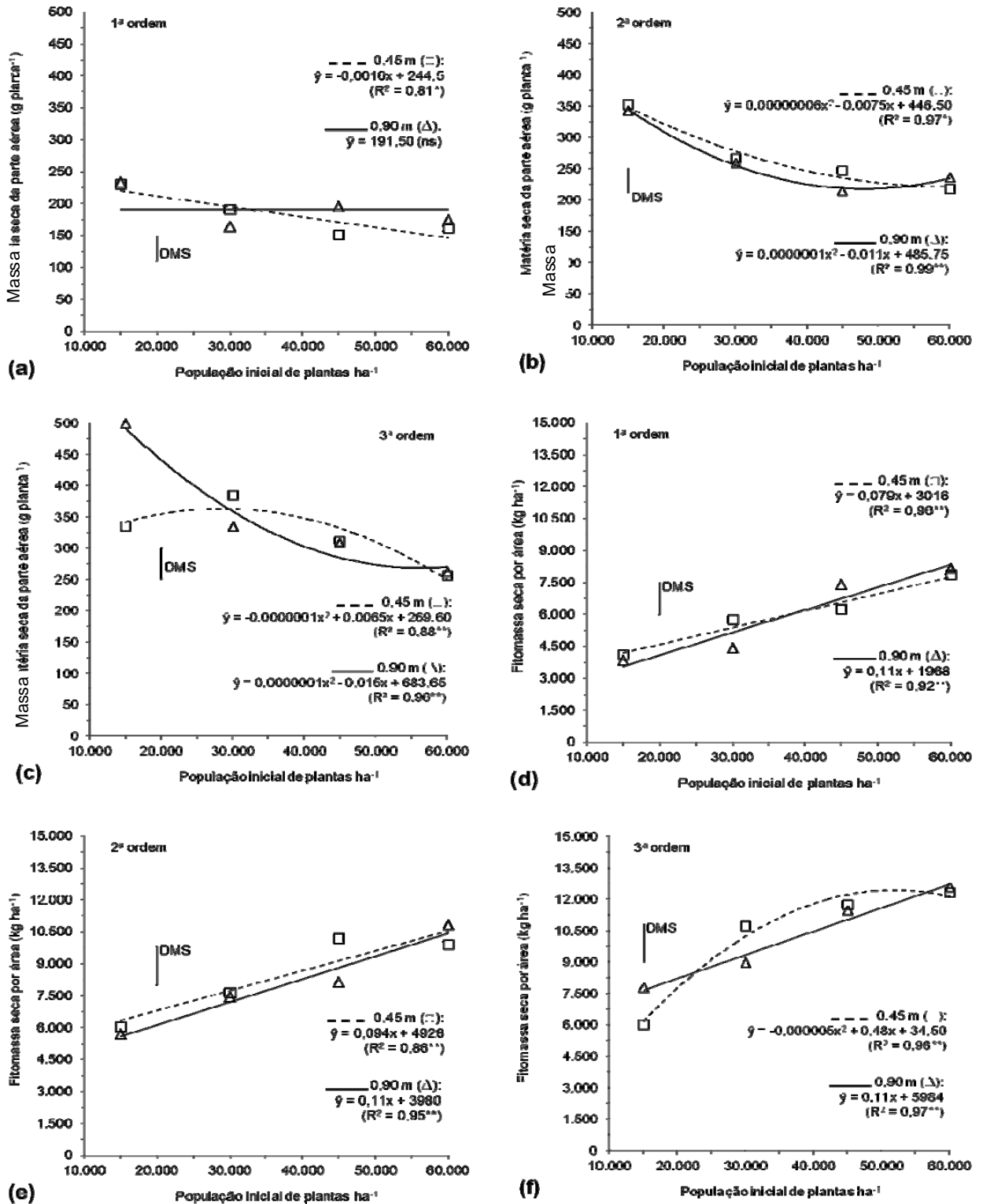
ordem, também contribuiu para a diminuição de produção de biomassa (Figura 3.1). O decréscimo na produção de matéria seca da parte aérea com o aumento da população de plantas de mamoneira de porte baixo em regime de sequeiro também foi observado por Souza-Schlick et al. (2011).

Tabela 3.3 – Massa seca de plantas no estágio de maturação dos racemos de 1ª ordem, 2ª ordem e 3ª ordem, e população final de plantas e índice de colheita da maturação dos racemos de 3ª ordem, em razão dos espaçamentos entre linhas e da população inicial de plantas, para a cultivar de mamona IAC 2028. Londrina - PR, 2009/2010.

Tratamento	Massa seca de plantas						População final	Índice de colheita
	1ª ordem		2ª ordem		3ª ordem			
Espaçamento (m)	g planta ⁻¹	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	kg ha ⁻¹	plantas ha ⁻¹	
0,45	183,57 ^{ns}	5986 ^{ns}	263,29 ^{ns}	8442 ^{ns}	321,48 ^{ns}	10192 ^{ns}	33645 ^{ns}	0,27 a
0,90	191,70	5951	270,65	8020	354,53	10399	32430	0,24 b
Plantas iniciais ha ⁻¹								
15.000	231,50 a	3959 c	347,66 a	5867 c	423,74 a	6901 c	15801 d	0,28 a
30.000	177,57 ab	5079 bc	262,63 b	7533 bc	359,11 b	9839 b	27956 c	0,30 a
45.000	173,01 ab	6821 ab	231,19 b	9165 ab	309,85 b	11611 a	38713 b	0,25 ab
60.000	168,45 b	8013 a	226,39 b	10359 a	259,31 c	12433 a	49679 a	0,20 b
Causas da variação	----- F calculado -----							
Espaçamento (E)	0,51 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,31 ^{ns}	5,67 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,94 ^{ns}	64,20**
População plantas (P)	3,98*	12,57**	30,91**	19,64**	32,12**	32,93**	382,25**	9,64**
E x P	1,01 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,99 ^{ns}	16,10**	2,92 ^{ns}	0,33 ^{ns}	2,61 ^{ns}
Análise de regressão								
0,45 m	L*	L**	Q*	L**	Q**	Q*	L**	Q**
0,90 m	^{ns}	L**	Q**	L**	Q**	L**	L**	L**
CV parcela (%)	17,19	30,34	20,75	25,86	13,62	14,64	7,46	10,23
CV subparcela (%)	22,27	24,08	12,70	15,16	10,36	11,84	6,36	15,79

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ** significativos pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Análise de regressão para equações lineares (L) e quadráticas (Q), a partir do desdobramento de população de plantas dentro de cada nível de espaçamento.

Figura 3.4 – Massa seca de plantas nos estádios de maturação dos racemos de 1ª ordem (a), 2ª ordem (b) e 3ª ordem (c), e acúmulo de fitomassa na lavoura na maturação dos racemos de 1ª ordem (d), 2ª ordem (e) e 3ª ordem (f), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



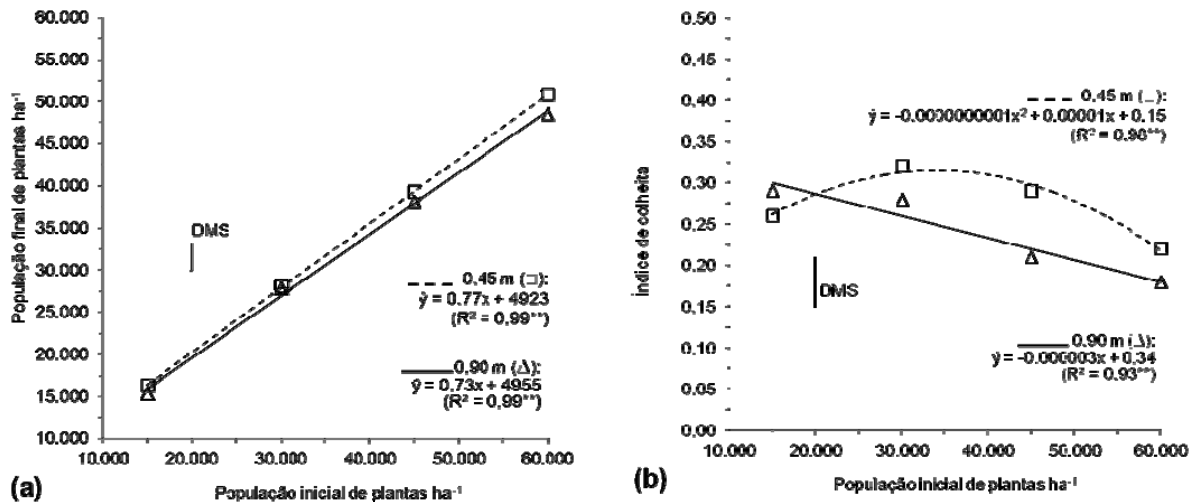
A produção de fitomassa seca por área (FS), em kg ha^{-1} , foi maior com o aumento da população de plantas em todos os estádios de desenvolvimento avaliados (Tabela 3.3). No estágio de maturação dos racemos de 1ª ordem, o aumento de FS foi linear e positivo, independentemente do espaçamento utilizado (Figura 3.4d). A menor população, de 15.000 plantas ha^{-1} , que produziu a maior massa de matéria seca da parte aérea por planta, proporcionou a menor fitomassa seca por área. Na maior população, de 60.000 plantas ha^{-1} , ocorreu a maior produção de FS (Figuras 3.4a e 3.4d), ou seja, a menor produção de massa de matéria seca da parte aérea por planta foi compensada pelo aumento no número de plantas na área. Resultados semelhantes foram observados na avaliação realizada no estágio de maturação dos racemos de 2ª ordem, para esta mesma variável (Tabela 3.3 e Figura 3.4e).

Na avaliação realizada no estágio de maturação dos racemos de 3ª ordem e no espaçamento de 0,90 m, a produção de FS aumentou linearmente com o aumento da população de plantas. No espaçamento de 0,45 m ocorreu ajuste quadrático desta variável com o adensamento populacional de plantas na linha de cultivo (Tabela 3.3 e Figura 3.4f). O menor espaçamento entre linhas apresentou dados estimados entre 6.000 e 12.000 kg de fitomassa seca por hectare, para as populações de 15.000 a 60.000 plantas ha^{-1} , e ponto de máximo aproximado de 12.750 kg de fitomassa por hectare na população estimada de 50.000 plantas ha^{-1} .

Em experimento realizado por Kotz (2012) com cultivar de mamona IAC 2028, também foi constatado menor massa seca por hectare e maior massa seca por planta na população menos adensada (0,90 m de espaçamento entre linhas e 25.000 plantas ha^{-1}), e o inverso para a população mais adensada (0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1}), corroborando os resultados obtidos no presente trabalho.

Nos tratamentos de maior população de plantas, ou mais especificamente de maior número de plantas na linha, foi observada menor sobrevivência, independente do espaçamento entre linhas (Tabela 3.3 e Figura 3.5a).

Figura 3.5 – População final de plantas (a) e índice de colheita (b) da lavoura de mamona, cultivar IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



Rocha et al. (1964) e Soratto et al. (2011) também verificaram menor sobrevivência das plantas de mamona quando foi aumentada a população de plantas. Tourino, Rezende e Salvador (2002) também observaram esse mesmo comportamento ao estudarem plantas de soja. Tais fatos ocorreram provavelmente devido à maior competição intraespecífica causada pelo aumento da quantidade de plantas por unidade de área, o que, provavelmente, fez com que as plantas menos desenvolvidas morressem durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (SORATTO et al., 2011).

O índice de colheita (IC) reflete a capacidade genética que a cultivar tem de converter parte do que foi assimilado (matéria seca) em produtos economicamente comercializados (PEIXOTO, 1998; LIMA et al., 2010). Os valores variaram de 0,20 a 0,30 e as plantas no espaçamento de 0,45 m apresentaram maior valor de IC do que em 0,90 m (Tabela 3.2, Figura 3.5b). No maior espaçamento, o IC diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas e, no menor espaçamento, os dados de IC foram ajustados pela equação quadrática e, o valor do ponto máximo ficou em torno de 0,30 com a população estimada de 35.000 plantas ha⁻¹ (Figura 3.5b).

Estes valores diferem daquele obtidos por Kotz (2012) que, trabalhando com a cultivar de mamona IAC 2028, relatou IC entre 0,37 e 0,43 e dos encontrados por Lima et al. (2010) que, trabalhando com as cultivares de porte médio BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17 e Sipeal 28, obtiveram IC entre 0,25 e 0,54.

Os resultados deste trabalho, entretanto, mostram que a melhor distribuição de plantas na área, proporcionada pelo espaçamento mais estreito de 0,45 m, favoreceu o IC, ao contrário de outros arranjos que, devido ao adensamento de plantas na linha, indicaram que houve competição intraespecífica, promovendo o maior desenvolvimento vegetativo das plantas, principalmente da parte aérea, com mais massa seca total, em detrimento à sua conversão em produção econômica (LIMA et al., 2010). Resultados semelhantes foram obtidos por Medeiros et al. (2000) em experimento com diferentes densidades populacionais no feijoeiro.

3.6 CONCLUSÕES

O aumento da população de plantas, nos espaçamentos de 0,90 m entre linhas, aumentou a altura das plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento, no entanto reduziu o crescimento verificado na maturação dos racemos de primeira ordem.

As maiores densidades de plantas na linha aumentaram o comprimento de entrenós até a inserção do primeiro racemo.

O aumento da população de plantas, independente do espaçamento entre linhas no cultivo de mamona IAC 2028, teve menor índice de sobrevivência de plantas e reduziu a massa seca de plantas.

O adensamento reduziu a área foliar por planta, mas o aumento no número de plantas na linha de semeadura elevou o índice de área foliar por unidade de terreno e aumentou o acúmulo de fitomassa seca por área, independentemente do espaçamento entrelinhas.

No espaçamento de 0,45 m entre linhas, a população de 30.000 plantas ha⁻¹ (0,74 m entre plantas na linha) favoreceu o maior índice de colheita para a mamoneira IAC 2028, na safra de verão 2009/2010, em Londrina-PR.

3.7 REFERÊNCIAS

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.74, p.430-445, 1959.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BELTRÃO, N. E. de M.; BRANDÃO, Z. N.; AMORIM NETO, M. da S.; AMARAL, J. A. B. do; ARAÚJO, A. E. de. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007. p.73-93.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BEZERRA, A. A. de C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1239-1245, 2009.

BIZINOTO, T. K. M. C.; OLIVEIRA, E. G. de; MARTINS, S. B.; SOUZA, S. A. de; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.367-370, 2010.

CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; PEREIRA, J. R.; GONDIM, T. M. de S.; BRUNO, R. de L. A. Arranjos de plantas em duas cultivares de algodoeiro herbáceo, BRS 186 precoce 3 e BRS 187 8H, no cariri cearense. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.7, n.2/3, p.709-717, mai-dez.2003.

CARVALHO, E. V. de; SÁ, C. H. A. C. de; COSTA, J. da L. da; AFFÉRI, F. S.; SIEBENEICHLER, S. C. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.387-392, jul-set. 2010.

CAVIGLIONE, J. H.; CARAMORI, P. H.; KIIHL, L. B.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. (2. Ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. (2. Ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Brasília: Sistemas de Informações, 2006. 306 p.

FERREIRA, G. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, S. L.; GONDIM, T. M. de S.; PEDROSA, M. B. **A cultura da mamona no cerrado**: riscos e oportunidades. Campina Grande: Embrapa Algodão, ago. 2006, 70p. (Documentos, 149).

FERREIRA, M. G. C.; MARUYAMA, W. I.; SORATTO, R. P. Avaliação de cultivares de mamona em dois arranjos de plantas no outono-inverno em Cassilândia-MS. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.2, p.53-60, maio-ago. 2009.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; WOISCHICK, D.; CERVO, L. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. I: comportamento morfológico das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p.1-7. 2000.

- KASPERBAUER, M. J.; KARLEN, D. L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, v.34, p.1564-1569, 1994.
- KOTZ, T. E. **Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 na safrinha em função da população de plantas em espaçamento reduzido**. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2012.
- LIMA, E. P.; SILVA, E. L. da. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.266-273, 2008.
- LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P.; SILVA, A. L. L. da; BORGES, V. P.; MACHADO, G. Índices fisiológicos de cultivares de mamoneira em dois períodos de cultivo em baixa altitude no Recôncavo Sul Baiano. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4, Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.904-914. 1 CD-ROM.
- MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, v.71, p.183-193, 2001.
- MARIA, I. C. de; RAMOS, N. P. Conservação e manejo do solo. In: AZEVEDO, D. M. P. De; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. p.97-115.
- MEDEIROS, G. A. de; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N. R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1733-1742, set. 2000.
- MOSHKIN, V. A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1986. p.36-42.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (Circular Técnica, 76).
- PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. 151f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.101-137.
- ROCHA, J. L. V.; CONHECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S.; SCARANARI, H.; PETINELLI, A. Adubação da mamoneira. IV – Experiências de espaçamento x adubação (2ª série). **Bragantia**, Campinas, v.23, p.257-269, 1964.

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

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

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. de; SANTOS, J. W. dos. **Método para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

SEVERINO, L. S.; COELHO, D. K.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, L. S. do. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.10, n.1/2, p.993-999, jan-ago. 2006a.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; FREIRE, W. S. de A.; CASTRO, D. A. de; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, abr. 2006b.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.50-54, 2006c.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.407-411, 2006.

SILVA, S. M. S. e; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.338-348, jul-set. 2009.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D. de; GIACOMO, B. M. S.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.245-253, mar.2011.

SOUZA-SCHLICK, G.; SORATTO, R. P.; PASQUALI, C. B.; FERNANDES, A. M. Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas na safrinha. **Bragantia**, v.70, n.3, p.519-528, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077, ago.2002.

4 ARTIGO B

PRODUTIVIDADE DA CULTIVAR DE MAMONA IAC 2028 EM DIFERENTES ADENSAMENTOS

4.1 RESUMO: As informações referentes a cultivares de mamona de porte baixo e frutos indeiscentes adequados à mecanização são pouco exploradas, além do conhecimento escasso sobre o comportamento em diferentes arranjos espaciais para cada região de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de produção e o rendimento de grãos da mamoneira IAC 2028 de porte baixo, com espaçamentos reduzidos e com diferentes populações de plantas para fins de colheita mecanizada. O experimento foi realizado durante a safra verão de 2009/2010 em um Latossolo Vermelho distroférico, em Londrina, PR. Foi utilizado o delineamento blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90 m) e as subparcelas por quatro populações iniciais de plantas (15.000, 30.000, 45.000 e 60.000 plantas ha⁻¹). O aumento da população de plantas reduziu o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e a massa de 100 grãos. A população de plantas de 45.000 plantas ha⁻¹ (0,49 m entre plantas na linha) com espaçamento entre linhas de 0,45 m proporcionou o máximo rendimento de grãos da mamoneira IAC 2028 na safra verão, nas condições de Londrina-PR.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Arranjo espacial. Densidade de plantas. Eficiência agrônômica. Produtividade.

PRODUCTIVITY OF THE CASTOR CULTIVAR IAC 2028 IN DIFFERENT PLANTING DENSITIES

4.2 ABSTRACT: Information concerning castor bean cultivars of dwarf growth habit and indehiscent fruits suitable for mechanization are largely unexplored. There is scarce knowledge about the performance in different spatial arrangements for each growing region. The aim of this study was to evaluate yield components and yield of castor cultivar IAC 2028 with dwarf growth habit, suitable for mechanized harvesting, under reduced spacing and different populations of plants. The experiment was conducted during the summer season of 2009/2010 in an Oxisol clayey in Londrina, PR, Brazil. The experimental design was a randomized complete block split plot with four replications. The plots consisted of two row spacings (0.45 and 0.90 m) and the subplots of four initial populations of plants (15,000, 30,000, 45,000 and 60,000 plants ha⁻¹). The increase in plant population reduced the number of racemes per plant, number of fruits per cluster and weight of 100 grains. The plant population of 45,000 plants ha⁻¹ (0.49 m between plants) with spacing of 0.45 m provided the maximum yield of castor beans of the summer cropping, in conditions of Londrina-PR.

Key words: *Ricinus communis*. Spatial arrangement. Plant density. Agronomic efficiency. Productivity.

4.3 INTRODUÇÃO

O sistema de produção de uma cultura pode ser aperfeiçoado ao se determinar o espaçamento entre linhas e a distância entre plantas na linha mais adequados, para se obter uma população ideal de plantas (KITTOCK; WILLIAMS, 1970; HENDERSON et al., 2000). Esta escolha é uma das práticas de manejo mais importantes para aumentar a produtividade de grãos da cultura, com impacto positivo em aspectos de condução da lavoura, como controle de plantas daninhas, colheita e uso de implementos agrícolas (AZEVEDO et al., 1999; SEVERINO et al., 2006a; FERREIRA; MARUYAMA; SORATTO, 2009). Ao se definir a população de plantas, devem-se considerar as características do clima e solo da região de cultivo, as características genéticas da cultivar a ser adotada e o sistema de manejo (SEVERINO et al., 2006c; BIZINOTO et al., 2010).

Numa lavoura de mamona (*Ricinus communis* L.), os menores espaçamentos entre linhas intensificam a competição entre as plantas, sem contar que baixas populações proporcionam aumento do ciclo vegetativo com ramos laterais longos e formação de plantas com floração tardia (SEVERINO et al., 2006a; SORATTO et al., 2011). O aumento da densidade populacional, apesar de proporcionar ganhos de produtividade, geralmente afeta negativamente os componentes da produção, porém ocorre maior interceptação da luz pela cultura, assim as plantas daninhas são controladas devido ao sombreamento ocorrer mais cedo, além de reduzir a erosão do solo, influenciando também na produtividade da mamoneira (DOURADO NETO et al., 2003; SEVERINO et al., 2006a; MARIA; RAMOS, 2007).

Além de ser uma cultura de fácil cultivo e baixo custo de produção, a mamona possui ampla variação de cultivares e híbridos capazes de se adequar a diferentes condições edafoclimáticas do território nacional, tanto que é cultivada no semi-árido (FERREIRA et al., 2006), no cerrado (BEVILAQUA et al., 2008) e vem se expandindo, nos últimos anos, alcançando também a região do Rio Grande do Sul (LOPES et al., 2008).

Atualmente, o Brasil é o 3º maior produtor mundial de mamona (FAO, 2012). A CONAB (2012) estima que a área cultivada com mamona, na safra 2011/2012, será de 148,1 mil ha, com redução de 48,07% em relação à safra anterior, estando prevista colheita em torno de 105 mil toneladas de grãos com produtividade média nacional de 708 kg ha⁻¹.

A região Nordeste responde por aproximadamente 90% da produção nacional de mamona, que é cultivada, predominantemente, por pequenos produtores rurais (LOPES et al., 2008). O cultivo se concentra no estado da Bahia que deverá cultivar, nesta safra 2011/2012, em torno 71,0 mil ha, com redução de até 49,6% da área, em comparação à

safra anterior que ocupou 140,8 mil ha (CONAB, 2012). O Ceará também apresenta área expressiva, com 60 mil ha. O restante da produção nacional vem da região Centro-Sul. No entanto, para a mesma safra, no Nordeste há previsão de produtividades médias de 655 kg ha⁻¹ contra os 1.805 kg ha⁻¹ da região Centro-Sul, com áreas plantadas de 141,2 e 6,9 mil ha, respectivamente. A melhor média colhida encontra-se na região Sudeste, 2.009 kg ha⁻¹, mas as áreas são pequenas e estão diminuindo a cada safra (CONAB, 2012).

A baixa produtividade média das principais regiões tem sido, para os autores atribuídas à falta de chuvas durante o período de cultivo e problemas no manejo com consórcio, época de plantio, genótipos, espaçamentos inadequados, bem como por deficiências minerais (SANTOS et al., 2004).

A baixa produtividade média observada no Brasil deve-se, em parte, ao uso de sementes de baixa qualidade, multiplicados pelos próprios produtores, o que conduz a um alto grau de heterogeneidade e à grande diversidade de tipos locais, na grande maioria, pouco produtivos (FREIRE; LIMA; ANDRADE, 2001).

Uma das principais aplicações da cultura da mamona é como opção de produção de óleo para biodiesel, devido à demanda energética mundial crescente por fontes renováveis de energia e como não é comestível, não concorre com o mercado de oleaginosas destinadas à alimentação humana (FANAN et al., 2009; SILVA et al., 2009).

Para a mamoneira de porte baixo, apropriada à colheita mecanizada, além da competição por nutrientes, luz, CO₂, a disponibilidade hídrica é um dos fatores que mais influencia na definição do arranjo populacional de plantas mais adequado (KITTOCK; WILLIAMS, 1970; AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007). De acordo com Kittock e Williams (1970), em trabalho com mamoneira de porte baixo, sob condições irrigadas, a população ótima foi 58.000 plantas ha⁻¹, enquanto que sob condições de precipitação pluviométrica natural, a população considerada ideal foi cerca de 30.000 plantas ha⁻¹ no espaçamento reduzido de 1,02 m entre fileiras. Gondim et al. (2006) observaram aumento da produtividade quando se reduziu o espaçamento ao avaliar o genótipo CSRN-2 (porte baixo) obtendo a produtividade máxima na configuração de 0,83 x 0,60 m, em cultivo irrigado.

Em estudos recentes com cultivares de porte baixo nas condições de sequeiro, Souza-Schlick (2010) concluiu em seu trabalho com a cultivar IAC 2028, conduzido na safra de verão, que as maiores produtividades foram obtidas nos arranjos de 0,60 m x 40.000 plantas ha⁻¹ e 0,45 m x 55.000 plantas ha⁻¹. Soratto et al. (2012), ao trabalharem com duas cultivares de porte baixo (FCA-PB e IAC-2028), observaram os melhores resultados no arranjo 0,45 m x 0,40 m (55.000 plantas ha⁻¹).

Entretanto, as informações que se tem conhecimento da mamona, em grande parte, são com cultivares de porte médio a alto, baixas populações de plantas e espaçamentos largos para colheita manual (SEVERINO et al., 2006a, 2006b, 2006c; SORATTO et al., 2011). Deste modo, o desenvolvimento de cultivares com elevado potencial produtivo, ciclo precoce, porte baixo e frutos indeiscentes que possibilitem uma única colheita e adequados à mecanização, tornam a mamona uma ótima opção de cultivo para atender ao agronegócio (SAVY FILHO et al., 2007; SORATTO et al., 2011, 2012). Porém, muitos desses materiais ainda são pouco explorados e pouco conhecidos, além de que ainda são escassas as informações sobre o comportamento de cultivares de mamona, em cada região de cultivo (FERREIRA et al., 2009).

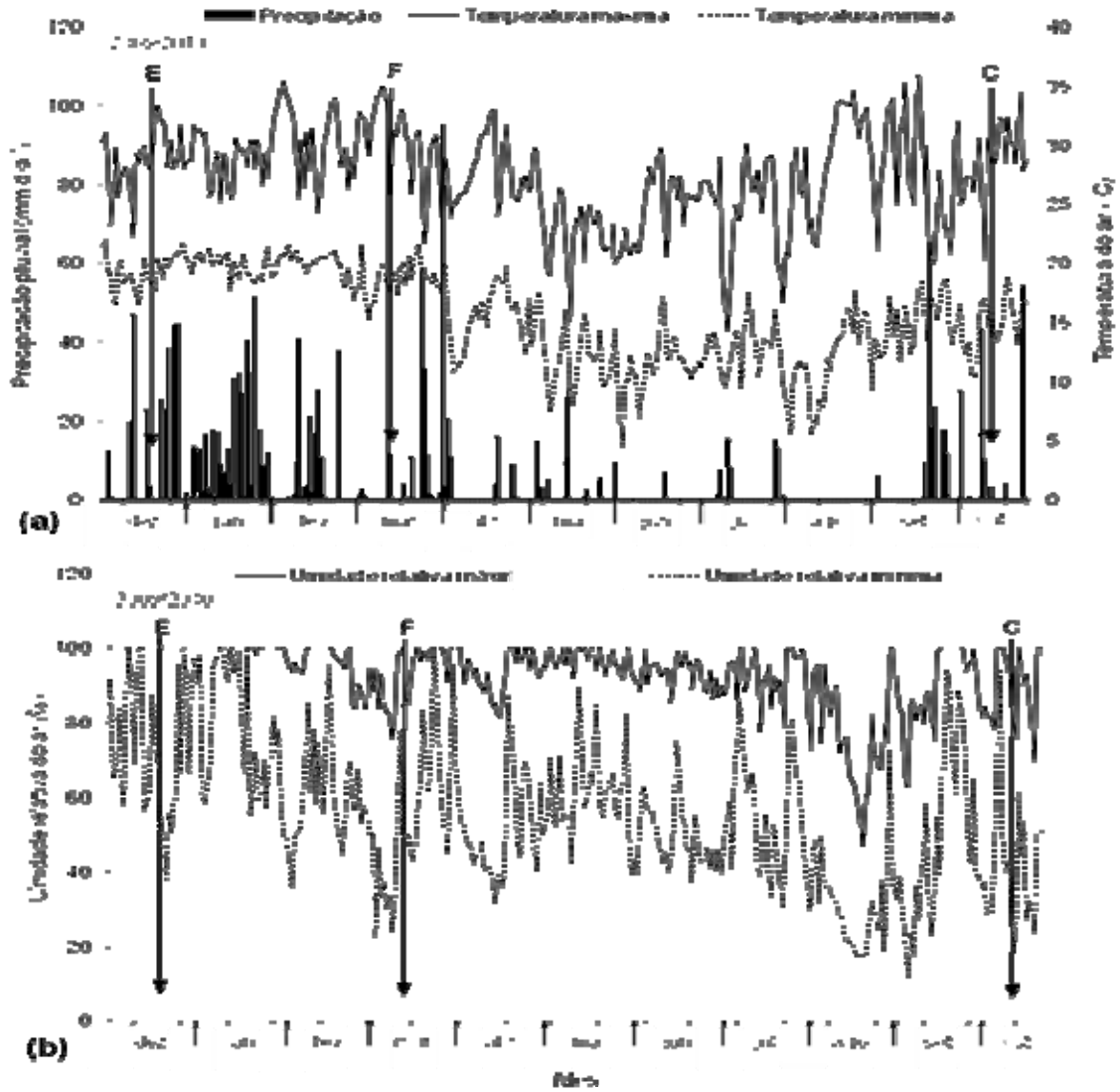
Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de produção e o rendimento de grãos da mamoneira IAC 2028, de porte baixo, em diferentes arranjos populacionais de plantas para colheita mecanizada.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com a cultivar de mamona IAC-2028 – de porte baixo, (SAVY FILHO et al., 2007), na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina-PR, a 23°17'08"S de latitude e 51°13'10"W de longitude, a 560 m de altitude, em um solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), durante a safra verão de 2009/2010.

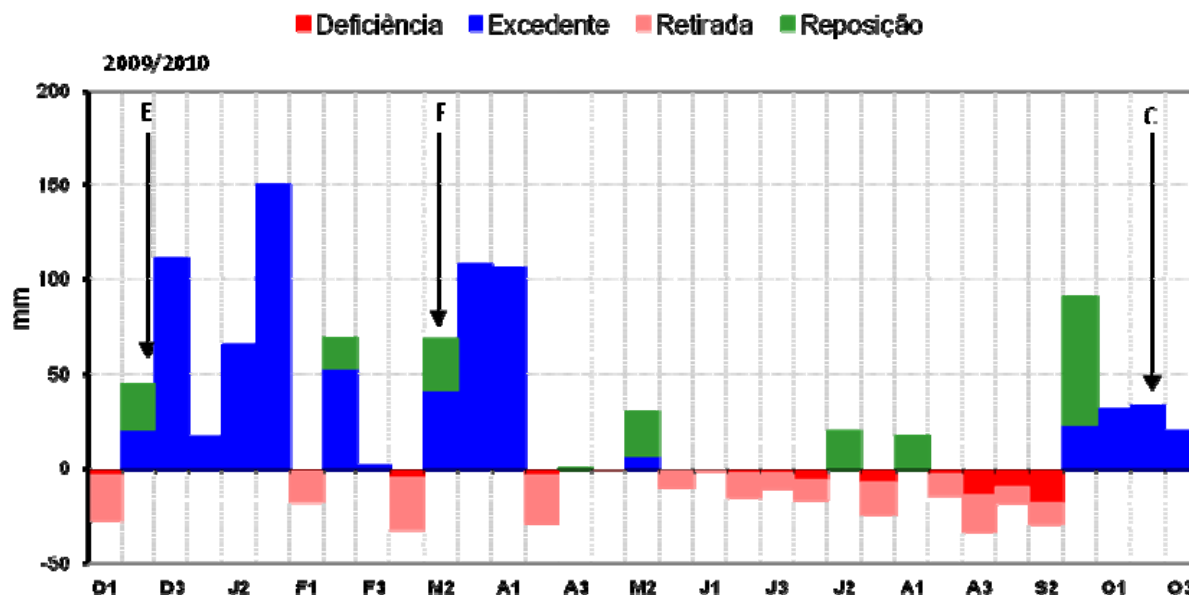
O clima da região é do tipo Cfa, segundo Köppen, descrito como clima subtropical úmido com verão quente e chuvoso. A temperatura média anual é de 21 °C, a média do mês mais quente é 24 °C (janeiro) e a média do mês mais frio é 17 °C (junho). A precipitação média anual é de 1.500 mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos e, junho, julho e agosto, os mais secos (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados climáticos locais coletados no decorrer do experimento estão na Figura 1.

Figura 4.1 – Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar (a), e umidades relativas máxima e mínima do ar (b), obtidas na área do experimento, de dezembro a outubro dos anos agrícolas 2009/2010, e datas de emergência (E), início do florescimento (F) e colheita (C) na maturação dos racemos de 3ª ordem da cultivar de mamona IAC 2028. Londrina, PR.



Fonte: IAPAR.

Figura 4.2 – Balanço Hídrico Climatológico Sequencial decendial, obtido na área do experimento, de dezembro a outubro do ano agrícola 2009/2010, e datas de emergência (E), início do florescimento (F) e colheita (C) da cultivar de mamona IAC 2028. Londrina, PR.



Fonte: IAPAR.

Foi realizada amostragem do solo na profundidade 0-20 cm para caracterização de atributos químicos (PAVAN et al., 1992) e da granulometria (EMBRAPA, 1997), com os seguintes resultados: pH (CaCl_2 1 mol L^{-1}) de 5,6; 16,5 g dm^{-3} de MO; 36 mg dm^{-3} de P; 5,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de H+Al; 0,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K; 4,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca; 2,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Mg; 7,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de soma de bases (SB); 12,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de CTC; 58% de saturação por bases (V); 92 g kg^{-1} de areia; 138 g kg^{-1} de silte; 770 g kg^{-1} de argila.

A área escolhida para o experimento estava sendo cultivada no sistema plantio direto (SPD) com rotação de culturas de soja e milho no verão, e trigo e aveia-preta no inverno. Antes da instalação do experimento, quando o solo encontrava-se friável, fez-se o cultivo mínimo por meio de escarificação mecânica, visando reduzir a compactação. Por ocasião da semeadura, fez-se a dessecação das plantas existentes na área com Glifosato na dose de 1,08 kg do ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1} .

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. Os tratamentos instalados foram: nas parcelas dois espaçamentos entre as linhas (0,45 e 0,90 m) e nas subparcelas quatro populações iniciais de plantas (15.000, 30.000, 45.000 e 60.000 plantas ha^{-1}). As subparcelas foram formadas por 7,2 m de largura por 6,0 m de comprimento, em que foram instaladas oito linhas na unidade

experimental para o espaçamento de 0,90 m e 16 linhas para o espaçamento de 0,45 m. A área útil das subparcelas foi constituída pelas 6 linhas centrais para o espaçamento de 0,90 m e 12 linhas centrais para o espaçamento de 0,45 m, descartando-se 0,90 m da subparcela nas extremidades longitudinais consideradas bordadura. Para a obtenção das populações desejadas, variou-se o número de plantas dentro das linhas (Tabela 3.1).

Tabela 4.1 – Distância calculada entre as plantas de mamona na linha de cultivo para obter as populações de plantas desejadas em cada espaçamento entre linhas. Londrina – PR, 2009/2010.

Tratamento	Espaçamento entre linhas (m)	
	0,45	0,90
Plantas iniciais ha ⁻¹	----- m -----	
15 000	1,48	0,74
30 000	0,74	0,37
45 000	0,49	0,25
60 000	0,37	0,18

A instalação do experimento foi realizada em 09/12/2009, utilizando-se uma semeadora/adubadora desenvolvida para o SPD, munida de discos de corte e hastes escarificadoras, para demarcar as linhas e depositar o adubo nos sulcos de semeadura, aplicando-se 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 04-14-08, conforme recomendado por Savy Filho (2005). Posteriormente, as semeaduras foram realizadas manualmente com auxílio de gabaritos, colocando-se o dobro de sementes viáveis, as quais foram previamente tratadas com fungicidas carboxina + tiram (50+50 g do ingrediente ativo por 100 kg de sementes) e inseticida imidacloprido (120 g do i.a. por 100 kg de sementes), seguindo as indicações de Savy Filho et al. (2007).

Após a semeadura, irrigou-se a área experimental por meio de aspersão, até que o teor de água ficasse próximo à capacidade de campo, para favorecer a emergência da mamona e obter estande uniforme, sendo que, para o restante do período de condução do experimento foi mantido o regime de sequeiro.

As plantas emergiram em 21/12/2009 e sete dias após a emergência (DAE) efetuou-se o desbaste, deixando-se apenas uma única planta por distância calculada para manter as densidades populacionais desejadas. O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais, aos 29 e 67 DAE. O controle preventivo do mofo-cinzento

(*Amphobotrys ricini* [Buchw.] Hennebert) foi realizado com duas aplicações de fungicidas, no final do ciclo vegetativo e início do ciclo reprodutivo primário e uma aplicação na formação dos frutos de 1ª ordem, aos 48 DAE, 74 e 118 DAE, respectivamente. As adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas aos 32 e 65 DAE, totalizando 60 kg N ha⁻¹ com a fonte sulfato de amônio em cada aplicação para todos os tratamentos, de acordo com Savy Filho (2005).

Na maturação dos racemos de 3ª ordem, em 15/10/2010, realizou-se de uma só vez, a colheita manual de todos os racemos contidos nas plantas da área útil das sub-parcelas, simulando a colheita mecanizada, os quais foram secados ao ar, trilhados e pesados. Foram avaliadas: número de racemos (1ª; 2ª; 3ª; 4ª ordem e total) por planta; número médio de frutos por racemo (1ª; 2ª; 3ª; 4ª ordem e total); massa de 100 grãos (dados corrigidos para 13% de umidade). As produtividades dos racemos de 1ª; 2ª; 3ª e 4ª ordem colhidos separadamente e o total (kg ha⁻¹), foram obtidas com a pesagem dos grãos após descascamento manual dos frutos, e os dados corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos de espaçamento entre linhas foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para calcular a diferença mínima significativa (DMS). Quando necessário, os dados foram ajustados a regressão polinomial com base na significância do coeficiente de regressão e do teste F da regressão (ambos a 5% de probabilidade), em consonância com os maiores valores dos coeficientes de determinação (R^2).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

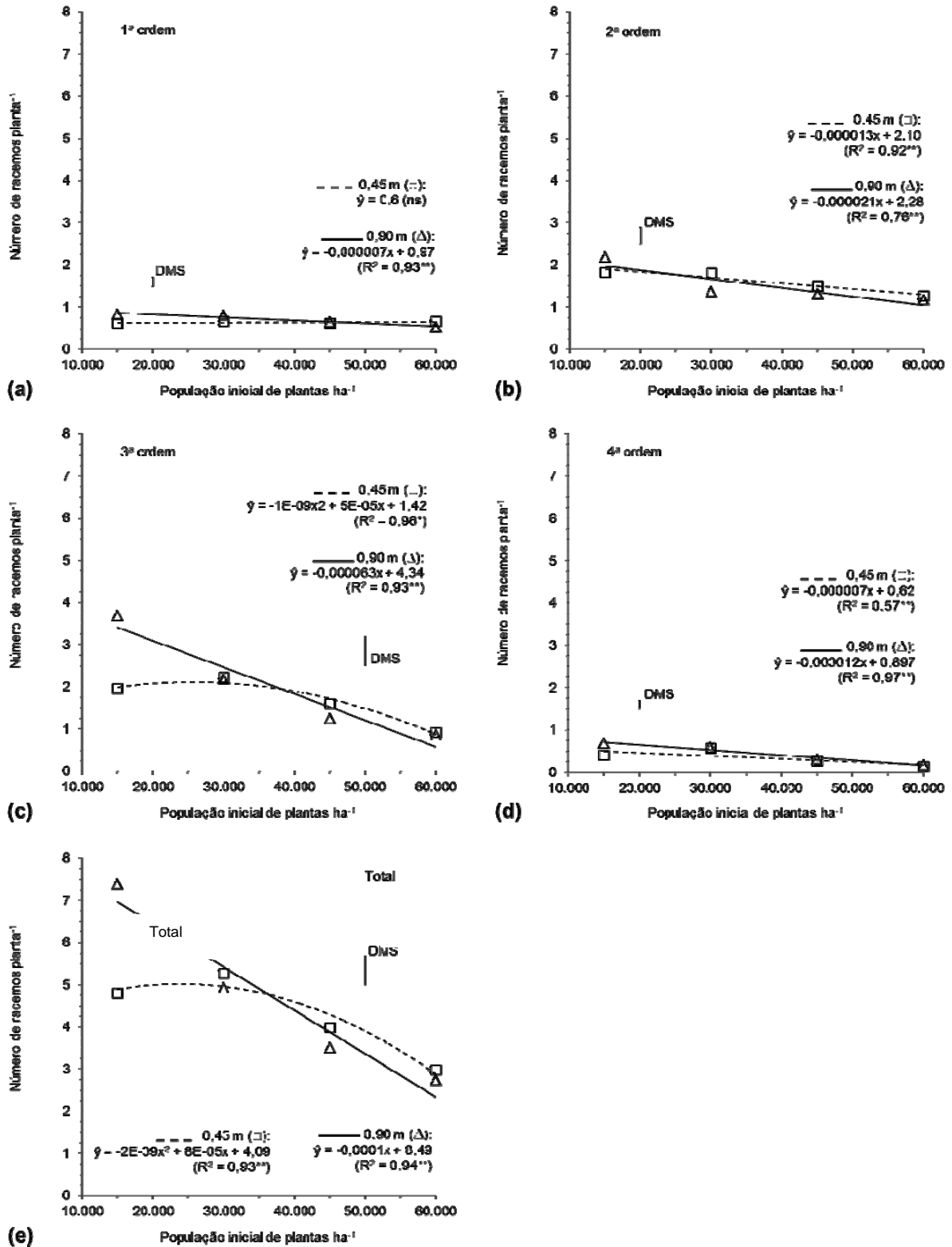
O número médio de racemos (NRP) de 1ª ordem por planta reduziu linearmente com o aumento da população de plantas no espaçamento de 0,90 m; efeito não observado no espaçamento de 0,45 m (Tabela 4.2 e Figura 4.3a). Esse resultado mostra que o adensamento de plantas na linha de cultivo, para o maior espaçamento, provocou a competição intraespecífica das plantas, também explicado pela alta incidência do mofo-cinzento que acometeu os racemos de 1ª ordem (dados não apresentados) propiciada pelas condições de elevada pluviosidade e umidade relativa do ar deste período (Figuras 4.1a, 4.1b e 4.2).

Tabela 4.2 – Número de racemos por planta (NRP), número de frutos por racemo (NFR) e massa de 100 grãos (100G), amostrados separadamente para os racemos de 1ª ordem, 2ª ordem, 3ª ordem e 4ª ordem, total de racemos por planta (NRP total) e número de frutos por racemo da lavoura (NFR médio), em razão do espaçamento entre linhas e da população inicial de plantas, para a cultivar de mamona IAC 2028 colhida na maturação dos racemos de 3ª ordem.

Tratamento	1ª ordem			2ª ordem			3ª ordem			4ª ordem			NRP total	NFR médio
	NRP	NFR	100G	NRP	NFR	100G	NRP	NFR	100G	NRP	NFR	100G		
Espaçamento (m)	g			g			g			g				
0,45	0,64 ^{ns}	46,42 ^a	29,38 ^{ns}	1,60 ^{ns}	47,08 ^{ns}	33,39 ^{ns}	1,67 ^{ns}	53,73 ^a	33,98 ^{ns}	0,35 ^{ns}	21,01 ^{ns}	27,85 ^{ns}	4,25 ^b	42,50 ^a
0,90	0,70	36,82 ^b	31,05	1,51	41,15	33,00	1,99	44,04 ^b	34,61	0,44	20,71	26,34	4,64 ^a	35,74 ^b
Plantas iniciais ha ⁻¹														
15.000	0,72 ^{ns}	47,08 ^a	28,84 ^{ns}	2,00 ^a	42,03 ^{ns}	34,55 ^{ns}	2,81 ^a	50,69 ^{ns}	34,64 ^{ns}	0,55 ^a	22,80 ^{ns}	28,15 ^{ns}	6,09 ^a	40,91 ^{ns}
30.000	0,74	42,78 ^{ab}	29,55	1,59 ^b	47,49	33,63	2,20 ^a	52,39	34,80	0,58 ^a	25,11	28,21	5,10 ^b	39,36 ^b
45.000	0,63	45,46 ^{ab}	29,60	1,41 ^b	45,05	31,83	1,42 ^b	49,90	33,38	0,29 ^b	23,85	26,89	3,74 ^c	40,51
60.000	0,60	31,19 ^b	32,85	1,22 ^b	41,89	32,76	0,88 ^b	42,54	34,36	0,16 ^b	14,46	25,14	2,86 ^d	35,69
Causas da variação	----- F calculado -----													
Espaçamento (E)	1,21 ^{ns}	16,34 ^{**}	7,29 ^{ns}	0,38 ^{ns}	5,69 ^{ns}	3,79 ^{ns}	3,74 ^{ns}	41,65 ^{**}	0,39 ^{ns}	5,35 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,78 ^{ns}	10,48 [*]	12,18 [*]
População plantas (P)	1,82 ^{ns}	3,32 [*]	0,88 ^{ns}	12,53 ^{**}	1,19 ^{ns}	2,71 ^{ns}	29,17 ^{**}	2,66 ^{ns}	0,38 ^{ns}	11,37 ^{**}	1,70 ^{ns}	0,49 ^{ns}	69,74 ^{**}	2,22 ^{ns}
E x P	2,25 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,07 ^{ns}	3,06 [*]	1,62 ^{ns}	1,07 ^{ns}	9,06 [*]	0,54 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,29 ^{ns}	18,51 ^{**}	0,96 ^{ns}
Análise de regressão														
0,45 m	ns	L**	ns	L**	ns	ns	Q*	Q*	ns	L**	ns	ns	Q**	L**
0,90 m	L**	ns	ns	L**	ns	L*	L**	ns	ns	L**	ns	ns	L**	ns
CV parcela (%)	25,10	26,74	5,79	27,29	15,96	5,70	25,82	12,69	8,29	28,93	49,86	17,79	7,65	16,01
CV subparcela (%)	21,62	16,53	17,90	17,27	17,73	6,05	24,36	17,45	8,56	43,18	32,41	21,42	10,90	12,55

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ** significativos pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Análise de regressão para equações lineares (L) e quadráticas (Q), a partir do desdobramento de população de plantas dentro de cada nível de espaçamento.

Figura 4.3 – Número de racemos por planta de 1ª ordem (a), 2ª ordem (b), 3ª ordem (c), 4ª ordem (d) e total (e), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



A interação entre população de plantas e espaçamento foi significativa quando se avaliou o NRP amostrados para os racemos de 2ª ordem (Tabela 4.2 e Figura 4.3b). Com o aumento da população de plantas observou-se redução linear do NRP, independentemente do espaçamento entre linhas. Souza-Schlick et al. (2011), trabalhando com a cultivar IAC 2028 na safrinha, também verificaram que o aumento da população de plantas reduziu significativamente o número de racemos por planta. Gondim et al. (2006) também obtiveram menor quantidade de racemos produzidos por planta do genótipo CSRN-142 (porte médio), no menor espaçamento entre fileiras e na maior população de plantas.

Na amostragem realizada de NRP para os racemos de 3ª ordem, a interação entre população de plantas e espaçamento também foi significativa, assim como para os racemos de 2ª ordem (Tabela 4.2). No espaçamento entrelinhas mais largo, de 0,90 m, o NRP foi maior até para a população em torno de 37.500 plantas ha⁻¹, a partir deste valor sendo menor do que o espaçamento mais estreito, de 0,45 m, à medida que se aumentou a densidade populacional (Figura 4.3c). O maior espaçamento apresentou redução linear com o aumento da população de plantas, ao passo que no menor espaçamento observou-se efeito quadrático para esta variável com ponto de máximo por volta de 30.000 plantas ha⁻¹, com dois racemos planta⁻¹, aproximadamente. Isto indica que na distribuição espacial mais adequada há resposta positiva das plantas, pela menor competição entre elas.

O NRP para os racemos de 4ª ordem foi influenciado apenas pela população de plantas (Tabela 4.2). Esta variável reduziu linearmente com o aumento do número de plantas por área, independentemente do espaçamento (Figura 4.3d).

O NRP médio total foi influenciado pela interação dos fatores avaliados (Tabela 4.2). O aumento da população de plantas resultou em redução linear nos valores dessa variável para o espaçamento entrelinhas de 0,90 m e em efeito quadrático para o espaçamento entrelinhas de 0,45 m, com valor máximo em torno de cinco racemos por planta para o espaçamento reduzido na população aproximada de 30.000 plantas ha⁻¹ e posterior decréscimo nas populações seguintes (Figura 4.3e). O maior NRP total (7 racemos planta⁻¹) foi obtido na menor população, de 15.000 plantas ha⁻¹, e no maior espaçamento entrelinhas, de 0,90 m (Figura 4.3e), assim como para todas as avaliações anteriores, devido à interação espaçamento entre linhas e densidade de plantas na linha de semeadura (Figuras 4.3a, b, c, d, e). Resultados semelhantes foram também observados por Bizinoto et al. (2010), Kittock e Williams (1970) e Soratto et al. (2012) em que diminuiu o NRP com o aumento da população de plantas. Nos maiores espaçamentos há mais área de captação de luz, conseqüente menor interferência por competição entre as plantas, portanto com uma arquitetura mais adequada e produtiva,

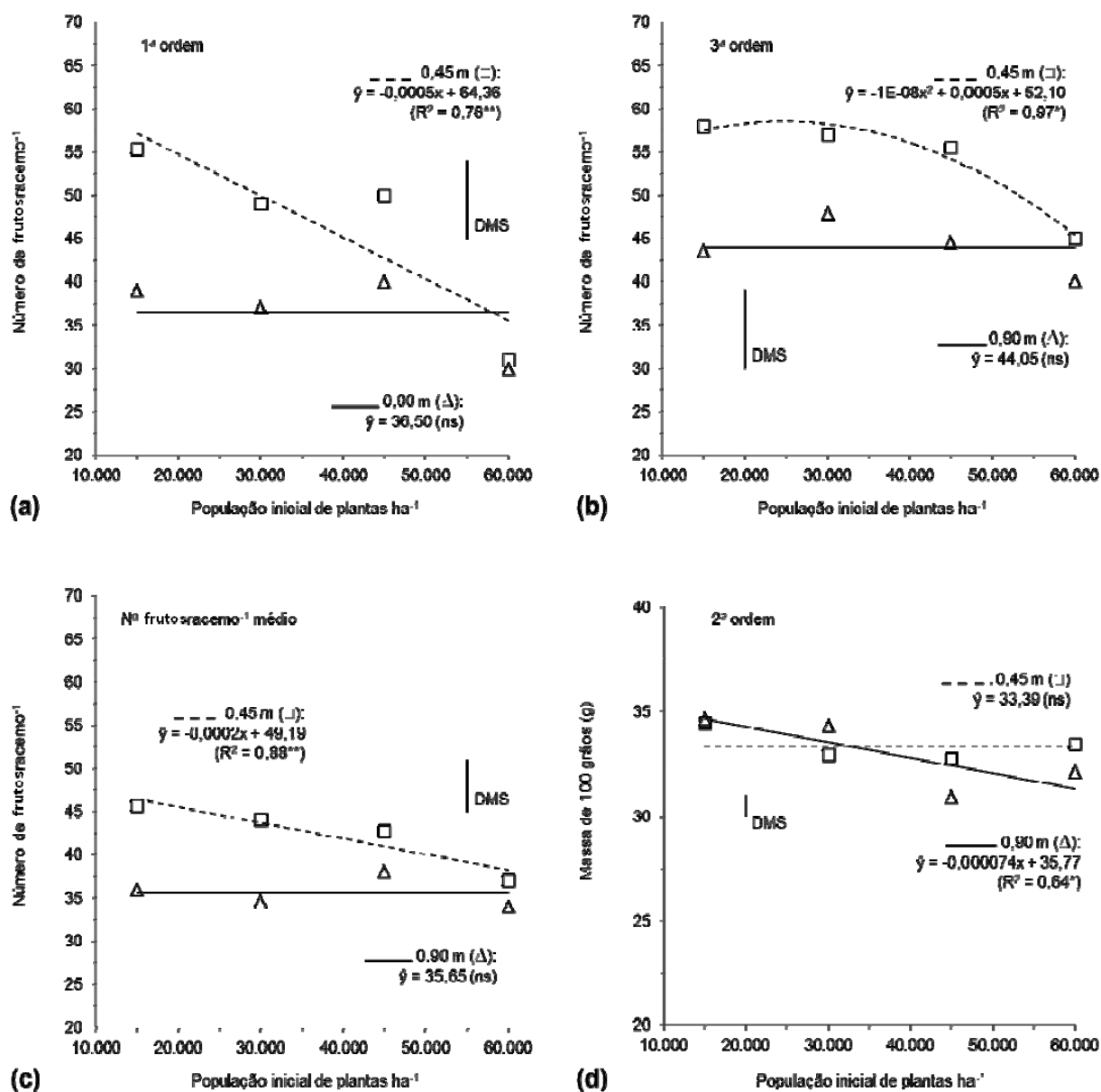
aumentam o potencial de emissão de racemos (SORATTO et al., 2011; SOUZA-SCHLICK et al., 2011).

O número de frutos por racemo (NFR) amostrados para os racemos de 1ª ordem foi influenciado pelo espaçamento entre linhas e pela população de plantas, sem efeito da interação entre eles (Tabela 4.2). O NFR foi maior no espaçamento entrelinhas reduzido, de 0,45 m do que em 0,90 m. No maior espaçamento não se observou variação no NFR com o aumento da população de plantas; no menor espaçamento avaliado, esta variável diminuiu linearmente com o aumento da população (Figura 4.4a). Tal fato indicou que a produção de racemos com mais frutos é favorecida com as menores populações de plantas e espaçamento entrelinhas reduzido, devido a sua distribuição de plantas na área de cultivo. Desta forma, estes resultados estão de acordo com os obtidos por Diniz et al. (2009), ao verificarem que a população mais alta ocasionou redução no número de frutos por racemo.

O NFR para os racemos de 3ª ordem apresentaram maior valor no espaçamento de 0,45 m (Tabela 4.2 e Figura 4.4b). No espaçamento de 0,90 m não se verificou variação do NFR com o incremento da população de plantas; no espaçamento de 0,45 m, os valores foram ajustados a uma equação quadrática com o adensamento de plantas, apresentando ponto de máximo por volta de 25.000 plantas ha⁻¹, com 57,5 frutos racemo⁻¹, aproximadamente (Figura 4.4b). Estes resultados sugerem que a partir de uma determinada densidade populacional na linha de cultivo existe uma maior competição intraespecífica em comparação ao menor adensamento de plantas, reduzindo o tamanho das estruturas reprodutivas e conseqüentemente, o número de frutos por racemo.

Na amostragem realizada de NFR médio total da área, observaram-se maiores valores no espaçamento reduzido de 0,45 m (Tabela 4.2 e Figura 4.4c).

Figura 4.4 – Número de frutos por racemos de 1ª ordem (a), número de frutos por racemo de 3ª ordem (b), número médio de frutos por racemo da lavoura (c) e massa de 100 grãos dos racemos de 2ª ordem (d), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



Houve decréscimo desta variável com o aumento da população de plantas no espaçamento de 0,45 m, efeito não observado no espaçamento mais largo, de 0,90 m (Figura 4.4c). Kittock e Williams (1970), Souza-Schlick et al. (2011) e Soratto et al. (2011, 2012) avaliaram o efeito de diferentes densidades populacionais sobre os componentes de produção da mamona e, verificaram que a maior densidade de plantas na linha de cultivo

ocasionou redução no número de frutos por racemo. Porém, segundo Kotz (2012), ocorre um incremento do número de frutos por área que leva ao equilíbrio da produção. Taiz e Zeiger (2004) explicaram que em condições de alta competição, especialmente por luz, proporcionada pela maior população de plantas na área, as plantas apesar de mais altas produzem menor quantidade de matéria seca, devido ao estiolamento, conseqüentemente, possuem menor área fotossintética, refletindo em menor produção de estruturas reprodutivas.

A massa de cem grãos (100G) foi influenciada significativamente apenas na amostragem realizada para os racemos de 2ª ordem pela população de plantas, sendo os valores ajustados a uma equação linear, reduzindo-se com o incremento populacional (Tabela 4.2 e Figura 4.4d). A maior massa de 100G, de cerca de 35 g, foi registrada na menor população de 15.000 plantas ha⁻¹, para o espaçamento mais largo de 0,90 m, como reflexo do menor NGR obtido nesse arranjo espacial, que pode ter favorecido a melhor partição dos fotoassimilados (SORATTO et al., 2011). Resultados semelhantes foram obtidos por Souza-Schlick et al. (2011) e Soratto et al. (2012), segundo os quais, constataram redução da massa de cem grãos com o aumento populacional.

Independente do espaçamento e da população de plantas estudados, a massa de 100 grãos obtida no presente trabalho foi inferior ao relatado por Savy Filho et al. (2007). Porém, os autores utilizaram população de 10.000 plantas ha⁻¹, na safra de verão. O que justifica os resultados, visto que, a menor população estudada nesse trabalho foi de 15.000 plantas ha⁻¹.

Entretanto, os valores obtidos neste trabalho estão abaixo dos alcançados por Kotz (2012), que trabalhando com a mesma cultivar IAC 2028, obteve maior massa de grãos, 37,4 g, na menor população estudada de 25.000 plantas ha⁻¹. Esta diferença é possivelmente devido à melhor distribuição de chuvas ocorridas no experimento deste autor em comparação com o presente trabalho, especialmente após o início do florescimento quando se começa a fase de produção e enchimento de grãos (Figura 4.1a). Portanto, a redução na massa de cem grãos está relacionada ao aumento da competição provocada pelo incremento da população de plantas. Fato este comprovado por Silva et al. (2009) que ao estudarem os efeitos de lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira BRS Energia (porte baixo), verificaram aumento do peso de grão para o racemo de 2ª ordem proporcionalmente ao incremento da lâmina de irrigação. O maior peso de 42,75 g para os grãos foi alcançado pelas plantas submetidas à lâmina de 561,00 mm de água, na fase final do ciclo vegetativo.

Segundo Biscaro et al. (2012), a aplicação de maiores lâminas de água na cultura da mamona eleva o potencial de água na planta e nas folhas, favorecendo a abertura dos estômatos, o que facilita o fluxo de CO₂ e interfere no acúmulo de fotoassimilados, tal fato possivelmente, proporciona aumento da produção de tecidos e do tamanho das sementes.

Na avaliação dos racemos de 1ª ordem a produtividade de grãos foi influenciada apenas pela população de plantas (Tabela 4.3). No espaçamento de 0,45 m, observou-se aumento linear da produtividade com o acréscimo populacional de plantas na linha de cultivo; efeito não observado no espaçamento de 0,90 m (Figura 4.5a). As maiores produtividades foram obtidas no espaçamento reduzido e na maior população, que proporcionaram produtividade média de 375,69 kg ha⁻¹, ou seja, 33% superior à produtividade obtida no espaçamento de 0,90 m. No espaçamento reduzido, as produtividades médias variaram de 156,01 a 375,69 kg ha⁻¹. A produtividade dos racemos de 1ª ordem foi prejudicada em decorrência da alta mortalidade de racemos provocada pela incidência do mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini*).

Resultados semelhantes, em que as maiores produtividades de mamona são encontradas quando há maiores populações de plantas em espaçamentos entre linhas reduzidos, foram também observados por Bizinoto et al. (2010), Kittock e Williams (1970), Souza-Schlick et al. (2011) e Soratto et al. (2011, 2012). Em trabalhos com outras espécies de plantas cultivadas, o incremento populacional de plantas na linha de cultivo, em espaçamento reduzido, também promoveu aumento da produtividade, como no caso de cultivares de milho com até 60.000 plantas ha⁻¹ (DOURADO NETO et al., 2003) e até 85.000 plantas ha⁻¹ (VON PINHO et al., 2008). Segundo Souza-Schlick et al. (2011), a alteração na produtividade de grãos, com o aumento na população de plantas, está relacionada com o efeito compensatório entre a população e os componentes de produção (racemos por planta e frutos por racemos), já que no presente trabalho, estes foram reduzidos significativamente.

A produtividade de grãos dos racemos de 2ª ordem foi influenciada pelo espaçamento e pela população de plantas, sem efeito da interação entre essas variáveis (Tabela 4.3). O menor espaçamento, de 0,45 m, proporcionou as maiores produtividades do que o espaçamento mais largo, de 0,90 m. Houve efeito linear crescente na produtividade de grãos com o aumento da população de plantas nos dois espaçamentos entre linhas (Figura 4.5b). No espaçamento mais estreito, a produtividade obtida variou de 474,76 a 1.046,19 kg ha⁻¹, enquanto que no espaçamento mais largo, a produtividade variou entre 434,13 e 770,54 kg ha⁻¹. Estes resultados foram maiores dos que os obtidos por Silva et al. (2009) ao estudarem os efeitos de lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira BRS

Energia, determinaram na população de 35.640 plantas ha⁻¹ uma produtividade de 566,77 kg ha⁻¹ para o 2º racemo.

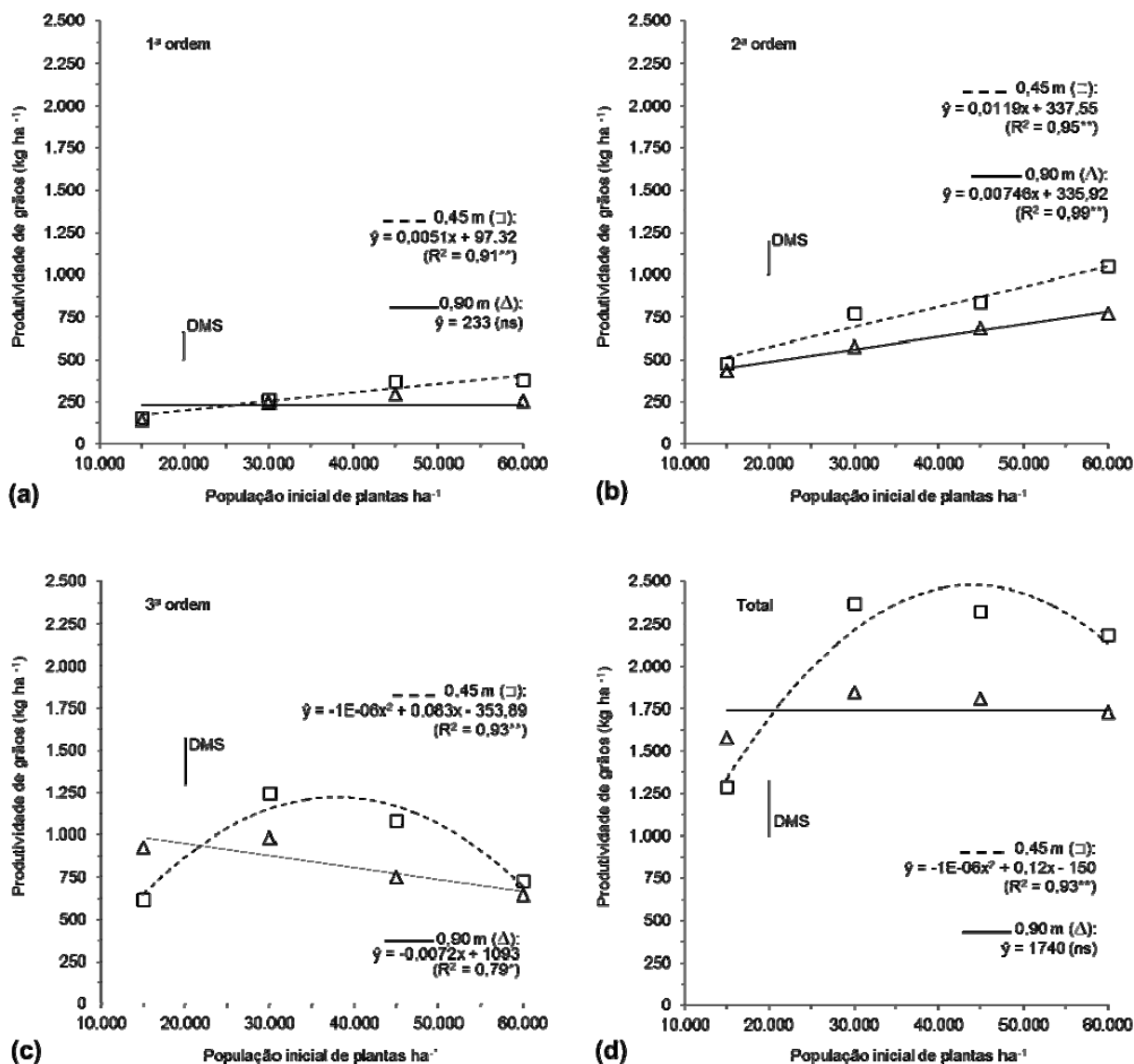
Tabela 4.3 – Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) por ordem de racemo e total da lavoura, em função do espaçamento entre linhas e da população inicial de plantas, para a cultivar de mamona IAC 2028 colhida na maturação dos racemos de 3ª ordem.

Tratamento	Produtividade por ordem de racemo				Produtividade da lavoura
	1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	4ª ordem	
Espaçamento (m)	----- kg ha ⁻¹ -----				
0,45	289 ^{ns}	782 a	916 ^{ns}	53 ^{ns}	2041 ^{ns}
0,90	233	615 b	823	68	1740
Plantas iniciais ha ⁻¹					
15.000	149 b	454 b	770 b	59 ^{ns}	1433 b
30.000	251 ab	673 ab	1113 a	69	2107 a
45.000	330 a	760 a	913 ab	63	2067 a
60.000	313 ab	908 a	682 b	51	1955 a
Causas da variação	----- F calculado -----				
Espaçamento (E)	1,28 ^{ns}	10,33*	1,96 ^{ns}	1,04 ^{ns}	8,59 ^{ns}
População plantas (P)	3,98*	9,33**	6,10**	0,33 ^{ns}	13,59**
E x P	0,43 ^{ns}	0,62 ^{ns}	3,56*	2,33 ^{ns}	5,50**
Análise de regressão					
0,45 m	L**	L**	Q**	ns	Q**
0,90 m	ns	L**	L*	ns	ns
CV parcela (%)	54,18	21,03	21,51	67,85	15,39
CV subparcela (%)	44,46	25,14	24,77	63,26	12,65

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ** significativos pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Análise de regressão para equações lineares (L) e quadráticas (Q), a partir do desdobramento de população de plantas dentro de cada nível de espaçamento.

Os resultados deste trabalho concordam com aqueles obtidos por Souza-Schlick et al. (2011) para a mesma cultivar IAC 2028, na época da safrinha, e com Soratto et al. (2012) na safra verão, que constataram maior produtividade de grãos nos espaçamentos mais estreitos (0,45 e 0,60 m) do que no espaçamento mais largo (0,90 m).

Figura 4.5 – Produtividade de grãos dos racemos de 1ª ordem (a), 2ª ordem (b), 3ª ordem (c) e total da lavoura (d), para a cultivar de mamona IAC 2028, em razão do espaçamento entrelinhas da lavoura de 0,45 m (□) e 0,90 m (Δ), e da população inicial de plantas. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: Não significativo. DMS: Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o desdobramento de espaçamento x população de plantas.



A interação entre população de plantas e espaçamento foi significativa quando se avaliou a produtividade de grãos para os racemos de 3ª ordem (Tabela 4.3). No espaçamento de 0,90 m, a produtividade de grãos sofreu redução linear com o acréscimo na população de plantas, sendo os valores desta variável maiores que os do espaçamento de 0,45 m com a menor população, 15.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4.5c). Houve efeito quadrático da população de plantas na produtividade de grãos para o espaçamento reduzido de 0,45 m

(Figura 4.5c). A máxima produtividade foi obtida na população de aproximadamente 30.000 plantas ha^{-1} (1.246,41 kg ha^{-1}) e diminuiu na maior população.

Souza-Schlick et al. (2011), também observaram a redução de produtividade de grãos do cultivar IAC 2028, com o aumento da população de plantas no espaçamento de 0,90 m entre linhas. Em razão disto, não só a população de plantas é importante, mas também o arranjo delas na área, pois com o aumento do espaçamento entre linhas ocorre a aglomeração de plantas na linha de cultivo, para uma mesma população, reduzindo-se a produtividade de grãos em consequência da maior competição intraespecífica (ROCHA et al., 1964).

O efeito quadrático da população de plantas na produtividade de grãos foi também obtido em condições de sequeiro por Kittock e Williams (1970) e, Soratto et al. (2011), que similarmente verificaram redução no número de racemos por planta e de frutos por racemo com o aumento da população de plantas, porém houve maior número de racemos e frutos por área e, conseqüentemente, maior produtividade.

Azevedo, Beltrão e Severino (2007) explicaram que a relação população de plantas e rendimento para a mamona é parabólica, ou seja, a produtividade aumenta com o acréscimo do nível populacional até o ponto ótimo de arranjo em que se estabiliza o crescimento biológico, para, em seguida, decrescer sempre que a população se eleva.

A produtividade de grãos dos racemos de 4ª ordem não apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 4.3) e pouco contribuiu para compor a produção final total da área cultivada.

Os menores espaçamentos em uma mesma população possuem a vantagem de proporcionarem melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar e aumento da cobertura vegetal do solo, contribuindo para reduzir o processo erosivo e controlar a incidência de plantas daninhas já nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (MARIA; RAMOS, 2007; TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002). Ao passo que, o aumento da população de plantas em um mesmo espaçamento entre fileiras promove a redução na produção de grãos por planta e aumento da produtividade (ROCHA et al., 1964).

A produtividade total da área também sofreu influência significativa na interação entre a população de plantas e o espaçamento entre linhas (Tabela 4.3). No espaçamento de 0,90 m, a variação populacional de plantas não surtiu efeito sobre a produtividade de grãos e foi menor do que no espaçamento de 0,45 m para populações acima de 30.000 plantas por hectare (Figura 4.5d). Entretanto, para o espaçamento reduzido de 0,45

m, houve efeito quadrático da população de plantas na produtividade total de grãos da área experimental. A produtividade total no espaçamento de 0,45 m variou de 1.286,84 a 2.369,05 kg ha⁻¹, sendo que a maior produtividade foi obtida na população em torno de 45.000 plantas ha⁻¹ e superior à média nacional de 637 kg ha⁻¹ na safra 2009/2010.

A produtividade média total obtida foi mais elevada que a relatada por Savy Filho et al. (2007), para a cultivar IAC 2028, na média de três locais de ensaio no Estado de São Paulo, com 1.905 kg ha⁻¹, provavelmente devido ao menor espaçamento entre linhas e maiores populações de plantas utilizadas neste trabalho.

Severino et al. (2006a) utilizando a cultivar BRS Nordestina (porte médio), verificaram que espaçamentos mais estreitos entre linhas proporcionaram maior produtividade em relação aos espaçamentos mais largos, indicando que o adensamento populacional poderia ser adotado como forma de aumentar a produtividade.

Souza-Schlick (2010) concluiu em seu trabalho com a cultivar IAC 2028, conduzido na safra de verão, que as maiores produtividades foram obtidas nos arranjos de 0,60 m x 40.000 plantas ha⁻¹ e 0,45 m x 55.000 plantas ha⁻¹, com valores acima de 4.000 kg ha⁻¹. No entanto, vale ressaltar que a disponibilidade hídrica total foi de 756 mm, bem distribuída, ao longo de todo o experimento, o que justifica as elevadas produtividades de grãos obtidas no trabalho deste autor.

Gondim et al. (2006) observaram aumento da produtividade quando se reduziu o espaçamento ao avaliar o genótipo CSRN-2 (porte baixo) em três espaçamentos entre linhas (0,60; 0,83 e 1,05 m) e três distâncias entre plantas (0,37; 0,48 e 0,60 m) em cultivo irrigado. A produtividade máxima de 1.719 kg ha⁻¹ foi obtida na configuração de 0,83 x 0,60 m (20.000 plantas ha⁻¹), confirmando que para cultivares de porte baixo, a população de plantio pode ser adensada quando a água não for fator limitante (AZEVEDO; BELTRÃO; SEVERINO, 2007). Esse fato é comprovado por Silva et al. (2009), ao trabalharem com quatro lâminas de irrigação (294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm) e quatro populações de plantas (35.460, 39.682, 45.045 e 52.083 plantas ha⁻¹) na cultura da mamoneira BRS Energia (porte baixo). Os autores citados obtiveram melhor desenvolvimento e produtividade máxima de grãos de 1.937,40 kg ha⁻¹ para as plantas submetidas à lâmina de 479,75 mm de água nas populações de 39.682 e 45.045 plantas ha⁻¹.

Kittock e Williams (1970) constataram, sob condições irrigadas, populações ótimas de 58.000 plantas ha⁻¹, enquanto que sob condições de precipitação pluviométrica natural, a população considerada ideal foi próxima de 30.000 plantas ha⁻¹ no espaçamento de 1,02 m entre fileiras.

Soratto et al. (2012), ao trabalharem com duas cultivares de porte baixo (FCA-PB e IAC-2028), em diferentes espaçamentos e população de plantas, observaram interação entre espaçamento e população de plantas nos componentes de produção e produtividade para a cultivar IAC 2028 cultivada no período de primavera-verão. Os melhores resultados foram observados no arranjo $0,45 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$ (55.000 plantas ha^{-1}), com aumento de rendimento de 40,6% em relação ao arranjo de $0,90 \text{ m} \times 0,44 \text{ m}$ e 22,6% mais em comparação à $0,90 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$. As produtividades alcançaram valores acima de 3.000 kg ha^{-1} . Os autores concluíram que o efeito da população de plantas e combinações de espaçamento entre linhas, ou seja, do arranjo de plantas, foi mais intenso, na safra de primavera-verão, do que na de outono-inverno (safrinha) devido às maiores precipitação e temperaturas neste período.

A grande variação na produtividade da cultura da mamona entre localidades ou mesmo entre anos numa mesma localidade é decorrente, principalmente, das condições climáticas e da fertilidade do solo (BELTRÃO et al., 2007). Tal fato indica a importância de se implantar experimentos em diferentes condições edafoclimáticas, durante um período considerável para ter condições efetivas de recomendar a melhor configuração espacial de semeadura e obter máxima produtividade possível em lavoura mecanizada.

4.6 CONCLUSÕES

O aumento da população de plantas reduziu o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e a massa de 100 grãos.

A população de plantas de 45.000 plantas ha^{-1} (0,49 m entre plantas na linha) com espaçamento entre linhas de 0,45 m proporcionou o máximo rendimento de grãos da mamoneira IAC 2028 na safra verão, nas condições de Londrina-PR.

4.7 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007. p.223-254.

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. dos; BATISTA, F. A. S.; NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J.; PEREIRA, J. R. População de plantas no consórcio

mamoneira/caupi. I. Produção e componentes da produção. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.3, n.1, p.13-20, jan-abr. 1999.

BEVILAQUA, G. A. P.; ZUCHI, J.; SILVA, S. D. dos A. e; MARQUES, R. L. L. **Desempenho de cultivares de mamona em sistema ecológico de produção de sementes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, dez. 2008, 37p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 78).

BELTRÃO, N. E. de. M.; AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, R. L. S. de.; QUEIROZ, W. N. de.; QUEIROZ, W. C. de. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; BELTRÃO, N. E. de. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2. ed., 2007, p.43-72.

BISCARO, G. A.; VAZ, M. A. B.; GIACON, G. M.; GOMES, E. P.; SILVA, S. B. da; MOTOMIYA, A. V. de A. Produtividade de duas cultivares de mamona submetidas a diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.9, p.925-930, 2012.

BIZINOTO, T. K. M. C.; OLIVEIRA, E. G. de; MARTINS, S. B.; SOUZA, S. A. de; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.367-370, 2010.

CAVIGLIONE, J. H.; CARAMORI, P. H.; KIIHL, L. B.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília. Maio. 2012. Comparativo de safras - Série histórica de área plantada, produção e produtividade de mamona. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1382&t=2>>. Acesso em: 12 mai. 2012.

DINIZ, B. L. M. T.; TÁVORA, F. J. A. F.; NETO, M. A. D.; BEZERRA, F. M. L. Desbaste seletivo e população de plantas na cultura da mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 247-255, 2009.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. (2. Ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. (2. Ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Brasília: Sistemas de Informações, 2006. 306 p.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P. de; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.1, p.150-159, 2009.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Roma. 2012. Agricultural Production Statistics. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 12 mai. 2012.

FERREIRA, G. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, S. L.; GONDIM, T. M. de S.; PEDROSA, M. B. **A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades**. Campina Grande: Embrapa Algodão, ago. 2006, 70p. (Documentos, 149).

FERREIRA, M. G. C.; MARUYAMA, W. I.; SORATTO, R. P. Avaliação de cultivares de mamona em dois arranjos de plantas no outono-inverno em Cassilândia-MS. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.2, p.53-60, maio-ago. 2009.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.229-256.

GONDIM, T. M. de S.; VASCONCELOS, R. A. de; SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; NÓBREGA, B. de M. Adensamento de mamoneira em condições de sequeiro em Missão Velha, CE. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

HENDERSON, T. L.; JOHNSON, B. L.; SCHNEITER, A. A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.329-336, 2000.

KITTOCK, D. L.; WILLIAMS, J. H. Effects of plant population on castorbean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, n.4, p.527-529, jul-ago. 1970.

KOTZ, T. E. **Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 na safrinha em função da população de plantas em espaçamento reduzido**. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2012.

LOPES, F. F. de M.; BELTRÃO, N. E. de 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**, Campina Grande, v.12, n.2, p.69-79, maio-ago. 2008.

MARIA, I. C. de; RAMOS, N. P. Conservação e manejo do solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed., 2007. p.95-116.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (Circular Técnica, 76).

ROCHA, J. L. V.; CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S.; SCARANARI, H.; PETTINELLI, A. A adubação da mamoneira. IV – Experiência de espaçamento x adubação (2ª série). **Bragantia**, Campinas, v.23, p.257-269, 1964.

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. de A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. **Anais...** 1 CD-ROM. Disponível em:

<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm1/075.PDF>. Acesso em: 12 mai. 2012.

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

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**, Brasília, v.42, n.3, p.449-452, mar. 2007.

SEVERINO, L. S.; COELHO, D. K.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, L. S. do. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.10, n.1/2, p.993-999, jan-ago. 2006a.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; FREIRE, W. S. de A.; CASTRO, D. A. de; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, abr. 2006b.

SEVERINO, L. S.; FREIRE, M. A. O.; LUCENA, A. M. A.; VALE, L. S. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). **Industrial Crops and Products**, Dordrecht, v.32, n.3, p.400-404, nov. 2010.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.50-54, 2006c.

SILVA, S. M. S. e; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.338-348, jul-set. 2009.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D. de; GIACOMO, B. M. S.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.245-253, mar.2011.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D.; CRUSCIOL, C. A. C. Narrow row spacing and high plant population to short height castor genotypes in two cropping seasons. **Industrial Crops and Products**, Dordrecht, v.35, n.1, p.244-249, jan. 2012.

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

SOUZA-SCHLICK, G. D. de; SORATTO, R. P.; PASQUALI, C. B.; FERNANDES, A. M. Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas na safrinha. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.519-528, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1071-1077, 2002.

VON PINHO, R. G.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENSDE, M. C. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamentos de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região sudeste do Tocantins. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.733-739, 2008.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Diferentes configurações de semeadura alteram o crescimento e o desenvolvimento das plantas de mamoneira e, conseqüentemente, o manejo da cultura com impacto no rendimento final.

A condução das plantas sob o espaçamento de 0,90 m entre linhas e a população de 15.000 plantas ha⁻¹ (0,74 m entre plantas), e sob a população de 60.000 plantas ha⁻¹, independente do espaçamento entre linhas adotado, proporcionaram os piores resultados para o desenvolvimento das plantas de mamona.

As plantas conduzidas nos espaçamentos entre linhas de 0,90 m e população de 60.000 plantas ha⁻¹ (0,18 m entre plantas na linha) apresentaram os piores resultados de componentes de produção e rendimento de grãos da mamona.

O melhor arranjo de plantas, proporcionado pelo espaçamento de 0,45 m entre linhas, na população de 45.000 plantas ha⁻¹ (0,49 m entre plantas na linha), favoreceu o crescimento, o desenvolvimento e os maiores rendimentos de grãos da mamoneira IAC 2028 na safra verão, para as condições edafoclimáticas de Londrina-PR.

A produtividade da mamona apresenta grande variação entre localidades ou mesmo entre anos numa mesma localidade, devido principalmente às condições climáticas e à fertilidade do solo. Tal fato evidencia a importância de se implantar experimentos em diferentes condições edafoclimáticas, durante um período considerável para recomendar a melhor configuração espacial de semeadura e obter máxima produtividade possível em lavoura mecanizada em diferentes localidades.