

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE DOUTORADO**

**ESTIMATIVAS DO TAMANHO DE PARCELAS  
EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE DESCRITORES  
FENOTÍPICOS EM MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.)**

**ORLANDO MELO SAMPAIO FILHO**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
DEZEMBRO - 2016**

**ESTIMATIVAS DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS  
PARA AVALIAÇÃO DE DESCRITORES FENOTÍPICOS EM  
MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.)**

**ORLANDO MELO SAMPAIO FILHO**

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal da Bahia, 2006.

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

**Orientador:** Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

**Coorientador:** Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato

**Coorientadora:** Profa. Dra. Simone Alves Silva

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**DEZEMBRO - 2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Sampaio Filho, Orlando Melo

Estimativas do tamanho de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos em mamoneira (*Ricinus communis* L.) / Orlando Melo Sampaio Filho. – Cruz das Almas, BA, 2017.  
127 f. il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva.  
Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato.  
Coorientadora: Profa. Dra. Simone Alves Silva.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017.

1. Mamona. 2. Produtividade planta. 1. Silva Sebastião de Oliveira e. II. Donato, Sérgio Luiz Rodrigues, III. Silva, Simone Alves. IV. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia V. Título.

CDD: 583.682

Ficha catalográfica elaborada por Lucidalva R. G. Pinheiro- Bibliotecária CRB51161  
– Embrapa Mandioca e Fruticultura

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE DOUTORADO**

**ESTIMATIVAS DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS  
PARA AVALIAÇÃO DE DESCRITORES FENOTÍPICOS EM  
MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.)**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE  
ORLANDO MELO SAMPAIO FILHO**

Realizada em 20 de Dezembro de 2016

Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
Examinador Interno (Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
Examinador Interno

Dra. Laurenice Araujo dos Santos  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
Examinador Interno

Profa. Dra. Juliana Firmino  
Faculdade de Tecnologia e Ciências - FTC  
Examinador Externo

Profa. Dra. Ana Patrícia Bastos Peixoto  
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB  
Examinador Externo

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Orlando Melo Sampaio (*in memoriam*) e Edinéia Floriano Sampaio.

Às minhas queridas irmãs Luciene e Luciana Floriano Sampaio.

Ao meu sobrinho Daniel Sampaio Campos.

Por estarem representando, aqui, a ponte mais curta de mim para mim mesmo.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, Papai do Céu, Criador e Incriado, DEUS, por me permitir sempre, em suas mais diferentes formas;

À minha família, por ser o meu maior compromisso aqui;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade concedida, e a todos os professores e funcionários que fazem parte deste programa, que me auxiliaram direta ou indiretamente para a construção deste documento;

Ao meu querido orientador, Sebastião de Oliveira e Silva, não só pela orientação, mas pela amizade e ensinamentos diários oportunizados pelo convívio;

Ao meu coorientador Sérgio Donato, o grande responsável pela construção deste trabalho, que se tornou um grande exemplo de profissional ao qual aprendi a admirar;

À minha coorientadora, Simone Alves Silva, pela concessão do material vegetal e espaço físico (laboratório do Núcleo de Melhoramento e Biotecnologia-NBIO) para realização das análises;

A todos os integrantes, professores e estagiários da família NBIO, nas pessoas dos estagiários Paulo Tácio e Alife Koite por terem ajudado de forma direta na execução dos trabalhos;

Aos colegas de doutorado, Maurício, Vlademir, Ricardo Alexandrino, Sara, Milene e Adorno (*in memoriam*), enfim, todos que conviveram comigo nestes três anos;

Aos meus amigos particulares, que me reservo o direito de não citar nomes para não ser “traído” pelo esquecimento, mas que sabem o quanto são e serão sempre importantes em todas as etapas da minha caminhada.

Meu muito obrigado!

## SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

REFERENCIAL TEÓRICO .....1

ARTIGO 1

DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DA PARCELA EXPERIMENTAL PELO MÉTODO DA MÁXIMA CURVATURA MODIFICADO EM MAMONEIRA .....24

ARTIGO 2

USO DO MÉTODO DA COMPARAÇÃO DE VARIÂNCIAS PARA ESTIMAR O TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA EM MÚLTIPLOS CARACTERES DE MAMONEIRA .....51

ARTIGO 3

USO DO MÉTODO DE HATHEWAY (1961) PARA ESTIMAR O TAMANHO CONVENIENTE DE PARCELA NA PRODUTIVIDADE DE MAMONEIRA .....72

ARTIGO 4

DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DA PARCELA EXPERIMENTAL PELO MODELO LINEAR DE RESPOSTA PLATÔ EM MAMONEIRA .....99

CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 119





## **ESTIMATIVAS DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE DESCRITORES FENOTÍPICOS EM MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.)**

Autor: Orlando Melo Sampaio Filho  
Orientador: Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

**RESUMO:** A mamoneira é uma espécie de grande importância econômica e social por gerar emprego e renda para os pequenos agricultores. Objetivou-se com o presente trabalho estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos relevantes para caracterização de genótipos de mamoneira, com diferentes métodos e compará-lo(s) para identificar com quais parâmetros seus resultados são mais relacionados. O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, que foi conduzido em Cruz das Almas, BA, com a linhagem 222, plantada no espaçamento de 3 m x 1 m, em 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais, com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub). Foram avaliados os caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta e PROD – Produtividade. Para a determinação do tamanho ótimo de parcela utilizaram-se os métodos da máxima curvatura modificado, da comparação de variâncias, o método de W. H. Hatheway, e o método do modelo linear segmentado com platô. Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos neste trabalho, de forma geral, foram pequenos e oscilaram (faixa de oscilação) de acordo com a característica avaliada e o método empregado, possibilitando ao pesquisador a obtenção de vários tamanhos convenientes de parcela, levando-se em conta as condições, limitações e particularidades da pesquisa.

**Palavras chave:** Métodos, produtividade, parâmetro, variância, número de plantas, uniformidade.

## ESTIMATES OF THE SIZE OF EXPERIMENTAL PLOTS FOR EVALUATION OF PHENOTYPIC DESCRIPTORS IN MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.)

Author: Orlando Melo Sampaio Filho  
Adviser: Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

**ABSTRACT:** The castor bean is a species of great economic and social importance for generating employment and income for small farmers. The objective of this work was to estimate the optimal size of experimental plots for the evaluation of relevant phenotypic descriptors for the characterization of castor bean genotypes with different methods and to compare them to identify with which parameters their results are related. The experiment consisted of a uniformity test, which was conducted in Cruz das Almas, BA, with lineage 222, planted in spacing of 3 m x 1 m, consisting of 10 rows of 37 plants each and considered as useful the eight rows Centrals with 35 plants per row, in a total of 280 plants and floor area of 840 m<sup>2</sup>. In the evaluations, each plant was considered as a basic unit (ub), an area of 3 m<sup>2</sup>, making up 280 basic units (ub). NRC - Number of racemes harvested, CR - Mean length of the first three racemes, NSR - Number of racemous seeds, PSR - Weight of racemous seeds, PRP - Weight of racemes per plant, NSP - Number of seeds Per plant and PROD - Productivity. For the determination of the optimum plot size, the methods of maximum modified curvature, comparison of variances, the W.H. Hatheway method, and the method of the linear model with plateau were used. The values of the plot size estimates obtained in this work were, in general, small and oscillated with the evaluated characteristic and the employed method, enabling the researcher to obtain several convenient plot sizes, taking into account the conditions, limitations And particularities of the research.

**Keywords:** Methods, productivity, parameter, variance, number of plants, uniformity.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O tema biocombustível tem sido muito explorado na atualidade, gerando grandes expectativas, tanto na população quanto na comunidade científica. Nas energias renováveis e no uso em transporte, os biocombustíveis possuem papel especial, isso acontece por consequência da ligação direta aos objetivos modernos do desenvolvimento sustentável (KOHLHEPP, 2010). Com vantagens competitivas, tais como (ganhos ambientais, aspectos econômicos, fonte renovável e aspectos sociais) os biocombustíveis são considerados uma alternativa ecologicamente favorável.

Em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), estabeleceu objetivos, para melhorar o desenvolvimento social dos pequenos agricultores familiares. Para isso, foi definido um conjunto de políticas de incentivo que visam inserir a agricultura familiar no processo produtivo, de forma sustentável (CÉSAR; BATALHA, 2011).

O Programa Brasileiro Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) proporcionou uma grande demanda para o biodiesel no Brasil (CÉSAR e BATALHA, 2010). Após a sua introdução, foi autorizada a mistura do biodiesel ao diesel fóssil, entrando em vigor em janeiro de 2008 a mistura obrigatória de 2% (B2) em todo o país. Então com a melhoria do mercado brasileiro o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) ampliou essa porcentagem, em janeiro de 2010, para 5% (B5) (APROBIO, 2015).

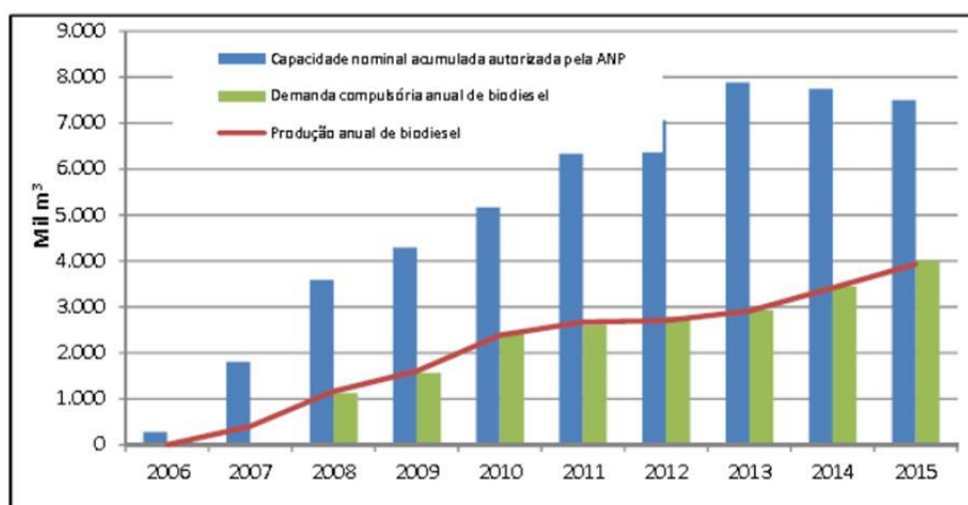
Em 2014 entrou em vigor a última autorização de mistura do biodiesel ao diesel fóssil, ampliando a porcentagem para 7% (B7). Porém, no dia 02 de março de 2016 foi aprovado pelo Plenário da Câmara dos Deputados o aumento progressivo do percentual do biodiesel adicionado ao diesel (UBRABIO, 2016). Essa mistura obrigatória é positiva para o Brasil, com reflexos na economia, na sociedade e no meio ambiente. A Lei estabelece que a mistura obrigatória passe de 7%, para 8%, com previsão para implantação dos 10% (B10) até o ano de 2020 (UBRARIO, 2016).

Cada região do Brasil apresenta matérias-primas específicas para a produção de biodiesel, por exemplo: na região Norte, as palmeiras, com destaque para o dendê; na região semiárida do Brasil, que abrange quase todos os estados

do Nordeste, a mamona e o algodão; na região Centro-Oeste e Sudeste, pode-se utilizar soja, algodão e girassol, e na região Sul serão usados soja, girassol e canola (TRZECIAK et al., 2008).

Segundo Filho et al. (2015) o Brasil vem se preocupando em investir em pesquisas para ampliar a diversificação do óleo usado na produção de biodiesel, e também para acrescentar valor aos produtos e reduzir as diferenças econômicas, especialmente no Nordeste do Brasil.

O Gráfico 1, mostra que existiu no Brasil um progresso anual quanto à produção, demanda e capacidade do biodiesel, autorizada pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Observa-se que a produção anual em 2006 era de 0 m<sup>3</sup> e em 2015 passou a ser 4.000 mil m<sup>3</sup>; a demanda compulsória em 2008 era um pouco mais de 1.000 mil m<sup>3</sup> e em 2015 passou a ser de 4.000 mil m<sup>3</sup>; e a capacidade nominal acumulada era em 2006 de aproximadamente 500 mil m<sup>3</sup> e em 2015 passou a ser um pouco mais de 7.000 mil m<sup>3</sup> (PINTO, 2016).



**Gráfico 1.** Evolução anual da produção, da demanda compulsória e da capacidade nominal autorizada pela ANP no país.

Fonte: Pinto, 2016, Boletins ANP.

César e Batalha (2011) relataram que entre as variadas espécies de oleaginosas que estão disponíveis para o uso na produção de biodiesel, a mamona (*Ricinus communis* L.) foi considerada como a de maior prioridade pelo governo brasileiro. Principalmente pelo baixo custo de instalação e produção da cultura, bem como sua relativa adaptação ao estresse hídrico, o que possibilita

que a mamoneira cresça em condições adversas de solo e clima, características predominantes em grande parte do Nordeste brasileiro.

### **Importância da mamoneira**

Apesar de sua origem provável ser a Ásia, a espécie é encontrada de forma espontânea em várias regiões do Brasil, desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul (COSTA et al., 2006). A mamoneira (*Ricinus communis* L.) foi introduzida no Brasil pelos portugueses, no período colonial, e é uma planta oleaginosa de considerável potencial econômico. Os principais produtos ou subprodutos da mamona de relevância na agricultura são o óleo e a torta (SILVA et al., 2016).

O óleo da mamona tem grande variedade de utilização, que resulta na sua importância para a indústria. Ele pode ser usado na fabricação de tintas, como lubrificante na aeronáutica, base na manufatura de cosméticos, drogas farmacêuticas e em vários processos industriais (SANTOS et al., 2014). É um óleo bastante estável em várias condições de pressão e temperatura (RAMANJANEYULU et al., 2013). Ademais, o seu uso reduz a emissão de poluentes (SINGH et al., 2013).

Escolhida como uma das oleaginosas fornecedoras de matéria-prima para fabricação de biodiesel no Brasil, a mamona tem importância econômica e social por se tratar de uma cultura com viabilidade de produção pela agricultura familiar (SILVA et al., 2016).

Sá et al. (2015) destacam que existe um “monopólio” da produção mundial de mamona pela China e Índia (cerca de 95% da produção mundial), e a consequente perda de espaço do Brasil nesse segmento, deve-se à falta de incentivo federal ao avanço e à inovação tecnológica na cultura em nosso país, e, por outro lado, à elevação abusiva no preço do óleo da mamona e ao baixo custo da mão de obra usada no agronegócio da mamona na Índia e na China.

Espera-se, para os próximos anos, que o país consiga mudar esse quadro atual de baixa produção e assim manter o PNPB de forma sustentável, garantindo seus objetivos de promover a inclusão social e o desenvolvimento regional, com geração de emprego e renda. Para isso, conta-se com o empenho dos produtores

nordestinos, que, além de estarem na região brasileira mais apta ao cultivo da mamona, possuem tradição na produção dessa oleaginosa e, por isso, podem ser muito beneficiados com o sucesso do programa (SOUTO; SICSU, 2016).

### **Fisiologia da mamoneira**

A mamoneira requer temperaturas médias, entre 20 °C e 30 °C, com baixa umidade relativa do ar, entre 40% a 65%, sendo o ótimo em torno de 55% durante a fase de crescimento e de produção, para obter máxima produtividade (WEISS, 1983).

A espécie é tida como uma planta autógama. No entanto, apresenta alta taxa de alogamia, enquadrando-se melhor na classificação de plantas mistas ou intermediárias (MACHADO et al., 2016). É uma planta xerófila e heliófila, provavelmente originária da Ásia, explorada comercialmente entre as latitudes 40 °N e 40 °S. Apresenta crescimento do tipo indeterminado, especificamente denominado de dicotômico, sendo do padrão heteroblástico, alométrico e desenvolvimento do tipo heterogônico. Tem fotossíntese do tipo C<sub>3</sub>, com elevada taxa de fotorrespiração e baixa eficiência no uso da água e do nitrogênio (AMORIM NETO et al., 2001).

A mamoneira deve ser cultivada exposta diretamente ao sol, não tolera sombreamento e que apresenta grande resistência ao estresse hídrico (SOUTO; SICSU, 2016), embora Miranda et al. (2016) afirmem que a disponibilidade de água é fundamental para potencializar a produção dessa cultura. A maior exigência de água no solo ocorre durante a fase reprodutiva, com maior chance de obtenção de produção economicamente viável em áreas onde a precipitação mínima até o início da floração seja em torno de 400 mm – 500 mm (BAHIA, 1995). É uma cultura, de dias longos, necessitando de pelos menos 12 horas de luz por dia para produzir bem, no entanto, pode produzir satisfatoriamente com no mínimo 9 horas (OLIVEIRA et. al., 2008).

Com relação às condições edáficas, as plantas de mamoneira são exigentes em nutrientes, e apesar da importância econômica e social que a cultura tem, poucos trabalhos de pesquisas têm sido desenvolvidos no sentido de

se estudar sua nutrição e adubação, principalmente a adubação orgânica (FERREIRA, 2012; PAIXÃO et al., 2013).

No entanto, tem se observado uma baixa produtividade da cultura, o que dificulta seu uso na produção de biodiesel. Vários fatores contribuem para este fato como, a baixa qualidade das sementes, que geralmente são produzidas pelos próprios agricultores e que resulta em um alto grau de heterogeneidade, solos de baixa fertilidade ou degradados, espaçamento incorreto, susceptibilidade á pragas e doenças, além da escassez de tecnologias de produção. Desse modo torna-se imprescindível o avanço do nível tecnológico empregado no cultivo da mamoneira, por meio de técnicas mais eficientes de manejo que aperfeiçoem o uso da área de produção, assim como o emprego de variedades melhoradas.

### **Melhoramento genético no Brasil**

No Brasil, o primeiro programa de melhoramento genético da mamoneira foi iniciado em São Paulo, pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, em 1936 (KRUG et al., 1943). O objetivo inicial foi selecionar cultivares mais produtivas, com maior resistência a pragas. Em 1937 começaram os primeiros ensaios de competição com genótipos de portes altos e anões com as cultivares Zanzibar e Sanguínea. Em 1957 foi lançada em São Paulo e Minas Gerais a cultivar IAC 38. Posteriormente foram realizados estudos para eliminar a deiscência da IAC 38 por meio do cruzamento IAC x Cimarrom surgindo daí a cultivar Campinas, com alto grau de indeiscência. Cruzamentos subsequentes entre a Campinas x Preta resultaram na cultivar Guarani com indeiscência menos pronunciada que a Campinas e 50% mais produtiva. Posteriormente vieram a IAC 80, IAC 226 e IAC 2028, essa, a cultivar mais recentemente lançada pelo IAC para atender o agronegócio da mamona no Brasil (SAVY FILHO et al., 2007).

Já em 1940, o Brasil atingia a condição de primeiro produtor mundial de mamona, com a área plantada anualmente elevada, que chegou a mais de 370 mil hectares ano<sup>-1</sup> no período entre 1969 a 1981 e mais de 300.000 t de bagas ano<sup>-1</sup> de produção (BELTRÃO, 2006a). Porém, com o investimento em tecnologia avançada na produção de híbridos de alto rendimento a China juntamente com a Índia ultrapassou o Brasil em produtividade de mamoneira.

No estado da Bahia, os trabalhos envolvendo melhoramento genético da mamoneira foram iniciados na década de 60, pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Leste – IPEAL, com sede em Cruz das Almas. Esse órgão foi extinto, alocado posteriormente para a fundação do Centro de Mandioca e Fruticultura da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Dessa forma, os trabalhos de pesquisa com a cultura passaram então a ser conduzidos a partir de 1974 pela Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia – EPABA, que depois foi transformada na Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola – EBDA. Posteriormente, a partir da década de 80 os trabalhos de melhoramento foram conduzidos em Itaberaba. Como resultados desses trabalhos, várias cultivares foram desenvolvidas entre as quais a Sipeal 1, a Sipeal 9, a Sipeal 28 e 12 e a Epaba 2 (CERQUEIRA, 2008).

A cultivar de maior destaque foi a Sipeal 28 que tem porte médio, caule roxo, sem cera, frutos deiscentes, sementes de cor preta, floração do primeiro cacho com 55 dias, teor de óleo nas sementes de 47,3% e produtividade média em condições de sequeiro de 1.300 kg ha<sup>-1</sup> de bagas (BELTRÃO, 2006b). Em 2008 a Secretaria da Agricultura da Bahia (Seagri) lançou duas novas variedades da espécie (MPB1 e MPA 11), para subsidiar a mecanização da produção e a consorciação da mamoneira, destinada à produção familiar (SANTIAGO et. al., 2008).

No ano de 1987, a Embrapa Algodão, localizada em Campina Grande-PB, iniciou seu trabalho de melhoramento da cultura, com o desenvolvimento de cultivares adaptados ao semiárido do Nordeste, com destaque para as BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu. Mais recentemente, no ano de 2008, lançou a cultivar BRS Energia, que possui um ciclo de até 100 dias, altura de 1,4 m e rendimento de 2.200 kg ha<sup>-1</sup>.

Outras Instituições de pesquisa como a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Esalq, a Universidade Federal de Viçosa – UFV, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Epamig, a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará – Epac e a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – Ipa, também, participam ativamente das redes de competição de cultivares de mamoneira, que culminou com o lançamento das cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, respectivamente, em 1998 e 1999, para toda a



área zoneada para a mamoneira no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais (AZEVEDO; LIMA, 2001).

Em 2005 a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB – localizada em Cruz das Almas, iniciou seus trabalhos em melhoramento da espécie, e desde então vem procurando estruturar seu programa por meio da seleção e hibridização de materiais com elevado potencial produtivo e adaptados à altitude abaixo de 300 m (CERQUEIRA, 2008).

Os ensaios de competição de cultivares e cruzamentos dos indivíduos selecionados realizados no Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) da UFRB, após 11 anos de atividade, mostraram resultados positivos com a seleção das cultivares Sipeal 28, BRS Nordestina, EBDA MPA 17 e BRS Paraguaçu e com o surgimento de populações segregantes com indivíduos potenciais para avaliação e posterior seleção de melhores indivíduos. Estes resultados são observados nos trabalhos de alguns autores (BAHIA et al. 2008; Cerqueira, 2008 e SAMPAIO FILHO et al. 2011) que obtiveram grupos distintos de genótipos de mamoneira, que foram testados em ambientes de baixas altitudes. Assim resultaram os cruzamentos realizados para construção das populações segregantes, conduzidas por Passos et al. (2010), e em gerações avançadas por Oliveira (2011). Em outros trabalhos conduzidos com esse material, Santos (2013) realizou estudo de seleção por meio de descritores morfoagronômicos e moleculares e Silva (2016) investigou a divergência genética, interação  $g \times e$ , adaptabilidade e estabilidade de linhagens e cultivares de mamoneira.

### **Tamanho da parcela ou unidade experimental**

O sucesso de um programa de melhoramento não é garantido apenas com a simples adoção dos testes de progênies, faz-se necessária a adoção de algumas medidas que propiciem maiores ganhos e melhor precisão do experimento (SILVA, 2016). As diferenças entre genótipos, principalmente daquelas espécies bastante melhoradas, tendem a ser cada vez menores. Portanto, a manutenção dos ganhos genéticos com seleção depende, dentre outros aspectos, do aumento na precisão experimental (SOUSA et al., 2016).

Na experimentação, para que os dados gerados com os testes sejam mais precisos, é necessário que o pesquisador defina adequadamente o tamanho da unidade experimental ou parcela, reduzindo o erro experimental, aumentando assim as chances de se detectar diferenças entre os tratamentos (MUNIZ et al., 2009).

Para diminuir o erro experimental e, conseqüentemente, aumentar a precisão e a eficiência do experimento, o pesquisador deve obter o máximo de informações sobre a área de avaliação e a cultura utilizadas. O erro experimental consiste na variação entre as parcelas (unidades experimentais), depois de retirados os efeitos controlados (tratamentos, blocos, filas, colunas, dentre outros), que pode ser reduzido ou minimizado, mas nunca totalmente eliminado (STORCK et al., 2011).

Alguns requisitos básicos são fundamentais, para a escolha de um arranjo experimental que contribua para a maior precisão do experimento, entre eles, o número adequado de repetições, número de plantas por parcela, heterogeneidade do material experimental, tipo de tratamento aplicado, tratos culturais, manejo e controle de pragas, doenças e plantas daninhas, amostragem na parcela e, principalmente, heterogeneidade das unidades experimentais (DIAS, 2014).

Para conhecer a variabilidade na área experimental, podem ser conduzidos ensaios em branco, específicos para a identificação da variabilidade ou do índice de heterogeneidade da característica avaliada (BRUM et al., 2016). Os dados coletados em unidades experimentais básicas desses ensaios podem ser utilizados para a determinação do tamanho ótimo de parcela, por distintas metodologias (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016)

Planejamentos experimentais, com adequado dimensionamento de tamanho ótimo de parcela e de número de repetições, são fundamentais para quantificar com precisão características de interesse nas diversas culturas (SANTOS et al., 2016)

Foram publicados inúmeros trabalhos sobre tamanho de parcelas em experimentos agrícolas, no Brasil e em todo o mundo e em diversas culturas (BRUM et al., 2016; CARGNELUTTI FILHO et al., 2016; LÚCIO et al., 2016; SANTOS et al., 2016; SOUSA et al., 2016; SCHMILDT et al., 2016). Entretanto, para a mamoneira, foi encontrado apenas um trabalho realizado no exterior, o de

Patel et al. (2005), e duas referências nacionais a esse respeito, ou seja, a de Oliveira et al. (2010) e a de Paludo et al. (2015). Nessa cultura, a definição do número de plantas por parcela constitui-se um caráter empírico, calcado na experiência do pesquisador.

Experimentos de avaliação e caracterização de comportamento de genótipos de mamoneira utilizam diferentes números de plantas úteis por parcela experimental, por exemplo: trinta plantas por parcela (BAHIA et al., 2008; SAMPAIO FILHO et al., 2011), vinte plantas (FIGUEIREDO NETO et al., 2004), onze plantas (COSTA et al., 2006) dez plantas (PASSOS et al., 2010) e cinco plantas por parcela (NETO et al., 2010).

### **Métodos para estimativa do tamanho da parcela**

A literatura contempla diversos métodos para determinação do tamanho ótimo da parcela, que se norteiam em vários princípios, como a identificação do ponto de uma forma visual (FEDERER, 1955), por métodos algébricos (LESSMAN; ATKINS, 1963; MÉIER; LESSMAN, 1971), com base em modelos de superfície de resposta (BARROS; TAVARES, 1995), a partir de experimentos com aplicação de tratamentos (ROSSETTI, 2002; ALVES; SERAPHIN, 2004), por uso do coeficiente de auto correlação parcial de primeira ordem (PARANAÍBA et al., 2009), ou, ainda, ajustes de modelo de regressão segmentada (CARGNELUTTI FILHO et al, 2011).

As metodologias existentes, por serem vastas, confundem o experimentador na hora da escolha de qual estratégia aplicar, já que levam a diferentes resultados. Como exemplo, desta variedade apresenta-se: Método da Máxima Curvatura, Método de H. Fairfield Smith, Método da Máxima Curvatura Modificado, Método da Informação Relativa, Método da Regressão Múltipla, Método de W. H. Hatheway, Método de Pimentel Gomes, Método da Comparação de Variâncias, Método do Modelo linear de Resposta Platô (MLRP), Método do Modelo Quadrático de Resposta Platô (MQRP), Método do Modelo Exponencial de Resposta Platô (MERP), Método do Coeficiente de Correlação Intraparcelar, Método da Curvatura Máxima do Coeficiente de Variação e Método de Papadakis.

Dentre estes, os mais utilizados são: Método da Máxima Curvatura Modificado, Método da Comparação de Variâncias e o Método de W. H. Hatheway.

Lessman e Atkins (1963) com objetivo de eliminar a influência da escala dos eixos coordenados na determinação do ponto de máxima curvatura, propuseram uma alteração no método da máxima curvatura que incorpora o coeficiente de heterogeneidade do solo de Smith (1938), pelo estabelecimento de uma relação entre coeficiente de variação (CV) e o tamanho da parcela, representada por uma equação de regressão do tipo potencial,  $y = a / x^b$ , em que  $y$  representa o coeficiente de variação, e  $x$  o correspondente tamanho da parcela em unidades básicas. Essa alteração foi denominada método da máxima curvatura modificado (MEIER; LESSMAN, 1971; BAKKE, 1988) e reside em determinar algebricamente o ponto onde a curvatura é máxima.

A equação geral  $y=a/x^b$ , define a relação entre a variância da produção por área unitária e o tamanho de parcela em unidades básicas,  $V_x = \frac{V_y}{x^b}$  (LESSMAN; ATKINS, 1963) e também a relação entre o coeficiente de variação e o tamanho da parcela, quando as constantes apropriadas  $a$  e  $b$  são conhecidas. Os coeficientes de variação estimados nos ensaios em branco são dados por  $CV_x = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} \times 100$  sendo  $V_x = S_x^2$ , e  $\bar{x}$  a média da produção das parcelas de  $x$  unidades básicas, o que representa uma medida do tamanho da parcela em produção (LESSMAN; ATKINS, 1963; BAKKE, 1988), e justifica o uso da equação geral para relacionar o coeficiente de variação e o tamanho da parcela, ou seja,  $CV_x = \frac{a'}{b'}$ , como ilustra Bakke (1988).

Os parâmetros  $a$  e  $b$  podem ser estimados pelo método dos mínimos quadrados ponderados pelos respectivos graus de liberdade. Determina-se a derivada primeira da função  $dy/dx$ , e dela calcula-se a inclinação ( $M$ ) da reta tangente para cada valor de  $x$ , sendo então, o ângulo de intersecção entre duas retas tangentes aos pontos  $x_1$  e  $x_2$  determinado por  $tg \theta = \frac{M_2 - M_1}{1 + M_2 M_1}$ .

Como propuseram Lessman e Atkins (1963), as duas retas tangentes com o maior ângulo de inclinação indicam a região de uma curva onde a taxa direcional de mudança na função é maior em relação a incrementos de  $x$ , e esta

região é determinada através de cálculos consecutivos, em que os incrementos de  $x$  são fixos.

Meier e Lessman (1971) sugeriram uma alteração na proposta de Lessman e Atkins (1963), por considerarem que ao se determinar a região de máxima curvatura através de cálculos sequenciais, com incrementos fixos na variável  $x$ , estaria se cometendo um erro, pois, a incrementos fixos e sucessivos de  $x$  correspondem comprimentos variáveis da curva. Bakke (1988) argumenta que os autores originalmente não consideraram que a curvatura também seja função do comprimento do arco considerado.

Dessa forma, Meier e Lessman (1971) sugerem tomar incrementos iguais ao longo da curva. A curvatura  $K$  em qualquer ponto da linha corresponde a  $K = \frac{y''}{(1+y'^2)^{3/2}}$ , em que,  $y'$  e  $y''$  são as derivadas primeira e segunda da função que define a linha, sendo que a curvatura será máxima onde a derivada de primeira ordem de  $K$  em relação a  $x$  for a igual a zero ( $\frac{dK}{dx} = 0$ ). Assim, para a função

$CV_x = \frac{a}{x^b}$ , o ponto de máxima curvatura será  $X_{MC} \left[ \frac{a^2 b^2 (2b+1)}{b-2} \right]^{\frac{1}{(2b+2)}}$  em que:  $a$ : constante de regressão (intercepto); e  $b$ : coeficiente de regressão (inclinação).

O método da comparação de variâncias (VALLEJO; MENDOZA, 1992), utiliza dados de ensaio de uniformidade para determinação do tamanho de parcela experimental. Os tamanhos de parcela estimados por este método dependem do critério de classificação hierárquica utilizado para a análise dos dados. Ele baseia-se inicialmente em adotar uma classificação hierárquica para definição dos diferentes tamanhos de parcelas, estimar as variâncias para os respectivos tamanhos de parcelas, e por meio da análise de variância corrigir e reduzir essas variâncias em relação à unidade de menor nível hierárquico dentro da classificação hierárquica adotada (HATHEWAY; WILLIAMS, 1958; VALLEJO; MENDOZA, 1992).

As estimativas das variâncias reduzidas  $\hat{V}(x_i)$  em relação a uma unidade básica (planta) são obtidas dividindo-se as variâncias corrigidas ( $\hat{V}_i'$ ), dos diferentes tamanhos de parcelas, pelos seus respectivos números de unidades básicas, como se segue:  $\hat{V}_{x=i} = \frac{S_{x_i}^2}{x_i}$ . Após estes procedimentos, aplicam-se

consecutivos testes de Bartlett para testar a homogeneidade das variâncias (GOMEZ; GOMEZ, 1984; NUNES, 1998) e exclui-se em cada teste a menor parcela com variância significativamente diferente. Quando um grupo de parcelas de diferentes tamanhos com variâncias estatisticamente similares for obtido, o menor tamanho de parcela deste grupo representa o tamanho ideal da unidade experimental.

O método da comparação de variâncias não permite a obtenção de valores intermediários entre as unidades básicas e é limitado em termos de opções de tamanho de parcela a serem avaliados, em função do modelo hierárquico utilizado.

O método de Hatheway (HATHEWAY, 1961), é uma fórmula de uso relativamente simples, constitui-se numa modificação da fórmula proposta por Cochran; Cox (1957), com a introdução do índice de heterogeneidade de Smith (1938). O método estima diferentes tamanhos de parcelas adequados às condições da pesquisa e não apenas um tamanho ótimo, por isso, é denominado “tamanho conveniente de parcela”.

Hatheway (1961) desenvolveu seu método por meio da junção da fórmula de Smith (1938)  $V_x = \frac{V_1}{x^b}$ , definida para a lei das variâncias com a fórmula proposta por Cochran; Cox (1957)  $r = \frac{2C^2(t_1+t_2)^2}{d^2}$ , para determinação do número de repetições, em que: r: número de repetições necessárias, para detectar uma diferença verdadeira d, entre dois tratamentos, medida em porcentagem da média; C: verdadeiro erro padrão por parcela, medido em porcentagem da média, usualmente estimado pelo coeficiente de variação;  $t_1$ : valor crítico da distribuição t de Student, ao nível  $\alpha_1$  de probabilidade, de acordo com as hipóteses experimentais e  $t_2$ , valor crítico bilateral da distribuição t de Student, ao nível  $\alpha_2$  de probabilidade, em que P é a probabilidade de se obter um resultado significativo.

Hatheway considerou para o desenvolvimento do seu método o seguinte: a partir da variância entre parcelas de x unidades básicas de tamanho,  $S_x^2$ , reduzindo-a inicialmente a uma base unitária (unidade básica), a)  $V'_x = \frac{S_x^2}{x}$ , e posteriormente para área unitária b)  $V_x = \frac{V'_x}{x} = \frac{S_x^2}{x^2} = \frac{S_x^2}{x^2}$ , como proposto (SMITH, 1938), o coeficiente de variação para parcelas de x unidades básicas de tamanho

( $CV_x$ ), é estimado por  $CV_x = \frac{S_x^2}{m_x} \times 100$ , em que:  $m_x$ , média das parcelas de  $x$  unidades básicas de tamanho,  $S_x$ , o desvio padrão e evidentemente que  $m_1 = \frac{m_x}{x}$  e  $m_x = m_1 \times x$  resulta que  $CV_x = \frac{S_x}{m_1 \times x}$ ,  $(CV_x)^2 = \frac{(S_x)^2}{x^2} \times \frac{1}{m_1^2} = \frac{V_x}{m_1^2}$ . Substituindo então na fórmula de Cochran e Cox (1957), tem-se:  $r = 2 \frac{V_x}{m_1^2} \times \frac{(t_1+t_2)^2}{d^2}$ , porém,  $V_x = \frac{V_x}{x^b}$ , logo  $r = \frac{2(t_1+t_2)^2}{d^2 m_1^2} \times \frac{V_x}{x^b} = \frac{2(t_1+t_2)^2}{x^b d^2} \times \frac{V_x}{m_1} = \frac{2(t_1+t_2)^2}{x^b d^2} \times CV$  ou  $X^b = \frac{2(t_1+t_2)^2 CV^2}{rd^2}$ , ou ainda,  $X = \sqrt[b]{\frac{2(t_1+t_2)^2 CV^2}{rd^2}}$ , em que: X: tamanho de parcela para um dado número de unidades básicas;  $CV^2$ : quadrado do coeficiente de variação (%) de parcelas de uma unidade básica de tamanho, o qual pode, na prática, ser considerado como um valor usual, selecionado a partir de experimentos anteriores; b: coeficiente ou índice de heterogeneidade de Smith;  $t_1$ : valor crítico da distribuição de Student ao nível  $\alpha_1$  de probabilidade;  $t_2$ : valor crítico da distribuição de Student ao nível  $\alpha_2 = 2(1-P)$  de probabilidade, em que P é a probabilidade selecionada de se obter um resultado significativo; r: número de repetições e d: diferença a ser detectada medida em porcentagem da média.

O procedimento para determinar o tamanho de parcela utilizando o método de Hatheway, reside em estimar previamente o coeficiente de Smith, especificar o delineamento a ser adotado, o número de repetições (r) que se deseja usar, os níveis de precisão pretendidos ( $\alpha$ , d e P) e proceder as estimativas (BAKKE, 1988).

Outra possibilidade do uso da equação de Hatheway (1961) é a sua aplicação para estimar a (d) diferença detectável entre médias de tratamento  $d = \sqrt{\frac{2(t_1+t_2)^2 CV^2}{rx}}$ . A estimativa da verdadeira diferença detectável entre médias de tratamentos, se embasa em utilizar o coeficiente de variação e o índice de heterogeneidade de Smith (1938), determinados para o experimento, e adotar os mesmos níveis de precisão utilizados na estimativa do tamanho de parcela pelo método de Hatheway (1961) para um definido delineamento.

Face o exposto, o objetivo deste trabalho é estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos relevantes para

caracterização de genótipos de mamoneira, por diferentes métodos, compará-los e identificar para quais parâmetros seus resultados são mais relacionados.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. de F. M.; SERAPHIN, J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.105-111, 2004.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; Lima, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2001. p.63-88.

APROBIO. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB**. Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil, 2015. Disponível em: <<http://aprobio.com.br/legislacaomercado/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 350p.

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

BAHIA, H. F.; SILVA, S. A.; FERNANDEZ, L. G.; LEDO, C. A. da S.; MOREIRA, R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43. n.3. p.357-362, 2008.

BAKKE, O. A. **Tamanho e forma ótimos de parcelas em delineamentos experimentais**. 1988. 142 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1988.



BARROS, I.; TAVARES, M. Estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais através de cálculos algébricos. **Bragantia**, v.54, n.1, p.209-215,1995.

BELTRÃO, N. E. de M. **A cadeia da mamona no Brasil, com ênfase para o segmento P e D: estado da arte, demandas de pesquisa e ações necessárias para o desenvolvimento**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006<sup>a</sup>. 19p.

BELTRÃO, N. E. de M. **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006b. 24p. Circular técnica, 84.

BRUM, B.; BRANDELERO, F. D.; OLIVEIRA VARGAS, T. de; STORCK, L.; ZANINI, P. P. G. Tamanho ótimo de parcela para avaliação da massa e diâmetro de cabeças de brócolis. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.447-463, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, M. T. C.; CASAROTTO, G. e LÚCIO, A. D. Métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais de híbridos de milho simples, triplo e duplo. **Ciência Rural**, v.41, n.9, p.1509-1516, 2011.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M. e FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência rural**, v.46, n.4, p.610-618, 2016.

CERQUEIRA, L. S. **Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude**. 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2008.

CÉSAR, A. S.; BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: A difficult reality. **Energy Policy**, v.38, n.8, p.4031-4039, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.027>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

CÉSAR, A. S.; BATALHA, M. O. Análise dos direcionadores de competitividade sobre a cadeia produtiva de biodiesel: o caso da mamona. **Produção**, v.21, n.3, p.484-497, 2011.

COSTA, M. N. da; et. al. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1617-1622, 2006.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental Designs**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1957. 611p.

DIAS, T. C. **Forma e tamanho ótimos de parcelas experimentais de eucalipto clonal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. 114 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FEDERER, W. T. **Experimental design**. New York: Mc Millan, 1955. 544p.

FERREIRA, M. M. M. Eficiência comparativa da adubação orgânica no crescimento da mamoneira no semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n.1, p.72-79, 2012.

FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. de A. C.; GOUVEIA, J. P. G. de; NÓBREGA, M. B. M.; FREIRE, E. C.; CARNEIRO, R. M.; PEDROZA, J. P. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, p.1-10, 2004.

FILHO, J. C. G.; PEITER, A. S.; PIMENTEL, W. R. O.; SOLETTI, J. I.; CARVALHO, S. H. V.; MEILI, L. Biodiesel production from *Sterculia striata* oil by ethyl transesterification method. **Industrial Crops and Products**. 74, 767–772. 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.013> >. Acesso em: 23 nov. 2016.

GOMEZ, K. A; GOMEZ, A. A **Statistical procedures for agricultural research**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1984. 680p.

HATHEWAY, W. H.; WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. **Biometrics**, Raleigh, v.14, n.2, p.207-222, 1958.

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.4, p.279-280, 1961.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, v.24, n.68, p.223-253, 2010.

KRUG, C. A.; MENDES, P. T.; SOUZA, G. F. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.) III: primeira série de ensaios de variedades (1937/38 - 1938/39). **Bragantia**, v.3, n.5, p.85-122, 1943.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. **Crop Science**. Madison, v.3, n.5, p.477-481, 1963.

LÚCIO, A. D.; SARI, B. G.; PEZZINI, R. V.; LIBERALESSO, V.; DELATORRE, F.; FAÉ, M. Heteroscedasticity between rows and harvests of cherry tomato yield characters and estimate of the plot size. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.2, p.223-230, 2016.

LUZ, R. P. **Caracterização morfofisiológica molecular e agrônômica de cultivares de mamoneira**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MACHADO, E. L.; SILVA, S. A.; dos SANTOS FERNANDES, L.; BRASILEIRO, H. S. Variabilidade genética e homozigose em uma população F4 de mamoneira por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, v.75, n.3, p.307-313, 2016.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* hordnt. **Crop Science**, v.11, n.5, p.648-650, 1971.

MIRANDA, W. L.; CARVALHO, L. G.; NETO, P. C.; SANTOS, P. A. B. Utilização do lisímetro de drenagem para obtenção do “Kc” da mamoneira em plantio adensado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.1, p.08-13, 2016.

MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H. de; SIMPLÍCIO, E.; SOARES, A. R. Estudo do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill, usando parcelas lineares. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1002-1010, 2009.

NETO, F. V. B., et al. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. **Revista Ciência Agrônômica**, v.4, n.2, p.294-299, 2010.

NUNES, R. P. **Métodos para a pesquisa agrônômica**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará - Centro de Ciências Agrárias, 1998. 564p.

OLIVEIRA, M. I. P. de et al. **Fatores que podem influenciar o crescimento e desenvolvimento da Mamoneira**. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE

MAMONA, ENERGIA E RICINOQUÍMICA, 2008, Salvador - BA, 3., Salvador. Anais... Salvador. Revista webdesign, 2008. CD-ROM.

OLIVEIRA, T. A.; PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; SILVA, S. A. ; MORAIS, A. R. ; DIAS, C. T. S. **Modelos de regressão com platô na estimação do tamanho de parcelas em experimentos com mamona.** In: 19º SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA - SINAPE, São Pedro. **Anais...** Associação Brasileira de Estatística. Anais; SINAPE: IME-UNICAMP 2010. Disponível em: <[http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona\\_%20Sinape\\_Ana%20Patricia.pdf](http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona_%20Sinape_Ana%20Patricia.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

OLIVEIRA, R. S. de. **Avaliação de População Segregante (F3) de Mamoneira em Condições de Baixas Altitudes.** 51p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas – BA. 2011.

PAIXÃO, F. J. R. et al. Produção de sementes e óleo de mamona com déficit de água e doses de nitrogênio. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v.28, n.1, p.51-55, 2013.

PALUDO, A. L.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; STORCK, L.; SANTOS, D. dos; HAESBAERT, F. Tamanho de parcela e número de repetições para mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.253-258, 2015.

PARANAÍBA, P. F.; et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2, p.255-268, 2009.

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

PATEL, J. K.; CHAUDHARY, G. K.; PATEL, K. S.; LORIA, J. M. Estimation of Optimum Size and Shape of Plot for Field Experiments on Irrigated Castor (*Ricinus Communis* Linn.) **Journal of The Indian Society of Agricultural Statistic**, v.59, n.1, p.32-47, 2005.

PINTO, F. V. Boletim Mensal do Biodiesel, ANP. **Boletins ANP**. Outubro de 2016. Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis. 2016.

RAMANJANEYULU, A. V.; VISHNUVARDHAN REDDY, A.; MADHAVI A. The impact of sowing date and irrigation regime on castor (*Ricinus communis* L.) seed yield, oil quality characteristics and fatty acid composition during post rainy season in South India. **Industrial Crops and Products**, v.44, p. 25–31, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.008>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

ROSSETTI, A. G. Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.433-438, 2002.

SÁ, ROGÉRIO O. de; et al. Mamona: opção para rotação de cultura visando a redução de nematoides de galha no cultivo do algodoeiro. Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt): **Circular Técnica**, no . 15, 2015.

SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; SILVA, M. S. da; CARVALHO, D. dos S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2011.

SANTIAGO, A. N. et al. EBDA MPA 11: nova cultivar de mamona com potencial agrônômico para o estado da Bahia e Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA ENERGIA E RICINOQUÍMICA, 3, 2008, Salvador. **Anais...** Campina Grande - PB: Embrapa Algodão, v 01. p 1-143. 2008.

SANTOS, L. A. **Caracterização e seleção de linhagens elites de mamoneira (*ricinus communis* L.) por meio do desempenho morfoagrônomico e molecular no estado da Bahia.** 77 F. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas – BA. 2013.

SANTOS, F. F. P. D.; ALMEIDA, F. D. L.; MOTA, F. D. A. D. S.; RIOS, M. A. D. S.; LIMA, A. A. D. S. Análise de superfície de resposta dos blends do óleo de mamona e babaçu. **GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v.4, n.3, p.1139-1149, 2014.

SANTOS, G. O. dos; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; FACCO, G.; TOEBE, M.; KLEINPAU, J. A.; NEU, I. M. M.; STEFANELLO, R. B. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.1, p.44-52, 2016.

SAVY FILHO A.; AMORIM E. P.; RAMOS N. P.; MARTINS A. L. M.; CAVICHIOLI J. C. IAC-2028: new castor bean cultivar. **Pes. Agro. Bras.** Bras. Brasil, v.42, n.3, p.449-452, 2007.

SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C. D.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38 n.2, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016373> >. Acesso em: 25 nov. 2016.

SOUSA, R. P. de; LIMA, P. S.; ASSIS, J. P. de. Tamanho e forma de parcelas para experimentos com girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.683-690, 2016.

SINGH, B.; SINGH, K.; RAO, G. R.; CHIKARA, J.; KUMAR, D.; MISHRA, D. K.; SAIKIA, S. P.; PATHRE, U. V.; RAGHUVANSHI, N.; RAHI, T. S.; TULI, R. Agro-technology of *Jatropha curcas* for diverse environmental conditions in India.,

**Biomass and Bioenergy**, v.48, p.191-202, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.11.025> >. Acesso em: 23 nov. 2016.

SILVA, M. F. D. O.; PRATES, E. M.; SANTOS SIRQUEIRA, F. J.; SOARES, N. S. Análise da oferta brasileira de mamona, no período de 1961 à 2012. **Revista estudo e debate**, v.22, n.2, p.195-213, 2016.

SILVA, V. **Divergência genética, interação G x E, adaptabilidade e estabilidade de linhagens e cultivares de mamoneira**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas – BA. 2016.

SILVA, W. de M. **Tamanho de parcelas experimentais e seleção simultânea de caracteres em progênies de Eucalyptus camaldulensis Dehnh.** 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia - UNESP, Ilha Solteira, 2016.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yield of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge. Inglaterra, v. 28, n.1, p.1-23, 1938.

SOUTO, K. C. de; SICSU, ABRAHAM B. A cadeia produtiva da mamona no estado da Paraíba: uma análise pós-programa do biodiesel. **Revista Econômica do Nordeste**, v.42, n.1, p.183-210, 2016.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2011. 200 p.

TRZECIAK, M. B.; NEVES, M. B.; VINHOLES, P. S.; VILLELA, F. A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Abrates**, v.18, n.1, 2, 3, p.030-038, 2008.



UBRABIO. **União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene**.  
www.ubrablo.com.br. Com informações da Agência Câmara de Notícias. 2016.

VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **Journal of American Society for Horticultural Science, Alexandria**, v.117, n.3, p.508-511, 1992.

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

## ARTIGO 1

### DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DA PARCELA EXPERIMENTAL PELO MÉTODO DA MÁXIMA CURVATURA MODIFICADO EM MAMONEIRA<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Acta Scientiarum-Agronomy*, em versão na língua inglesa.

## **Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelo método da máxima curvatura modificado em mamoneira**

**Resumo:** O cultivo da mamoneira é promissor devido ao seu potencial para a produção de óleos vegetais com propriedades especiais. Objetivou-se neste trabalho, estimar o tamanho adequado de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos relevantes para caracterização de genótipos de mamoneira. O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, que foi conduzido em Cruz das Almas, BA, com a linhagem de mamoneira 222, plantada no espaçamento de 3 m x 1 m, em 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações aferidas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub). Foram avaliados os caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta e PROD – Produtividade. Para a determinação do tamanho ótimo de parcela utilizou-se o Método da Máxima Curvatura Modificado. O tamanho ótimo de parcela é de oito plantas de mamoneira, para as características de rendimento e produção, com a área da parcela de 24 m<sup>2</sup> para o espaçamento de 3 m entre fileiras e 1 m entre plantas. Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos pelo Método da Máxima Curvatura Modificado neste trabalho, de forma geral, foram pequenos e oscilaram entre cinco a dez plantas de acordo com a característica avaliada.

**Palavras chave:** racemo, produtividade, descritores, uniformidade.

## **Determination of the optimum size of the experimental plot by the method of maximum curvature modified in castor bean**

**Abstract:** The cultivation of castor bean is promising because of its potential for the production of vegetable oils with special properties. The objective of this work was to estimate the adequate size of experimental plots for the evaluation of phenotypic descriptors relevant to the characterization of castor bean genotypes. The experiment consisted of a uniformity test, which was conducted in Cruz das Almas, BA, with line 222, planted in spacing of 3 m x 1 m, consisting of 10 rows of 37 plants each and considered as useful the eight rows Centrals with 35 plants per row, in a total of 280 plants and floor area of 840 m<sup>2</sup>. In the evaluated evaluations, each plant was considered as a basic unit (ub), area of 3 m<sup>2</sup>, thus making up 280 basic units (ub). NRC - Number of racemes harvested, CR - Mean length of the first three racemes, NSR - Number of racemous seeds, PSR - Weight of racemous seeds, PRP - Weight of racemes per plant, NSP - Number of seeds Per plant, PROD - Productivity. For the determination of the optimal portion size, the modified maximum curvature method was used. The optimal plot size is eight castor bean plants, for the yield and yield characteristics, with the plot area of 24 m<sup>2</sup> for plant spacings of 3 m between rows and 1 m between plants. The values of the plot size estimates obtained by the maximum curvature method modified in this work were, in general, small and oscillated with the evaluated characteristic, between five and ten plants.

**Keywords:** Raceme, productivity, descriptors, uniformity

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é um arbusto de cujo fruto se extrai um óleo de excelentes propriedades com largo uso como insumo industrial. Esta espécie vem se destacando no cenário agrícola do Brasil como uma opção de cultivo em períodos de safrinha e em regiões com baixo índice pluviométrico, devido a sua resistência à seca (FIOREZE et al., 2016).

É crescente a quantidade de pesquisa produzida envolvendo a mamoneira. Estão disponíveis trabalhos realizados com a cultura no Brasil e exterior, a exemplo, os realizados por Guo et al. (2014), que estudaram a toxicidade da ricina em seres vivos, Boer et al. (2014), que observaram a ampla utilização da mamoneira em compostos medicinais, Severino et al. (2015), relacionaram as características de composição da semente de mamoneira com o seu teor de óleo, Fioreze et al. (2016), associaram a influência da densidade de semeadura e do método de condução de plantas às características agronômicas da mamoneira, entre outras apurações.

A determinação do tamanho de parcela e do número de repetições em experimentos, são questões práticas pertinentes ao planejamento experimental, e sua caracterização de forma otimizada aufere maior precisão à pesquisa. O uso do tamanho e forma adequados da parcela é crucial para diferentes experimentos, pois, independentemente dos seus objetivos, o que se procura detectar é a existência de diferenças significativas entre tratamentos testados, que depende da redução do erro experimental (DONATO et al., 2008).

O número de pesquisas conduzidas contemplando estimativas de tamanho e forma de parcelas experimentais, para diversas culturas, é extenso. Entretanto, para a mamoneira, foi encontrado apenas um trabalho realizado no exterior, Patel et al. (2005) e dois nacionais que tratam desse assunto, ou seja o de Oliveira et al. (2010) e o de Paludo et al. (2015).

Encontra-se na literatura, farta quantidade de métodos para obtenção de tamanhos de parcela. O Método de Máxima Curvatura Modificado é um dos mais utilizados em estudos para determinar tamanho ótimo de parcela. Proposto por Lessman; Atkins (1963) pode ser visto como um aperfeiçoamento e modificação

do Método da Máxima Curvatura (MMC), a partir da combinação dos métodos de inspeção visual da máxima curvatura com o método de Smith.

Este método tem a vantagem de estabelecer uma equação de regressão que normalmente apresenta maiores valores de coeficiente de determinação (comparado com outros métodos), o que possibilita estimar o tamanho adequado de parcela de forma algébrica, aumentando a confiabilidade das estimativas e permitindo encontrar valores intermediários entre os tamanhos de parcelas pré-determinados no experimento (VIANA et al., 2002).

Quando não existem estudos sobre a otimização de parcela para experimentos de campo para determinada cultura, cada pesquisador usa o tamanho que melhor se adequa à sua realidade, determinada pela disponibilidade de recursos físicos, técnicos e financeiros (SCHMILDT et al., 2016).

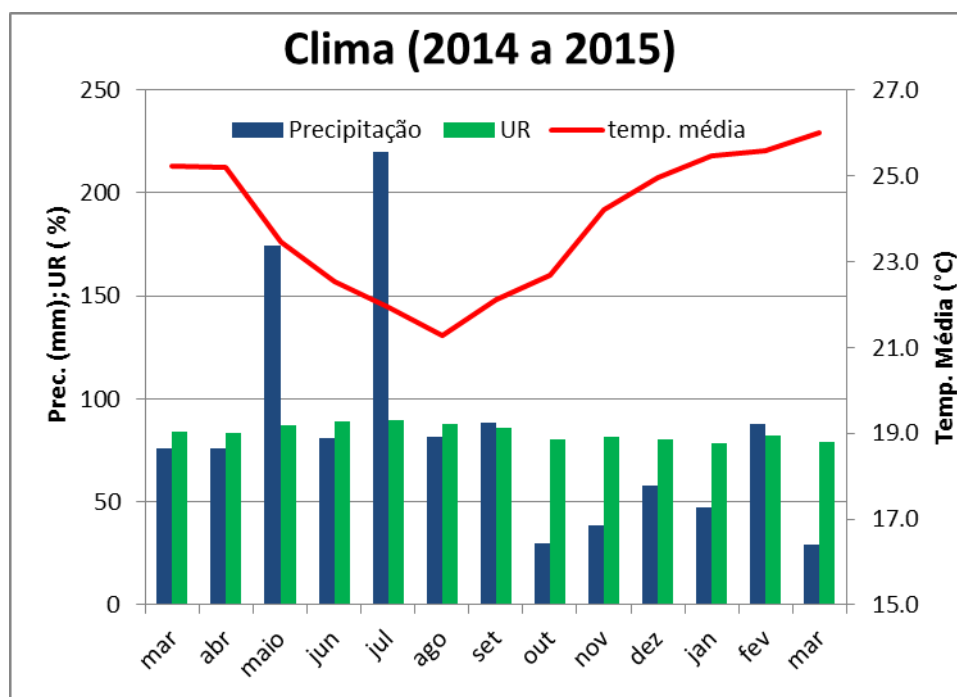
Diante da crescente demanda de produção da mamoneira para fins de produção de biodiesel no país e da necessidade de se intensificar os estudos sobre a espécie, objetivou-se avaliar o tamanho ótimo de parcela para a cultura por meio do Método da Máxima Curvatura Modificado, nas condições agroecológicas do Recôncavo da Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Implantação e condução da cultura**

O ensaio foi realizado entre os meses de abril de 2014 e março de 2015, em área experimental pertencente ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), vinculado ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas (BA). Segundo Nacif et al. (2008), o município localiza-se na microrregião geográfica de Santo Antônio de Jesus, região econômica do Recôncavo Sul. Situada no planalto pré-litorâneo, apresenta clima tropical quente e úmido (Am), segundo a classificação de Köeppen e altitude de 220 m acima do nível do mar. Com pluviosidade média anual de 1.170 mm, com variações entre 900 mm e 1.300mm, sendo os meses entre março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos. A temperatura média anual é de 24,1 °C.

Como mostrado na Figura 1, a temperatura média mensal foi de 24° C para o ano agrícola 2014-2015, sendo o mês de agosto o mais frio. A pluviosidade acumulada durante o período de crescimento foi de 855 mm, valor que está acima do recomendado por Carvalho et al. (2010), para a cultura, que é de 500 mm a 800 mm, fato este frequentemente observado na Região e favorável ao desenvolvimento das plantas.



Fonte: Embrapa Mandioca e Fruticultura

**Figura 1.** Valores médios mensais de temperatura do ar (° C), umidade relativa (%) e precipitação pluviométrica total (mm) durante os meses de março de 2014 a março de 2015, nas condições climáticas de Cruz das Almas, BA.

Foi observado uma drástica redução no índice pluviométrico no final do ciclo da cultura, ou seja, nos meses de outubro à dezembro foram os meses que menos choveram, período em que a planta estava no ápice do seu estágio reprodutivo.

Por ser uma espécie extremamente sensível ao ataque do mofo cinzento, fungo que causa grandes prejuízos na produção de frutos, a mamoneira não tolera grandes percentuais de umidade relativa no ar, e foi observado valores

acima de 80% de U. R. para todos os meses de cultivo, chegando à 90% de U. R. no início da frutificação.

O material vegetal utilizado para o plantio foi composto por sementes de mamoneira linhagem 222, oriunda de cruzamentos entre as cultivares pioneiras pertencentes ao programa de melhoramento genético de mamoneira da UFRB.

Para a correção do solo e adubação das plantas, seguiram-se as recomendações com base na análise de fertilidade química do solo, sendo aplicados  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$  aos 30 dias após a emergência da cultura DAE, e  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  aos 60 DAE),  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  no plantio. A cultura foi conduzida em regime de sequeiro, a semeadura foi realizada com três sementes por cova e desbaste aos 10 dias após a emergência, deixando uma planta por cova. O controle de plantas daninhas foi realizado mensalmente com capina manual.

O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, com espaçamento utilizado de  $3 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ , formado de 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de  $840 \text{ m}^2$ . Nas avaliações aferidas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), com área de  $3 \text{ m}^2$ , perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub).

### **Avaliações fitotécnicas**

Procedeu-se as avaliações dos caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta e PROD – Produtividade.

Todas as aferições seguiram as instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis L.*) descritas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, disponível em MAPA (2008).

Para avaliar o número de racemos colhidos por planta (NRC) foram realizadas contagens periódicas durante todo o ciclo da cultura. O caráter comprimento de racemo (CR) foi medido com auxílio de régua milimétrica e



cálculo da média do comprimento dos três primeiros racemos, quando os mesmos se encontravam em estado de maturação plena. Este caractere, acrescido do número de sementes por racemo (NSR), peso de sementes por racemo (PSR), peso de racemo por planta (PRP), e número de sementes por planta (NSP) foram avaliados nos três primeiros racemos de cada planta, utilizando régua e balança digital de precisão.

Após secagem ao sol em terreiro, as sementes que não foram removidas dos frutos por deiscência, foram retiradas por meio de batidas em sacos de “aniagem” e as que ainda apresentavam casca aderida, extraídas com alicate de poda manualmente. As sementes foram pesadas para determinação do peso de sementes por planta (PSP) e a partir desse valor foi calculada a produtividade (PROD) estimada em função da área útil da planta.

### Método de análise dos dados

Fileiras	1	2	3	4	5	6	7	8
plantas								
1	617,33	548,00	951,00	451,00	723,00	1.461,67	601,67	592,33
2	765,67	270,00	737,00	611,67	135,67	670,00	295,00	2.543,33
3	607,33	494,33	425,00	322,00	312,00	928,00	381,33	493,33
4	537,67	428,00	416,00	573,33	318,33	217,67	476,00	298,67
5	382,67	773,33	254,67	1.165,00	224,33	275,33	273,67	1.471,67
6	689,00	374,33	780,00	210,67	121,00	641,00	185,67	308,33
7	378,33	360,33	646,00	447,33	391,67	662,67	382,33	371,33
8	283,67	389,00	898,00	472,33	587,67	731,67	673,30	645,33
9	654,00	294,00	929,00	399,67	413,00	189,33	353,00	593,00
10	972,67	511,67	1.647,33	273,67	351,00	155,67	772,67	571,00
11	1.056,33	561,00	922,00	444,00	351,33	283,33	697,67	323,67
12	799,00	1.013,00	1.088,33	706,00	606,67	445,67	433,67	383,00
13	385,00	770,67	1.377,67	503,67	1.316,00	178,00	1.004,00	342,67
14	431,67	636,33	1.036,67	1.258,00	1.316,67	511,00	3.375,00	331,00
15	719,00	350,00	800,00	181,67	668,67	557,00	412,67	289,33
16	473,00	373,00	1.368,67	707,33	125,00	616,67	1.228,33	514,33
17	762,33	453,33	376,00	936,33	435,67	524,67	1.475,00	673,33
18	779,00	864,33	1.528,67	1.431,33	140,33	654,00	319,67	896,67
19	630,00	570,33	484,67	643,33	495,00	221,00	585,33	273,33
20	1.257,33	778,33	356,00	1.178,00	415,33	220,67	1.102,00	258,33
21	468,67	1.019,33	773,67	200,00	403,33	200,00	993,67	700,33
22	667,00	424,67	623,33	866,00	290,33	223,67	1.490,33	887,33
23	406,00	594,67	976,33	1.392,00	476,67	227,00	286,33	447,00
24	383,00	286,00	1.305,00	507,00	948,00	274,33	523,00	955,33
25	777,67	764,67	860,33	310,67	803,67	742,00	246,00	210,33
26	393,67	1.008,67	1.079,00	315,00	806,67	268,67	237,67	288,33
27	377,33	249,00	539,00	355,67	420,00	534,33	401,00	345,00
28	494,33	383,67	820,67	189,67	391,00	292,67	800,67	272,67
29	494,67	854,67	155,33	1.009,67	865,33	92,00	960,00	656,33
30	213,00	667,67	329,33	463,33	364,00	172,00	352,33	806,00
31	453,67	245,67	403,00	183,33	487,67	369,67	255,00	497,33
32	443,00	733,00	469,33	213,33	259,33	441,67	278,33	477,67
33	359,33	532,67	591,00	2.533,33	597,33	733,00	817,33	450,33
34	532,33	534,00	818,00	731,67	748,67	175,00	622,33	441,67
35	314,33	597,67	877,33	817,13	327,00	138,00	1.383,33	131,00

**Figura 2.** Mapa do ensaio em branco para a característica produtividade da mamoneira, com os 15 tamanhos de parcelas derivados dos agrupamentos das unidades básicas adjacentes, Cruz das Almas, BA, 2016.

Para o cálculo do coeficiente de variação com finalidade de estimativa de tamanho de parcela pelo método da máxima curvatura modificado, as várias características avaliadas de unidades básicas adjacentes (Figura 2), foram combinadas para formar diferentes tipos de parcelas. Na escolha dos diversos tipos de parcelas avaliados, ponderaram-se somente os agrupamentos de unidades básicas que originavam tamanhos de parcelas capazes de utilizarem cem por cento de suas áreas úteis.

Elegeram-se entre as sete características avaliadas, a produtividade com os dados originais, para exemplificar como as unidades básicas adjacentes foram arranjadas para formar os 15 diferentes tamanhos de parcelas possíveis (Figura 2).

Dessa maneira, a partir do mapa do ensaio em branco (Figura 2), puderam-se agrupar as 280 unidades básicas de 15 modos distintos, (Tabela 1), ficando o número de repetições de cada tamanho de parcela, limitado por sua área útil.

**Tabela 1.** Número e formato de parcelas, número de fileiras e de plantas por fileira, número total de plantas e área total da parcela, Cruz das Almas, BA, 2016.

Nº de parcelas	Formato da parcela	Nº de fileiras	Nº de plantas por fileira	Nº total de plantas	Área total (m <sup>2</sup> )
2	Retangular	4	35	140	420
4	Retangular	2	35	70	210
5	Retangular	8	7	56	168
7	Retangular	8	5	40	120
8	Fileira	1	35	35	105
10	Retangular	4	7	28	84
14	Retangular	4	5	20	60
20	Retangular	2	7	14	42
28	Retangular	2	5	10	30
35	Fileira	8	1	8	24
40	Fileira	1	7	7	21
56	Fileira	1	5	5	15
70	Fileira	4	1	4	12
140	Fileira	2	1	2	6
280	-	-	-	1	3

Os cálculos dos coeficientes de variação, variâncias e demais determinações necessárias para estimativas dos tamanhos de parcelas pelo Método da Máxima Curvatura Modificado foram executados em ferramenta computacional do programa R Studio version 3.3.2. Sincere Pumpkin Patch. The R Foundation for Statistical Computing, 2016.

### **Índice de heterogeneidade do solo**

O índice de heterogeneidade do solo foi estimado pelos dois métodos: Método do Coeficiente de Heterogeneidade do Solo de Smith (1938) e a partir do modelo hierárquico adotado e Método do Coeficiente de Correlação Intraclasse. Após comparação dos valores obtidos, determinou-se a utilização do coeficiente de heterogeneidade do solo de Smith (1938), para a obtenção do tamanho ótimo de parcela.

O índice (b) foi estimado pelo ajuste de uma equação de regressão linear entre o logaritmo da variância de cada característica avaliada para cada tamanho de parcela pré-estabelecido e o logaritmo do respectivo tamanho da parcela, expresso em unidades básicas, a partir da linearização da equação de Smith (1938),  $\log V_x = \log V_1 - b \log x$ , onde  $V_x = V_1 / x^b$  é a equação proposta por Smith (1938), em que:  $V_x$ : variância entre parcelas de x unidades básicas;  $V_1$ : variância entre parcelas de tamanho igual a uma unidade básica; b: índice de heterogeneidade do solo; e x: tamanho da parcela em unidades básicas.

O coeficiente de correlação intraclasse ( $\rho$ ), foi dado pela equação  $\hat{\rho} = V_1 - V_2 / V_1 + (N - 1)V_2$  em que:  $V_1$  é o quadrado médio do resíduo entre parcelas;  $V_2$  representa o quadrado médio do resíduo dentro da parcela e N: número de plantas dentro da parcela.

### **Método para determinação do tamanho de parcela**

Para a determinação do tamanho ótimo de parcela utilizou-se o Método da Máxima Curvatura Modificado de Lessman; Atkins (1963) e adaptado por Meier; Lessman (1971), onde a equação de regressão  $y = a / x^b$ , em que y representa o coeficiente de variação, e x o correspondente tamanho da parcela em unidades básicas, relaciona o coeficiente de variação (CV) com o tamanho da parcela.

A função que possibilitou explicar a relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela, permitindo determinar algebricamente o ponto no qual a curvatura é máxima foi:

$$CV_{(X)} = \frac{A}{X^B} \text{ em que,}$$

$CV_{(X)}$  é o coeficiente de variação entre as parcelas de tamanho  $X$ ;

$X$  representa o número de unidades experimentais básicas agrupadas;

$A$  e  $B$  são parâmetros a serem estimados usando a transformação logarítmica da função.

O ponto da máxima curvatura foi dado pela fórmula:

$$X_0 = \left[ \frac{\hat{A}^2 \hat{B}^2 (2\hat{B} + 1)}{\hat{B} + 2} \right] \frac{1}{(2 + 2B)}$$

Em que:

$X_0$  é o valor da abscissa correspondente ao ponto de máxima curvatura, ou seja, é o estimador do tamanho ótimo de parcela,

$\hat{A}$  e  $\hat{B}$  são as respectivas estimativas de  $A$  e  $B$ .

A aproximação do valor  $X_0$  foi obtido sempre para o número superior, pois o tamanho de parcela, pelo método da Máxima Curvatura Modificado, deve ser interpretado como ponto crítico de parcela e não como ponto ótimo, como descrito em Lúcio et al. (2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra os racemos provenientes do ensaio em branco com a linhagem de mamoneira 222. A produtividade (PROD) média foi de 597,87 kg ha<sup>-1</sup>, valor que é superior à média nacional que é de 533 kg ha<sup>-1</sup>, como observado em CONAB (2016). Este número baixo foi devido às condições climáticas ocorridas ao longo do ano agrícola de 2014-2015, no município de Cruz das Almas – BA, que foram, em partes, insatisfatórias para a potencialização da linhagem avaliada. O valor de produtividade encontrado está acima da média obtida por Ferreira et al. (2015), em Campina Grande, PB, quando trabalhou com a cultivar BRS 188 Paraguaçu (468, 90 kg ha<sup>-1</sup>).

O valor máximo dentre as unidades básicas foi de 3.375 kg ha<sup>-1</sup> e o valor mínimo foi de 92 kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa variação atribuída ao ataque do mofo cinzento em algumas plantas e a sua interação com o ambiente. Essa variação é constatada pelo elevado CV, que foi de 66,14%, o valor máximo para esta característica. O valor máximo dentre as plantas do presente ensaio para o caráter número de racemos colhidos (NRC), foi de 21 para a linhagem em estudo, com uma média de 7,18 racemos colhidos por planta.

Para o comprimento de racemos (CR), a média encontrada foi de 11,39 cm, com um valor máximo de 25,47 cm para a linhagem estudada, valor abaixo da média de 27,43 cm encontrado por Lima et al. (2014), em Fortaleza – CE, quando trabalhou com a cultivar BRS Energia.

Na contagem do número de sementes por racemo (NSR), obteve-se média igual a 48,78 sementes, com um valor máximo de 126 sementes, Oliveira et al. (2013), trabalhando com populações segregantes encontraram valores médios de 90,82 sementes por planta. A média do peso de sementes por racemo (PSR) foi de 36,98 g, comparando com Lima et al. (2014), que obtiveram uma média entre o racemo primário e secundário de 59 g, este valor foi abaixo.

Sampaio Filho et al. (2011) constataram uma média máxima dentre quatro cultivares estudados, para o peso de racemo por planta (PRP), de 107,44 g, valor bem inferior à média encontrada neste estudo, que foi de 331,81 g.

O número de sementes por planta (NSP) teve uma média de 271,19 sementes para cada unidade básica estudada.



**Figura 3.** Racemos do ensaio em branco de mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

Fotos: Orlando Melo Sampaio Filho

Os coeficientes de variação médios para as características avaliadas (Tabela 2) foram obtidos para cada tamanho de parcela em função da divisão da área em 15 distintos tamanhos de parcela. Verifica-se que os valores dos coeficientes de variação apresentaram uma grande variação, de 3,71 para comprimento do racemo a 79,96% para peso de sementes por racemo.

Elevados coeficientes de variação são comumente encontrados em trabalhos realizados com esta espécie, como demonstrado por Fernandes et al. (2015), na avaliação da adubação e ordem do racemo no desempenho agrônomo da mamoneira BRS Nordestina, em Remígio, PB, que encontraram CVs variando de 9,64% à 170,72%.

**Tabela 2.** Estimativas de coeficientes de variação (%), em função do tamanho de parcelas em unidades básicas (Xub), para as características componentes do rendimento de mamoneira. Cruz das Almas, BA, 2016.

X (ub)	CV (%)						
	NRC <sup>1</sup>	CR <sup>2</sup>	NSR <sup>3</sup>	PSR <sup>4</sup>	PRP <sup>5</sup>	NSP <sup>6</sup>	PROD <sup>7</sup>
1	43,39	32,49	44,39	79,96	53,96	48,940	66,14
2	32,54	22,72	32,00	53,11	39,16	35,373	45,89
4	22,05	17,76	25,55	39,18	27,20	24,368	33,19
5	25,44	18,14	26,12	41,89	30,23	27,060	35,57
7	24,93	14,53	23,17	37,07	26,63	23,041	31,92
8	15,69	11,87	14,96	26,86	19,87	18,897	25,70
10	18,81	10,82	19,08	29,21	21,97	19,422	23,35
14	17,89	7,18	17,62	25,55	18,22	15,529	20,73
20	12,48	9,48	18,71	22,53	15,90	14,556	17,49
28	10,74	5,29	17,36	19,61	12,45	11,072	14,31
35	16,92	7,45	19,03	22,86	17,30	13,691	19,19
40	8,98	7,41	7,21	11,80	13,69	13,384	14,01
56	8,33	3,71	4,25	6,61	10,24	10,659	10,76
70	14,61	5,35	18,45	23,87	14,83	10,976	18,15
140	8,66	4,52	22,23	22,53	9,63	5,604	11,18

<sup>1</sup>NRC: número de racemos colhidos; <sup>2</sup>CR: comprimento de racemo; <sup>3</sup>NSR: número de sementes por racemo; <sup>4</sup>PSR: peso de sementes por racemo; <sup>5</sup>PRP: peso de racemo por planta; <sup>6</sup>NSP: número de sementes por planta; <sup>7</sup>PROD: produtividade.

Verificou-se também, que os valores dos coeficientes de variação dos diferentes tamanhos das parcelas planejadas, diminuíram à medida que se aumentou o tamanho da parcela tanto na largura e/ou no comprimento. Mas esta

relação mostra uma tendência de decréscimo não linear no coeficiente de variação com incremento no tamanho da parcela.

Por este comportamento comprova-se a existência de tendência de relação inversa entre o tamanho da parcela e o CV, concordando com Brum et al. (2016), os quais calcularam o tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa e diâmetro de cabeças de brócolis, e determinaram que o maior CV foi observado no menor tamanho de parcela, verificando-se redução dos CVs, com taxa diferenciada de decréscimo, com o aumento da parcela.

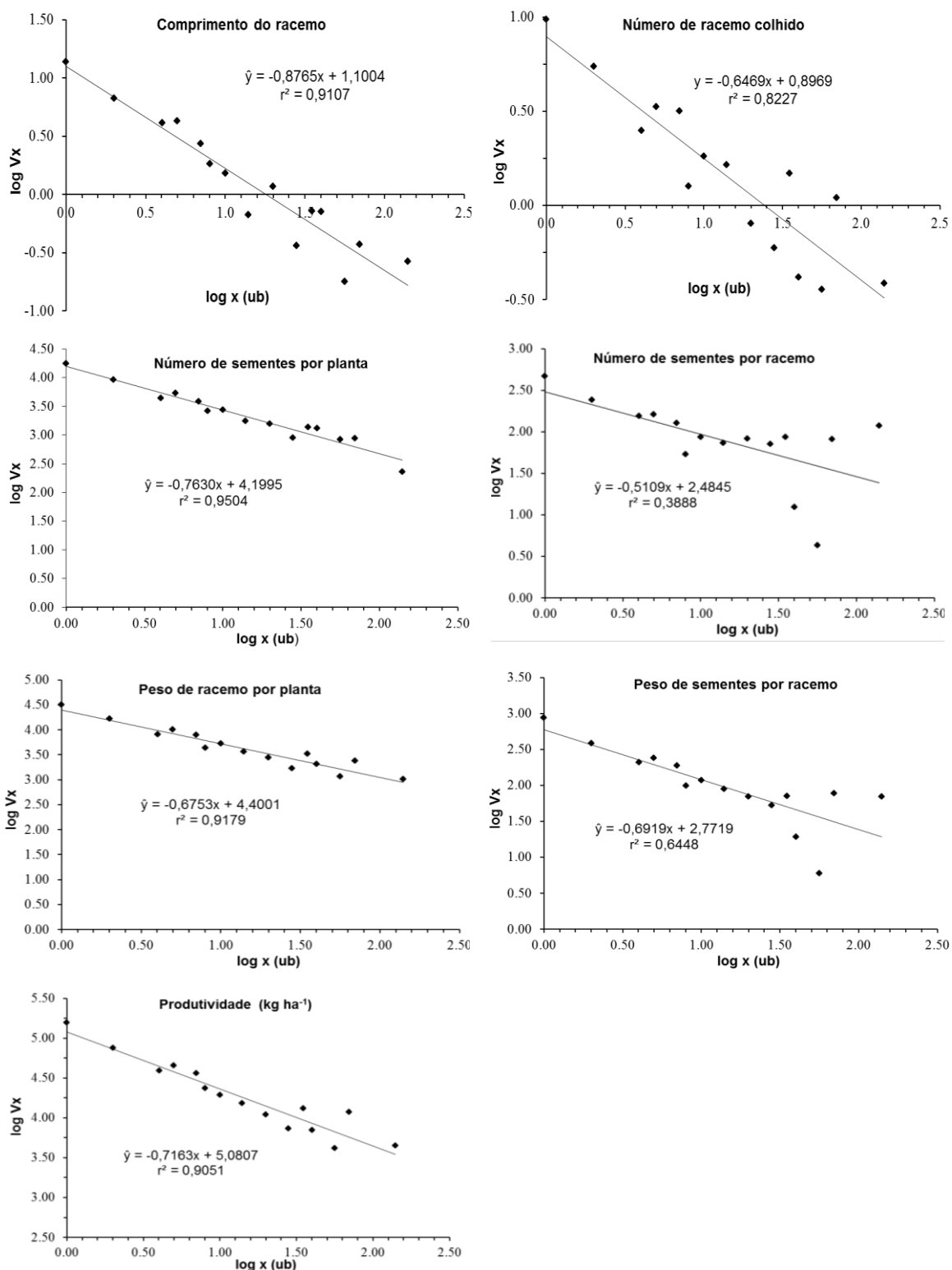
A relação entre o logaritmo da variância de cada característica avaliada de parcelas de  $x$  unidades básicas de tamanho versus o logaritmo do seu respectivo tamanho ( $x_1$ ), está apresentada na Figura 4 por meio das equações de regressão ajustadas para essa relação, em que o coeficiente de regressão ( $b$ ), expressa o índice de heterogeneidade do solo para as diferentes características.

O coeficiente de heterogeneidade do solo ( $b$ ) reflete além da variabilidade do solo, a variabilidade inerente à cultura, por ser estimado indiretamente com base no padrão de produção dessa espécie, que é uma resposta às condições do solo.

A mamoneira é descrita como uma espécie autógama com até 50% de alogamia, o que favorece o aumento na variabilidade da cultura, onde a produção é resposta da manifestação dos genes no ambiente em estudo, contribuindo de forma expressiva para o valor de  $b$ . Portanto, os valores de  $b$  referentes ao experimento, expressam tanto a variabilidade devido à heterogeneidade do solo quanto à variabilidade referente às respostas do genótipo ao ambiente.

As observações de  $b$  para as características avaliadas mostraram valores que variam de 0,5109 para o número de sementes por racemo a 0,8765 para o comprimento do racemo (Figura 4).

A maioria dos valores de  $b$  observados para as características avaliadas estiveram no intervalo de 0,20 a 0,70, o que é indicativo de relativa variabilidade e média correlação entre as unidades adjacentes.



**Figura 4.** Equações de regressão entre logaritmo da variância da característica e logaritmo do tamanho da parcela em unidades básicas (x), para características componentes de rendimento da mamoneira, a partir de um delineamento simulado de parcelas subdivididas, Cruz das Almas, BA, 2016.



Lin; Binns (1986), propuseram que se  $b \leq 0,2$ , um incremento no número de repetições é mais efetivo para melhorar a precisão experimental. Se  $b \geq 0,7$ , um incremento no tamanho da parcela é mais efetivo para melhorar a precisão experimental. Se  $0,2 < b < 0,7$  mudanças no tamanho da parcela e no número de repetições podem ser usados em combinação para aumentar a precisão experimental.

Devido a controversas opiniões nas discussões fomentadas pela comunidade científica acerca de qual metodologia é mais indicada para determinar o coeficiente  $b$ , optou-se, neste trabalho, estimar o índice de heterogeneidade do solo pelos dois métodos ou seja, o Método do Coeficiente de Heterogeneidade do Solo de Smith (1938) a partir do modelo hierárquico adotado e o Método do Coeficiente de Correlação Intraclasse (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores do índice de heterogeneidade do solo ( $b$ ) estimados pelo Método de Smith (1938) a partir do modelo hierárquico adotado e pelo Método do Coeficiente de Correlação Intraclasse, Cruz das Almas, BA, 2016.

Métodos de estimativa	Coeficiente (b)						
	NRC <sup>1</sup>	CR <sup>2</sup>	NSR <sup>3</sup>	PSR <sup>4</sup>	PRP <sup>5</sup>	NSP <sup>6</sup>	PROD <sup>7</sup>
Smith (1938) modelo hierárquico	0,6469	0,8765	0,5109	0,6919	0,6753	0,7630	0,7163
Coeficiente de Correlação Intraclasse	0,8110	0,7744	0,8736	0,8789	0,7473	0,7215	0,7932

<sup>1</sup>NRC: número de racemos colhidos; <sup>2</sup>CR: comprimento de racemo; <sup>3</sup>NSR: número de sementes por racemo; <sup>4</sup>PSR: peso de sementes por racemo; <sup>5</sup>PRP: peso de racemo por planta; <sup>6</sup>NSP: número de sementes por planta; <sup>7</sup>PROD: produtividade.

Considerando que os valores de  $b$  normalmente oscilam entre zero e um, embora possam ocorrer valores maiores que a unidade, em todos os casos e para todas as variáveis, os valores de  $b$  calculados pelos dois métodos foram muito próximos, onde as estimativas de  $b$  pelo Método do Coeficiente de Correlação Intraclasse foram um pouco superiores às estimativas de  $b$  pelo Método de Smith (1938), em quase todas as observações, exceção apenas para as características comprimento do racemo e número de sementes por planta.

O índice de heterogeneidade do solo neste trabalho variou com a característica avaliada, o que também foi observado por Paludo et al. (2015), para as características número de racemos, peso de frutos, comprimento médio dos racemos e número total de frutos do híbrido de mamoneira Sara.

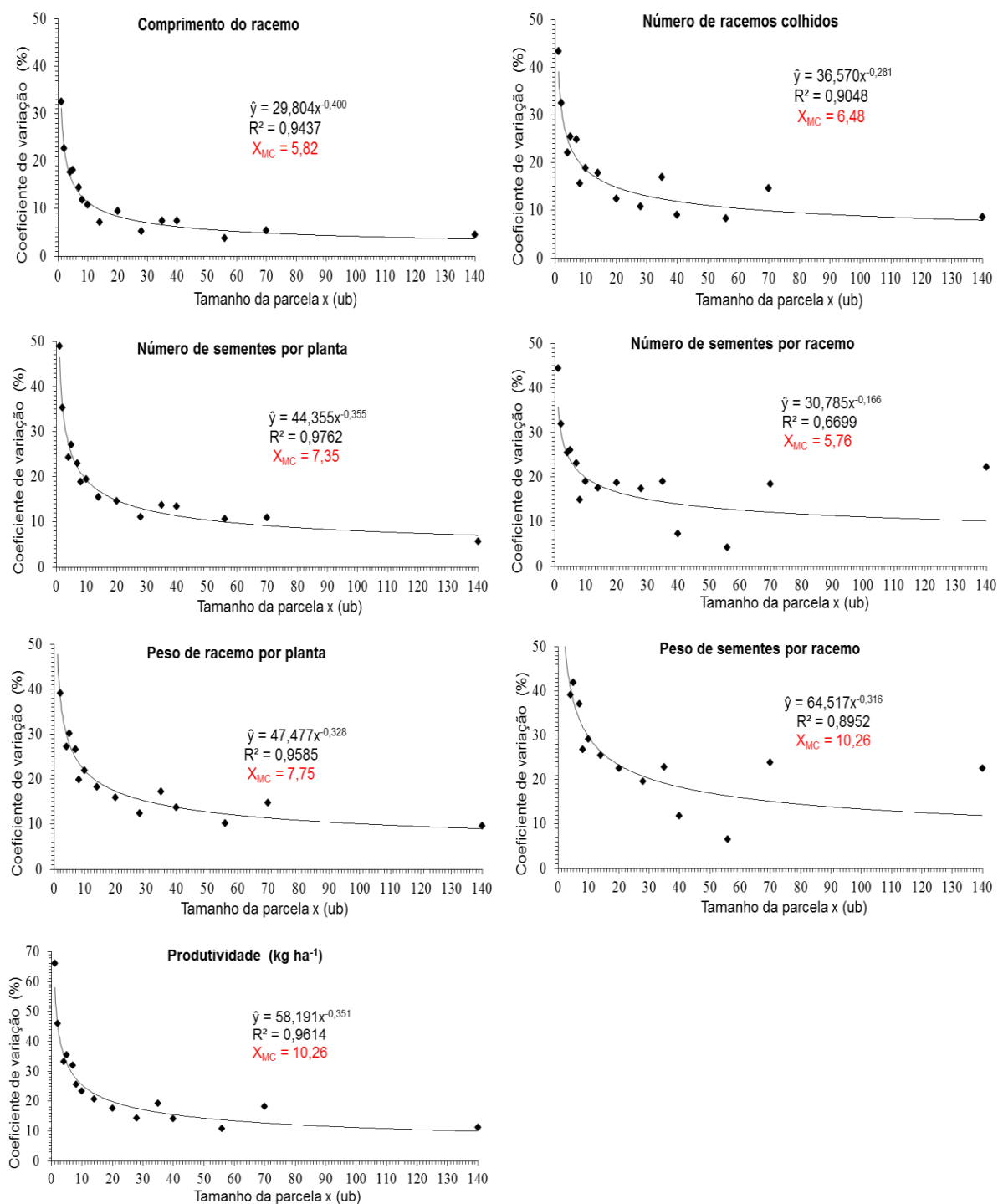
Na Figura 5 são mostradas as equações de regressão ajustadas entre o coeficiente de variação e o seu correspondente tamanho de parcela em unidades básicas, com os respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ), como também a estimativa do tamanho adequado da parcela (XMC) para as características em estudo.

O método apresenta a vantagem de estabelecer uma equação de regressão com altos valores de coeficiente de determinação, como o encontrado neste trabalho, exceção apenas para o número de sementes por racemo, o que aumenta a confiabilidade das estimativas.

Pelo fato do tamanho de parcela ser estimado algebricamente, os valores obtidos não são necessariamente inteiros, o que leva a possibilidade de arredondamento sempre para cima, pois este método estima valores pequenos de tamanhos de parcela, existindo a possibilidade de decréscimo nos valores do coeficiente de variação com o aumento do tamanho de parcela na região superior ao ponto de máxima curvatura, como descrito por Henriques Neto et al. (2004).

Os tamanhos de parcela estimados para as características de rendimento, avaliadas na linhagem de mamoneira em estudo foram de 5,82 unidades básicas (seis plantas ou 18 m<sup>2</sup>) para o comprimento do racemo, 6,48 unidades básicas (sete plantas ou 21 m<sup>2</sup>) para o número de racemos colhidos, 7,35 unidades básicas (oito plantas ou 24 m<sup>2</sup>) para o número de sementes por planta, 5,76 unidades básicas (seis plantas ou 15 m<sup>2</sup>) para número de sementes por racemo, 7,75 unidades básicas (oito plantas ou 24 m<sup>2</sup>) para peso de racemo por planta, 10,26 unidades básicas (onze plantas ou 30 m<sup>2</sup>) para peso de sementes por racemo e 10,26 unidades básicas (onze plantas ou 27 m<sup>2</sup>) para produtividade (Figura 5).

As estimativas de tamanho de parcela para as características de rendimento avaliadas variaram de forma inversa com o CV para NSR, CR e NRC.



**Figura 5.** Relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela em unidades básicas, e valor da abscissa no ponto de máxima curvatura ( $X_{MC}$ ) para características componentes de rendimento da mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

O tamanho de parcela estimado foi de seis plantas para número de sementes por racemo (CV = 44,39%), seis plantas para o comprimento do

racemo (CV = 32,49%), sete plantas para o número de racemos colhidos (CV = 43,39%), oito plantas para o número de sementes por planta (CV = 48,94%) e peso de racemo por planta (CV = 53,96%), onze plantas para produtividade (CV = 66,14%) e peso de sementes por racemo (CV = 79,96%). Cargnelutti Filho et al. (2016), afirmam que a redução do coeficiente de variação (CV) com o acréscimo dos tamanhos de parcela (X, em UEB) evidencia melhoria da precisão experimental, com parcelas maiores. Quando ocorre o contrário, ou seja, a elevação do CV com aumento das unidades experimentais, entende-se que, também maiores números de repetição, auxiliarão na melhoria da precisão experimental.

Considerando que em um trabalho de pesquisa, analisa-se um conjunto de variáveis de um determinado tratamento e não apenas uma variável, pode-se inferir que o tamanho ótimo de parcela de cada ensaio em branco, pelo método da Máxima Curvatura Modificado, é de onze plantas por parcela, contemplando todas as características, a partir da que possui maior variabilidade.

## CONCLUSÃO

Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos pelo método da Máxima Curvatura Modificado neste trabalho, de forma geral, foram pequenos e oscilaram com a característica avaliada. Os valores variaram de seis a onze plantas para características avaliadas.

O tamanho ótimo de parcela é de onze plantas de mamoneira, para as características de rendimento e produção, com a área da parcela de 33 m<sup>2</sup> para os espaçamentos entre plantas de 3 m entre fila e 1 m entre plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. Brasília: **Conab**, 2016. [Observatório Agrícola v.3 - Safra 2015/16. n.9, p.110-112]. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_06\\_09\\_09\\_00\\_00\\_boletim\\_graos\\_junho\\_\\_2016\\_-\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

BOER, H.; COTINGTING, C. Medicinal plants for women's healthcare in Southeast Asia: a meta-analysis of their traditional use, chemical constituents, and pharmacology. **J. Ethnopharmacol**, v.15, n.2, p.747-767, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.030> >. Acesso em: 28 nov. 2016.

BRUM, B.; BRANDELERO, F. D.; OLIVEIRA VARGAS, T. de; STORCK, L.; ZANINI, P. P. G. Tamanho ótimo de parcela para avaliação da massa e diâmetro de cabeças de brócolis. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.447-463, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M. e FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência Rural**, v.46, n.4, p.610-618, 2016.

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

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; SILVA, S. de O. E.; CECON, P. R.; SILVA, J. A. da; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.957-969, 2008.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; e da SILVA, J. R. P. Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônômico da mamoneira BRS Nordestina. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.48-57, 2015.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F. D.; SÁ, F. V. D. S.; BERTINO, A. M.; PAIVA, E. P. D.; FARIAS, S. A. Growth and production of castor bean BRS Paraguaçu under irrigation, soil mulching and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.857-864, 2015.

FIOREZE, S. L.; LARA-FIOREZE, A. C. D. C.; PIVETTA, L. G.; RODRIGUES, J. D.; ZANOTTO, M. D. Agronomic characteristics of the castor bean as affected by

cultivation method and planting density. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.1, p.86-92, 2016.

GUO, Z.; HAN, C.; DU, J.; ZHAO, S.; FU, Y.; ZHENG, G.; SUN, Y.; ZHANG, Y.; LIU, W.; WAN, J.; QIAN, J.; LIU L. Proteomic study of differential protein expression in mouse lung tissues after aerosolized ricin poisoning. **International Journal of Molecular Sciences**, v.15, n.5, p.7281-7292, 2014.

HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M. A.; CECON, P. R.; YAMANAKA, C. H.; SEDIYAMA, M. A. N.; VIANA, A. E. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.6, p.517-524, 2004.

KOCH, E. J.; RIGNEY, J. A. A method of estimating optimum plot size from experimental data. **Agronomy Journal**, v.43, n.1, p.17-21, 1951.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. **Crop Science**, v.3, n.5, p.477-481, 1963.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; ANJOS SOARES, L. A. dos; SILVA, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.1, p.1-10, 2014.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. **Journal of Agricultural Science**, v.103, n.1, p.11-15, 1984.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot sizes and numbers of replications and of plots per block. **Agronomy Journal**, v.78, n.3, p.531-534, 1986.

LÚCIO, A. D.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; SCHWERTNER, D. V.; BRUNES, R. R. Tamanhos de amostras e de parcelas para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.660-668, 2012.

MAPA - Instruções para execução dos ensaios de distingüibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis L.*) - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / MAPA**, v.147, n.1, p.14-15, 2008.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yied in *Crambe abyssinica* hordnt. **Crop Science**, v.11, n.5, p.648-650, 1971.

NACIF, P. G. S.; REZENDE, J. O.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; COSTA, O. V. Efeitos da subsolagem em propriedades físico-hídricas de um latossolo amarelo distrocoeso do estado da Bahia. **Magistra**. Cruz das Almas – BA, v.20, n.2, p.186-192, 2008.

OLIVEIRA, T. A.; PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; SILVA, S. A. ; MORAIS, A. R.; DIAS, C. T. S. **Modelos de regressão com platô na estimação do tamanho de parcelas em experimentos com mamona**. In: 19º SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA - SINAPE, São Pedro. **Anais...** Associação Brasileira de Estatística. Anais; SINAPE: IME-UNICAMP 2010. Disponível em: <[http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona\\_%20Sinape\\_Ana%20Patricia.pdf](http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona_%20Sinape_Ana%20Patricia.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

OLIVEIRA, R. S. D.; SILVA, S. A.; BRASILEIRO, B. P.; MEDEIROS, E. P.; ANJOS, E. V. A. D. Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.3, p.564-570, 2013.

ORTIZ, R. Plot techniques for assessment of bunch weight in banana trials under two systems of crop management. **Agronomy Journal**, v.87, n.1, p.63-69, 1995.

PALUDO, A. L.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; STORCK, L.; SANTOS, D. dos; HAESBAERT, F. Tamanho de parcela e número de repetições para mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.253-258, 2015.

PATEL, J. K.; CHAUDHARY, G. K.; PATEL, K. S.; LORIA, J. M. Estimation of Optimum Size and Shape of Plot for Field Experiments on Irrigated Castor (*Ricinus Communis* Linn.) **Journal of The Indian Society of Agricultural Statistic**, v.59, n.1, p.32-47, 2005.

R Studio version 3.3.2. Sincere Pumpkin Patch. **The R Foundation for Statistical Computing**, 2016.

SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; SILVA, M. S. da; CARVALHO, D. dos S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2011.

SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C. D.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38 n.2, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016373>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

SEVERINO, L. S.; MENDES, B. S.; LIMA, G. S. Seed coat specific weight and endosperm composition define the oil content of castor seed. **Industrial Crops and Products**, v.75, p.14-19, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.043>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yield of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, v. 28, n.1, p.1-23, 1938.



VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.117, n.3, p.508-511, 1992.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R.; LOPES, S. C.; SEDIYAMA, M. A. N. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.58-63, 2002.

## ARTIGO 2

### USO DO MÉTODO DA COMPARAÇÃO DE VARIÂNCIAS PARA ESTIMAR O TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA EM MÚLTIPLOS CARACTERES DE MAMONEIRA<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Italian Journal of Agronomy em versão na língua inglesa.

## **Uso do método da comparação de variâncias para estimar o tamanho ótimo de parcela em múltiplos caracteres de mamoneira**

**Resumo:** A possibilidade de produção de biodiesel, a partir do óleo de mamona, criou um novo mercado para esta espécie. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estimar o tamanho adequado de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos relevantes para caracterização de genótipos de mamoneira pelo método da comparação de variâncias. O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, que foi conduzido em Cruz das Almas, BA, com a linhagem mamoneira 222, plantada no espaçamento de 3 m x 1 m, em 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações realizadas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub), cujos dados foram submetidos à análise de variância em classificação hierárquica, simulando experimento em parcelas subdivididas considerando os efeitos de bloco (B), parcelas (P)/B, subparcelas (S)/P/B, fileiras (F)/S/P/B e plantas (Pln)/F/S/P/B, com tamanhos respectivos de uma, cinco, 10, 20 e 40 unidades básicas. Foram avaliados os caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta, PROD – Produtividade. Fale algo sobre resultados. O tamanho ótimo de parcela é de cinco plantas de mamoneira, para o número de racemos colhidos, peso de sementes por racemo, peso de racemos por planta, número de sementes por planta e produtividade, dez plantas para o comprimento do racemo e 40 plantas para o número de sementes por racemo. Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos pelo método da comparação de variâncias variam entre as características avaliadas neste trabalho.

**Palavras chave:** número de plantas, modelo hierárquico, produtividade, racemo, uniformidade.

## **Use of the variance comparison method to estimate the optimal plot size in multiple characters of castor bean**

**Abstract:** The possibility of producing biodiesel from castor oil has created a new market for this species. This research was carried out with the objective of estimating the adequate size of experimental plots for the evaluation of relevant phenotypic descriptors for the characterization of castor bean genotypes by the method of comparison of variances. The experiment consisted of a uniformity test, which was conducted in Cruz das Almas, BA, with lineage 222, planted in spacing of 3 m x 1 m, consisting of 10 rows of 37 plants each and considered as useful the eight rows Centrals with 35 plants per row, in a total of 280 plants and floor area of 840 m<sup>2</sup>. In the evaluated assessments, each plant was considered as a basic unit (ub), an area of 3 m<sup>2</sup>, making up 280 basic units (ub), whose data were submitted to analysis of variance in hierarchical classification, simulating experiment in subdivided plots considering the (S) / P / B, rows (F) / S / P / B and plants (Pln) / F / S / P / B, with respective sizes Of one, five, 10, 20 and 40 basic units. NRC - Number of racemes harvested, CR - Mean length of the first three racemes, NSR - Number of racemous seeds, PSR - Weight of racemous seeds, PRP - Weight of racemes per plant, NSP - Number of seeds Per plant, PROD - Productivity. The optimal plot size is five castor bean plants, number of racemes harvested, seed weight per racemic, racemes weight per plant, number of seeds per plant and yield, ten plants for racemic length and 40 plants for The number of seeds per racemic. The values of the plot size estimates obtained by the variance comparison method vary among the characteristics evaluated in this work.

**Keywords:** Number of plants, hierarchical model, productivity, racemic, uniformity.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira tem se destacado entre as oleaginosas, cuja semente é utilizada na produção de biodiesel. No entanto, para o cultivo e produção dessa espécie ser viável há necessidade de maximização de sua produtividade, a qual é obtida por meio da adoção de técnicas culturais eficientes (SILVA et al, 2015).

O número de pesquisas produzidas envolvendo a mamoneira é progressivo. Estão disponíveis trabalhos realizados com a cultura no Brasil e exterior, em diversas áreas, como exemplos, os resultados obtidos por Guo et al. (2014) que estudaram a toxicidade da ricina em seres vivos, Boer et al. (2014) observaram a ampla utilização da mamoneira em compostos medicinais, Severino et al. (2015) relacionaram as características de composição da semente de mamoneira com o seu teor de óleo, Fioreze et al. (2016) associaram a influência da densidade de semeadura e do método de condução de plantas às características agronômicas da mamoneira, entre outros.

A determinação do tamanho de parcela e do número de repetições são questões práticas pertinentes ao planejamento experimental, e sua caracterização de forma otimizada aufere maior precisão à pesquisa. O uso do tamanho e forma adequados da parcela é crucial para diferentes experimentos, pois, independe dos objetivos, o que se procura detectar é a existência de diferenças significativas entre tratamentos testados, que estão relacionadas a redução do erro experimental (DONATO et al., 2008).

O volume de pesquisas relacionadas à estimativas de tamanho e forma de parcelas experimentais, para diversas culturas, é extenso. Entretanto, para a mamoneira, foi encontrado apenas um trabalho realizado no exterior, ou seja o de Patel et al. (2005), e duas referências nacionais a esse respeito, a de Oliveira et al. (2010) e a de Paludo et al. (2015).

Encontra-se na literatura, farta quantidade de métodos para obtenção de tamanhos de parcela, entre eles, cita-se a comparação de variâncias. Neste método (VALLEJO; MENDONZA, 1992; ORTIZ, 1995), inicialmente, as variâncias são reduzidas para uma unidade básica, dividindo-se a variância de cada parcela pelo número de unidades básicas correspondentes. Em seguida, são aplicados consecutivos testes de Bartlett, para homogeneidade de variâncias (STEEL et al.,

1997), excluindo-se, em cada teste, a parcela de menor tamanho que apresente variância estatisticamente diferente. Quando um grupo de variâncias homogêneas é obtido, escolhe-se o menor tamanho de parcela, dentro desse grupo, como o tamanho ótimo de parcela.

Quando não existem estudos sobre a otimização de parcela para experimentos de campo para determinada cultura, cada pesquisador usa o tamanho que melhor se adequa à sua realidade, determinada pela disponibilidade de recursos físicos, técnicos e financeiros (SCHMILDT et al., 2016), o que constitui uma decisão empírica.

Objetivou-se com o presente trabalho estimar o tamanho ótimo de parcela para a cultura da mamoneira por meio do método da comparação de variâncias, nas condições agroecológicas do Recôncavo da Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Implantação e condução da cultura**

O ensaio foi realizado entre os meses de abril de 2014 e março de 2015, em área experimental pertencente ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), vinculado ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas (BA). Segundo Nacif et al. (2008), o município localiza-se na microrregião geográfica de Santo Antônio de Jesus, região econômica do Recôncavo Sul, Situada no planalto pré-litorâneo, Cruz das Almas apresenta clima tropical quente e úmido (Am), segundo a classificação de Köppen e altitude de 220 m acima do nível do mar. Com pluviosidade média anual de 1,170 mm, com variações entre 900 mm e 1,300mm, sendo os meses entre março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos. A temperatura média anual é de 24,1 °C.

O material vegetal utilizado para o plantio foi composto por sementes de mamoneira da linhagem 222, pertencentes ao NBIO.

Para a correção do solo e adubação das plantas, seguiram-se as recomendações com base na análise de fertilidade química do solo, sendo aplicados 1,000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (30 kg ha<sup>-1</sup> 30 dias

após a emergência da cultura - DAE, e 30 kg ha<sup>-1</sup> 60 DAE), 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no plantio. A cultura foi conduzida em regime de sequeiro, a semeadura foi realizada com três sementes por cova e desbaste aos 10 dias após a emergência, deixando uma planta por cova. O controle de plantas daninhas foi realizado mensalmente com capina manual.

O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, com espaçamento entre plantas de 3 m x 1 m, formado de 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações realizadas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub).

### **Avaliações fitotécnicas**

Procedeu-se as avaliações dos caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta e PROD – Produtividade, Todas as avaliações seguiram as instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) descritas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, disponível em MAPA (2008).

Para avaliar número de racemos colhidos por planta (NRC) foram realizadas contagens periódicas durante todo o ciclo da cultura. O caractere comprimento de racemo (CR) foi medido com auxílio de régua milimétrica e cálculo da média do comprimento dos três primeiros racemos, quando esses se encontravam em estado de maturação plena. As avaliações deste caractere, do número de sementes por racemo (NSR), peso de sementes por racemo (PSR), peso de racemo por planta (PRP), e número de sementes por planta (NSP) foram realizados nos três primeiros racemos de cada planta, utilizando régua e balança digital de precisão.

Após secagem ao sol em terreiro, as sementes que não foram removidas dos frutos por deiscência, foram retiradas por meio de batidas em sacos de “aniagem” e as que ainda apresentavam casca aderida, foram extraídas com

alicate de poda manualmente. As sementes foram pesadas para determinação do peso de sementes por planta (PSP) e a partir desse a produtividade (PROD) foi calculada em função da área útil da planta.

### **Método de análise dos dados**

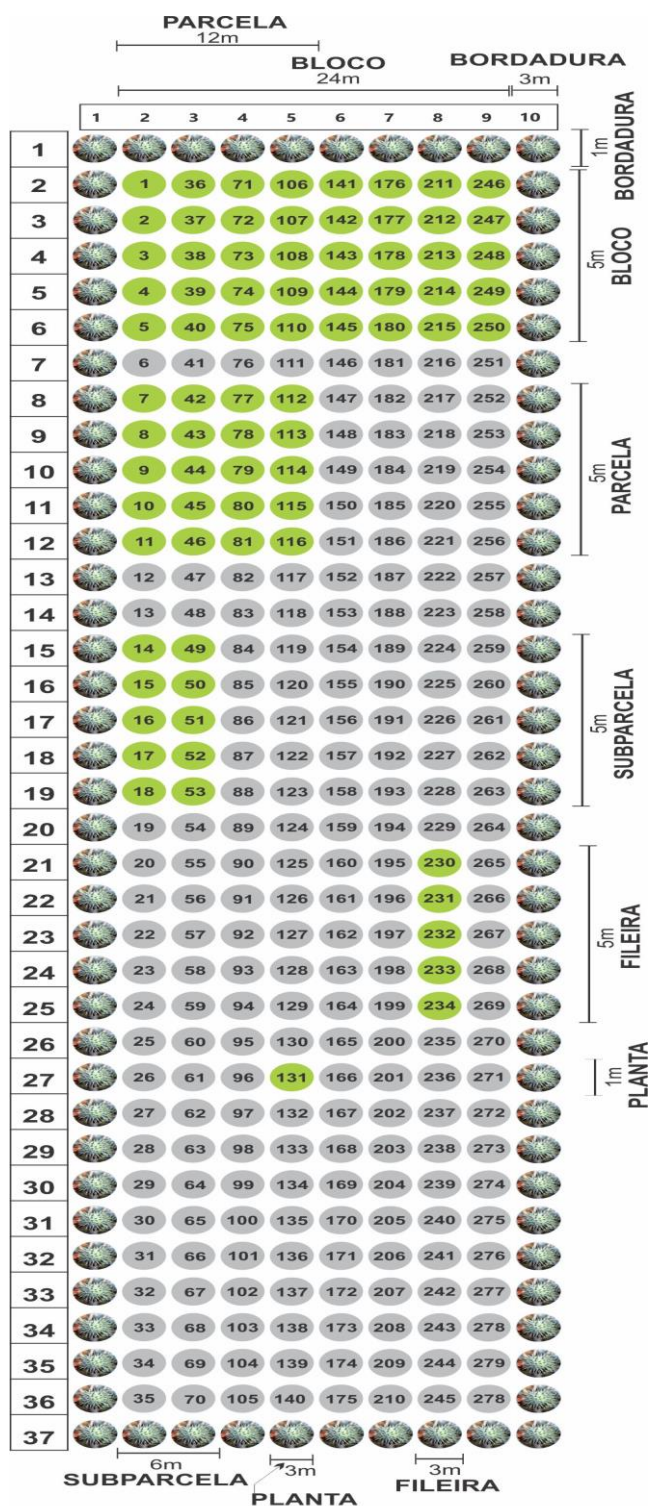
Os dados foram analisados de acordo com o critério de classificação hierárquica proposto por Hatheway; Williams (1958), simulando um experimento em parcelas subdivididas (VALLEJO; MENDOZA, 1992; ORTIZ, 1995).

Para as observações dos caracteres componentes do rendimento, realizadas na época da colheita, as plantas, consideradas cada uma como uma unidade básica, foram combinadas de modo a formar os diferentes tamanhos de parcelas denominados blocos (B), parcelas (P), subparcelas (SSP), fileiras (F) e plantas (Pln) (Ortiz, 1995). Foram obtidos, com essa classificação hierárquica, cinco tamanhos de parcelas, formadas por uma, cinco, 10, 20 e 40 unidades básicas (Figura 1), a partir da divisão do conjunto (280 plantas úteis) em sete blocos de 40 plantas, da subdivisão de cada bloco em duas parcelas de 20 plantas e da subdivisão de cada parcela em duas subparcelas de duas fileiras com cinco plantas cada (Tabela 1).

**Tabela 1.** Área das parcelas, número de repetições, número de unidades básicas (ub) e número de plantas que compõe cada tamanho de parcela em função da classificação hierárquica adotada.

Tamanho parcela	Área (m <sup>2</sup> )	Nº de repetições	Nº de ub	Nº de plantas
Bloco	120,00	7	40	40
Parcela	60,00	14	20	20
Subparcela	30,00	28	10	10
Fileira	15,00	56	5	5
Planta	3,00	280	1	1





**Figura 1.** Croqui do ensaio de uniformidade com mamoneira ilustrando, os diferentes tamanhos de parcela estabelecidos pelo modelo hierárquico adotado, Cruz das Almas, BA, 2016.

Destarte, para análise de variância do ensaio de uniformidade para cada característica avaliada consideraram-se as seguintes fontes de variação: os efeitos de bloco (B), parcelas (P)/B, subparcelas (S)/P/B, fileiras (F)/S/P/B, e plantas (Pln)/F/S/P/B (Tabela 2), de forma semelhante ao adotado por Ortiz (1995).

**Tabela 2.** Esquema da análise de variância do experimento para cada característica avaliada de acordo com o critério de classificação hierárquica adotado.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM = $\hat{V}_i$
Bloco (B)	e-1	S <sub>1</sub>	$\hat{V}_1$
Parcelas/Blocos (P)/B	e(d-1)	S <sub>2</sub>	$\hat{V}_2$
Subparcelas/Parcelas (S)/P/B	de(c-1)	S <sub>3</sub>	$\hat{V}_3$
Fileiras/Subparcelas (F)/S/P/B	cde(b-1)	S <sub>4</sub>	$\hat{V}_4$
Plantas/Fileiras (Pln)/F/S/P/B	bcde(a-1)	S <sub>5</sub>	$\hat{V}_5$
Plantas	abcde-1		

#### Método para determinação do tamanho de parcela

Para a determinação do tamanho ótimo de parcela utilizou-se o método da comparação de variâncias.

As estimativas das variâncias originais ( $\hat{V}_i$ ) para os tamanhos de parcelas obtidas por meio da análise de variância foram corrigidas em relação à menor unidade de classificação hierárquica, da seguinte forma:

$$\hat{V}'_1 = \hat{V}_1;$$

$$\hat{V}'_2 = \frac{[e(d-1)\hat{V}_2 + (e-1)\hat{V}_1]}{[e(d-1) + (e-1)]},$$

$$\hat{V}'_3 = \frac{[ed(c-1)\hat{V}_3 + e(d-1)\hat{V}_2 + (e-1)\hat{V}_1]}{[ed(c-1) + e(d-1) + (e-1)]},$$

$$\hat{V}'_4 = \frac{[edc(b-1)\hat{V}_4 + ed(c-1)\hat{V}_3 + e(d-1)\hat{V}_2 + (e-1)\hat{V}_1]}{[edc(b-1) + ed(c-1) + e(d-1) + (e-1)]},$$

$$\hat{V}'_5 = \frac{[edcb(a-1)\hat{V}_5 + edc(b-1)\hat{V}_4 + ed(c-1)\hat{V}_3 + e(d-1)\hat{V}_2 + (e-1)\hat{V}_1]}{[edcb(a-1) + edc(b-1) + ed(c-1) + e(d-1) + (e-1)]},$$

em que:  $\hat{V}_i$ : variância original;  $\hat{V}'_i$ : variância corrigida; **a**: número plantas em cada fileira; **b**: número de fileiras em cada subparcela; **c**: número de subparcelas em cada parcela; **d**: número de parcelas em cada bloco, e: **e**, número de blocos.

As estimativas das variâncias reduzidas  $\hat{V}(x_1)$ , dos diferentes tamanhos de parcelas, pelos seus respectivos números de unidades básicas, como se segue:

$$\hat{V}_{x=i} = \frac{S_{x_i}^2}{x_i} \quad \hat{V}_{(x=40)} = \frac{\hat{V}'_1}{40} \quad \hat{V}_{(x=20)} = \frac{\hat{V}'_2}{20}$$

$$\hat{V}_{(x=10)} = \frac{\hat{V}'_3}{10} \quad \hat{V}_{(x=5)} = \frac{\hat{V}'_4}{5} \quad \hat{V}_{(x=1)} = \hat{V}'_5$$

Consecutivos testes de Bartlett foram aplicados para testar a homogeneidade das variâncias (GOMEZ; GOMEZ, 1984; NUNES, 1998), excluindo-se em cada teste, a menor parcela com variância significativamente diferente.

Após a obtenção de um grupo de parcelas de diferentes tamanhos com variâncias estatisticamente similares, inferiu-se que o menor tamanho de parcela deste grupo equivaleu ao tamanho ideal da unidade experimental. A metodologia utilizada para verificar a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett no presente trabalho, o qual apresenta diferentes graus de liberdade, utilizou a equação a seguir:

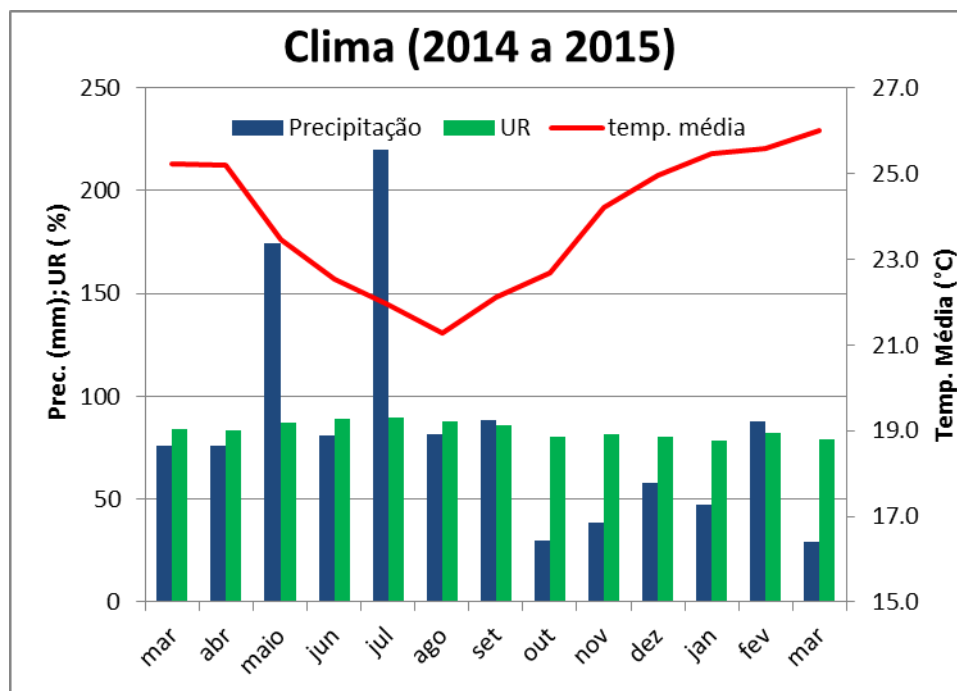
$$X^2 = \frac{M}{C} = \frac{2,3026 \left[ \left( \sum_{i=1}^k f_i \right) \left( \log \frac{\sum_{i=1}^k (f_i)(S_i^2)}{\sum_{i=1}^k f_i} \right) - \sum_{i=1}^k (f_i)(\log s_i^2) \right]}{1 + \frac{1}{3(k-1)} \left( \sum_{i=1}^k \frac{1}{f_i} - \frac{1}{\bar{f}_i} \right)}$$

em que:  $X^2$ : teste do qui-quadrado, a 5% e  $(k - 1)$  graus de liberdade;  $f_i$ : número de graus de liberdade de cada estimativa de variância reduzida  $\hat{V}x_i = S_i^2$ ; e  $k$ : número de estimativas.

Para testar a homogeneidade das variâncias, as hipóteses são: hipótese de nulidade,  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ , e a hipótese alternativa,  $H_a$ : pelo menos uma variância difere das demais. A conclusão do teste do qui-quadrado é, se  $X_{calculando}^2 \geq X_{\alpha}^2$ , rejeita-se  $H_0$ , caso contrário aceita-se a  $H_0$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostrado na Figura 2, a temperatura média mensal foi de 24 °C para o ano agrícola 2014-2015, sendo o mês de agosto o mais frio. A pluviosidade acumulada durante o período de crescimento foi de 855 mm, valor que está acima do recomendado por Carvalho et al. (2010), que é de 500 mm a 800 mm, fato este frequentemente observado na Região e favorável ao desenvolvimento das plantas. Foi observada uma drástica redução no índice pluviométrico no final do ciclo de cultivo sendo os meses de outubro a dezembro os que menos choveram, período em que a planta estava no ápice do seu estado reprodutivo.



Fonte: Embrapa Mandioca e Fruticultura

**Figura 2.** Valores médios mensais de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluviométrica total (mm) durante os meses de março de 2014 a março de 2015, nas condições climáticas de Cruz das Almas, BA.

Por ser uma espécie extremamente sensível ao ataque do mofo cinzento, fungo que causa grandes prejuízos na produção de frutos, a mamoneira não tolera grandes percentuais de umidade relativa no ar, e foi observado valores

acima de 80% de U. R. para todos os meses de cultivo, chegando à 90% de U. R. no início da frutificação. Portanto, as condições climáticas experimentadas ao longo do ano agrícola de 2014-2015, no município de Cruz das Almas - BA foram, em partes, insatisfatórias para a potencialização da produtividade da linhagem de mamoneira avaliada,

A Figura 3 apresenta os racemos provenientes do ensaio em branco com a linhagem de mamoneira 222. A produtividade (PROD) apresentou uma média de 597,87 kg ha<sup>-1</sup> para a linhagem em estudo, valor que está acima da média nacional que é de 533 kg ha<sup>-1</sup>, como observado em CONAB (2016). Esse valor está acima também da média encontrada por Ferreira et al. (2015), em Campina Grande, PB, em trabalho com a cultivar BRS 188 Paraguaçu (468, 90 kg ha<sup>-1</sup>), mostrando o bom potencial de da mamoneira para o Recôncavo baiano.

O valor máximo de produtividade dentre as unidades básicas foi de 3.375 kg ha<sup>-1</sup> e o mínimo foi de 92 kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa variação atribuída ao ataque do mofo cinzento em algumas plantas e a interação das mesmas com o ambiente. Essa variação resultou no elevado CV, que foi de 66,14% o valor máximo para esta característica.

O valor máximo dentre as plantas desse ensaio para o caráter número de racemos colhido (NRC), foi de 21 para a linhagem em estudo, com uma média de 7,18 racemos colhidos por planta.

Para o comprimento de racemos (CR), a média encontrada foi de 11,39 cm, com um valor máximo de 25,47 cm para a linhagem estudada, valor abaixo da média de 27,43 cm observada por Lima et al. (2014), em Fortaleza – CE, quando trabalharam com a cultivar BRS Energia.

Na contagem do número de sementes por racemo (NSR), obteve-se média igual a 48,78 sementes, com um valor máximo de 126 sementes. Oliveira et al. (2013), em trabalho com populações segregantes, encontraram valores médios de 90,82 sementes por planta.

A média do peso de sementes por racemo (PSR) foi baixa (36,98 g), comparada ao valor 59 g, obtida por Lima et al. (2014), como média entre o racemo primário e secundário.



**Figura 3.** Racemos do ensaio em branco de mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

Fotos: Orlando Melo Sampaio Filho

Sampaio Filho et al. (2011) constataram uma média máxima dentre quatro cultivares estudadas, para o peso de racemo por planta (PRP), de 107,44 g, valor bem inferior à média encontrada neste estudo, que foi de 331,81 g.

O número de sementes por planta (NSP) teve uma média de 271,19 sementes para cada unidade básica estudada,

Os coeficientes de variação médios para as características avaliadas estão apresentados na Tabela 3, e foram obtidos para cada tamanho de parcela. Verifica-se que os valores dos coeficientes de variação apresentaram uma grande variação, de 30,18% para comprimento do racemo a 76,22% para peso de sementes por racemo. Elevados coeficientes de variação são frequentemente encontrados em trabalhos realizados com esta espécie, como demonstrado por Fernandes et al. (2015), na avaliação da adubação e ordem do racemo no desempenho agrônomo da mamoneira BRS Nordestina, em Remígio – PB, encontrando, cujos valores de CVs variaram de 9,64% à 170,72%. Cargnelutti Filho et al. (2010), em trabalho com o híbrido Lyra observaram coeficientes de variação oscilando entre 4,55 % (espessura da semente) e 79,53% (número de racemos por planta).

Verificou-se também, que os valores dos coeficientes de variação dos diferentes tamanhos das parcelas avaliadas, diminuíram à medida que se

aumentou o tamanho da parcela, tanto em largura quanto em comprimento, como pode ser certificado ao observar o intervalo entre o CV, de 79,96% para peso de sementes por racemo em parcelas de uma unidade básica a 7,21% para o número de sementes por racemo, com parcelas de 40 unidades básicas.

Mas esta relação mostra uma tendência de decréscimo não linear no coeficiente de variação com incremento no tamanho da parcela. A existência de tendência de relação inversa entre o tamanho da parcela e o CV, estão de acordo com Brum et al. (2016), que trabalharam em experimentos para calcular o tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa e diâmetro de cabeças de brócolis e constataram que o maior CV foi observado no menor tamanho de parcela.

**Tabela 3.** Estimativas de coeficientes de variação (%), em função do tamanho de parcelas em unidades básicas (Xub), para as características componentes do rendimento de mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

X (ub)	CV (%)						
	NRC <sup>1</sup>	CR <sup>2</sup>	NSR <sup>3</sup>	PSR <sup>4</sup>	PRP <sup>5</sup>	NSP <sup>6</sup>	PROD <sup>7</sup>
40	8,98	7,41	7,21	11,80	13,69	13,38	14,01
20	12,48	9,48	18,71	22,53	15,90	14,56	17,49
10	18,81	10,82	19,08	29,21	21,97	19,42	23,35
5	25,44	18,14	26,12	41,89	30,23	27,06	35,57
1	43,39	32,49	44,39	79,96	53,96	48,94	66,14
CV (%)	39,38	30,18	40,21	76,22	50,04	45,65	62,41

<sup>1</sup>NRC: número de racemos colhidos; <sup>2</sup>CR: comprimento de racemo; <sup>3</sup>NSR: número de sementes por racemo; <sup>4</sup>PSR: peso de sementes por racemo; <sup>5</sup>PRP: peso de racemo por planta; <sup>6</sup>NSP: número de sementes por planta; <sup>7</sup>PROD: produtividade,

As variâncias reduzidas das características avaliadas para os cinco tamanhos de parcela (1, 5, 10, 20, 40) pré-estabelecidos são mostradas na Tabela 4.

Percebe-se que as parcelas de tamanho unitário (uma ub) apresentam maior variância da média para todas as características avaliadas, seguidas das parcelas de tamanho imediatamente superior, e assim sucessivamente, variando de 15.6345,1738 para a produtividade a 0,4152 para o número de racemos colhidos. Com base nessas informações, pode-se inferir que, a relação entre tamanho de parcela e sua respectiva variância é inversa, pressuposto básico da

lei das variâncias de Smith (1938), comprovado por Donato et al. (2008) e Henriques Neto (2009). Sucessivos testes de Bartlett para comparação da homogeneidade das variâncias para tratamentos com números diferentes de repetições (número de graus de liberdade diferentes) (NUNES, 1998), foram aplicados às características em estudo.

Foi detectado que tamanhos de parcela de cinco, 10, 20 e 40 unidades básicas apresentam variâncias estatisticamente iguais para as características número de racemos colhidos, peso de sementes por racemo, peso de racemo por planta, número de sementes por planta e produtividade. Conseqüentemente, a parcela formada por cinco unidades básicas (15 m<sup>2</sup>), é considerada como tamanho adequado para avaliação dessas características, uma vez que, não houve reduções significativas das variâncias com a utilização de parcelas de maior tamanho, isto é, não ocorreram ganhos significativos de precisão experimental com o uso de parcelas de 10, 20 e 40 unidades básicas.

**Tabela 4.** Estimativas das variâncias reduzidas para uma unidade básica do ensaio de uniformidade de mamoneira, para as características componentes do rendimento, para diferentes tamanhos de parcela em unidades básicas (Xub), Cruz das Almas, BA, 2016.

X (ub)	Variâncias reduzidas $\hat{V}(x_i)$						
	NRC <sup>1</sup>	CR <sup>2</sup>	NSR <sup>3</sup>	PSR <sup>4</sup>	PRP <sup>5</sup>	NSP <sup>6</sup>	PROD <sup>7</sup>
1	9,6933a	13,6973a	468,7987a	874,4642 <sup>a</sup>	32052,0824a	17614,4192 <sup>a</sup>	156345,1738 <sup>a</sup>
5	3,3325b	4,2710b	162,3361b	239,9579b	10058,4063b	5385,1090b	45227,0656b
10	1,8212b	1,5192c	86,5679b	116,6810b	5315,9400b	2774,1632b	19489,8836b
20	0,8014b	1,1660c	83,2472b	69,4581b	2783,7051b	1558,1785b	10933,2083b
40	0,4152b	0,7114c	12,3825c	19,0470b	2063,9354b	1317,4677b	7014,1368b

<sup>1</sup>NRC: número de racemos colhidos; <sup>2</sup>CR: comprimento de racemo; <sup>3</sup>NSR: número de sementes por racemo; <sup>4</sup>PSR: peso de sementes por racemo; <sup>5</sup>PRP: peso de racemo por planta; <sup>6</sup>NSP: número de sementes por planta; <sup>7</sup>PROD: produtividade. Valores seguidos de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Barlett, a 5% de probabilidade.

Contudo, na análise do comprimento do racemo, o melhor tamanho de parcela foi de 10 unidades básicas (30 m<sup>2</sup>), pois, parcelas de 10 a 40 unidades básicas mostraram homogeneidade de variâncias, o que permite inferir que tamanhos de parcelas maiores que 10 unidades básicas não corresponderão a incremento em precisão experimental. O valor é próximo ao encontrado por Paludo et al. (2015) para esta característica, utilizando o método



da Máxima Curvatura Modificado, que foi de oito unidades básicas. Já para avaliar a característica número de sementes por racemo o tamanho de parcela indicado foi o de 40 unidades básicas (120 m<sup>2</sup>).

As características comprimento do racemo e número de sementes por racemo apresentaram os maiores tamanhos de parcela (10 unidades básicas ou 30 m<sup>2</sup>) e (40 unidades básicas ou 120 m<sup>2</sup>), respectivamente. Este valor elevado de tamanho de parcelas das duas variáveis, pode ser explicado pela correlação positiva e significativa entre estas duas características, como discutido em Furtado et al. (2014). Paludo (2009) afirma que a estimativa do tamanho de parcela permite observar que o mais importante é a variabilidade inerente às variáveis da planta e não a área experimental em si.

O tamanho adequado de parcela estimado pelo Método da Comparação de Variâncias foi de cinco plantas (15 m<sup>2</sup>), para 71,0% das características, de dez plantas (30 m<sup>2</sup>) para 14,5% das variáveis e de quarenta plantas (120 m<sup>2</sup>), para 14,5% das observações realizadas.

## CONCLUSÃO

O tamanho ótimo de parcela é de cinco plantas de mamoneira, para o número de racemo colhido, peso de sementes por racemo, peso de racemo por planta, número de sementes por planta e produtividade, dez plantas para o comprimento do racemo e 40 plantas para o número de sementes por racemo.

Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos pelo método da Comparação de Variâncias variam entre as características avaliadas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. Brasília: **Conab**, 2016. [Observatório Agrícola v.3 - Safra 2015/16. n.9, p.110-112]. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_06\\_09\\_09\\_00\\_00\\_boletim\\_graos\\_junho\\_\\_2016\\_-\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

BOER, H.; COTINGTING, C. Medicinal plants for women's healthcare in Southeast Asia: a meta-analysis of their traditional use, chemical constituents, and pharmacology. **J. Ethnopharmacol**, v.15, n.2, p.747-767, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.030> >. Acesso em: 28 nov. 2016.

BRUM, B.; BRANDELERO, F. D.; OLIVEIRA VARGAS, T. de; STORCK, L.; ZANINI, P. P. G. Tamanho ótimo de parcela para avaliação da massa e diâmetro de cabeças de brócolis. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.447-463, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; SILVEIRA, T. R. D.; TOEBE, M.; STORCK, L. Tamanho de amostra de caracteres em híbridos de mamoneira. **Ciência Rural**, v.40, n.02, p.250-257, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M. e FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência Rural**, v.46, n.4, p.610-618, 2016.

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

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; SILVA, S. de O. E; CECON, P. R.; SILVA, J. A. da; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.957-969, 2008.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; e da SILVA, J. R. P. Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônômico da mamoneira BRS Nordestina. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.48-57, 2015.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F. D.; SÁ, F. V. D. S.; BERTINO, A. M.; PAIVA, E. P. D.; FARIAS, S. A. Growth and production of castor bean BRS Paraguaçu

under irrigation, soil mulching and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.857-864, 2015.

FIOREZE, S. L.; LARA-FIOREZE, A. C. D. C.; PIVETTA, L. G.; RODRIGUES, J. D.; ZANOTTO, M. D. Agronomic characteristics of the castor bean as affected by cultivation method and planting density. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.1, p.86-92, 2016.

FURTADO, G. D. F.; SOUZA, A. D. S.; SOUSA JÚNIOR, J. R. de; RODOLFO, R. D. A.; SILVA S. S. da. Rendimento e correlações da mamoneira consorciada com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano1. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.9, p.892-898, 2014.

GOMEZ, K. A; GOMEZ, A. A **Statistical procedures for agricultural research**. 2nd ed. New York: John Wiley, 680p. 1984.

GUO, Z.; HAN, C.; DU, J.; ZHAO, S.; FU, Y.; ZHENG, G.; SUN, Y.; ZHANG, Y.; LIU, W.; WAN, J.; QIAN, J.; LIU L. Proteomic study of differential protein expression in mouse lung tissues after aerosolized ricin poisoning. **International Journal of Molecular Sciences**, v.15, n.5, p.7281-7292, 2014.

HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M. A. de; LEITE, L. F. C.; BLANCO, F. F. Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado. sob dois sistemas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.1, p.86-93, 2009.

KOCH, E. J.; RIGNEY, J. A. A method of estimating optimum plot size from experimental data. **Agronomy Journal**. Madison, v.43, n.1, p.17-21, 1951.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; ANJOS SOARES, L. A. dos; SILVA, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.1, p.1-10, 2014.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. **Journal of Agricultural Science**, v.103, n.1, p.11-15, 1984.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot sizes and numbers of replications and of plots per block. **Agronomy Journal** v.78, n.3, p.531-534, 1986.

MAPA - Instruções para execução dos ensaios de distingüibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis L.*) - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / MAPA**, v.147, n.1, p.14-15, 2008.

NACIF, P. G. S.; REZENDE, J. O.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; COSTA, O. V. Efeitos da subsolagem em propriedades físico-hídricas de um latossolo amarelo distrocoeso do estado da Bahia. **Magistra**, v.20, n.2, p.186-192, 2008.

NUNES, R. P. **Métodos para a pesquisa agrônômica**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará - Centro de Ciências Agrárias, 1998. 564p.

OLIVEIRA, T. A.; PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; SILVA, S. A. ; MORAIS, A. R. ; DIAS, C. T. S. **Modelos de regressão com platô na estimação do tamanho de parcelas em experimentos com mamona**. In: 19º SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA - SINAPE, São Pedro. **Anais...** Associação Brasileira de Estatística. Anais; SINAPE: IME-UNICAMP 2010. Disponível em: <[http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona\\_%20Sinape\\_Ana%20Patricia.pdf](http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona_%20Sinape_Ana%20Patricia.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

OLIVEIRA, R. S. D.; SILVA, S. A.; BRASILEIRO, B. P.; MEDEIROS, E. P.; ANJOS, E. V. A. D. Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.3, p.564-570, 2013.

ORTIZ, R. Plot techniques for assessment of bunch weight in banana trials under two systems of crop management. **Agronomy Journal**, v.87, n.1, p.63-69, 1995.

PALUDO A. L. **Plano experimental para características do rácemo de mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas**. 2009.40 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM. RS). 2009.

PALUDO, A. L.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; STORCK, L.; SANTOS, D. dos; HAESBAERT, F. Tamanho de parcela e número de repetições para mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.253-258, 2015.

PATEL, J. K.; CHAUDHARY, G. K.; PATEL, K. S.; LORIA, J. M. Estimation of Optimum Size and Shape of Plot for Field Experiments on Irrigated Castor (*Ricinus Communis* Linn.) **Journal of The Indian Society of Agricultural Statistic**, v.59, n.1, p.32-47, 2005.

SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; SILVA, M. S. da; CARVALHO, D. dos S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2011.

SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C. D.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38 n.2, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016373>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

SEVERINO, L. S.; MENDES, B. S.; LIMA, G. S. Seed coat specific weight and endosperm composition define the oil content of castor seed. **Industrial Crops and Products**, v.75, p.14-19, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.043>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SILVA, A. G. da; LIMA, T. F. de; FERREIRA, M. M.; BEUTLER, A. N.; SANTOS, E. C. dos. Análise de crescimento da mamoneira BRS energia em função da densidade populacional. **Revista caatinga**, v.28, n.1, p.167-175, 2015.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yield of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, v. 28, n.1, p.1-23, 1938.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3ed. New York: McGraw-Hill, 1997. 666 p.

VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.117, n.3, p.508-511, 1992.

## ARTIGO 3

### USO DO MÉTODO DE HATHEWAY PARA ESTIMAR O TAMANHO CONVENIENTE DE PARCELA NA PRODUTIVIDADE DE MAMONEIRA<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Agronomy Journal em versão na língua inglesa.

## **Uso do método de Hatheway para estimativa de tamanho conveniente de parcela na produtividade de mamoneira**

**Resumo:** A minimização do erro experimental depende de alguns fatores tais como número de repetições, delineamento experimental, heterogeneidade da área, tamanho e forma adequados de parcela. O objetivou-se com este experimento foi estimar o tamanho conveniente de parcelas experimentais para avaliação da produtividade de mamoneira. O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, conduzido em Cruz das Almas, BA, com a linhagem de mamoneira 222, plantada no espaçamento de 3 m x 1 m, em 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações realizadas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub). Procedeu-se as avaliações da característica PROD – Produtividade, conforme as instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamoneira, descritas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para a determinação do tamanho conveniente de parcela utilizou-se o método descrito por W, H, Hatheway. Parcelas menores com um maior número de repetições para uma mesma precisão experimental exigem menor área para a pesquisa. Vários tamanhos convenientes de parcela podem ser estimados pelo método de Hatheway, levando-se em conta as condições, limitações e particularidades da pesquisa. O tamanho conveniente mínimo de parcela indicado é o de oito plantas por parcela, que possibilita detectar diferenças de 25% entre médias de tratamentos com seis repetições, com uma maior eficiência de uso da área experimental.

**Palavras chave:** *Ricinus communis* L., delineamento, diferença significativa, repetição, uniformidade.



## Use of the Hatheway method to estimate the convenient portion size in castor bean productivity

**Abstract:** The minimization of the experimental error depends on some factors such as number of repetitions, experimental design, heterogeneity of the area, adequate size and shape of plot. The purpose of this experiment was to estimate the convenient size of experimental plots to evaluate the productivity of castor beans. The experiment consisted of a uniformity test conducted at Cruz das Almas, BA, line 222, planted at a spacing of 3 m x 1 m, consisting of 10 rows of 37 plants each and considered as useful the eight central rows with 35 plants per row, in a total of 280 plants and floor area of 840 m<sup>2</sup>. In the evaluated evaluations, each plant was considered as a basic unit (ub), area of 3 m<sup>2</sup>, thus making up 280 basic units (ub). Evaluations of the PROD - Productivity characteristic were carried out, according to the instructions for carrying out the tests of distinguishability, homogeneity and stability of castor bean cultivars described by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. For the determination of the convenient plot size, the method described by W, H, Hatheway was used. Smaller plots with a greater number of replicates for the same experimental accuracy require smaller area for the search. Several convenient plot sizes can be estimated by the Hatheway method, taking into account the conditions, limitations and particularities of the research. The minimum recommended plot size is eight plants per plot, which makes it possible to detect differences of 25% between averages of treatments with six replicates, with a greater efficiency of use of the experimental area.

**Keywords:** *Ricinus communis* L., design, significant difference, repetition, uniformity.

## INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia renováveis para substituição de derivados do petróleo é de extrema importância para a sustentabilidade ambiental. Neste sentido, a mamoneira é considerada alternativa de valor econômico, social e ambiental, por possuir grande quantidade de óleo (45 a 50%) em suas sementes as quais servem de matéria-prima renovável visando à fabricação do biodiesel (SILVEIRA et al., 2015).

As discussões referentes à mamoneira no Brasil e exterior, tem sido realizadas por autores como Guo et al. (2014), que estudaram a toxicidade da ricina em seres vivos, Boer et al. (2014), que observaram a ampla utilização da mamoneira em compostos medicinais, Severino et al. (2015), que relacionaram as características de composição da semente de mamoneira com o seu teor de óleo e Fioreze et al. (2016) que associaram a influência da densidade de semeadura e do método de condução de plantas às características agrônômicas da mamoneira, entre outros .

O melhoramento genético assume papel crucial no alcance do ideótipo varietal e, para assegurar a recomendação de genótipos geneticamente superiores, a etapa final de avaliação em experimentos de campo, requer precisão (DONATO et al., 2008). Schmildt et al. (2016) afirmam que boa parte da variabilidade experimental medida pelo coeficiente de variação em diversas pesquisas, poderia ser reduzida se as parcelas experimentais tivessem um tamanho ótimo previamente estabelecido.

Quanto menor a diferença a ser detectada entre os genótipos avaliados, maior deverá ser o tamanho das parcelas para que tais diferenças superem significativamente aquelas determinadas pelo erro. Contudo, o aumento na precisão experimental em decorrência do aumento do tamanho da parcela é assintótico e, portanto, quanto maior o tamanho da parcela menor é a eficácia do aumento de seu tamanho na precisão experimental (SOUSA et al., 2016).

Investigações contemplando estimativas de tamanho e forma de parcelas experimentais, para diversas culturas, são extensas. Entretanto, para a mamoneira, fora encontrado apenas um trabalho realizado no exterior, Patel et al.

(2005), e duas referências nacionais a esse respeito, Oliveira et al. (2010) e Paludo et al. (2015).

Existem diversas metodologias para estimação do tamanho de parcela, Hatheway (1961) propôs um método que não leva em consideração os custos de obtenção das informações que eram utilizados no método de Smith. Fez isso combinando a fórmula de Cochran; Cox (1957) para determinação do número de repetições a partir da relação de Smith. Sua fórmula considera o coeficiente de variação, o número de repetições previsto, o coeficiente de heterogeneidade do solo, os valores da distribuição “t” de student nos níveis  $\alpha$  e  $2(1-P)$  e a diferença mínima significativa a ser detectada entre média de dois tratamentos, medida em porcentagem da verdadeira média (PALUDO, 2009).

Quando não existem estudos sobre a otimização de parcela para experimentos de campo para determinada cultura, cada pesquisador usa o tamanho que melhor se adequa à sua realidade, determinada pela disponibilidade de recursos físicos, técnicos e financeiros (SCHMILDT et al., 2016).

Objetivou-se avaliar o tamanho conveniente de parcela para a cultura através do método de W. H. Hatheway, nas condições agroecológicas do Recôncavo da Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Implantação e condução da cultura**

O ensaio foi realizado entre os meses de abril de 2014 e março de 2015, em área experimental pertencente ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), vinculado ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas (BA). Segundo Nacif et al. (2008), o município localiza-se na microrregião geográfica de Santo Antônio de Jesus, região econômica do Recôncavo Sul. Situada no planalto pré-litorâneo, Cruz das Almas apresenta clima tropical quente e úmido (Am), segundo a classificação de Köppen e altitude de 220 m acima do nível do mar. Com pluviosidade média anual de 1,170mm, com variações entre 900 e 1,300mm, sendo os meses entre março a

agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos. A temperatura média anual é de 24,1°C.

O material vegetal utilizado para o plantio foi composto por sementes da linhagem 222, oriunda de cruzamentos entre cultivares já inseridos em alguns locais do Estado, desenvolvidos pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA), EMBRAPA Algodão e Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) do CCAAB.

Para a correção do solo e adubação das plantas, seguiram-se as recomendações com base na análise de fertilidade química do solo, sendo aplicados 1,000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (30 kg ha<sup>-1</sup> 30 DAE, dias após a emergência da cultura e 30 kg ha<sup>-1</sup> 60 DAE), 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no plantio. A cultura foi conduzida em regime de sequeiro, a semeadura foi realizada com três sementes por cova e desbaste aos 10 dias após a emergência, deixando uma planta por cova. O controle de plantas daninhas foi realizado mensalmente com capina manual.

O experimento constitui-se de um ensaio de uniformidade, com espaçamento utilizado de 3 m x 1 m, formado de 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações aferidas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub).

### **Avaliações fitotécnicas**

Procedeu-se as avaliações da característica PROD – Produtividade, conforme as instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) descritas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, disponível em MAPA (2008).

Após secagem ao sol em terreiro, as sementes que não foram removidas dos frutos por deiscência, foram retiradas através de batidas em sacos de “aniagem” e as que ainda apresentavam casca aderida, extraídas com alicate de poda manualmente. As sementes foram pesadas para determinação do peso de

sementes por planta e a partir deste a produtividade (PROD) foi mensurada em função da área útil da planta.

### Método de análise dos dados

Para o cálculo do índice de heterogeneidade do solo de Smith (1938) e para o cálculo do coeficiente de variação com finalidade de estimativa de tamanho de parcela pelo método de Hatheway para a característica avaliada, as unidades básicas adjacentes (Figura 1), foram combinadas para formar diferentes tipos de parcelas. Na escolha dos diversos tipos de parcelas avaliados, ponderou-se somente os agrupamentos de unidades básicas que originavam tamanhos de parcelas capazes de utilizarem cem por cento de suas áreas úteis.

Fileiras plantas	1	2	3	4	5	6	7	8
1	617,33	548,00	951,00	451,00	723,00	1.461,67	601,67	592,33
2	765,67	270,00	737,00	611,67	135,67	670,00	295,00	2.543,33
3	607,33	494,33	425,00	322,00	312,00	928,00	381,33	493,33
4	537,67	428,00	416,00	573,33	318,33	217,67	476,00	298,67
5	382,67	773,33	254,67	1.165,00	224,33	275,33	273,67	1.471,67
6	689,00	374,33	780,00	210,67	121,00	641,00	185,67	308,33
7	378,33	360,33	646,00	447,33	391,67	662,67	382,33	371,33
8	283,67	389,00	898,00	472,33	587,67	731,67	673,30	645,33
9	654,00	294,00	929,00	399,67	413,00	189,33	353,00	593,00
10	972,67	511,67	1.647,33	273,67	351,00	155,67	772,67	571,00
11	1.056,33	561,00	922,00	444,00	351,33	283,33	697,67	323,67
12	799,00	1.013,00	1.088,33	706,00	606,67	445,67	433,67	383,00
13	385,00	770,67	1.377,67	503,67	1.316,00	178,00	1.004,00	342,67
14	431,67	636,33	1.036,67	1.258,00	1.316,67	511,00	3.375,00	331,00
15	719,00	350,00	800,00	181,67	668,67	557,00	412,67	289,33
16	473,00	373,00	1.368,67	707,33	125,00	616,67	1.228,33	514,33
17	762,33	453,33	376,00	936,33	435,67	524,67	1.475,00	673,33
18	779,00	864,33	1.528,67	1.431,33	140,33	654,00	319,67	896,67
19	630,00	570,33	484,67	643,33	495,00	221,00	585,33	273,33
20	1.257,33	778,33	356,00	1.178,00	415,33	220,67	1.102,00	258,33
21	468,67	1.019,33	773,67	200,00	403,33	200,00	993,67	700,33
22	667,00	424,67	623,33	866,00	290,33	223,67	1.490,33	887,33
23	406,00	594,67	976,33	1.392,00	476,67	227,00	286,33	447,00
24	383,00	286,00	1.305,00	507,00	948,00	274,33	523,00	955,33
25	777,67	764,67	860,33	310,67	803,67	742,00	246,00	210,33
26	393,67	1.008,67	1.079,00	315,00	806,67	268,67	237,67	288,33
27	377,33	249,00	539,00	355,67	420,00	534,33	401,00	345,00
28	494,33	383,67	820,67	189,67	391,00	292,67	800,67	272,67
29	494,67	854,67	155,33	1.009,67	865,33	92,00	960,00	656,33
30	213,00	667,67	329,33	463,33	364,00	172,00	352,33	806,00
31	453,67	245,67	403,00	183,33	487,67	369,67	255,00	497,33
32	443,00	733,00	469,33	213,33	259,33	441,67	278,33	477,67
33	359,33	532,67	591,00	2.533,33	597,33	733,00	817,33	450,33
34	532,33	534,00	818,00	731,67	748,67	175,00	622,33	441,67
35	314,33	597,67	877,33	817,13	327,00	138,00	1.383,33	131,00

**Figura 1.** Mapa do ensaio em branco para a característica produtividade da mamoneira, com os 15 tamanhos de parcelas derivados dos agrupamentos das unidades básicas adjacentes, Cruz das Almas, BA, 2016.

Dessa maneira, a partir do mapa do ensaio em branco (Figura 2), puderam-se agrupar as 280 unidades básicas de 15 modos distintos, ficando, o número de repetições de cada tamanho de parcela, limitado por sua área útil.

- a) duas parcelas retangulares com quatro fileiras de 35 plantas (140 plantas, 420 m<sup>2</sup>);
- b) quatro parcelas retangulares com duas fileiras de 35 plantas (70 plantas, 210 m<sup>2</sup>);
- c) cinco parcelas retangulares com oito fileiras de sete plantas (56 plantas, 168 m<sup>2</sup>);
- d) sete parcelas retangulares com oito fileiras de cinco plantas (40 plantas, 120 m<sup>2</sup>);
- e) oito parcelas formadas por uma fileira de 35 plantas (35 plantas, 105 m<sup>2</sup>);
- f) 10 parcelas retangulares com quatro fileiras de sete plantas (28 plantas, 84 m<sup>2</sup>);
- g) 14 parcelas retangulares com quatro fileiras de cinco plantas (20 plantas, 60 m<sup>2</sup>);
- h) 20 parcelas retangulares com duas fileiras de sete plantas (14 plantas, 42 m<sup>2</sup>);
- i) 28 parcelas retangulares com duas fileiras de cinco plantas (10 plantas, 30 m<sup>2</sup>);
- j) 35 parcelas formadas por oito fileiras com uma planta (oito plantas, 24 m<sup>2</sup>);
- k) 40 parcelas formadas por uma fileira com sete plantas (sete plantas, 21 m<sup>2</sup>);
- l) 56 parcelas formadas por uma fileira de cinco plantas (cinco plantas, 15 m<sup>2</sup>);
- m) 70 parcelas formadas por quatro fileiras de uma planta (quatro plantas, 12 m<sup>2</sup>);
- n) 140 parcelas formadas por duas fileiras de uma planta (duas plantas, 6 m<sup>2</sup>);
- o) 280 parcelas formadas por uma planta (uma planta, 3 m<sup>2</sup>);

Os cálculos dos coeficientes de variação, variâncias e demais determinações necessárias para estimativas do índice de heterogeneidade do solo de Smith 1938 dos tamanhos de parcelas pelo método de Hatheway foram executados em ferramenta computacional, tipo planilha eletrônica, formato Microsoft Excel®, com rotinas desenvolvidas por Donato et al, (2008).

### Índice de heterogeneidade do solo

Optou-se neste trabalho por estimar o índice de heterogeneidade do solo de Smith (1938) a partir dos 15 diferentes tipos de parcela possíveis na área (Figura 2), para a obtenção dos tamanhos convenientes de parcelas pelo método de Hatheway.

O índice (b) foi estimado pelo ajuste de uma equação de regressão linear entre o logaritmo da variância da característica avaliada para cada tamanho de parcela pré-estabelecido e o logaritmo do respectivo tamanho da parcela, expresso em unidades básicas, a partir da linearização da equação de Smith (1938),  $\log V_x = \log V_1 - b \log x$ , onde  $V_x = V_1 / x^b$  é a equação proposta por Smith (1938), em que:  $V_x$ : variância entre parcelas de x unidades básicas;  $V_1$ : variância entre parcelas de tamanho igual a uma unidade básica; b: índice de heterogeneidade do solo; e x: tamanho da parcela em unidades básicas.

### Método para determinação do tamanho de parcela

Em trabalho publicado por Donato et al. (2008), é discutido o porquê de ser atribuída ao método apresentado por Hatheway (1961) a nomenclatura de “tamanho conveniente de parcela”. Explica-se que o método simula diferentes tamanhos de parcelas adequados às condições da pesquisa e não apenas um tamanho ótimo.

Deste modo, para o cálculo do tamanho conveniente de parcela, aferiram-se previamente o coeficiente b de Smith (1938) e as demais condições foram predefinidas para experimentos com delineamentos em blocos casualizados. Adotaram-se os níveis de precisão  $\alpha_1 = 5,0\%$  e  $\alpha_2 = 2(1 - P)$  com  $P = 0,80$  (80% de probabilidade), para diversas combinações de número de repetições ( $r = 4, 5$  e  $6$ ), número de tratamentos ( $t = 5, 10, 15$  e  $20$ ) e coeficientes de variação normalmente obtidos para determinadas características ( $CV = 10, 20, 30, 40$  e  $50\%$ ), além do CV observado para a característica avaliada e a diferença a ser detectada entre medias de tratamentos ( $d = 10, 20, 30, 40$  e  $50\%$ ).

Com o esclarecimento das circunstâncias descritas, utilizou-se a fórmula proposta por Hatheway (1961),  $X^b = \frac{2(t_1+t_2)^2 CV^2}{rd^2}$ , ou  $X = \sqrt[b]{\frac{2(t_1+t_2)^2 CV^2}{rd^2}}$ , onde: X,

tamanho conveniente de parcelas em unidades básicas;  $CV^2$ , quadrado do coeficiente de variação (%) de parcelas constituídas de uma unidade básica de tamanho, o qual pode, na prática, ser considerado como um valor usual, selecionado a partir de experimentos anteriores; b, coeficiente ou índice de heterogeneidade de Smith;  $t_1$ , valor crítico da distribuição de Student ao nível  $\alpha_1$  de probabilidade;  $t_2$ , valor crítico da distribuição de Student ao nível  $\alpha_2 = 2(1 - P)$  de probabilidade, em que P é a probabilidade selecionada de se obter um resultado significativo; r, número de repetições necessárias para detectar diferença verdadeira de unidades entre dois tratamentos; d, diferença verdadeira entre dois tratamentos a ser detectada medida em porcentagem da média.

### **Diferença detectável entre médias de tratamentos**

O método de Hatheway (1961) permite a opção de estimar a verdadeira diferença detectável entre medias de tratamento (d), através da fórmula

$$d = \sqrt{\frac{2(t_1 + t_2)^2 CV^2}{rx^b}}, \text{ onde o (d) é isolado.}$$

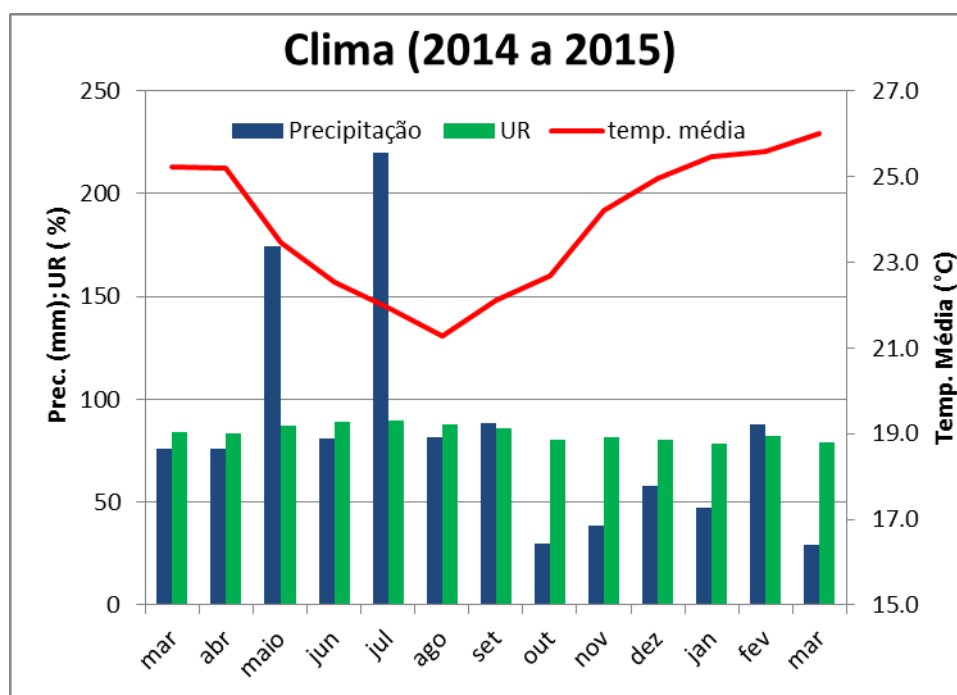
Classificados os valores do coeficiente de variação e do índice “b” determinados para a variável avaliada, assim como obtidos os valores (t) da distribuição de Student através da determinação dos níveis de significância, o arbitramento da diferença detectável (d) dependerá apenas do número de repetições (r) e do tamanho da parcela (x).

Dessa forma, estimou-se nesta pesquisa, a diferença detectável entre médias de tratamentos para tamanhos de parcela variando de um a 40 unidades básicas (3 a 120 m<sup>2</sup>), tamanhos considerados práticos, para experimentos com 10, 15 e 20 tratamentos, três, quatro, cinco e seis repetições, empregando-se mesmos níveis de precisão utilizados na estimativa do tamanho de parcela pelo método de Hatheway (1961), num delineamento em blocos casualizados, aplicando-se o b e o CV adotado para a característica em estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**



Como mostrado na Figura 2, a temperatura média mensal foi de 24° C para o ano agrícola 2014-2015, sendo o mês de agosto o mais frio. A pluviosidade acumulada durante o período de crescimento foi de 855 mm, valor que está acima do recomendado por Carvalho et al. (2010) que é de 500 a 800 mm, fato este frequentemente observado na Região e favorável ao desenvolvimento das plantas. Foi observada uma drástica redução no índice pluviométrico no final do ciclo de cultivo sendo os meses de outubro a dezembro os que menos choveram período em que a planta estava no ápice do seu estado reprodutivo.



Fonte: Embrapa Mandioca e Fruticultura

**Figura 2.** Valores médios mensais de temperatura do ar (° C), umidade relativa (%) e precipitação pluviométrica total (mm) durante os meses de março de 2014 a março de 2015, nas condições climáticas de Cruz das Almas, BA.

Por ser uma espécie extremamente sensível ao ataque do mofo cinzento, fungo que causa grandes prejuízos na produção de frutos, a mamoneira não tolera grandes percentuais de umidade relativa no ar, e foi observado valores acima de 80% de U. R. para todos os meses de cultivo, chegando à 90% de U. R. no início da frutificação. Portanto, as condições climáticas experimentadas ao

longo do ano agrícola de 2014-2015, no município de Cruz das Almas, BA, foram, em parte, insatisfatórias para a potencialização das cultivares de mamoneira avaliadas, sugerindo ajustes nas constituições genéticas da mamoneira para seleção de novos genótipos, adaptados às condições climáticas da região.

A Figura 3 apresenta os racemos provenientes do ensaio em branco com a linhagem de mamoneira 222. A produtividade (PROD) apresentou uma média de 597,87 kg ha<sup>-1</sup> para a linhagem em estudo, valor superior à média nacional que é de 533 kg ha<sup>-1</sup>, como observado em CONAB (2016). O valor encontrado está acima da média encontrada por Ferreira et al. (2015), em Campina Grande, PB, quando trabalhou com a cultivar BRS 188 Paraguaçu (468, 90 kg ha<sup>-1</sup>), demonstrando potencial de aumento deste caráter na mamoneira para o Recôncavo Baiano.



**Figura 3.** Racemos do ensaio em branco de mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

Fotos: Orlando Melo Sampaio Filho

O valor máximo de produtividade dentre as unidades básicas foi de 3,375 kg ha<sup>-1</sup> e o valor mínimo foi de 92 kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa variação atribuída ao ataque do mofo cinzento em algumas plantas e a interação das mesmas com o ambiente. Essa variação é explicada pelo elevado CV, que foi de 66,14% o valor

máximo para esta característica, quando o tamanho da parcela foi uma unidade básica (Tabela 1).

Os coeficientes de variação para cada tamanho de parcela e característica avaliada estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tamanho e número de parcelas, logaritmo da parcela, logaritmo da variância e coeficiente de variação entre as parcelas, para a produtividade de mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

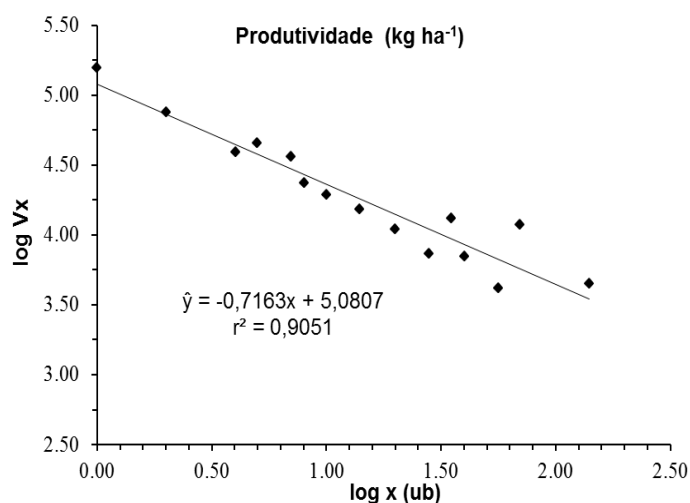
Tamanho da parcela em unidades básicas X (ub)	Log Xub	LogVxj	CV (%)
1	0,0000	5,1941	66,14
2	0,3010	4,8767	45,89
4	0,6021	4,5953	33,19
5	0,6990	4,6554	35,57
7	0,8451	4,5625	31,92
8	0,9031	4,3730	25,70
10	1,0000	4,2898	23,35
14	1,1461	4,1864	20,73
20	1,3010	4,0387	17,49
28	1,4472	3,8646	14,31
35	1,5441	4,1196	19,19
40	1,6021	3,8460	14,01
56	1,7482	3,6166	10,76
70	1,8451	4,0712	18,15
140	2,1461	3,6504	11,18

Verifica-se que os valores dos coeficientes de variação apresentaram uma grande variação, de 11,18% para a parcela com tamanho de 140 unidades básicas a 66,14% para tamanho de parcela com uma unidade básica. Elevados coeficientes de variação são comumente encontrados em trabalhos realizados com essa espécie, como demonstrado por Fernandes et al. (2015), na avaliação da adubação e ordem do racemo no desempenho agrônomo da mamoneira BRS Nordestina, em Remígio, PB, encontrando CVs variando de 9,64% à 170,72%. Cargnelutti Filho et al. (2010), trabalhando com o híbrido Lyra, observaram coeficientes de variação oscilando entre 4,55% (espessura da semente) e 79,53% (número de racemos por planta).

Verificou-se também, que os valores dos coeficientes de variação dos diferentes tamanhos das parcelas planejadas, diminuíram à medida que se aumentou o tamanho da parcela tanto na largura e/ou no comprimento.

Por este comportamento comprova-se a existência de tendência de relação inversa entre o tamanho da parcela e o CV, concordando com Brum et al. (2016), os quais trabalhando com experimentos para calcular o tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa e diâmetro de cabeças de brócolis, determinaram que o maior CV foi observado no menor tamanho de parcela, verificando-se redução dos CV, com taxa diferenciada de decréscimo, com o aumento da parcela.

A relação entre o logaritmo da variância da característica avaliada de parcelas de  $x$  unidades básicas de tamanho versus o logaritmo do seu respectivo tamanho ( $x$ ), para os 15 diferentes tamanhos de parcelas (Figura 4) determinada, através da equação de regressão ajustada para essa relação, em que o coeficiente de regressão ( $b$ ), expressa o índice de heterogeneidade do solo, no caso  $b = 0,7163$ .



**Figura 4.** Equação de regressão entre logaritmo da variância e logaritmo do tamanho da parcela em unidades básicas ( $x$ ), para produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) da mamoneira, a partir de um ensaio em branco com 15 diferentes tamanhos de parcela, Cruz das Almas, BA, 2016.

Esse valor foi utilizado no método de Hatheway para estimativa dos tamanhos convenientes de parcela e da diferença detectável entre médias de tratamentos.

O coeficiente de heterogeneidade do solo ( $b$ ) reflete além da variabilidade do solo, a variabilidade inerente à cultura, por ser estimado indiretamente com base no padrão de produção da mesma, que é uma resposta às condições do solo.

A mamoneira é descrita como uma espécie autógama com até 50% de alogamia, o que favorece o aumento na variabilidade da cultura, onde a produção é resposta da manifestação dos genes no ambiente em estudo, contribuindo de forma expressiva para o valor de  $b$ . Por tanto, os valores de  $b$  referentes ao experimento apresentado, expressam tanto a variabilidade devido à heterogeneidade do solo quanto a variabilidade condizente com as respostas do genótipo ao ambiente.

Lin; Binns (1986), propuseram que se  $b \leq 0,2$ , um incremento no número de repetições é mais efetivo para melhorar a precisão experimental, Se  $b \geq 0,7$ , um incremento no tamanho da parcela é mais efetivo para melhorar a precisão experimental. Se  $0,2 < b < 0,7$  mudanças no tamanho da parcela e no número de repetições podem ser usados em combinação para aumentar a precisão experimental.

O valor de  $b$  observado para a característica avaliada foi superior a 0,70, o que é indicativo de alta variabilidade e pouca correlação entre as unidades adjacentes. Os valores de  $b$  normalmente oscilam entre 0 e 1, embora possa ocorrer valores maiores que a unidade.

Computaram-se vários tamanhos convenientes de parcelas pelo método de Hatheway (1961) a partir das condições experimentais estabelecidas anteriormente, permitindo ao experimentador a escolha do tamanho que melhor se adequar às circunstâncias do seu trabalho.

São apresentados na Tabela 2, os diferentes tamanhos convenientes de parcela para a produtividade de grãos em mamoneira pelo método de Hatheway, para um nível de 5% de probabilidade. Em estudos com mamoneira, pratica-se parcelas com até 30 plantas, como utilizado nos trabalhos de Bahia et al. (2008) e Sampaio Filho et al. (2011), justificando a admissão desse tamanho de parcela para efeito de discussão.

**Tabela 2.** Estimativas de tamanhos de parcelas, em unidades básicas, para avaliação da produtividade, para diversas combinações de número de repetições (r), tratamentos (t), diferença percentual da média a ser detectada (d) e valores de coeficiente de variação (CV), Cruz das Almas, BA, 2016.

d	CV(%)	r = 4				r = 5				r = 6			
		T				T				T			
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
10	10	8,15	7,40	7,17	7,06	5,68	5,29	5,17	5,11	4,28	4,05	3,97	3,94
	20	56,42	51,24	49,66	48,90	39,36	36,65	35,81	35,40	29,65	28,02	27,51	27,26
	30	175,01	158,94	154,05	151,68	122,09	113,70	111,08	109,81	91,97	86,92	85,33	84,55
	40	390,75	354,87	343,95	338,66	272,58	253,85	248,02	245,17	205,34	194,08	190,52	188,77
	50	728,58	661,67	641,30	631,45	508,24	473,32	462,44	457,13	382,87	361,86	355,23	351,97
		<b>62,41</b>	<b>1352,77</b>	<b>1228,55</b>	<b>1190,73</b>	<b>1172,44</b>	<b>943,66</b>	<b>878,83</b>	<b>858,62</b>	<b>848,77</b>	<b>710,89</b>	<b>671,88</b>	<b>659,56</b>
20	10	1,18	1,07	1,04	1,02	0,82	0,76	0,75	0,74	0,62	0,58	0,57	0,57
	20	8,15	7,40	7,17	7,06	5,68	5,29	5,17	5,11	4,28	4,05	3,97	3,94
	30	25,27	22,95	22,24	21,90	17,63	16,42	16,04	15,85	13,28	12,55	12,32	12,21
	40	56,42	51,24	49,66	48,90	39,36	36,65	35,81	35,40	29,65	28,02	27,51	27,26
	50	105,20	95,54	92,59	91,17	73,38	68,34	66,77	66,00	55,28	52,25	51,29	50,82
		<b>62,41</b>	<b>195,32</b>	<b>177,39</b>	<b>171,92</b>	<b>169,28</b>	<b>136,25</b>	<b>126,89</b>	<b>123,97</b>	<b>122,55</b>	<b>102,64</b>	<b>97,01</b>	<b>95,23</b>
30	10	0,38	0,34	0,33	0,33	0,26	0,25	0,24	0,24	0,20	0,19	0,18	0,18
	20	2,63	2,38	2,31	2,28	1,83	1,71	1,67	1,65	1,38	1,30	1,28	1,27
	30	8,15	7,40	7,17	7,06	5,68	5,29	5,17	5,11	4,28	4,05	3,97	3,94
	40	18,19	16,52	16,01	15,76	12,69	11,82	11,54	11,41	9,56	9,03	8,87	8,79
	50	33,91	30,80	29,85	29,39	23,66	22,03	21,52	21,28	17,82	16,84	16,53	16,38
		<b>62,41</b>	<b>62,97</b>	<b>57,18</b>	<b>55,42</b>	<b>54,57</b>	<b>43,92</b>	<b>40,91</b>	<b>39,97</b>	<b>39,51</b>	<b>33,09</b>	<b>31,27</b>	<b>30,70</b>
40	4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	8	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
	14	0,43	0,39	0,38	0,38	0,30	0,28	0,28	0,27	0,23	0,22	0,21	0,21
	20	1,18	1,07	1,04	1,02	0,82	0,76	0,75	0,74	0,62	0,58	0,57	0,57
	24	1,96	1,78	1,72	1,70	1,37	1,27	1,24	1,23	1,03	0,97	0,95	0,95
		<b>62,41</b>	<b>28,20</b>	<b>25,61</b>	<b>24,82</b>	<b>24,44</b>	<b>19,67</b>	<b>18,32</b>	<b>17,90</b>	<b>17,69</b>	<b>14,82</b>	<b>14,01</b>	<b>13,75</b>
50	10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
	20	0,63	0,57	0,56	0,55	0,44	0,41	0,40	0,40	0,33	0,31	0,31	0,30
	30	1,96	1,78	1,72	1,70	1,37	1,27	1,24	1,23	1,03	0,97	0,95	0,95
	40	4,37	3,97	3,85	3,79	3,05	2,84	2,77	2,74	2,30	2,17	2,13	2,11
	50	8,15	7,40	7,17	7,06	5,68	5,29	5,17	5,11	4,28	4,05	3,97	3,94
		<b>62,41</b>	<b>15,13</b>	<b>13,74</b>	<b>13,31</b>	<b>13,11</b>	<b>10,55</b>	<b>9,83</b>	<b>9,60</b>	<b>9,49</b>	<b>7,95</b>	<b>7,51</b>	<b>7,37</b>

\*Coeficiente de variação do experimento

Empregou-se o número de repetições (r = 4, 5 e 6), número de tratamentos (t = 5, 10, 15 e 20), e coeficientes de variação normalmente obtidos para determinadas características (CV = 10, 20, 30, 40 e 50%), além do CV e do coeficiente (b = 0,7163) observado para a característica avaliada e a diferença a

ser detectada entre médias de tratamentos ( $d = 10, 20, 30, 40$  e  $50\%$ ), simulando um experimento em blocos casualizados.

A análise dos dados referentes a esta pesquisa permite inferir que para detectar uma diferença de  $10\%$  entre médias de tratamentos, se consegue estimar tamanhos práticos de parcela com CV de  $10\%$ , e quaisquer combinações possíveis entre número de repetições e tratamentos. Com seis repetições e CV de  $20\%$ , pode-se estimar parcelas práticas com todos os números de tratamentos. Utilizando CVs de  $30, 40, 50$  e  $62,41\%$  (CV de parcelas constituídas de uma unidade básica) é impossível estimar tamanhos práticos de parcela em todos os arranjos de tratamentos e repetições apresentados. O tamanho prático da parcela para detectar uma diferença de  $20\%$  é passível de uso para CVs até  $40\%$ , com exceção para todos os arranjos de tratamentos possíveis entre quatro e cinco repetições. Contudo, não se identificaram tamanhos de parcelas viáveis quando se aplicou CVs de  $50$  e  $62,41\%$ .

Verifica-se que, para observar uma diferença de  $30\%$  entre médias de dois tratamentos, todos os tamanhos de parcela estimados com quaisquer números de repetições e tratamentos são usuais, excluído apenas a composição entre o CV de  $50\%$ , com quatro repetições, cinco e 10 tratamentos e o CV de  $62,41\%$  para todas as combinações entre números de repetições e tratamentos.

Todos os tamanhos de parcela estimados, com todas as arrumações possíveis entre números de repetições e tratamentos, assim como todos os CVs praticados, são exequíveis de utilização quando observadas diferenças de  $40$  e  $50\%$  para detectar diferenças entre médias de dois tratamentos.

Entre todos os arranjos obtidos, a metodologia proposta por Hatheway (1961) revela na Tabela 2, alguns tamanhos de parcela inviáveis de serem praticados pelo experimentador devido a presença de números extremamente pequenos ou enormemente grande, como visto nos arranjos  $d$  de  $50\%$ , CV de  $10\%$ , seis repetições e 20 tratamentos, assim como em  $d$  de  $10\%$ , CV de  $62,41\%$ , quatro repetições e cinco tratamentos.

Os efeitos observados sobre o tamanho conveniente da parcela, provenientes das diversas possibilidades experimentadas pelo método aplicado, na composição do número de repetições e tratamentos desejados, para uma precisão experimental pretendida, com um coeficiente de variação assumido para

a característica avaliada na cultura em estudo, evidencia a importância destes parâmetros para a precisão experimental.

Dentre todos estes fatores o CV foi o que mais interferiu no tamanho da parcela, fato comprovado quando percebe-se que ao fixar o número de repetições, número de tratamentos e a precisão experimental desejada, com o aumento do coeficiente de variação ocorrem grandes elevações no tamanho da parcela. Lúcio et al. (2012), trabalhando com a cultura do tomateiro, percebeu influência semelhante do CV no tamanho de parcela.

O número de repetições é um parâmetro com eficácia exaustivamente comprovada na conquista de elevada precisão experimental, como revisado por Silva (2016).

Esta inferência é comprovada quando se percebe reduções consideráveis nos tamanhos convenientes de parcela com o aumento do número de repetições. Como por exemplo, ao utilizar seis repetições em detrimento de quatro repetições, constata-se que os tamanhos de parcelas estimados, para uma determinada combinação dos fatores,  $d = 20$ ,  $t = 20$ , e CV de 10, 20, 30, 40 e 50%, sofrem uma redução nos valores de 1,02; 7,06; 21,90; 48,90 e 91,17 unidades básicas para 0,57; 3,94; 12,21; 27,26; e 50,82 unidades básicas, respectivamente.

O número de tratamentos influenciou de forma mínima no dimensionamento das parcelas, sendo evidenciado tal comportamento ao perceber que acréscimos de tratamentos no experimento de cinco, 10, 15 ou 20, não resultaram em reduções expressivas no tamanho conveniente de parcela. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Sousa et al. (2016), trabalhando com a cultura do girassol.

Procedimento contrário ocorreu com a diminuição da precisão experimental aumentando-se os valores de  $d$ , que acarretaram em estimativas de tamanhos de parcela significativamente menores, fato também observado em trabalho conduzido por Oliveira et al. (2011), com *Eremanthus erythropappus*.

Os arranjos espaciais construídos da combinação dos valores de  $d$ ,  $r$ ,  $t$  e CV, formaram 360 tamanhos convenientes de parcela diferentes, muitos com viabilidade para avaliação da produtividade em mamoneira, comunicando



informações importantíssimas para o planejamento de experimentos com a cultura em estudo.

A fórmula proposta por Hatheway (1961) foi aplicada para estimar a diferença detectável entre médias de tratamentos, para tamanhos de parcela variando de um a 40 unidades básicas (3 a 120 m<sup>2</sup>), tamanhos considerados práticos, para experimentos com 10, 15 e 20 tratamentos, três, quatro, cinco e seis repetições, empregando-se o coeficiente de heterogeneidade do solo e o coeficiente de variação adotado para a produtividade de mamoneira, num delineamento em blocos casualizados, com os mesmos níveis de precisão utilizados nas estimativas dos tamanhos de parcelas.

Os valores de  $d$  apresentados na Tabela 3 sofrerão reduções significativas ao se aumentar o número de repetições, revelando maior eficiência em aumentar a precisão experimental quando comparado com o acréscimo no número de tratamentos, contudo, esse aumento na área das parcelas provoca incrementos cada vez menores de precisão experimental, a partir de determinado ponto, fato esperado, pois, como na relação CV/tamanho de parcela, ocorre uma relação inversa entre sua variância e tamanho da parcela. Resultados semelhantes foram discutidos por Paludo et al. (2015) em experimento com mamoneira.

Acentuados ganhos de precisão experimental ocorreram com o aumento no tamanho de parcela até quatro unidades básicas, observando todas as combinações de números de repetições e tratamentos.

A existência de elevados valores de  $d$  se deve ao fato da característica avaliada, produtividade de mamoneira, possuir um elevado coeficiente de variação experimental. Essa influência do CV na estimativa da verdadeira diferença detectável é explicada pelo fato de ambas as variáveis serem calculadas através da fórmula de Hatheway (1961).

O tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ), estimado por meio do método de Hatheway (1961), aumenta com o acréscimo da precisão ( $d$ ) desejada, semelhante aos resultados encontrados por Cargnelutti Filho et al. (2014) em experimento com mucuna cinza.

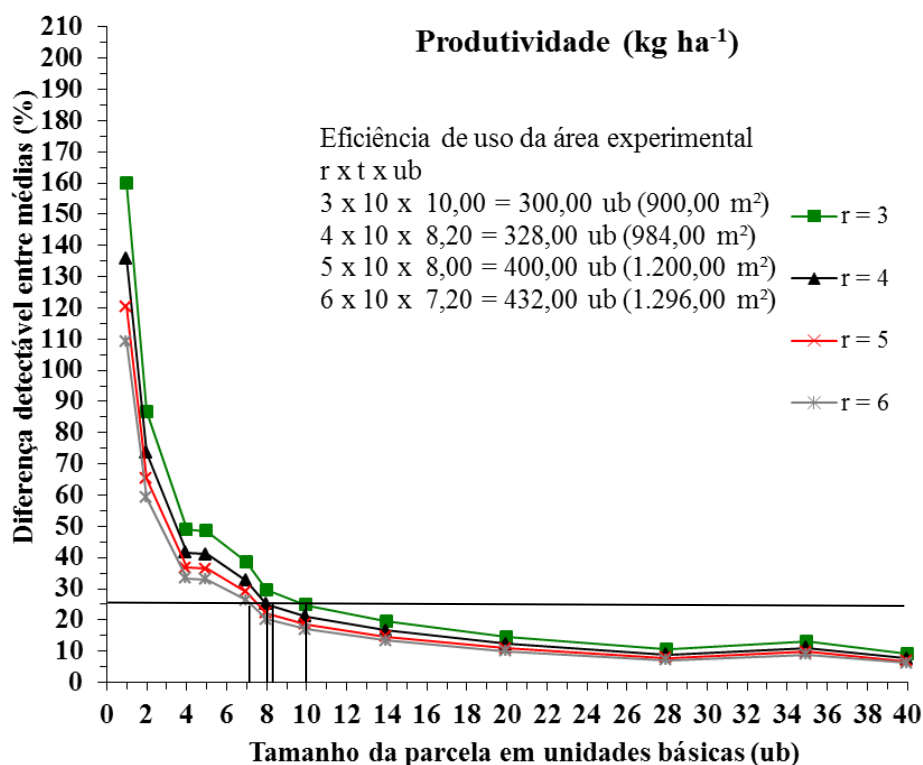
**Tabela 3.** Estimativa da diferença ( $d$ ) detectável (% da média) entre dois tratamentos, para produtividade de mamoneira, sobre vários tamanhos de parcela ( $ub$ ), número de repetições ( $r$ ) e tratamentos ( $t$ ), Cruz das Almas, BA, 2016.

$X_{ub}$	$r\ 3$			$r\ 4$			$r\ 5$			$r\ 6$		
	$t$			$T$			$T$			$T$		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
1	160,0	156,8	155,3	135,9	134,1	133,3	120,5	119,3	118,7	109,3	108,5	108,1
2	86,6	84,9	84,1	73,6	72,6	72,2	65,2	64,6	64,3	59,2	58,7	58,5
4	48,9	47,9	47,4	41,5	41,0	40,7	36,8	36,4	36,3	33,4	33,1	33,0
5	48,4	47,4	46,9	41,1	40,5	40,3	36,4	36,0	35,9	33,0	32,8	32,7
7	38,5	37,7	37,3	32,7	32,2	32,0	29,0	28,7	28,5	26,3	26,1	26,0
8	29,5	28,9	28,7	25,1	24,8	24,6	22,2	22,0	21,9	20,2	20,0	19,9
10	24,8	26,7	24,0	21,0	22,8	20,6	18,6	20,3	18,4	16,9	18,5	16,7
14	19,5	21,5	18,9	16,6	18,4	16,2	14,7	16,4	14,5	13,3	14,9	13,2
20	14,5	16,8	14,0	12,3	14,4	12,1	10,9	12,8	10,7	9,9	11,6	9,8
28	10,5	10,3	10,2	8,9	8,8	8,7	7,9	7,8	7,8	7,2	7,1	7,1
35	13,0	12,7	12,6	11,0	10,9	10,8	9,8	9,7	9,6	8,9	8,8	8,8
40	9,0	8,9	8,8	7,7	7,6	10,3	6,8	6,7	9,2	6,2	6,1	8,4

Comparando esses resultados com a maioria dos trabalhos realizados com mamoneira para avaliação da produtividade, por exemplo: 30 plantas por parcela (BAHIA et al., 2008; SAMPAIO FILHO et al., 2011), 20 plantas (FIGUEIREDO NETO et al., 2004), 11 plantas (COSTA et al., 2006), 10 plantas (PASSOS et al., 2011) e cinco plantas (NETO et al., 2010), percebe-se que os tamanhos de parcela praticados são viáveis para a obtenção de necessária precisão experimental com diferença verdadeira entre média de tratamentos, ficando a cargo do pesquisador definir, de acordo ao recurso disponível de material genético e área, qual o tamanho ideal a ser praticado.

As estimativas de  $d$  de acordo com as condições previamente estabelecidas para a característica em estudo, com a adoção de 10 tratamentos e variações de repetições de três a seis, estão representadas graficamente na Figura 5.

É importante salientar que, para haver diferença significativa entre duas médias de tratamentos, é necessário que esta diferença seja maior que o CV da característica em estudo, como referenciado em Donato (2007).



**Figura 5.** Relação entre tamanho de parcela e diferença detectável (% da média) entre dois tratamentos, para quatro opções de repetições e dez tratamentos, para a produtividade da mamoneira, Cruz das Almas, BA, 2016.

Da Figura 5 depreende-se que, parcelas com até 10 unidades básicas, com três repetições e 10 tratamentos possibilitam detectar diferenças de até 25% entre médias de tratamentos para a característica produtividade de mamoneira. Isso concorda com o valor do coeficiente de heterogeneidade do solo para a variável produtividade, que foi maior que 0,7 (0,7163), e nessa situação o aumento no tamanho das parcelas é o mais indicado para reduzir os efeitos da variabilidade do solo e do material vegetal.

Resultados contrários foram obtidos por Celanti et al. (2016) com mudas de mamoeiro utilizando o mesmo método, onde ele conclui que, para um mesmo número de tratamentos e mesma precisão, o uso mais eficiente de área experimental se dá utilizando-se parcelas menores, com maior número de repetições, as quais demandam menor espaço em viveiro do que parcelas maiores, com menor número de repetições.

De posse das informações contidas na Figura 5, o pesquisador irá definir a combinação que melhor se adequa as condições disponíveis de área

experimental, recursos, material vegetal, além dos pressupostos estatísticos referentes a graus de liberdade requeridos na experimentação agrícola, optando assim, por parcelas menores com maior número de repetições ou parcelas maiores com menor número de repetições, para a mesma precisão experimental.

## CONCLUSÃO

A área utilizada para a implantação do experimento apresenta grande variabilidade, comprovada pelo alto coeficiente de heterogeneidade do solo de Smith (b).

Parcelas menores com um maior número de repetições para uma mesma precisão experimental exigem menos área para a pesquisa.

Vários tamanhos convenientes de parcela podem ser estimados pelo método de Hatheway, levando-se em conta as condições, limitações e particularidades da pesquisa.

O tamanho conveniente mínimo de parcela indicado é o de oito plantas por parcela, que possibilita detectar diferenças de 25% entre médias de tratamentos com seis repetições, com uma maior eficiência de uso da área experimental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. Brasília: **Conab**, 2016. [Observatório Agrícola v.3 - Safra 2015/16. n.9, p. 110-112]. Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_06\\_09\\_09\\_00\\_00\\_boletim\\_graos\\_junho\\_\\_2016\\_-\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf) >. Acesso em: 26 nov. 2016.

BAHIA, H. F.; SILVA, S. A.; FERNANDEZ, L. G.; LEDO, C. A. da S.; MOREIRA, R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43. n.3. p.357-362, 2008.

BOER, H.; COTINGTING, C. Medicinal plants for women's healthcare in Southeast Asia: a meta-analysis of their traditional use, chemical constituents, and

pharmacology. **J. Ethnopharmacol**, v.15, n.2, p.747-767, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.030> >. Acesso em: 28 nov. 2016.

BRUM, B.; BRANDELERO, F. D.; OLIVEIRA VARGAS, T. de; STORCK, L.; ZANINI, P. P. G. Tamanho ótimo de parcela para avaliação da massa e diâmetro de cabeças de brócolis. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.447-463, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; SILVEIRA, T. R. D.; TOEBE, M.; STORCK, L. Tamanho de amostra de caracteres em híbridos de mamoneira. **Ciência Rural**, v.40, n.02, p.250-257, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; NEU, I. M. M.; FACCO, G. Tamanho de parcela para avaliar a massa de plantas de mucuna cinza. **Comunicata Scientiae**. v.5, n.2, p.196-204, 2014.

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

CELANTI, H. F.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R. S.; CATTANEO, L. F.; SCHMILDT, E. R. Plot size in the evaluation of papaya seedlings 'baixinho de santa amália' in tubes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.3, 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016533> >. Acesso em: 27 nov. 2016.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental Designs**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1957. 611p.

COSTA, M. N. da; et. al. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1617-1622, 2006.

DONATO, S. L. R. **Estimativas do tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira (*Musa spp.*)**. 188 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2007.

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; SILVA, S. de O. E; CECON, P. R.; SILVA, J. A. da; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.957-969, 2008.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; e da SILVA, J. R. P. Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônômico da mamoneira BRS Nordeste. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.48-57, 2015.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F. D.; SÁ, F. V. D. S.; BERTINO, A. M.; PAIVA, E. P. D.; FARIAS, S. A. Growth and production of castor bean BRS Paraguaçu under irrigation, soil mulching and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.857-864, 2015.

FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. de A. C.; GOUVEIA, J. P. G. de; NÓBREGA, M. B. M.; FREIRE, E. C.; CARNEIRO, R. M.; PEDROZA, J. P. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, p.1-10, 2004.

FIOREZE, S. L.; LARA-FIOREZE, A. C. D. C.; PIVETTA, L. G.; RODRIGUES, J. D.; ZANOTTO, M. D. Agronomic characteristics of the castor bean as affected by cultivation method and planting density. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.1, p.86-92, 2016.

GUO, Z.; HAN, C.; DU, J.; ZHAO, S.; FU, Y.; ZHENG, G.; SUN, Y.; ZHANG, Y.; LIU, W.; WAN, J.; QIAN, J.; LIU L. Proteomic study of differential protein expression in mouse lung tissues after aerosolized ricin poisoning. **International Journal of Molecular Sciences**, v.15, n.5, p.7281-7292, 2014.

HATHEWAY, W. H.; WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. **Biometrics**, Raleigh, v.14, n.2, p.207-222, 1958.

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.4, p.279-280, 1961.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v.103, n.1, p.11-15, 1984.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot sizes and numbers of replications and of plots per block. **Agronomy Journal. Madison**, v.78, n.3, p.531-534, 1986.

LÚCIO, A. D.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; SCHWERTNER, D. V.; BRUNES, R. R. Tamanhos de amostras e de parcelas para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.660-668, 2012.

MAPA - Instruções para execução dos ensaios de distingüibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / MAPA**, v.147, n.1, p.14-15, 2008.

NACIF, P. G. S.; REZENDE, J. O.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; COSTA, O. V. Efeitos da subsolagem em propriedades físico-hídricas de um latossolo amarelo distrocoeso do estado da Bahia. **Magistra**. Cruz das Almas – BA, v.20, n.2, p.186-192, 2008.

NETO, F. V. B., et al. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. **Revista Ciência Agronômica**, v.4, n.2, p.294-299, 2010.

OLIVEIRA, T. A.; PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; SILVA, S. A. ; MORAIS, A. R. ; DIAS, C. T. S. **Modelos de regressão com platô na estimação do tamanho de parcelas em experimentos com mamona**. In: 19º SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA - SINAPE, São Pedro. **Anais...** Associação Brasileira de Estatística. Anais; SINAPE: IME-UNICAMP 2010. Disponível em: <[http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona\\_%20Sinape\\_Ana%20Patricia.pdf](http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona_%20Sinape_Ana%20Patricia.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

OLIVEIRA, G. M. V. et al. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**. v. 17. n. 3. p. 327-338. 2011.

PALUDO, A. L. **Plano experimental para características do rácemo de mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas**. 2009.40 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM. RS). 2009.

PALUDO, A. L.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; STORCK, L.; SANTOS, D. dos; HAESBAERT, F. Tamanho de parcela e número de repetições para mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.253-258, 2015.

PASSOS, A. R., SILVA, S. A.; SOUZA, C. S.; SOUZA, C. M. M.; FERNANDES, L. S. Parâmetros genéticos de caracteres agronômicos em genótipos de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.709-714, 2011.

PATEL, J. K.; CHAUDHARY, G. K.; PATEL, K. S.; LORIA, J. M. Estimation of Optimum Size and Shape of Plot for Field Experiments on Irrigated Castor (*Ricinus Communis* Linn.) **Journal of The Indian Society of Agricultural Statistic**, v.59, n.1, p.32-47, 2005.



SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; SILVA, M. S. da; CARVALHO, D. dos S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2011.

SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C. D.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38 n.2, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016373> >. Acesso em: 25 nov. 2016.

SEVERINO, L. S.; MENDES, B. S.; LIMA, G. S. Seed coat specific weight and endosperm composition define the oil content of castor seed. **Industrial Crops and Products**, v.75, p.14-19, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.043> >. Acesso em: 23 nov. 2016.

SILVA, G. M. da; SILVA, F. F. da; OLIVEIRA RODRIGUE, E. S. de; ARAÚJO RUFINO, C. de; PIMENTEL, L. R.; SOUZA, J. de; SANTOS, M. Planejamento de experimento a pasto: Revisão. **PUBVET**, v.10, n.5, p.399-405, 2016.

SILVEIRA, T. C.; PEGORARO, R. F.; PORTUGAL, A. F.; RESENDE, A. V. de. Produção da mamoneira submetida a combinações com fontes de fósforo e calagem. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.1, p.52-57, 2015.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yield of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge. Inglaterra, v. 28, n.1, p.1-23, 1938.

SOUZA, R. P. de; LIMA, P. S.; ASSIS, J. P. de. Tamanho e forma de parcelas para experimentos com girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.683-690, 2016.

## ARTIGO 4

### DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DA PARCELA EXPERIMENTAL PELO MODELO LINEAR DE RESPONSE PLATÔ EM MAMONEIRA<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Euphytica, em versão na língua inglesa.

## **Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelo modelo linear de response platô em mamoneira**

**Resumo:** Determinar um tamanho ótimo para parcelas experimentais é de fundamental importância, no que diz respeito, ao maior aproveitamento e menor custo benefício para experimentos. Devido à ocorrência de grande variabilidade no tamanho da parcela encontrada nos experimentos, buscou-se realizar esta pesquisa objetivando estimar o tamanho ótimo para parcelas experimentais, na avaliação de caracteres de rendimento em mamoneira. O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade, que foi conduzido em Cruz das Almas, BA, com a linhagem 222, plantado no espaçamento de 3 m x 1 m, formado de 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações aferidas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub). Foram avaliados os caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta, PROD – Produtividade. Para a determinação do tamanho ótimo de parcela utilizou-se o método do modelo linear de resposta a platô. O tamanho ótimo de parcela é de dez unidades experimentais, para as características de rendimento e produção, com a área da parcela de 30 m<sup>2</sup> para os espaçamentos entre plantas de 3 m entre fila e 1 m entre plantas. O modelo de regressão linear com resposta platô apresentou um bom ajuste em relação aos dados, pelo coeficiente de determinação. Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos pelo modelo linear de resposta platô oscilaram com a característica avaliada. O tamanho ótimo de parcela é de dez unidades experimentais, para as características de rendimento e produção, com a área da parcela de 30 m<sup>2</sup> para os espaçamentos entre plantas de 3 m entre fila e 1 m entre plantas.

**Palavras-chave:** variabilidade, estimativa, experimentos, precisão, uniformidade.

## **Determination of the optimal size of the experimental plot by the linear model of response plateau in castor bean**

**Abstract:** Determining an optimum size for experimental plots is of fundamental importance, with respect to the higher utilization and lower cost benefit for experiments. Due to the occurrence of great variability in the size of the plot found in the experiments, this research aimed to estimate the optimal size for experimental plots in the evaluation of cashew yield characters. The experiment consisted of a uniformity test, which was conducted in Cruz das Almas, BA, with line 222, planted in spacing of 3 m x 1 m, consisting of 10 rows of 37 plants each and considered as useful the eight rows centrals with 35 plants per row, in a total of 280 plants and floor area of 840 m<sup>2</sup>. In the evaluated evaluations, each plant was considered as a basic unit (ub), area of 3 m<sup>2</sup>, thus making up 280 basic units (ub). NRC - Number of racemes harvested, CR - Mean length of the first three racemes, NSR - Number of racemous seeds, PSR - Weight of racemous seeds, PRP - Weight of racemes per plant, NSP - Number of seeds Per plant, PROD - Productivity. The method of the linear model of plateau response was used to determine the optimal plot size. The optimal plot size is ten experimental units, for the yield and yield characteristics, with the plot area of 30 m<sup>2</sup> for spacings between plants of 3 m between row and 1 m between plants. The linear regression model with plateau response presented a good fit in relation to the data, by the coefficient of determination. The values of the plot size estimates obtained by the linear model of plateau response oscillated with the evaluated characteristic. The optimal plot size is ten experimental units, for the yield and yield characteristics, with the plot area of 30 m<sup>2</sup> for spacings between plants of 3 m between row and 1 m between plants.

**Keywords:** variability, estimation, experiments, precision, uniformity.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) foi inserida no Brasil pelos portugueses, no período colonial, e é uma planta oleaginosa de considerável potencial econômico. Os principais produtos ou subprodutos da mamona de relevância na agricultura são o óleo e a torta (SILVA et al., 2016).

Estão disponíveis entre trabalhos realizados com a cultura no Brasil e exterior, por exemplo, resultados obtidos por Guo et al. (2014), que estudaram a toxicidade da ricina em seres vivos, Boer et al. (2014) observaram a ampla utilização da mamoneira em compostos medicinais, Severino et al. (2015) relacionaram as características de composição da semente de mamoneira com o teor de óleo das mesmas, Fioreze et al. (2016) associaram a influência da densidade de semeadura e do método de condução de plantas às características agrônômicas da mamoneira, entre outras investigações.

No entanto, o número de pesquisas conduzidas contemplando estimativas de tamanho e forma de parcelas experimentais em mamoneira é pequeno, fora encontrado apenas um trabalho realizado no exterior, Patel et al. (2005), e duas referências nacionais a esse respeito, Oliveira et al. (2010) e Paludo et al. (2015).

Quando não existem estudos sobre a otimização de parcela para experimentos de campo para determinada cultura, cada pesquisador usa o tamanho que melhor se adequa à sua realidade, determinada pela disponibilidade de recursos físicos, técnicos e financeiros (SCHMILDT et al., 2016), o que caracteriza empirismo.

Na área de experimentação agrônômica, a escolha do tamanho da parcela em experimentos de campo deve ser efetuada visando à minimização da variação existente entre observações provenientes de parcelas submetidas aos mesmos tratamentos (PINTO et al., 2014).

Recentemente, houve realização de alguns trabalhos que contribuíram com novas abordagens metodológicas para essa questão, métodos tais como a curvatura máxima do coeficiente de variação e a resposta linear com platô (PARANAÍBA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2014), o método de regressão do teste antitônico (BRITO et al., 2012), o método da distância máxima (LORENTZ et

al., 2012), método envolvendo a simulação bootstrap com substituição (BRITO et al., 2014). Todos esses métodos são empregados para determinação do tamanho da parcela, sem a necessidade do cálculo do número de parcelas (CELANTI et al., 2016).

Essa grande disponibilidade de recursos matemáticos dificulta a escolha de qual metodologia seria ideal para esclarecer o problema de pesquisa do experimentador. Assim, é essencial a utilização de métodos adequados que permitam a determinação do tamanho ótimo da parcela e do número de repetições (BURIN et al., 2016).

Diante do exposto, objetivou-se estimar o tamanho ótimo de parcela em experimentos envolvendo genótipos de mamoneira por meio do Modelo de Regressão Linear Segmentado de Resposta com Platô (MLRP).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O ensaio foi realizado entre os meses de abril de 2014 e março de 2015, em área experimental pertencente ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), vinculado ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas (BA).

O material vegetal utilizado para o plantio foi composto por sementes da linhagem 222, desenvolvidos pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) do CCAAB. Para a correção do solo, seguiu as recomendações da análise de fertilidade química, e a condução da cultura foi realizada em regime de sequeiro.

Procedeu-se as avaliações dos caracteres NRC – Número de racemos colhidos, CR – Média do comprimento dos três primeiros racemos, NSR – Número de sementes do racemo, PSR – Peso de sementes do racemo, PRP – Peso do racemo por planta, NSP – Número de sementes por planta, PROD – Produtividade. Todas as aferições seguiram as instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de

mamoneira (*Ricinus communis L.*) descrita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, disponível em MAPA (2008).

O experimento constitui-se de um ensaio de uniformidade, com espaçamento utilizado de 3 m x 1 m, formado de 10 fileiras de 37 plantas cada e consideradas como úteis as oito fileiras centrais com 35 plantas por fileira, num total de 280 plantas e área útil de 840 m<sup>2</sup>. Nas avaliações aferidas, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), área de 3 m<sup>2</sup>, perfazendo assim, 280 unidades básicas (ub) definidas a partir do mapa do ensaio em branco, que foram combinadas de modo a formar os 15 diferentes tamanhos de parcelas, ficando, o número de repetições de cada tamanho de parcela, limitado por sua área útil.

Os cálculos dos coeficientes de variação, variâncias e demais determinações necessárias para estimativas dos tamanhos de parcelas pelo método Modelo de Regressão Linear Segmentado de Resposta com Platô (MLRP) foram executados em ferramenta computacional, tipo planilha eletrônica, formato Microsoft Excel®, com rotinas desenvolvidas por Donato et al. (2008).

O Modelo Linear de Resposta Platô (MLRP) foi utilizado por Castro et al. (2016) de forma semelhante ao método da máxima curvatura, originado pelo ajuste de uma regressão entre o valor do coeficiente de variação e o valor da parcela em unidades básicas.

Neste caso, o tamanho da parcela é representado pelo ponto de interseção entre a reta e o platô, determinado algebricamente, porque a partir desse ponto há baixa probabilidade de resposta do valor  $\hat{y}_i$ , no caso, o coeficiente de variação em função do aumento de  $X_i$  que representa o tamanho da parcela em unidades básicas.

O ajuste matemático baseia-se em separar as observações em duas partes, sendo um modelo obtido por regressão linear e o outro pelo cálculo da média.

A equação estimada é:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 \pm \hat{\beta}_1 X_i; \text{ e } \hat{y}_i = \hat{\beta}_2; \hat{\beta}_2 = \text{estimativa do valor máximo ou mínimo para}$$

Y.

Para estimar o valor de  $X$ , onde ocorre a interseção dos dois segmentos do modelo linear descontínuo, ou seja, aquela acima do qual é baixa a probabilidade de resposta em  $Y$ , tem-se.

$$X_i = \frac{\hat{\beta}_2 - \hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1}$$

em que  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são os parâmetros do modelo. O coeficiente  $\hat{\beta}_1$  é denominado coeficiente de regressão, o coeficiente  $\hat{\beta}_0$  é conhecido como termo constante da equação de regressão e  $\hat{\beta}_2$  é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô.

Os ajustes realizados para todas as variáveis foram feitos utilizando-se o software SAEG, no procedimento (Regressões / Linear / Response Plateau, tendo como variável dependente o coeficiente de variação e independente o tamanho da parcela em unidades básicas, para cada variável.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

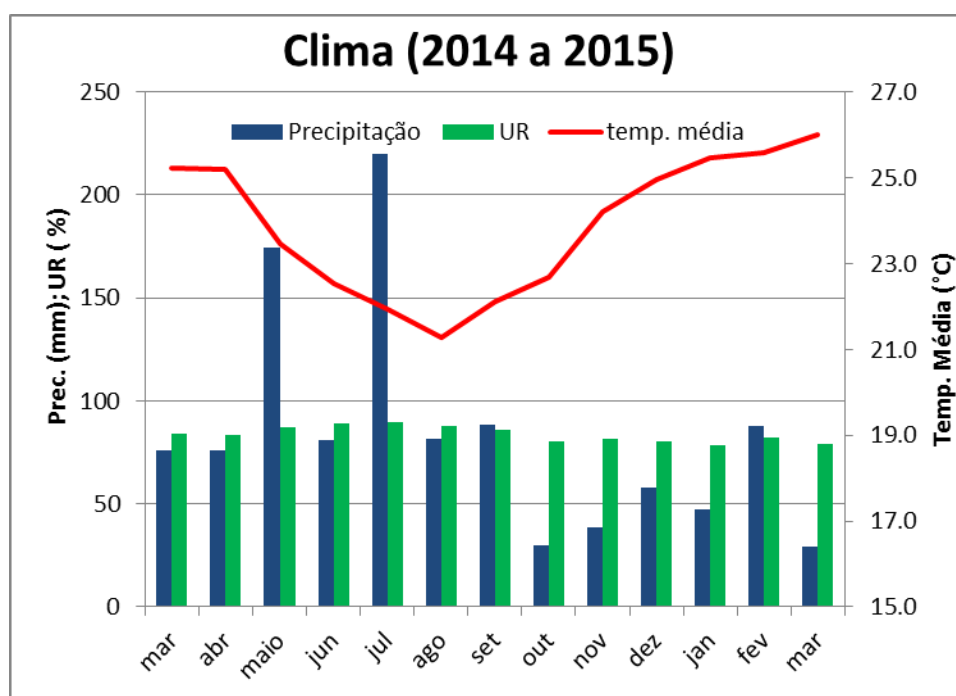
Como mostrado na Figura 1, a temperatura média mensal foi de 24° C para o ano agrícola 2014-2015, sendo o mês de agosto o mais frio. A pluviosidade acumulada durante o período de crescimento foi de 855 mm, valor acima do recomendado por Carvalho et al. (2010) que é de 500 a 800 mm, fato esse frequentemente observado na Região e favorável ao desenvolvimento das plantas.

Foi constatada uma drástica redução no índice pluviométrico no final do ciclo de cultivo sendo os meses de outubro à dezembro os que menos choveram, período na qual a planta estava no ápice do seu estado reprodutivo.

Por ser uma espécie extremamente sensível ao ataque do mofo cinzento, fungo que causa grandes prejuízos na produção de frutos, a mamoneira não tolera grandes percentuais de umidade relativa no ar, e foi observado valores acima de 80% de U. R. para todos os meses de cultivo, chegando à 90% de U. R. no início da frutificação.



Portanto, as condições climáticas experimentadas ao longo do ano agrícola de 2014-2015, no município de Cruz das Almas, BA, foram, em parte, insatisfatórias para a potencialização do crescimento e rendimento da cultivar de mamoneira avaliada, sugerindo ajustes nas constituições genéticas da mamoneira para seleção de novos genótipos, adaptados às condições climáticas da região.



Fonte: Embrapa Mandioca e Fruticultura

**Figura 1.** Valores médios mensais de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluviométrica total (mm) durante os meses de março de 2014 a março de 2015, nas condições climáticas de Cruz das Almas, BA.

A produtividade (PROD) apresentou uma média de 597,87 kg ha<sup>-1</sup> para a linhagem em estudo, valor situado acima da média nacional que é de 533 kg ha<sup>-1</sup>, como observado em CONAB (2016). O valor encontrado foi superior a média encontrada por Ferreira et al. (2015), em Campina Grande, PB, quando trabalharam com a cultivar BRS 188 Paraguaçu (468,90 kg ha<sup>-1</sup>), demonstrando potencial de aumento deste caráter na mamoneira para o Recôncavo Baiano.

O valor máximo dentre as unidades básicas foi de 3.375 kg ha<sup>-1</sup> e o valor mínimo foi de 92 kg ha<sup>-1</sup>, sendo essa variação atribuída ao ataque do mofo cinzento em algumas plantas e a interação das mesmas com o ambiente. Essa variação é explicada pelo elevado CV, cujo valor máximo para essa característica foi 66,14%.

O valor máximo dentre as plantas deste ensaio para o caráter número de racemos colhidos (NRC), foi 21 para a linhagem em estudo, com uma média de 7,18 racemos colhidos por planta.

Para o comprimento de racemos (CR), a média encontrada foi de 11,39 cm, com um valor máximo de 25,47 cm para a linhagem estudada, valor abaixo da média de 27,43 cm encontrada por Lima et al. (2014), em Fortaleza, CE, com a cultivar BRS Energia.

Na contagem do número de sementes por racemo (NSR), obteve-se média igual a 48,78 sementes, com um valor máximo de 126 sementes. Oliveira et al. (2013), trabalhando com populações segregantes, encontraram valores médios de 90,82 sementes por planta.

A média do peso de sementes por racemo (PSR) da mamoneira foi de 36,98 g, valor abaixo do encontrado por Lima et al. (2014), que obtiveram uma média entre o racemo primário e secundário de 59 g. Sampaio Filho et al. (2011) encontraram uma média máxima dentre quatro cultivares estudados, para o peso de racemo por planta (PRP), de 107,44 g, bem inferior à média encontrada no presente estudo que foi de 331,81 g. O número médio de sementes por planta (NSP) expresso pela mamoneira foi de 271,19 sementes para cada unidade básica estudada.

Os coeficientes de variação médios para as características avaliadas (Tabela 1) foram obtidos para cada tamanho de parcela em função da divisão da área em 15 distintos tamanhos de parcela. Verifica-se que os valores dos coeficientes de variação apresentaram uma grande variação, de 3,71 para comprimento do racemo a 79,96% para peso de sementes por racemo.

Elevados coeficientes de variação são comumente encontrados em trabalhos realizados com esta espécie, como demonstrado por Fernandes et al. (2015), na avaliação da adubação e ordem do racemo no desempenho

agronômico da mamoneira BRS Nordeste, em Remígio, PB, que encontraram CVs variando de 9,64% à 170,72%.

Verificou-se também, que os valores dos coeficientes de variação dos diferentes tamanhos das parcelas planejadas, diminuíram à medida que se aumentou o tamanho da parcela tanto na largura e/ou no comprimento. Mas esta relação mostra uma tendência de decréscimo não linear no coeficiente de variação com incremento no tamanho da parcela.

Por este comportamento comprova-se a existência de tendência de relação inversa entre o tamanho da parcela e o CV, concordando com Brum et al. (2016), os quais calcularam o tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa e diâmetro de cabeças de brócolis, e determinaram que o maior CV foi observado no menor tamanho de parcela, verificando-se redução dos CVs, com taxa diferenciada de decréscimo, com o aumento da parcela.

**Tabela 1.** Estimativas de coeficientes de variação (%), em função do tamanho de parcelas em unidades básicas (Xub), para as características componentes do rendimento de mamoneira. Cruz das Almas, BA, 2016.

X (ub)	CV (%)						
	NRC <sup>1</sup>	CR <sup>2</sup>	NSR <sup>3</sup>	PSR <sup>4</sup>	PRP <sup>5</sup>	NSP <sup>6</sup>	PROD <sup>7</sup>
1	43,39	32,49	44,39	79,96	53,96	48,940	66,14
2	32,54	22,72	32,00	53,11	39,16	35,373	45,89
4	22,05	17,76	25,55	39,18	27,20	24,368	33,19
5	25,44	18,14	26,12	41,89	30,23	27,060	35,57
7	24,93	14,53	23,17	37,07	26,63	23,041	31,92
8	15,69	11,87	14,96	26,86	19,87	18,897	25,70
10	18,81	10,82	19,08	29,21	21,97	19,422	23,35
14	17,89	7,18	17,62	25,55	18,22	15,529	20,73
20	12,48	9,48	18,71	22,53	15,90	14,556	17,49
28	10,74	5,29	17,36	19,61	12,45	11,072	14,31
35	16,92	7,45	19,03	22,86	17,30	13,691	19,19
40	8,98	7,41	7,21	11,80	13,69	13,384	14,01
56	8,33	3,71	4,25	6,61	10,24	10,659	10,76
70	14,61	5,35	18,45	23,87	14,83	10,976	18,15
140	8,66	4,52	22,23	22,53	9,63	5,604	11,18

<sup>1</sup>NRC: número de racemos colhidos; <sup>2</sup>CR: comprimento de racemo; <sup>3</sup>NSR: número de sementes por racemo; <sup>4</sup>PSR: peso de sementes por racemo; <sup>5</sup>PRP: peso de racemo por planta; <sup>6</sup>NSP: número de sementes por planta; <sup>7</sup>PROD: produtividade.

A aplicação do modelo de regressão linear segmentada com platô (MLRP) permitiu descrever o comportamento da variabilidade medida pelo CV, ao longo dos tamanhos de parcelas simulados. Em termos de qualidade experimental, o ajuste do modelo de regressão com platô em todos os tratamentos pode ser considerado com boa razoabilidade, onde, todas as simulações efetuadas (100%) corresponderam a análises de média para “alta precisão”, com valores do coeficiente de determinação variando de 72,34% a 84,79% (Tabela 2).

No método linear de resposta a platô, o tamanho ótimo da parcela é o valor onde o modelo linear se transforma em um platô, em relação à abscissa (LEONARDO et al., 2014). O platô foi alcançado para um valor de CV(X) inferior a 15%, exceto para as variáveis NSR (número de sementes por racemo) e PSR (peso de sementes por racemo), em que o CV(X) no platô foi de 15,89%, 20,51%, respectivamente.

**Tabela 2.** Estimativas dos parâmetros do modelo de regressão linear segmentado com platô, do coeficiente de variação no platô de resposta (P), do tamanho ótimo de parcela (XUB) no ponto de platô e do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para as diferentes variáveis de mamoneira. Cruz das Almas, BA, 2016.

Variáveis	Parâmetros		Coeficiente de Variação P	Tamanho da parcela XUB	Coeficiente de determinação $r^2$
	$\beta_0$	$\beta_1$			
NRC <sup>1</sup>	38,995	-2,436	12,33	11,0	0,7234
CR <sup>2</sup>	29,483	-2,109	6,29	11,0	0,8479
NSR <sup>3</sup>	42,127	-3,126	15,89	8,4	0,7626
PSR <sup>4</sup>	73,294	-5,989	20,51	8,8	0,7854
PRP <sup>5</sup>	50,732	-3,976	14,92	9,0	0,8108
NSP <sup>6</sup>	43,380	-2,880	11,93	10,9	0,7649
PROD <sup>7</sup>	58,437	-3,981	15,73	10,7	0,7834

<sup>1</sup>NRC: número de racemos colhidos; <sup>2</sup>CR: comprimento de racemo; <sup>3</sup>NSR: número de sementes por racemo; <sup>4</sup>PSR: peso de sementes por racemo; <sup>5</sup>PRP: peso de racemo por planta; <sup>6</sup>NSP: número de sementes por planta; <sup>7</sup>PROD: produtividade.

As estimativas do tamanho ótimo de parcela ( $X_c$ ) variaram de 8,4 (ub), (NSR) correspondente a um coeficiente de variação de 15,89% no platô, a 11 (ub) (NRC e CR), representando um platô no coeficiente de variação de 12,33% e 6,29%, respectivamente.

Para cultivares de mamoneira, apenas uma referência foi encontrada, na forma de resumo expandido, utilizando a metodologia do modelo linear de resposta platô, demonstrando a importância desta pesquisa para os trabalhos com essa cultura.

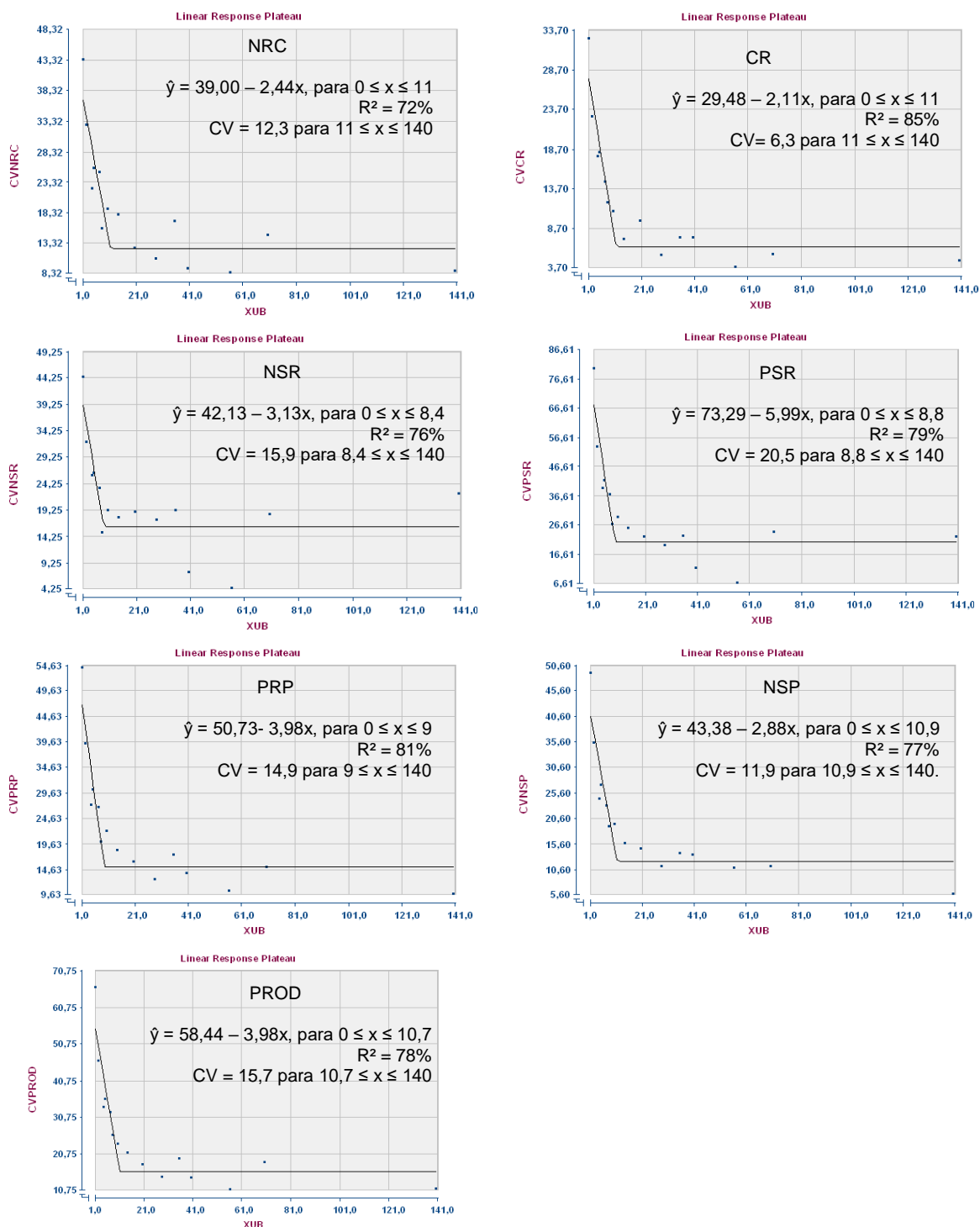
Nesta, Oliveira et al. (2010) obtiveram resultados similares, com ajuste considerado bom, apresentando coeficiente de determinação que variaram entre 81,69% e 93,56%. O platô foi alcançado para um valor de  $CV(X)$  inferior a 10,0% para a maioria das cultivares estudadas, exceto para a cultivar BRS 180 Paraguaçu, em que o  $CV(X)$  no platô foi de 11,84%, com indicação de utilizar parcelas formadas por oito unidades básicas.

Esses valores se encontram próximos aos utilizados por Costa et al. (2006) e Passos et al. (2010), que usaram parcelas formadas por onze e dez plantas, respectivamente. Entretanto, alguns autores utilizaram parcelas maiores como Torres et al. (2016), 20 plantas, e Sampaio Filho et al. (2011), 30 plantas de mamoneira na parcela experimental. Paludo et al. (2015) recomendou um tamanho de parcela em mamoneira de oito plantas para as características de produção, utilizando a metodologia da máxima curvatura modificada.

A equação de regressão estimada para a variável produtividade é representada por  $\hat{y} = 58.4371 - 3.981*x$ ;  $r^2 = 0,78$ ; para  $0 \leq x \leq 10,7276$ , onde  $\hat{y} = 15,7286$ , para  $10,7276 \leq x \leq 140$ .

O máximo de unidades básicas testadas na regressão corresponde à 140. O valor de 10,7276 ub é o nível de  $X$  recomendável para se obter o máximo de  $Y$ , estimado em 15,7286, ou seja, a partir de 10,7276 unidades básicas o aumento no tamanho da parcela não decresce o coeficiente de variação, ou seja, não melhora a precisão experimental (Figura 2).

O modelo linear em resposta a platô permite a comparação de combinações alternativas de retas e platôs, e escolhe, como melhor opção de ajustamento, a combinação que tenha a menor soma de quadrados dos desvios (LEONARDO et al., 2014).



NRC: número de racemos colhidos; CR: comprimento de racemo; NSR: número de sementes por racemo; PSR: peso de sementes por racemo; PRP: peso de racemo por planta; NSP: número de sementes por planta; PROD: produtividade.

**Figura 2.** Representação gráfica da relação entre o coeficiente de variação (CV) e tamanho ótimo da parcela (XUB) em unidades básicas, nas variáveis de mamoneira analisadas, para o método de regressão segmentada com platô linear. Cruz das Almas, BA, 2016.

Semelhante ao relatado por Acunha et al. (2014), havendo modelos e métodos que parecem subestimar o tamanho suficiente de amostra e outros que talvez o superestimem, uma recomendação prática baseada num valor de compromisso, considerado médio, entre os resultados obtidos por todas as variáveis (Tabela 2), seria algo bastante razoável, tendo em vista a maioria dos ensaios com mamoneira utilizarem as sete variáveis em estudo.

Diante do exposto, o número médio de unidades básicas encontrado entre todas as variáveis em estudo foi de 9,9, (10) plantas por parcela.

Este método tem sido utilizado em várias áreas e com diferentes propósitos, como visto nos trabalhos de Castro et al. (2016) que avaliaram a relação metionina + cistina em codornas, conforme os modelos de Regressão Linear Response Platô; Oliveira et al. (2014) que utilizaram modelos de regressão segmentados de resposta com platô (MLRP - linear, MGRP - quadrático e MERP - exponencial) para estimar o tamanho ótimo de parcelas para determinação de diferentes características em genótipos de bananeira; Nomelini et al. (2014) aplicaram esta metodologia em teste de germinação de sementes da espécie florestal nativa *Acacia polyphylla* D.C.; Acunha et al. (2014) na estimativa da produção de cana-de açúcar; Pinto et al. (2014) na utilização de componentes principais na obtenção do tamanho ótimo de parcelas em experimentos envolvendo genótipos de bananeira, Silva et al. (2012) em experimentos com rabanete e Bhering et al. (2015) determinaram o número mínimo de plantas de *Jatropha* para manutenção e expansão do banco de germoplasma.

## CONCLUSÃO

O tamanho ótimo de parcela é de dez unidades experimentais, para as características de rendimento e produção, com a área da parcela de 30 m<sup>2</sup> para os espaçamentos entre plantas de 3 m entre fila e 1 m entre plantas.

O modelo de regressão linear com resposta platô apresentou boa razoabilidade de ajuste em relação aos dados, pelo coeficiente de determinação.

Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos pelo modelo linear de resposta platô oscilaram com a característica avaliada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. Brasília: **Conab**, 2016. [Observatório Agrícola v.3 - Safra 2015/16. n.9, p. 110-112]. **Disponível em:** <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_06\\_09\\_09\\_00\\_00\\_boletim\\_graos\\_junho\\_\\_2016\\_-\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

ACUNHA, J. G.; de OLIVEIRA, R. A.; ZEVIANI, W. M.; PETERNELLI, L. A.; BESPALHOK FILHO, J. C.; e DAROS, E. Suficiência amostral para a estimação da produção de cana-de-açúcar. **Ciencia Rural**, v.44, n.10, p.1747-1754, 2014.

BHERING, L. L.; ALMEIDA FILHO, J. E. de; AZEVEDO PEIXOTO, L.; LAVIOLA, B. G.; GOMES, B. E. L. Plateau regression reveals that eight plants per accession are representative for *Jatropha* germplasm bank. **Industrial Crops and Products**, v.65, p.210-215, 2015. **Disponível em:** <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.056>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

BOER, H.; COTINGTING, C. Medicinal plants for women's healthcare in Southeast Asia: a meta-analysis of their traditional use, chemical constituents, and pharmacology. **J. Ethnopharmacol**, v.15, n.2, p.747-767, 2014. **Disponível em:** <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.030>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

BRITO, M. C. M.; FARIA, G. A.; MORAIS, A. R.; SOUZA, E. M.; DANTAS, J. L. L. Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Revista Brasileira Biometria**, São Paulo, v.30, n.3, p.353-366, 2012.

BRITO, M. C. M.; HUMADA-GONZÁLEZ, G. G.; MORAIS, A. R. de; MOREIRA, J. M. Avaliação do desempenho do algoritmo de reamostragem bootstrap na verificação da estimação do tamanho ótimo da parcela. **Revista da Estatística UFOP**, Ouro Preto, v.3, n.3, p.255-259, 2014.



BRUM, B.; BRANDELERO, F. D.; OLIVEIRA VARGAS, T. de; STORCK, L.; ZANINI, P. P. G. Tamanho ótimo de parcela para avaliação da massa e diâmetro de cabeças de brócolis. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.447-463, 2016.

BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J. A. Plot size and number of replicates in times of sowing and cuts of millet. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.119-127, 2016.

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

CASTRO, M. R. de; PINHEIRO, S. R. F.; LIMA, H. J. D.; PIRES, A. V.; VIEIRA, D. J.; ABREU, L. R. A.; MOTA, L. F. M.; OLIVEIRA, R. G. Relações metionina+cistina: lisina digestíveis para codornas de corte machos em fase de terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.2, p.162-173, 2016.

CELANTI, H. F.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R. S.; CATTANEO, L. F.; SCHMILDT, E. R. Plot size in the evaluation of papaya seedlings'baixinho de santa amália' in tubes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.3, 2016. **Disponível em:** < [http://dx. doi.org/10.1590/0100-29452016533](http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016533) >. Acesso em: 27 nov. 2016.

COSTA, M. N. da; et. al. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1617-1622, 2006.

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; SILVA, S. de O. E; CECON, P. R.; SILVA, J. A. da; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para

avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.957-969, 2008.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; e da SILVA, J. R. P. Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônômico da mamoneira BRS Nordestina. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.48-57, 2015.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F. D.; SÁ, F. V. D. S.; BERTINO, A. M.; PAIVA, E. P. D.; FARIAS, S. A. Growth and production of castor bean BRS Paraguaçu under irrigation, soil mulching and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.857-864, 2015.

FIGUEIREDO, S. L.; LARA-FIGUEIREDO, A. C. D. C.; PIVETTA, L. G.; RODRIGUES, J. D.; ZANOTTO, M. D. Agronomic characteristics of the castor bean as affected by cultivation method and planting density. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.1, p.86-92, 2016.

GUO, Z.; HAN, C.; DU, J.; ZHAO, S.; FU, Y.; ZHENG, G.; SUN, Y.; ZHANG, Y.; LIU, W.; WAN, J.; QIAN, J.; LIU L. Proteomic study of differential protein expression in mouse lung tissues after aerosolized ricin poisoning. **International Journal of Molecular Sciences**, v.15, n.5, p.7281-7292, 2014.

LEONARDO, F. D. A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. D. M.; ARAÚJO, R. D. C.; MENDONÇA, R. M. N. Optimum size of the experimental plot of pineapple 'Victory'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.4, p.909-916, 2014.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; ANJOS SOARES, L. A. dos; SILVA, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.1, p.1-10, 2014.

LORENTZ, L. H.; ERICHSEN, R.; LÚCIO, A. D. Proposta de método para estimação de tamanho de parcela para culturas agrícolas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.59, n.6, p.772-780, 2012.

MAPA - Instruções para execução dos ensaios de distingüibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / MAPA**, v.147, n.1, p.14-15, 2008.

NOMELINI, Q. S. S.; ALVES, C. J.; OLIVEIRA, D. S.; FRANZÃO, A. A.; SANTANA, D. G. Estimativa do tamanho ótimo de parcelas para testes de germinação de sementes da espécie *Acácia polyphylla* D.C. **Sigmae**, v.3, n.2, p.88-94, 2014.

OLIVEIRA, T. A.; PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; SILVA, S. A. ; MORAIS, A. R. ; DIAS, C. T. S. Modelos de regressão com platô na estimação do tamanho de parcelas em experimentos com mamona. In: 19º SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA - SINAPE, São Pedro. **Anais**. Associação Brasileira de Estatística. Anais; SINAPE: IME-UNICAMP 2010. **Disponível em:** <[http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona\\_%20Sinape\\_Ana%20Patricia.pdf](http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Mamona_%20Sinape_Ana%20Patricia.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2016.

OLIVEIRA, R. S. D.; SILVA, S. A.; BRASILEIRO, B. P.; MEDEIROS, E. P.; ANJOS, E. V. A. D. Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.564-570, 2013.

OLIVEIRA E. A.; CECON, P. R.; SILVA, F. F.; LIMA, C. G.; DONATO, S. L. R.; DIAS, C. T. S. componentes principais na estimação do tamanho ótimo de parcelas em experimentos envolvendo genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.32, n.2, p.190-200, 2014.

PALUDO, A. L.; LOPES, S. J.; BRUM, B.; STORCK, L.; SANTOS, D. dos; HAESBAERT, F. Tamanho de parcela e número de repetições para mamoneira em diferentes espaçamentos entre plantas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.253-258, 2015.

PARANAÍBA, P. F.; et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2, p.255-268, 2009.

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

PATEL, J. K.; CHAUDHARY, G. K.; PATEL, K. S.; LORIA, J. M. Estimation of Optimum Size and Shape of Plot for Field Experiments on Irrigated Castor (*Ricinus Communis* Linn.) **Journal of The Indian Society of Agricultural Statistic**, v.59, n.1, p.32-47, 2005.

PINTO, E. S. O.; CECON, P. R.; FONSECA, F.; LIMA, S. C. G. de; DONATO, S. L. R.; SANTOS DIAS, C. T dos. Componentes principais na estimação do tamanho ótimo de parcelas em experimentos envolvendo genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Biometria**, v.32, n.2, p.190-200, 2014.

SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; SILVA, M. S. da; CARVALHO, D. dos S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2011.

SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C. D.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38 n.2, 2016. **Disponível em:** <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016373>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

SEVERINO, L. S.; MENDES, B. S.; LIMA, G. S. Seed coat specific weight and endosperm composition define the oil content of castor seed. **Industrial Crops and Products**, v.75, p.14-19, 2015. **Disponível em:** <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.043> >. Acesso em: 23 nov. 2016.

SILVA, L. F. D. O. da; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A. R. de; COGO, F. D.; ZAMBON, C. R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.5, p.624-629, 2012.

SILVA, M. F. D. O.; PRATES, E. M.; SANTOS SIRQUEIRA, F. J.; SOARES, N. S. Análise da oferta brasileira de mamona, no período de 1961 à 2012. **Revista estudo e debate**, v.22, n.2, p.195-213, 2016.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; HERNANDES, F. B.; FERNANDES, R. L.; GOMES, A. C.; LOPES, K. V. Agronomic performance of castor under different growing conditions. **Bioscience Journal**, v.32, n.1, p.55-60, 2016.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) se constitui de elevado valor econômico-social e fonte de divisas para o país. seja por processo tradicional em pequenas e médias propriedades rurais ou através de modernas técnicas em plantios extensivos. Sua exploração racional, contudo, exige que sejam disponibilizados resultados de pesquisas científicas que venham ampliar leque de informações sobre a cultura.

O melhoramento genético da mamoneira visa à obtenção de cultivares com alta produtividade. de porte médio, precoces e com elevados teores de óleo. Estas características, no entanto, podem ser identificadas e transferidas em programas de melhoramento que envolvam hibridações, para obtenção de novas constituições genéticas onde preferencialmente envolvam genótipos divergentes e a seleção aplicada em caracteres que possuem alta correlação com o rendimento de grãos.

Todavia, a aplicação de técnicas eficientes para o reconhecimento e avaliação desses materiais faz-se necessária, uma vez que permite a obtenção de ganhos genéticos promissores. O sucesso de um programa de melhoramento demanda experimentos cada vez mais precisos, pois as diferenças entre genótipos, principalmente daquelas espécies bastante melhoradas, tendem a ser cada vez menores.

Este estudo apresentou informações relevantes sobre o planejamento experimental para testes com mamoneira, a área experimental adequada, o tamanho de parcela, o delineamento e o número de repetições, pois o desconhecimento destas acarreta em aumentos na estimativa do erro experimental, o que diminui a confiabilidade dos resultados obtidos com esta cultura.

Trabalhos dessa natureza normalmente não são diretamente utilizáveis pelo agricultor. No entanto, são de extrema importância para a pesquisa, pois quanto menor o tamanho da parcela experimental, desde que assegure um mínimo de precisão requerida para identificar diferenças detectáveis entre

tratamentos, que é o objetivo de todo experimento, menor a necessidade de áreas experimentais e menores os custos da pesquisa.

Os valores das estimativas dos tamanhos de parcela obtidos neste trabalho, de forma geral, foram pequenos e oscilaram com a característica avaliada e o método empregado, possibilitando ao pesquisador a obtenção de vários tamanhos convenientes de parcela, levando-se em conta as condições, limitações e particularidades da pesquisa. Dessa forma, a utilização simultânea de mais de um método para determinação do tamanho ótimo da parcela é o mais coerente, buscando-se, com o tamanho adotado, suprir a demanda, de acordo com a casualidade, dos pré-requisitos de cada método e à condição do experimentador.