

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE
MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) OBTIDOS POR MEIO DA
HIBRIDAÇÃO CONVENCIONAL E DO MÉTODO DOS HÍBRIDOS
CRÍPTICOS**

EDER VICTOR BRAGANTI TOPPA

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

BOTUCATU-SP

Julho – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE
MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) OBTIDOS POR MEIO DA
HIBRIDAÇÃO CONVENCIONAL E DO MÉTODO DOS HÍBRIDOS
CRÍPTICOS**

EDER VICTOR BRAGANTI TOPPA

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Dutra Zanotto

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

BOTUCATU-SP

Julho - 2011

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

T675a Toppa, Eder Victor Braganti, 1987-
Análise comparativa da produtividade de híbridos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) obtidos por meio da hibridação convencional e do método de híbridos crípticos / Camila Abrahão. - Botucatu : [s.n.], 2011
xi, 86 f. : gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011
Orientador: Maurício Dutra Zanotto
Inclui bibliografia

1. Espécies alógamas. 2. Espécies mistas. 3. Híbridos-duplos crípticos. 4. Linhagens endogâmicas. 5. Mamona. I. Zanotto, Maurício Dutra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

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

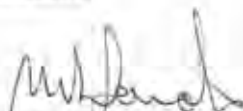
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) OBTIDOS POR MEIO DA HIBRIDAÇÃO CONVENCIONAL E DO MÉTODO DOS HÍBRIDOS CRÍPTICOS

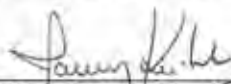
ALUNO: EDER VICTOR BRAGANTI TOPPA

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

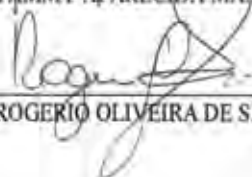
Aprovado pela Comissão Examinadora:



PROF. DR. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO



PROF. DR. TAMMY APARECIDA MANABE KIIHL



PROF. DR. ROGERIO OLIVEIRA DE SA

Data da Realização: 28 de julho de 2011.

Dedicatória

Ab initio, a todos que se consideram de certa forma diferentes desses padrões de conformidade.

AGRADECIMENTOS

Preambularmente agradeço a Deus por ser democrático e permitir que suas inefáveis criaturas sejam moldadas pelo senso crítico, a ponto de libertar-se dos complexos da moralidade.

Desejo aqui explicitar a mais profunda gratidão a meus pais, que de certa forma obstinaram-se em fazer de mim uma pessoa equilibrada.

Insta mencionar a consideração com às sucessivas legiões de amigos que sempre tiveram paciência e o estoicismo de compartilhar minhas experiências, possibilitando um treinamento ímpar.

A Thaís Camila Vivi, minha filosofia, indispensável ao equilíbrio vital diário que me ensinou que nem sempre nossas escolhas nos fazem felizes, mas as vezes é necessário estar num caminho cheio de pedras para se lembrar com amor dos caminhos suaves de areias finas.

Cabe ressaltar finalmente, mas não por último, a extensa admiração pelo Doutor e Amigo Maurício Dutra Zanotto, que com infindável paciência me guiou nos primeiros contatos com o universo agrônomo, em especial no melhoramento genético de plantas, acompanhando-me nas primeiras excursões e ministrando incansáveis explicações, o meu mais profundo reconhecimento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VIII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Método “Standard” de obtenção de linhagens.....	7
4.2 Método dos Híbridos Crípticos	9
5 MATERIAL E MÉTODO	12
5.1 Material.....	12
5.2 Experimentos de produtividade	13
5.3 Coleta de dados.....	13
5.4 Procedimento estatístico.....	14
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
7 CONCLUSÕES.....	23
8 REFERÊNCIAS	24

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resumo da análise de variância individual segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....	14
Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta entre locais e anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008	14
Tabela 3. Resumo da análise de variância conjunta para cada local segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....	15
Tabela 4. Análise de variância conjunta entre locais e anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....	16
Tabela 5. Análise de variância conjunta entre anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....	17
Tabela 6. Média dos híbridos de mamoneira em relação à característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaliados em Lins, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....	18
Tabela 7. Análise de variância conjunta entre anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....	19

Tabela 8. Média dos híbridos de mamoneira em relação à característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaliados em Penápolis, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.....20

1. RESUMO

Como consequência do melhoramento de populações, novas idéias e métodos surgiram, procurando melhorar a eficiência na obtenção de linhagens e híbridos, bem como diminuir o tempo requerido na sua obtenção. Este é o caso do método dos Híbridos Crípticos, que corresponde essencialmente a um teste precoce de combinação através de cruzamentos entre plantas individuais.

Apesar da possibilidade do método dos Híbridos Crípticos representar um ganho de tempo na produção de híbridos, pode ser considerado de uso restrito em programas de melhoramento de espécies alógamas, principalmente em decorrência da excessiva perda de vigor das linhagens femininas com a condução de sucessivas autofecundações. No tocante, supõe-se que em programas de melhoramento de espécies que possuem o sistema reprodutivo do tipo misto, o método possa se configurar como uma ferramenta efetiva em razão de que nestas espécies a depressão endogâmica é desprezível.

Ao encontro da necessidade de informações que permitam avaliar o real potencial do método dos Híbridos Crípticos em espécies com sistema reprodutivo do tipo misto, objetivou-se neste trabalho analisar comparativamente o comportamento dos híbridos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) produzidos pelo processo convencional, em que as linhagens são extraídas pelo método “Standard”, com os obtidos pelo método dos Híbridos Crípticos. O estudo relata resultados de produtividade de grãos de 24 híbridos interpopulacionais, sendo que destes 12 foram produzidos convencionalmente e outros 12 pelo

método dos Híbridos Crípticos, todos sintetizados no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas.

Os experimentos para a avaliação do comportamento dos híbridos foram desenvolvidos nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008 simultaneamente nos municípios de Lins e Penápolis, todos conduzidos sob o delineamento de Blocos ao Acaso com quatro repetições.

Os resultados de produtividade de grãos dos híbridos de mamoneira, evidenciou a aptidão dos híbridos crípticos em superar os híbridos obtidos convencionalmente com o emprego de linhagens extraídas pelo método “Standard”. Em todos os experimentos realizados a produtividade média de massa de grãos dos híbridos crípticos é consideravelmente maior que a dos híbridos convencionais.

Palavras-chave: Linhagens endogâmicas, espécies alógamas, espécies mistas e híbridos-duplos crípticos.

2. SUMMARY

As a consequence of population breeding, new ideas and methods have arisen in order to improve the efficiency in obtaining lines and hybrids, as well as to decrease the time required for their production. This is the case of the Cryptic Hybrids method, which corresponds essentially to an early combination test through breeding between individual plants.

Although the Cryptic Hybrids method may represent time gain in hybrid production, it can be considered of restrict use in breeding programs of allogamous species, mainly due to excessive vigor loss in female lines with the conduction of successive self-pollinations. In breeding programs of species with mixed reproductive system, the method is supposed to be an effective tool since endogamic depression is negligible in these species.

Based on the need of information that allow assessing the real potential of the Cryptic Hybrids method in mixed reproductive system, this study aimed to comparatively analyze the behavior of castor bean (*Ricinus communis* L.) hybrids produced through the conventional process, in which the lines are extracted by the Standard method, relative to those obtained by the Cryptic Hybrids method. The study reports grain productivity results for 24 interpopulational hybrids, of which 12 were conventionally produced and the other 12 were produced by the Cryptic Hybrids method; all of them were synthesized at the Department of Plant Production of the School of Agronomical Sciences.

Experiments to assess the behavior of hybrids were developed in the crop cycles 2006/2007 and 2007/2008, simultaneously in the municipalities Lins and Penápolis, and were all conducted under randomized block design with four replicates.

Grain productivity results for castor bean hybrids evidenced that cryptic hybrids are superior to hybrids conventionally produced with the use of lines extracted by the Standard method. In all experiments, the grain mass mean productivity of cryptic hybrid is considerably higher than that of conventional hybrids.

Key-words: Inbred lines, panmitic species, mixed-pollination species and cryptic double hybrids.

3. INTRODUÇÃO

A hibridação no sentido mais amplo é de grande interesse no melhoramento da maior parte das espécies cultivadas, tanto para a exploração da heterose como para promoção da variabilidade genética em populações. Diversos tipos de híbridos podem ser sintetizados, mas os mais importantes são aqueles obtidos com o emprego de linhagens endogâmicas.

O desenvolvimento das linhagens dos híbridos tem sido feito principalmente pelo chamado método “Standard”. As populações base, constituídas de variedades adaptadas de população aberta, são autofecundadas. A seleção é praticada entre e dentro das linhagens até que elas atinjam um bom nível de homozigose. Estas linhagens são selecionadas em um conjunto de cruzamentos denominado de “topcross” e posteriormente avaliadas para capacidade específica de combinação. A fixação gênica nas linhagens é aleatória e nada se sabe da capacidade combinatória até que sejam obtidas. O tempo gasto na obtenção e avaliação das linhagens é muito grande, tornando o processo convencional de produção de híbridos longo e dispendioso.

Várias tentativas têm sido sugeridas para tornar mais eficiente a obtenção de linhagens de boa capacidade combinatória. Muitos métodos de melhoria de linhagens têm sido usados com relativo sucesso, mas sempre dependentes da pré-existência de linhagens superiores, corroborando, portanto, para que o método “Standard” seja ainda o mais empregado nos diversos programas de melhoramento de plantas, com considerável êxito.

Obstante as problemáticas inerentes ao método “Standard” de obtenção de linhagens, Lonquist e Williams (1967) e Hallauer (1967) propuseram uma outra metodologia. O método é baseado no comportamento de híbridos crípticos, e necessita de populações prolíficas para sua execução. Isto porque são necessárias autofecundações e cruzamentos simultaneamente em uma mesma planta. É dado o máximo de ênfase na seleção de linhagens que apresentam alta capacidade específica de combinação, a qual é testada a cada geração de autofecundação. Ao final do programa, são obtidas as linhagens em combinações simples, podendo estas posteriormente serem utilizadas na síntese de diferentes tipos de híbridos.

Uma das principais observações explicitadas sobre o método, se não a principal, é que o Híbrido Críptico apresentou uso bastante limitado em programas de melhoramento de espécies alógamas, preponderantemente pela excessiva perda de vigor da linhagem fêmea com a série de endogamia. Naturalmente a produção massiva de sementes F_1 , com vistas a hibridação comercial, requer fêmeas altamente produtivas, em decorrência de níveis relativamente baixos de depressão endogâmica. O vigor das linhagens femininas é indispensável para que a semente híbrida tenha um custo acessível ao agricultor.

Observado o exposto da utilização do método em alógamas, logo supõe-se que a metodologia dos Híbridos Crípticos possa ser uma ferramenta potencial no melhoramento de espécies que apresentam o sistema reprodutivo do tipo misto, como a mamona por exemplo, em razão de que nestas espécies a depressão endogâmica sugerida por sucessivas autofecundações é insipiente.

Este trabalho tem, pois, o objetivo de confrontar comparativamente os híbridos produzidos pelo processo convencional, em que as linhagens são extraídas pelo método “Standard”, com os do método dos Híbridos Crípticos. O estudo relata resultados de produtividade de grãos de 24 híbridos de mamoneira (*Ricinus communis* L.), oriundos de linhagens endogâmicas do programa de melhoramento genético da Faculdade de Ciências Agrônômicas, avaliados em dois anos agrícolas para duas localidades distintas.

4. REVISÃO DE LITERATURA

As linhagens que fazem parte da constituição híbrida podem ser obtidas de qualquer material segregante (populações crioulas, populações melhoradas, compostos, sintéticos ou gerações avançadas de híbridos). Entretanto, espera-se que as melhores linhagens provenham de material previamente melhorado por alguma modalidade de seleção.

A técnica da autofecundação é a mais comumente utilizada para a extração das linhagens (PATERNIANI, 1987). O melhoramento para a produção de híbridos de linhagens envolve a realização de três etapas bem definidas (RICHEY, 1950): a) A obtenção por autofecundação e seleção, de linhagens melhoradas para certas características; b) A identificação das linhagens mais satisfatórias para determinados propósitos; c) A utilização prática destas linhagens em alguns dos tipos de híbridos.

Nesta revisão será referenciado o método “Standard” para obtenção de linhagens endogâmicas, que compõe o aplicado convencionalmente no processo de hibridação, procurando-se ressaltar algumas de suas deficiências e as principais diferenças deste método com relação ao dos Híbridos Crípticos.

4.1. Método “Standard” de obtenção de linhagens

Existem vários métodos que podem ser usados para isolar linhagens endogâmicas; Sobre o assunto há revisões detalhadas publicadas por Paterniani (1966) e

Russel (1976b). Dentre os métodos citados por estes autores, alguns dependem da existência prévia de boas linhagens e outros levam propriamente à extração de novas linhagens a partir de variedades, como é o caso do método “Standard”.

No método “Standard” a seleção é conduzida entre e dentro das progênes a medida que se procede o trabalho de endogamia. As plantas são selecionadas por seus caracteres fenotípicos: vigor, resistência às moléstias e bons caracteres agrônômicos. Este método é dos mais utilizados até os dias atuais, e suas bases genéticas estão fundamentadas no trabalho apresentado por Shull (1909).

A observação a ser realizada sobre o respectivo método supracitado é que este apresenta a desvantagem de exigir de cinco a seis anos somente para se obter as linhagens. Neste mesmo período de tempo, conforme será visto mais adiante, o método dos Híbridos Crípticos permite não só a obtenção como a própria avaliação da capacidade combinatória das linhagens. Além disso, no método dos Híbridos Crípticos, a heterose dos cruzamentos é avaliada a cada geração, o que não acontece com o método “Standard”. Neste último, as linhagens são obtidas de modo aleatório, ficando incerta a heterose que as mesmas mostrarão nos cruzamentos futuros.

Como se não bastasse o demasiado período de tempo requisitado para a extração das linhagens no método “Standard”, menciona-se também que somente após a obtenção da linhagem se procede a avaliação final da mesma através da sua capacidade geral e específica de combinação, expressões estas conceituadas por Sprague e Tatum (1942). Normalmente as linhagens são primeiro testadas quanto à sua capacidade geral de combinação por meio dos “topcross”, que consistem no cruzamento das linhagens com um testador comum. Pelo menos dois anos são necessários neste teste, um para os cruzamentos e outro para os experimentos de competição. Em seqüência, as linhagens selecionadas na avaliação da capacidade geral de combinação são examinadas com relação à capacidade específica de combinação, que é feita pela utilização de cruzamentos simples em todas as combinações possíveis entre um grupo de linhagens selecionadas. A execução do teste de capacidade específica de combinação exige, no mínimo, dois anos de experimentação. Com os resultados dos cruzamentos simples, podem-se fazer predições dos híbridos duplos ou triplos. Além desta predição, todavia, ainda é necessária a avaliação, em campo, dos melhores híbridos previstos.

Por conseguinte, somando-se o tempo gasto na extração das linhagens ao de suas avaliações quanto à capacidade combinatória, pelo menos dez anos são necessários para se obter um híbrido de linhagem do método “Standard”. No tocante, a necessidade de se testar as linhagens em combinações híbridas, e a identificação de combinações particulares que sejam superiores em produção para uma série de ambientes, torna o método bastante moroso.

4.2. Método dos Híbridos Crípticos

Como consequência do melhoramento de populações, novas idéias e métodos surgiram, procurando melhorar a eficiência na obtenção de linhagens e híbridos, bem como diminuir o tempo requerido na sua obtenção. Este é o caso do método dos Híbridos Crípticos (MAGNAVACA, 1973).

O método dos Híbridos Crípticos foi sugerido por Lonquist e Williams (1967) e Hallauer (1967), visando a obtenção de híbridos superiores com base no aumento da frequência de genes complementares e no consequente aumento da capacidade específica de combinação (LOPES *et al.*, 2001). Por este método, pelo menos uma das plantas utilizadas nos cruzamentos deve ser prolífica, sendo uma das estruturas reprodutivas usada para o cruzamento interpopulacional, e a outra, para a produção de família endogâmica. Os híbridos resultantes do primeiro cruzamento interpopulacional ($S_0 \times S_0$), são avaliados de acordo com as características agrônômicas de interesse. As sementes autofecundadas de cada planta constituirão a primeira geração de autofecundação (S_1) para a obtenção das linhagens. Selecionam-se as melhores progênies S_1 correspondentes aos híbridos $S_0 \times S_0$ superiores, as quais são semeadas em linhas pareadas. Autofecundam-se e cruzam-se novamente os pares de plantas em que pelo menos uma delas seja prolífica. Os cruzamentos $S_1 \times S_1$ são avaliados e as progênies S_2 correspondentes aos híbridos superiores são selecionadas e semeadas novamente em fileiras pareadas. O método recomenda que o procedimento descrito seja repetido por várias gerações de autofecundação, até se atingir um grau de endogamia satisfatório, avaliando-se a cada geração as linhagens obtidas para capacidade específica de combinação. Os autores do método, conceituam as famílias de irmãos germanos interpopulacionais como sendo híbridos duplos crípticos. Isto porquê, os indivíduos das populações, são caracterizados como os híbridos simples oriundos do cruzamento entre duas linhagens que o melhorista ainda

não tem, e portanto são linhagens ocultas ou crípticas. Desse modo, o método dos Híbridos Crípticos consiste pois na identificação dos híbridos duplos crípticos superiores, e posterior tentativa de isolamento das linhagens crípticas que poderiam reconstituir este cruzamento.

O trabalho de Lonquist e Williams (1967) realizado com a cultura do milho, demonstra o comportamento quanto a produção de grãos de famílias de irmãos germanos interpopulacionais derivadas de duas variedades sintéticas melhoradas. Neste estudo foram utilizadas as populações SSS_{III} e B_{IV}, nos ciclos III e IV de seleção recorrente para capacidade geral de combinação. Um total de 102 híbridos crípticos ($S_0 \times S_0$) foram obtidos e avaliados em dois anos consecutivos, constatando uma grande variação para a heterose que apresentou média de 31%, com uma amplitude de -8% a 51%. Dos cinco melhores híbridos crípticos selecionados ($S_0 \times S_0$), foi obtido, dentro de cada par, um bom número de cruzamentos $S_1 \times S_1$. Em experimentos de competição, a produção de grãos dos dois tipos de híbridos ($S_0 \times S_0$ e $S_1 \times S_1$) foi essencialmente igual. Os autores concluíram ser conveniente aplicar o referido método em populações previamente selecionadas para bons caracteres agronômicos, pois isto levará a uma diminuição do tempo solicitado para o desenvolvimento de híbridos superiores. Como o melhoramento prévio das populações é feito as custas da variabilidade genética aditiva, o desenvolvimento preliminar de grande número de linhagens, e sua avaliação para capacidade geral de combinação, tornam-se desnecessários. A seleção para capacidade específica de combinação pode ser feita imediatamente, poupando muito tempo e esforço no desenvolvimento de híbridos. O aumento da prolificidade, como consequência do melhoramento das populações, é a chave para a produção dos híbridos duplos crípticos.

Hallauer (1973) descreve os resultados de ganho de produção obtidos pela utilização do método dos Híbridos Crípticos, após seis gerações de teste. O trabalho foi realizado com as populações “Iowa Two-ear Synthetic” (BSTE) e “Pioneer Two-ear Composite” (PHPRC). Dos 144 cruzamentos $S_0 \times S_0$ inicialmente testados, apenas dois excederam os seis híbridos testemunhas, no entanto, em $S_5 \times S_5$ todos os 14 híbridos simples selecionados excederam a média das testemunhas, sendo sete destes significativamente superiores a melhor das testemunhas.

Os experimentos de Magnavaca (1973) com a aplicação da metodologia proposta por Lonquist e Williams (1967) e Hallauer (1967), discrimina resultados de duas gerações (S_0 e S_1) de obtenção de linhagens em duas populações de milho, Cateto Colômbia Composto e

Dentado Composto A. O autor revela que a produtividade de alguns híbridos crípticos $S_1 \times S_1$, mostraram-se superiores a dois dos melhores híbridos comerciais para a época, o que leva a prever a possibilidade de se obter linhagens para a síntese de híbridos de alta produtividade.

Em suma, analisando as considerações expostas sobre o método dos Híbridos Crípticos, teoricamente, este é excelente para a obtenção de híbridos de linhagens, uma vez que ao longo de sua execução estão previstos cerca de seis ciclos de seleção para avaliar a capacidade específica de combinação. Entretanto, atualmente, pode ser considerado de uso relativamente restrito em comparação com o processo convencional de obtenção de linhagens e híbridos. Parcialmente isto se deve ao fato das autofecundações levarem a perda de vigor das linhagens fêmeas. O maior vigor das plantas nas fileiras femininas, durante a síntese dos híbridos, tende a baratear o custo das sementes híbridas e tornar mais competitiva a exploração prática da heterose.

5. MATERIAL E MÉTODO

5.1. Material

Neste trabalho foram analisados experimentos de produtividade de 24 híbridos interpopulacionais de mamoneira (*Ricinus communis* L.), sendo que destes, 12 foram produzidos convencionalmente com o emprego de linhagens extraídas pelo método “Standard” e outros 12 pelo método dos Híbridos Crípticos, todos sintetizados no Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas.

As linhagens utilizadas na constituição dos híbridos foram obtidas de duas populações de base genética ampla, uma composta por plantas F_2 do híbrido comercial B-9 e a outra por plantas da cultivar FCA-PB. As linhas foram isoladas pela condução de quatro ciclos de autofecundação através dos respectivos métodos, extraindo-se, assim, as linhas fêmeas (S_4) da população B-9 e as linhas machos (S_4) da população FCA-PB.

As características marcantes dos materiais utilizados como populações básicas são o porte baixo e a precocidade. Ademais, a linha endogâmica do híbrido comercial B-9 em sua expressão sexual aparentemente não apresenta o fenômeno da reversão, algo importante para a manutenção das linhas pistiladas.

5.2. Experimentos de produtividade

Os experimentos para a avaliação do comportamento dos híbridos dos cruzamentos $S_4 \times S_4$, foram desenvolvidos nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008 simultaneamente em dois municípios do Estado de São Paulo, Lins e Penápolis. Os mesmos foram estabelecidos para a condição de safrinha da cultura, sendo semeados em ambas as localidades nas datas de 20/02/2007 e 19/02/2008.

As experimentações foram conduzidas sob o delineamento de Blocos ao Acaso com quatro repetições. Em todos os experimentos, as parcelas foram constituídas por fileiras de 5m de comprimento com espaçamento de 0,5m entre plantas e 1,0m entre fileiras, totalizando uma área útil de 5m². Semearam-se três sementes por cova, fazendo-se um desbaste aproximadamente 35 dias após a semeadura, quando foi deixada uma planta por cova, resultando num total de 40 plantas por parcela, equivalente a 20 mil plantas por hectare.

As áreas experimentais foram adubadas de acordo com a necessidade da cultura e recomendações descritas por Savy Filho (1997), e os tratos culturais despendidos os usuais.

5.2.1. Coleta de dados

Para a mensuração da produtividade de grãos (kg.ha⁻¹), foram tomados dados de massa de grãos dos frutos descascados, por parcela, corrigindo-os para umidade de 10% pela seguinte fórmula:

$$PC = PU \left[\frac{(100 - U)}{(100 - 10)} \right]$$

em que:

PC = Peso dos grãos corrigido para 10% de umidade;

PU = Peso dos grãos por parcela;

U = Teor de umidade dos grãos da parcela.

5.3. Procedimento estatístico

Os procedimentos estatísticos iniciais constituíram-se de análise da variância individualmente para cada local nos respectivos anos, resumo apresentado na Tabela 1, seguida de uma análise de variância conjunta entre locais e anos conforme recomendações de Ramalho *et al.* (2000), tendo em vista a relação favorável dos quadrados médios residuais entre os diferentes experimentos.

Tabela 1: Resumo da análise de variância individual segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.

Fator Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos	3	-	
Híbridos	23	Q ₁	Q ₁ /Q ₅
Crípticos	11	Q ₂	Q ₂ /Q ₅
Convencional	11	Q ₃	Q ₃ /Q ₅
Críptico vs Convencional	1	Q ₄	Q ₄ /Q ₅
Resíduo	69	Q ₅	
Total	95		

A tabela 2 especifica o resumo utilizado para proceder a análise de variância conjunta dos experimentos realizados nas diferentes localidades e anos agrícolas. É importante ressaltar que o modelo discriminado para esta análise é o fixo.

Tabela 2: Resumo da análise de variância conjunta entre locais e anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.

Fator Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos/experimento	12	-	
Locais	1	Q_1	Q_1/Q_{11}
Anos	1	Q_2	Q_2/Q_{11}
Híbridos	23	Q_3	Q_3/Q_{11}
Crípticos	11	Q_4	Q_4/Q_{11}
Convencional	11	Q_5	Q_5/Q_{11}
Críptico vs Convencional	1	Q_6	Q_6/Q_{11}
Locais x Anos	1	Q_7	Q_7/Q_{11}
Híbridos x Locais	23	Q_8	Q_8/Q_{11}
Híbridos x Anos	23	Q_9	Q_9/Q_{11}
Híbridos x Locais x Anos	23	Q_{10}	Q_{10}/Q_{11}
Tratamentos	95		
Resíduo Médio	276	Q_{11}	
Total	383		

Evidenciando-se a necessidade de melhor compreender os resultados da análise de variância conjunta anteriormente descrita, realizou-se uma análise de variância conjunta entre anos para cada local em estudo (Tabela 3) também utilizando-se do modelo fixo.

Tabela 3: Resumo da análise de variância conjunta para cada local segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.

Fator Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos/experimento	6	-	
Anos	1	Q_1	Q_1/Q_7
Híbridos	23	Q_2	Q_2/Q_7
Crípticos	11	Q_3	Q_3/Q_7
Convencional	11	Q_4	Q_4/Q_7
Críptico vs Convencional	1	Q_5	Q_5/Q_7
Híbridos x Anos	23	Q_6	Q_6/Q_7
Tratamentos	47		
Resíduo Médio	138	Q_7	
Total	191		

Para a comparação das médias dos tratamentos, empregou-se o teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade de erro.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta entre locais e anos (Tabela 4) revelou significância do quadrado médio da interação entre híbridos por locais e anos para a característica produtividade de grãos. A significância desta interação indica que os híbridos não apresentaram comportamento coincidente nos dois locais de avaliação e/ou para os dois anos de experimentação, sugerindo que seja realizada uma análise de variância conjunta entre anos para cada uma das localidades.

Tabela 4: Análise de variância conjunta entre locais e anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP e Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008

Fator Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos/experimento	12	-	
Locais	1	722540,752	9,11*
Anos	1	1449556,378	18,29*
Híbridos	23	1463720,733	18,46*
Crípticos	11	903668,760	11,40*
Convencional	11	1941019,740	24,49*
Críptico vs Convencional	1	2374003,250	29,95*
Locais x Anos	1	188,440	0,002 ^{ns}
Híbridos x Locais	23	393931,394	1,49 ^{ns}
Híbridos x Anos	23	393931,3934	4,97*
Híbridos x Locais x Anos	23	147679,206	1,86*
Tratamentos	95		
Resíduo Médio	276	79251,49075	
Total	383		
Coefficiente de Variação		17%	

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não Significativo

A análise de variância conjunta entre anos para o município de Lins, Tabela 5, demonstra a não significância do quadrado médio da interação entre híbridos por anos, ou seja, os materiais comportaram-se de modo similar para produtividade de grãos nos dois experimentos realizados nesta localidade. Dessa maneira, os híbridos de melhor desempenho produtivo podem ser prontamente indicados para o cultivo em Lins.

Tabela 5: Análise de variância conjunta entre anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Lins – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.

Fator Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos/experimento	6	-	
Anos	1	708.345,021	9,44*
Híbridos	23	789.863,996	10,53*
Crípticos	11	543.585,101	7,24*
Convencional	11	1.039.243,162	13,86*
Críptico vs Convencional	1	755.760,015	10,07*
Híbridos x Anos	23	88.652,227	1,18 ^{ns}
Tratamentos	47		
Resíduo Médio	138	74.979,929	
Total	191		
Coefficiente de Variação		16,98%	

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não Significativo

Na mesma análise de variância constata-se também que o quadrado médio da comparação dos diferentes métodos de produção de híbridos é significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F, inferindo que os híbridos crípticos e convencionais possuem comportamentos distintos quanto a produtividade de grãos. O melhor desempenho produtivo nos dois anos agrícolas em Lins é dos híbridos crípticos com um índice médio de $1.675\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de massa de grãos, ao passo, que, os híbridos obtidos pelo processo convencional apresentaram média de $1.550\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de massa de grãos.

A análise de variância conjunta entre anos para o município de Lins, ainda permite concluir que, tanto o quadrado médio dos híbridos crípticos como o quadrado médio dos híbridos convencionais são significativos, portanto, além de diferirem para produtividade de grãos quanto ao método, os híbridos diferiram dentro do mesmo grupo de materiais. A análise de variância só tem o poder de indicar a diferença significativa, mas não é capaz de relatar a magnitude da diferença entre as médias dos híbridos em questão, necessitando-se, para isso, a aplicação de testes de comparação entre médias.

Em relação a comparação das médias de produtividade de grãos dos híbridos em Lins, pode-se observar na Tabela 6 que o melhor desempenho nos dois anos agrícolas foi do híbrido convencional 10. Apesar disso, é possível notar que, estatisticamente, os híbridos crípticos correspondem por 66% dos materiais que compõem as duas melhores produtividades.

Outro aspecto bastante interessante e importante de ser mencionado, é que todos os híbridos em estudo tiveram média de produtividade de massa de grãos superior a média nacional, que é de 763kg.ha⁻¹ (CONAB, 2011).

Tabela 6: Média dos híbridos de mamoneira em relação à característica produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) avaliados em Lins, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008

Híbrido		Anos	
		2006/2007 e 2007/2008	
Convencional	10	2.272,0	A
Críptico	11	2.118,0	A
Convencional	07	2.107,5	A
Críptico	10	2.077,1	A
Críptico	03	1.989,2	A
Críptico	01	1.786,3	B
Convencional	08	1.656,2	C
Críptico	12	1.635,8	C
Críptico	09	1.616,0	C
Convencional	09	1.607,7	C
Críptico	04	1.596,2	C
Convencional	02	1.586,3	C
Críptico	07	1.549,5	C
Críptico	05	1.539,6	C
Convencional	11	1.513,1	C
Convencional	01	1.500,8	C
Convencional	06	1.469,6	C
Críptico	06	1.440,2	C
Convencional	12	1.420,8	C
Críptico	08	1.403,1	C
Convencional	03	1.364,2	C
Críptico	02	1.352,5	C
Convencional	04	1.147,2	C
Convencional	05	952,2	D
Método			
Críptico		1.675	
Convencional		1.550	

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974)

A respeito das considerações referentes à análise de variância conjunta entre anos para o município de Penápolis, Tabela 7, concerne afirmar que, diferentemente do explicitado para Lins, há significância do quadrado médio da interação entre híbridos por anos. Isto

implica na conclusão de que os híbridos divergiram no comportamento para o caractere produtividade de grãos nos anos agrícolas, entendendo-se, conseqüentemente, que há a necessidade de se testar mais vezes os materiais para a mesma localidade a fim de ter um parecer conclusivo dos reais potenciais produtivos.

Tabela 7: Análise de variância conjunta entre anos segundo o delineamento em blocos ao acaso para a característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos híbridos crípticos e convencionais em Penápolis – SP, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008.

Fator Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos/experimento	6	-	
Anos	1	74.1399,797	8,89*
Híbridos	23	792.359,799	9,48*
Crípticos	11	457.437,519	5,47*
Convencional	11	1.039.243,16	12,44*
Críptico vs Convencional	1	1.760.787,880	21,08*
Híbridos x Anos	23	452.958,373	5,42*
Tratamentos	47		
Resíduo Médio	138	83.523,052	
Total	191		
Coefficiente de Variação		17%	

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Embora exista o efeito da interação anteriormente citada, a análise de variância descreve a significância para o quadrado médio da comparação entre os métodos de obtenção de híbridos, confirmando a disparidade dos mesmos em relação a produtividade de grãos. Em Penápolis, assim como o ocorrido em Lins, os híbridos crípticos sobrepuseram os híbridos tidos como convencionais no volume de massa de grãos produzido, com um montante médio de $1.794\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ contra $1.605\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente.

Decorrente da exposição das médias de produtividade de grãos dos híbridos, é valido observar que estas são maiores em Penápolis quando confrontadas com as mensuradas em Lins. A produção de massa de grãos dos híbridos crípticos em Penápolis é aproximadamente 6,5% maior do que a de Lins, já no que se refere aos híbridos sintetizados convencionalmente o aumento é na ordem de 3,5%.

Por meio da análise de variância conjunta entre anos para o município de Penápolis, salienta-se que os quadrados médios dos híbridos crípticos e o dos híbridos convencionais são significativos. A aplicação do teste de comparação entre as médias de

produtividade de grãos, além de dimensionar a diferença dos materiais, especificamente neste caso, é um parâmetro para a melhor compreensão das causas da interação entre híbridos por anos, recorrendo que seja procedido o desdobramento do teste em cada um dos anos de avaliação, conforme representado na Tabela 8.

Tabela 8: Média dos híbridos de mamoneira em relação à característica produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaliados em Penápolis, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008

Híbrido	Ano			Híbrido	Ano		
		2006/2007				2007/2008	
Críptico	11	2.622,0	A	Críptico	04	2.424,2	A
Convencional	10	2.360,5	A	Convencional	09	2.306,5	A
Críptico	10	2.356,2	A	Críptico	03	2.077,2	A
Críptico	03	2.347,2	A	Convencional	10	2.075,2	A
Convencional	07	2.327,5	A	Convencional	07	1.875,5	B
Críptico	01	2.023,0	B	Críptico	06	1.850,0	B
Convencional	08	1.994,5	B	Críptico	11	1.796,0	B
Críptico	12	1.969,0	B	Críptico	07	1.794,0	B
Críptico	09	1.850,0	C	Convencional	06	1.767,7	B
Convencional	06	1.823,2	C	Críptico	05	1.649,2	C
Críptico	05	1.792,0	C	Críptico	08	1.639,7	C
Convencional	09	1.782,7	C	Críptico	02	1.635,0	C
Críptico	08	1.633,2	C	Críptico	12	1.618,2	C
Convencional	12	1.624,5	C	Críptico	01	1.582,2	C
Convencional	02	1.623,0	C	Convencional	02	1.546,0	C
Convencional	11	1.618,0	C	Convencional	05	1.424,2	C
Críptico	04	1.569,2	C	Críptico	10	1.375,5	C
Críptico	02	1.542,7	C	Críptico	09	1.371,0	C
Convencional	03	1.487,5	C	Convencional	03	1.353,5	C
Convencional	01	1.442,0	C	Convencional	04	1.318,5	C
Críptico	07	1.399,0	C	Convencional	12	1.278,5	C
Críptico	06	1.136,2	D	Convencional	08	1.260,2	C
Convencional	04	993,5	D	Convencional	11	1.260,2	C
Convencional	05	958,5	D	Convencional	01	1.131,2	C
Método							
Críptico		1.853,3				1.734,3	
Convencional		1.669,6				1.540,0	

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974)

A interpretação das médias de produtividade de grãos dos híbridos, no ano agrícola de 2006/2007 em Penápolis, discrimina que a melhor produtividade é composta por materiais que expressaram também bom desempenho de produção de massa de grãos nos experimentos realizados em Lins. No entanto, quando a atenção é estendida para o ano agrícola de 2007/2008 verifica-se uma considerada variação no potencial produtivo de alguns híbridos que, até então, não haviam se comportado de forma semelhante. Exemplificando, o

híbrido críptico 10 caracterizou-se nos experimentos anteriores sempre por possuir, estatisticamente, a melhor produtividade de grãos, e para o referido ano a sua média foi a pior. Situação parecida acontece com o híbrido convencional 09, quando de repente se coloca entre os materiais de melhor produtividade.

A oscilação estabelecida no experimento do ano agrícola de 2007/2008 em Penápolis justifica, não só a presença da interação entre híbridos por anos na localidade especificada, como holisticamente a interação entre híbridos por locais e anos.

Uma das possíveis explicações de tamanho discrepância dos dados aferidos no ano agrícola de 2007/2008 em Penápolis, embasa-se na natureza genética do caractere produtividade de grãos que é classificado como quantitativo. Os caracteres quantitativos são condicionados, em geral, por muitos genes com efeitos individuais pequenos sobre o fenótipo e, por conseguinte, sua expressão é fortemente influenciada pelo ambiente. A ocorrência de algum estímulo ambiental específico pode ter desencadeado uma considerada expressão de determinado gene que, no ano agrícola de 2006/2007 em Penápolis e nos dois experimentos de Lins, então não havia encontrado as condições necessárias para seu pronunciamento.

Apesar da instabilidade observada no comportamento dos materiais entre os anos agrícolas em Penápolis, enfatiza-se que os híbridos obtidos pelo método dos Híbridos Crípticos apresentaram melhores produtividades de grãos não só na média geral, como observado na análise de variância conjunta, mas também em cada um dos anos de avaliação, inclusive no ano determinante para a presença da interação entre híbridos por anos.

O uso limitado do método dos Híbridos Crípticos em programas de melhoramento genético de plantas implica na falta de informações que permitam discussões mais amplas, principalmente quando a intenção é traçar um paralelo comparativo com o potencial produtivo dos híbridos sintetizados convencionalmente. De qualquer forma, os resultados dos experimentos de produtividade de grãos realizados nos municípios de Lins e Penápolis, demonstram a aptidão do método em obter híbridos superiores de mamoneira, uma vez que em todos os experimentos os híbridos crípticos superaram as médias dos híbridos convencionais.

Em razão da possibilidade de se produzir híbridos de mamoneira com excelentes níveis de produtividade grãos, o método dos Híbridos Crípticos desponta como uma importante alternativa aos programas de melhoramento genético de espécies que possuem o sistema reprodutivo do tipo misto. Espera-se que a aplicação da metodologia nestas espécies

possa representar um ganho de tempo na produção de híbridos, visto que o método corresponde essencialmente a um teste precoce de combinação através de cruzamentos entre plantas individuais, e o maior desafio na obtenção de híbridos superiores é identificar precocemente populações divergentes que se combinem bem. Outrossim, a diminuta perda de vigor da linhagem feminina destas espécies durante a condução da metodologia, garante a produção massiva sementes.

7. CONCLUSÕES

Os experimentos de produtividade de grãos dos híbridos interpopulacionais de mamoneira, evidenciaram a propensão dos híbridos crípticos em superar os híbridos obtidos convencionalmente com o emprego de linhagens extraídas pelo método “Standard”. Em todos os experimentos realizados a produtividade média de massa de grãos dos híbridos crípticos é consideravelmente maior que a dos híbridos convencionais.

Dentre as localidades de avaliação, o município de Penápolis proporcionou o melhor desempenho dos materiais. Entretanto é nesta localidade também que se observa a inconstância no comportamento para o caractere produtividade de grãos nos diferentes anos agrícolas.

As produtividades individuais dos híbridos estudados superaram, sem exceção, em todos os experimentos, a média nacional, indicando a excelente qualidade dos materiais sintetizados no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas.

8. REFERÊNCIAS

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Mamona**: série histórica de produtividade: Safras 1976/1977 a 2010/2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_04_12_11_16_04_mamonaseriehist.xls>. Acesso em: 7 jun. 2011.

HALLAUER, A. R. Development of single-cross hybrids from two-eared maize populations. **Crop Science**, Madison, n. 7, p. 192-195, 1967.

HALLAUER, A. R. Hybrid development and populations improvement in maize by reciprocal full-sib selection. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Giza, v. 2, p. 84-101, 1973.

LONNQUIST, J. H.; WILLIAMS, N. E. Development of maize hybrids through among full-sib families. **Crop Science**, Madison, n. 7, p. 369-370, 1967.

LOPES, M. T. G.; VIANA, J. M. S.; LOPES, R. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de famílias endogâmicas de milho obtidos pelo método dos Híbridos Crípticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 483-491, 2001.

MAGNAVACA, R. **Aplicação do método dos híbridos crípticos para obtenção de linhagens de milho** (*Zea mays*, L.). 1973. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1973.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 650 p.

PATERNIANI, E. Genética e melhoramento do milho. In: KRUG, C. A. et al. **Cultura e adubação do milho**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p. 109-148.

RICHEY, F. D. Corn breeding. **Advances in Genetics**, New York, n. 3, p. 159-192, 1950.

RUSSEL, W. A. **Obtenção e avaliação de linhagens de milho**. São Paulo: Fundação Cargill, 1976. 53 p.

SAVY FILHO, A. Mamona. **Boletim Técnico Instituto Agrônomo Campinas**, Campinas, n. 100, p. 201-202, 1997.

SHULL, G. H. A pure line method of corn breeding. **Report of the American Breeders Association**, Washington, DC, v. 5, p. 51-59, 1909.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A., General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, p. 923-932, 1942.