

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Tese

**Características de producibilidade de sementes em linhagens de milho
transgênico e convencional**

Luís Fernando Martins

Pelotas, 2016

Luís Fernando Martins

**Características de producibilidade de sementes em linhagens de milho
transgênico e convencional**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador:

Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde (FAEM/UFPEL)

Coorientadores:

Prof. Dr. Tiago Pedó (FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer (FAEM/UFPEL)

Pelotas, 2016

Rio Grande do Sul – Brasil

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas

Catálogo na Publicação

M379c Martins, Luís Fernando
Características de producibilidade de sementes em linhagens de milho transgênico e convencional / Luís Fernando Martins ; Tiago Zanatta Aumonde, orientador ; Tiago Pedó, Paulo Dejalma Zimmer, coorientadores. — Pelotas, 2016.

44 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Zea mays L. 2. Rendimento. 3. Posicionamento. 4. Cultivo. I. Aumonde, Tiago Zanatta, orient. II. Pedó, Tiago, coorient. III. Zimmer, Paulo Dejalma, coorient. IV. Título.

CDD : 633.15

Elaborada por Maria Beatriz Vaghetti Vieira CRB: 10/1032

Luís Fernando Martins

Características de producibilidade de sementes em linhagens de milho transgênico e convencional

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 16/12/2016.

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde (Orientador)
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

.....
Prof. Dr. Francisco Amaral Villela
Doutor em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo-USP

.....
Prof. Dr. Tiago Pedó (Coorientador)
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

.....
Prof. Dra. Emanuela Garbin Martinazzo
Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

.....
Dra. Andréia da Silva Almeida
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

“Para Silvana, Luísa e Júlia”.

DEDICO

“A toda minha Família”.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por todas as oportunidades que esta tem me oferecido.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade e pela excelência do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes.

À Syngenta, pela acolhida e excelente estrutura oferecida para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao comitê de orientação, composto por Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer, Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde e Prof. Dr. Tiago Pedó pelos ensinamentos, incentivo e suporte constante em todos os momentos do curso de doutorado.

A Felipe Savio e a Rodolfo Fonseca, pela disponibilidade e suporte constante nas análises laboratoriais.

A Marcos Rodovalho e Ricardo Yano, pelo apoio nas análises estatísticas.

Aos amigos da Syngenta, Ademir Capelaro, Vitor Hugo Barbieri, Pedro Belicuas, André Brugnera e Arnaldo Bellucci, pelo convívio e colaboração.

A todos os amigos e professores da pós-graduação, pela boa amizade e pelos momentos de crescimento pessoal e profissional.

Sumário

Resumo	8
Abstract	12
1 Introdução	13
2 Revisão de literatura	12
3 Material e métodos	19
3.1 LOCALIZAÇÃO	19
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO, CORREÇÃO DA FERTILIDADE E TRATOS CULTURAIS.....	19
3.3 SEMEADURA E POLINIZAÇÃO.....	20
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CARACTERIZAÇÃO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS	21
3.5 TRATAMENTOS.....	21
3.6 SELEÇÃO DAS LINHAGENS	22
3.7 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE PRODUCIBILIDADE.....	22
3.8 ANÁLISE DOS DADOS	23
4 Resultados e discussão	25
4.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA	25
4.2 RENDIMENTO DE SEMENTES.....	27
4.3 RENDIMENTO REAL DE SEMENTES.....	28
4.4 SACOS DE 60 MIL SEMENTES.....	29
4.5 ALTURA DE PLANTA	30
4.6 ALTURA DE ESPIGA.....	32
4.7 RENDIMENTO DE PENEIRA.....	32
4.8 PESO DE MIL SEMENTES.....	33
4.9 CORRELAÇÃO DE PEARSON	34
5 Considerações finais	37
6 Referências	38

Resumo

MARTINS, Luís Fernando. **Características de producibilidade de sementes em linhagens de milho transgênico e convencional**. 2016. 44f. Tese (Doutor em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Este estudo objetivou verificar a existência de alterações em características de producibilidade de sementes em linhagens de milho convencional ou que possuem inserção de eventos para tolerância a herbicidas e insetos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes linhagens endogâmicas, sendo: a) Linhagem 1 – convencional; b) Linhagem 1T - geneticamente modificada e portadora dos genes Bt11, Ga21 e MIR162; c) Linhagem 2 – convencional; d) Linhagem 2T - geneticamente modificada e portadora dos genes Bt11, Ga21 e MIR162. Foram determinados a altura de plantas, altura da inserção da espiga, rendimento de sementes, rendimento real de sementes, rendimento de peneiras, rendimento de sacos de 60 mil sementes por hectare. O rendimento de sementes para a linhagem 1 produzida em Iraí de Minas, demonstrou a existência de diferença significativa entre a linhagem convencional e com o evento, entretanto, em Morrinhos a diferença não foi observada. O rendimento real de sementes, em ambos os locais de produção, não foi afetado pela presença do evento, a linhagem 1, foi influenciada apenas em um ambiente, para a linhagem 2 houve diferença significativa em ambas as áreas, tendo o maior rendimento real ocorrido nas linhagens convencionais. Para o atributo avaliado de sacos de 60 mil sementes, foram observadas diferenças significativas para as duas linhagens em estudo. As linhagens que possuem o evento apresentaram os menores valores para sacos de 60 mil sementes no ambiente de produção de Iraí de Minas. Para rendimento de sementes de peneira chata ocorreu diferença significativa somente para a linhagem 1 quando produzida em Iraí de Minas, sendo os maiores valores verificados em sementes de plantas com evento comparativamente a sementes de plantas convencionais. Os resultados para o quesito rendimento de sementes de peneira redonda, demonstraram diferença significativa apenas para a linhagem 1 produzida em Iraí de Minas. Ao avaliar o peso de mil sementes, somente para a linhagem 1 e na localidade de Iraí de Minas, foi possível verificar diferença significativa ao comparar sementes de linhagem convencional com linhagem dotada de evento. A avaliação das características de producibilidade de sementes em linhagens de milho convencional ou que possuem inserção de eventos para tolerância a herbicidas e resistência a insetos, em dois locais de produção permitiu verificar que a produção de sementes no ambiente de produção de Iraí de Minas, possibilitou identificar as linhagens que apresentaram os maiores rendimento e rendimento real.

Palavras chave: *Zea mays* L., rendimento, posicionamento, cultivo

Abstract

MARTINS, Luis Fernando. **Characteristics of seed producibility in transgenic and conventional maize lines**. 2016. 44f. Thesis (Doctor of Scientiae) - Graduate Program in Science and Seed Technology, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2016.

The objective of this study was to verify the existence of alterations in seed producibility characteristics in conventional maize lines and with traits for tolerance to herbicides and insects. The experimental design was randomized blocks, with subdivided plots in four replications. The treatments consisted of different inbred lines, being: A) Line 1 - conventional; B) Line 1T - genetically modified and carrying the genes Bt11, Ga21 and MIR162; C) Line 2 - conventional; D) Line 2T - genetically modified and carrying the genes Bt11, Ga21 and MIR162. Were determined: plant height, ear insertion height, seed yield, real yield seeds, yield sieves, income bags with 60 thousand seeds per hectare. The seeds yield for the lineage 1 produced in Iraí de Minas showed a significant difference between the conventional lineages with the trait, but in Morrinhos the difference was not observed. The actual seed yield of at both production sites was not affected by the presence of the trait. Line 1 was influenced only in one environment, for lineage 2 there was a significant difference in both areas, with the highest yield in conventional lines. For the evaluated attribute of bags of 60 thousand seeds, significant differences were observed for the two lines under study. The lines that have the trait, presented the lowest values for bags of 60 thousand seeds in the production environment of Iraí de Minas. For seed with flat sieve, there was a significant difference only for the lineage 1 when produced in Iraí de Minas, with the highest values verified in seeds of lines with "trait" compared to seeds of conventional plants. The results for round sieve seeds showed significant difference only for line 1 produced in Iraí de Minas. The evaluation of the characteristics of seed producibility in conventional corn lines with traits for herbicide and insect tolerance in two production sites allowed to verify that the seed production in the environment of Iraí de Minas, made possible to identify the lines that presented the highest yield and real yield.

Keywords: *Zea mays* L., yield, positioning, cultivation, trait.

1 Introdução

O milho (*Zea mays* L.) ocupa, mundialmente, a terceira posição entre os cereais mais cultivados, com grande importância na alimentação humana, animal e no fornecimento de matéria prima para a indústria tecnificada, devido à qualidade e a quantidade de reservas nos grãos (KU et al., 2010). A importância econômica associada à genética e a facilidade de realização de polinizações manuais, estão entre os fatores que contribuíram para o uso da espécie como modelo de plantas alógamas (PATERNIANI & VIEGAS, 1987; NASS & PATERNIANI, 2000).

O melhoramento vegetal tem sido relacionado, em grande parte, ao aumento da produtividade agrícola. O desenvolvimento de variedades que atendam as exigências de maior potencial genético para o caráter produtividade é uma das principais metas de um programa de melhoramento. Para que seja possível o melhoramento genético de plantas, existe a necessidade de variabilidade genética, eficiência no processo de seleção e do ajuste das melhores constituições genéticas para cada ambiente de cultivo (CARVALHO et al., 2003).

O método tradicional para a obtenção de linhagens endogâmicas em milho, demanda o procedimento de autofecundação por seis gerações para atingir 99% de homozigose, caracterizando um processo demorado e oneroso. O conhecimento sobre o vigor híbrido que é resultante do cruzamento dessas linhagens, colaborou de forma marcante para que o melhoramento genético convencional auxiliasse no incremento da produtividade do milho e para a introdução de características peculiares, a exemplo da resistência a pragas e do melhor empalhamento das espigas.

A genética clássica teve uma contribuição fundamental no desenvolvimento da cultura do milho. Entre elas, a maior resposta às práticas de manejo, a melhor qualidade nutricional e o menor tombamento e quebraimento de plantas. Por outro lado, a descoberta da estrutura do DNA e o conhecimento da universalidade do código genético, proporcionaram tentativas de adição de características específicas

por meio da transferência de genes de uma espécie para outra, surgindo assim, a biotecnologia como forte aliada aos programas de melhoramento convencional com benefícios no médio prazo ao consumidor e, de imediato, para o aumento da competitividade do agronegócio, principalmente ao considerar as adequações de custos.

O desenvolvimento e a recomendação de linhagens com parentais dotados de características específicas para serem utilizados como macho ou fêmea em determinado ambiente, a redução de custo de produção de sementes híbridas e o atendimento das necessidades do mercado, constituem fatores preponderantes para o mercado do milho. Contudo, a inserção de novos genes em linhagens convencionais pode proporcionar a alteração de características fenotípicas relevantes, a exemplo da producibilidade de linhagens ou de híbridos.

Entende-se por producibilidade de sementes como um conjunto de características que contribuem para o rendimento final de sementes. Com o emprego da biotecnologia a tecnologia Bt, o primeiro evento aprovado para a cultura do milho, as lavouras semeadas da safra verão 2008/2009 passaram a demonstrar níveis de produtividade fora de alcance por diversos agricultores, demonstrando o elevado impacto da tecnologia aplicada ao cultivo da espécie. O ambiente é importante pois pode ocorrer interferência ambiental no desempenho das linhagens pois o resultado do Fenótipo é reflexo na interação do genótipo com o ambiente.

Este estudo objetivou verificar a existência de alterações em características de producibilidade de sementes em linhagens de milho convencional ou que possuem inserção de eventos para tolerância a herbicidas e resistência a insetos.

2 Revisão de literatura

A espécie *Zea mays* L., conhecida popularmente como milho, é uma planta com polinização aberta, monóica com flores masculinas e femininas separadas, porém na mesma planta (PATERNIANI et al., 2000). No Brasil e na safra 2015/2016, o milho ocupou a área aproximada de 16 milhões de hectares (5.387,3 - 1ª safra e 10.534,8 - 2ª safra) com produtividade média superior a 4,3 t ha⁻¹, sendo a região Centro Oeste, àquela com maior área cultivada e superior produtividade média (CONAB, 2016).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), apesar do aumento da área cultivada, a produção brasileira na safra 2015/2016 sofreu redução na ordem de 13% quando comparado com o ano anterior, ficando em 73,46 milhões de toneladas em 2015/2016. Colaboraram para este cenário, o tempo seco associado ao fenômeno El Niño, que reduziram significativamente os ganhos produtivos nos estados de Paraná, São Paulo e do Mato Grosso.

Os grãos de milho podem ser destinados a diversos fins alimentícios, contudo, cerca de 70% produzido é destinado à fabricação de rações para o consumo animal, alimentando principalmente os setores da avicultura e da suinocultura. Para que a espécie passasse a ser amplamente utilizada no consumo animal e atingisse altos tetos produtivos foram necessários alguns anos de melhoramento genético, a partir da origem da espécie. Algumas hipóteses têm sido estabelecidas na tentativa de explicação da origem do milho cultivado, havendo indicações de que a cultura possa ter surgido por “evolução divergente” (WEATHERWAX, 1954) ou ainda por seleção humana, diretamente do teosinto (FORNASIERI FILHO, 2007).

A produção de sementes de híbrido de milho é um processo que requer inúmeros cuidados, os quais, começam na escolha da área, semeadura, manejo de “split”, escalonamento de semeadura para a sincronização do cruzamento do

parentais, manejo e tratos culturais, colheita, beneficiamento, armazenamento e a disponibilização das sementes para o comércio (PESKE et al., 2012).

A época de semeadura é determinada pela ocorrência de condições climáticas favoráveis à adequada produção. As condições de fotoperíodo, temperatura, precipitação pluvial, luminosidade e de vento, possibilitam o desenvolvimento vegetativo, o florescimento e a produção de sementes, em uma ampla faixa de tempo durante o ano. Contudo, a época de semeadura mais indicada para a maior produção nem sempre é àquela que prioriza a produção de sementes de qualidade superior (PESKE et al., 2012).

A produção de sementes de híbrido mostra evidências de início a partir de hibridações entre variedades de polinização aberta (SHULL, 1909; PATERNIANI, 1978). East (1908), realizou trabalhos envolvendo a endogamia e a hibridação na cultura milho, areditando que o método de linhas puras não apresentava viabilidade comercial pela baixa produção de sementes das linhagens. Jones (1918) propôs a utilização do híbrido duplo, a partir do cruzamento de dois híbridos simples, na produção comercial.

Atualmente, a maioria das cultivares de milho utilizadas são híbridas, apresentam uma espiga por planta, empalhamento adequado de espigas e com sementes de maior peso hectolítrico comparativamente àquelas de materiais da década de 40. Além disso, os materiais dentados são a minoria cultivada e possuem baixa aceitabilidade pela indústria, normalmente, se restringem à produção de milho-verde e silagem (CRUZ et al., 2010).

Em muitas situações, as sementes de híbrido de milho são produzidas por cooperados, sob supervisão da empresa contratante, por meio de contrato via agricultores que são responsáveis pelas operações que englobam desde a implantação do campo de produção até a colheita (PESKE et al., 2012). O controle de plantas daninhas e pragas é fator de elevada importância na produção de sementes, isto porque, as linhagens são menos competitivas do que híbridos. Para a produção de sementes as aplicações de herbicidas, fungicidas e inseticidas devem ser intensas, isto devido à grande endogamia que as linhagens são submetidas, reduzindo sua produtividade.

As áreas de cultivo podem adotar materiais conhecidos como variedades ou cultivares híbridas, obtidas pelo cruzamento de linhagens puras. O híbrido simples é obtido pelo cruzamento de duas linhagens puras, dando origem à semente de um

híbrido simples, enquanto, o híbrido triplo é proveniente do cruzamento de um híbrido simples com uma linha pura e o híbrido duplo, obtido pelo cruzamento de dois híbridos simples (PESKE et al., 2012).

As sementes de híbrido diferenciam de sementes de transgênico, embora, sementes de híbrido possam apresentar a inclusão de “eventos” via transgenia. As plantas geneticamente modificadas são aquelas cujo genoma foi alterado pela introdução do DNA exógeno, derivado de outros indivíduos da mesma espécie ou de outra espécie diferente (BORÉM et al., 2016).

No caso do milho, cultura com maior número de aprovações comerciais de eventos de biotecnologia, foram semeados 5,68 milhões de hectares com sementes transgênicas com característica de resistência a insetos, 1 milhão de hectares com sementes tolerantes a herbicidas e 5,42 milhões de hectares foram semeados com sementes que possui eventos combinados de resistência a insetos e tolerância a herbicidas (CÉLERES, 2012).

Por meio da utilização de técnicas de biotecnologia, as empresas foram capazes de identificar genes específicos de interesse, caracterizar suas propriedades, e inserir os genes dentro do genoma de uma planta em particular. A aplicação bem sucedida desta tecnologia levado ao desenvolvimento de uma série de características comercialmente importantes e que permitem às plantas tolerar a ação de herbicidas específicos ou resistir a pragas (Mc DOUGALL, 2011).

Na safra 2010/2011 e no Brasil, as cultivares transgênicas de milho representaram 55,6% da área cultivada com a espécie (ZANCANARO et al., 2012). Entre as tecnologias destaca-se a resistência às lagartas pela tecnologia Bt, minimizando as perdas por *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea saccharalis* e *Helicoverpa zea* (PATERNIANI, 2002). Em 2012/2013, das 479 cultivares lançadas comercialmente, 168 fizeram uso da tecnologia Bt (CRUZ et al., 2013).

A inserção de eventos em linhagens de milho é a maneira com que as empresas produtoras de sementes utilizam para facilitar a produção de sementes híbridas. Esta inserção é obtida via cruzamento convencional entre uma linhagem que possui o evento com outra na qual o evento é ausente, sendo o procedimento seguido de retrocruzamento para a linhagem requerente, até que esta, atinja a máxima similaridade com a linhagem inicial na qual o “evento” é ausente. Neste procedimento, algumas características da linhagem requerente podem ser perdidas ou sofrer alterações (FEHR, 1991).

Para conversão de linhagens elite é utilizado como estratégia o método de retrocruzamentos sucessivos, pois um dos principais objetivos no melhoramento genético do milho é a introgressão de alelos a partir de um genitor doador, possibilitando a manutenção do genótipo de uma linhagem, ao passo que são incorporadas características de interesse (FEHR, 1991).

O procedimento de retrocruzamento consiste no cruzamento de um genitor doador que possui a característica de interesse com um genitor recorrente que constitui a linhagem elite e que não possui esta característica (FEHR, 1991). A geração F1 é cruzada com a geração recorrente e produz a geração RC1F1 que assim como nas gerações subsequentes de retrocruzamento, os indivíduos selecionados, que possuem o alelo em questão, são retrocruzados com o genitor recorrente. A proporção esperada do genitor doador é reduzida pela metade a cada geração de retrocruzamento e após seis gerações de retrocruzamentos, a média de recuperação do genótipo do genitor recorrente é maior que 99% (FEHR, 1991).

A utilização de linhagens endogâmicas constitui a base para o desenvolvimento de um programa de melhoramento voltado para a produção de sementes de híbrido de milho (MIRANDA & VIÉGAS, 1987). A linhagem endogâmica pode ser obtida pela técnica de autofecundação, sendo a seleção efetuada entre e dentro das progênes, sendo consideradas as características fenotípicas desejáveis, a utilização de autofecundações sucessivas conduzem à homozigose e a perda de vigor híbrido (PATERNIANI, 1987). Neste sentido, o decréscimo da produção em linhagens endogâmicas pode ser alto, inviabilizando sua utilização para a produção de híbridos (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1981; PESKE et al., 2012).

A transgênia apresenta-se como uma ferramenta no desenvolvimento de híbridos de milho, através da qual, é possível a incorporação de características específicas com potencial de contribuição em práticas de manejo e de cultivo. Em milho, as modificações genéticas conhecidas como de primeira geração são focadas em eventos que conferem as linhagens e conseqüentemente ao híbrido, resistência a insetos e herbicidas (PATTERNIANI, 2002).

A combinação de dois ou mais transgenes ou genes “nativos” em um só híbrido de milho é chamada de piramidação (CARNEIRO et al., 2009). Este procedimento quando adotado em milho, possibilita combinar genes relacionados a produção de proteínas tóxicas para aumentar a eficiência, a durabilidade da tolerância aos insetos e a redução do risco de eventuais perdas de resistência. Além

disso, a viabilização do uso de germoplasmas com menos agrotóxicos, mas com tetos mais altos de produtividade para aumento do potencial produtivo e a combinação de resistência a pragas com a tolerância a herbicidas (NEPOMUCENO et al., 2007).

Diferentes eventos podem ser inseridos em linhagens de milho, sendo o MIR 162 referente a resistência a insetos e modificado com um gene da família vip, proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis*. Enquanto, o evento BT11 relaciona-se a resistência a insetos da ordem lepidóptera e a tolerância ao herbicida glufosinato de amônio, sendo obtido pela inserção do gene *cry1Ab*, o qual, codifica uma proteína inseticida proveniente da bactéria do solo *Bacillus thuringiensis* e do gene *pat* proveniente da bactéria *Streptomyces viridochromogenesque*. O evento GA21 mantém relação com a tolerância ao glifosato, sendo que o genótipo expressa uma proteína EPSPS (CNTBIO).

Um dos desafios na produção de sementes de híbrido de milho consiste no custo de produção que, entre outros fatores, se deve à baixa capacidade de polinização das linhagens macho e ao baixo potencial produtivo das linhagens fêmea (PESKE et al., 2012). Existem linhagens com altos valores genotípicos, as quais contribuem muito em várias combinações no ganho de produtividade de híbridos, contudo, com custo de produção é demasiadamente elevado.

A produção de sementes por linhagens é uma característica importante e que define a producibilidade de um híbrido comercial, entretanto, a existência de correlação entre linhagens e a produtividade de grãos em híbridos, normalmente é baixa (OTEGUI et al., 2008). Para Hallauer & Miranda (1988), o desenvolvimento de boas linhagens é um requisito essencial para obtenção de novos híbridos com características superiores, ao mesmo tempo que tem um significativo valor na redução de custos e riscos na produção das sementes.

Diante do desafio de produzir sementes de milho de baixo custo, uma opção é a busca por alternativas que tornem o custo de produção das sementes comerciais compatível com a expectativa de obtenção da máxima rentabilidade de cada semente de híbrido comercializado, com redução do custo de produção. Para que este objetivo seja atingido, a pesquisa de produção das empresas de melhoramento de milho, estudam os componentes fitotécnicos que permitem extrair o potencial máximo de cada linhagem, reduzindo o custo de produção da semente e elevando a lucratividade da semente comercializada.

A producibilidade de linhagens de milho consiste em conjunto de características com importância para o setor produtor de sementes, uma vez que, existe a necessidade da obtenção de híbridos dotados de alta produção de grãos e cuja produção de sementes, seja possível e viável economicamente (PESKE et al., 2012). Entre as principais características de producibilidade de milho devem ser considerados o rendimento e o rendimento real de sementes e o peso do saco de 60 mil sementes. Segundo Pereira (2013) o peso médio de 100 sementes da linhagem utilizada como parental feminino é um dos parâmetros considerados para definir a producibilidade do híbrido.

Em termos de qualidade, sementes que possuem maior tamanho ou aquelas com maior densidade, geralmente possuem maiores quantidade de reservas e também embrião bem formados, conseqüente, maiores níveis de vigor (PESKE et al., 2012). Contudo, estudos avaliando o formato e tamanho de sementes possuem resultados controversos, em sementes de milho. Sementes arredondadas são mais suscetíveis a danos mecânicos, que por sua vez são responsáveis por danos que facilitam o ataque de patógenos que podem reduzir a qualidade de sementes, entretanto plantas provenientes de sementes com esse formato demonstram tão produtivas quanto àquelas de formato achatado (MARTINELLI-SENEME et al., 2000).

Grande parte dos agricultores brasileiros utiliza semeadoras a disco e por isto as sementes devem ser classificadas em peneiras por tamanho e formato, facilitando o estabelecimento da adequada densidade populacional. Aliado a isso, existe tendência de comercialização de sacos de 20 kg e com 60.000 sementes, o que teoricamente, resultaria no estabelecimento de 60.000 plantas por hectare (KOSHIMA, 2009; PESKE et al., 2012).

A interação genótipo e ambiente constitui um dos fatores que pode exercer influência no custo de produção, existindo genótipos de ampla adaptação e com alta produtividade média. Além destes, há materiais com reduzida produtividade (CECCARELLI, 1989). Falconer (1989) descreve a interação genótipo (G) x ambiente (A) como um fenômeno em que ambientes diferentes afetam de forma desigual os diferentes genótipos. Independentemente do ambiente em que está ocorrendo a avaliação, a importância da interação G x A reside no efeito que este tem na predição do mérito genético e na sua respectiva precisão.

No Brasil, a taxa de utilização da tecnologia que envolve eventos, indica a sua evidente contribuição com demandas dos produtores, ao reduzir o risco de perda por pragas (*Bt* e *Vip*) e ao facilitar a utilização de herbicidas. A tecnologia possibilita a modificação de características de producibilidade das linhagens (CARNEIRO, 2009). Logo, a identificação de linhagens específicas para cada ambiente, a realização de zoneamento ecológico e a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica são opções para se trabalhar com a interação genótipo x ambiente (RAMALHO et al., 1993).

3 Material e métodos

3.1 Localização

O ensaio foi conduzido em áreas do polo experimental do Departamento de Processing, Production and Technology da Syngenta Seeds, nas cidades de Iraí de Minas-MG sob coordenadas geográficas de 18°59'21" S e 47°24'28" W com altitude média de 1040 metros e, em Morrinhos-GO sob localização de 17°44'93" S e 49°03'86" W e altitude média de 790 metros.

Em Iraí de Minas, o clima é quente e temperado, havendo menor ocorrência de chuvas no inverno do que no verão com temperatura média de 20,6 °C e 1495 mm é a pluviosidade média anual. O mês mais seco é Junho com 9 mm e temperatura média de 17,6 °C. O mês de Janeiro é o de maior precipitação (279 mm) com temperatura de 22,4 °C. Entre p mês mais seco e o mais chuvoso, ocorre a diferença de precipitação de 270 mm e as temperaturas médias têm a variação de 4,8 °C durante o ano (CLIMATE DATA, 2016).

Enquanto, Morrinhos tem um clima tropical, tendo o verão maior ocorrência de chuvas que o inverno. A temperatura média de 23,3 °C e 1346 mm é o valor da pluviosidade média anual, sendo Junho, o mês mais seco (8 mm). Em Janeiro ocorre a maioria da precipitação, com uma média de 249 mm e 24,8 °C é a temperatura média do mês de Outubro, o mês mais quente do ano. Ao longo do ano Junho tem uma temperatura média de 20,4 °C e o mês mais seco tem diferença de precipitação de 241 mm, em relação ao mês mais chuvoso. As temperaturas médias variam 4,4 °C ao longo do ano (CLIMATE DATA, 2016).

3.2 Caracterização do solo, correção da fertilidade e tratos culturais

O solo da área de Morrinhos é classificado como Latossolo Vermelho, já o da área de Irai de Minas é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico. A adubação de base foi efetuada com nitrogênio e fósforo e a adubação na pós-emergência com potássio. Na semeadura foram aplicados 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 350 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de Uréia (45% de N) e 250 kg ha^{-1} de K_2O em adubação de cobertura logo após emergência, em estágio V2.

A adubação de base com nitrogênio e fósforo, e pós-emergência com potássio foi padrão para todos os tratamentos. No plantio foram aplicados 160 Kg ha^{-1} de P_2O_5 , 350 Kg ha^{-1} de Nitrogênio em forma de Ureia (45% de N) e 250 Kg ha^{-1} de K_2O em adubação de cobertura logo após emergência, iniciado no estágio V2.

Ocorreram 5 aplicações de fungicidas, sendo utilizado o Azoxystrobin na dose de $300 \text{ ml p f ha}^{-1}$, Propiconazol $500 \text{ ml p f ha}^{-1}$ e Mancozebe na dose de $2000 \text{ ml p f ha}^{-1}$. Para aplicação foi utilizado um pulverizador costal/manual, à base de CO_2 , equipado com uma barra de 2,5 m, com 6 bicos, série TT (110,03), regulados a uma pressão de serviço de 40 lb pol^{-2} , o que resultou em um volume de calda de $166,67 \text{ L ha}^{-1}$. Foi utilizado como adjuvante para aplicação dos fungicidas o produto comercial Nimbus, na dosagem de 300 ml ha^{-1} .

Apesar de duas linhagens possuírem resistência ao herbicida Glifosato, foi aplicado o herbicida Tembotriona $200 \text{ ml p f ha}^{-1}$, pois assim, pôde ocorrer a aplicação de modo igual em todas as parcelas.

3.3 Semeadura e polinização

A semeadura dos genótipos de milho (*Z. mays* L.) dotados de eventos inclusos ou com eventos ausentes, foi realizada em 20/10/2015 e em 23/10/2015 em Irai de Minas e Morrinhos. O cultivo foi em área dotada de sistema de irrigação por aspersão por pivô central. A polinização ocorreu de modo aberto para possibilitar as avaliações de rendimento e as sementes obtidas foram descartadas após a realização de todas as avaliações.

3.4 Delineamento experimental e caracterização de parcelas experimentais

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Para cada cada linhagem foram semeadas quatro linhas espaçadas por 0,7 m, com 5,0 m de comprimento de semeadura e 1,0 m de corredor, totalizando 7 m de comprimento. Para as avaliações foram colhidas as duas linhas centrais da parcela, sendo a área útil de 7,0 m².

3.5 Tratamentos

Foram empregadas as linhagens endogâmicas, sendo: a) Linhagem 1 – convencional; b) Linhagem 1T - geneticamente modificada e portadora dos genes Bt11, Ga21 e MIR162; c) Linhagem 2 – convencional; d) Linhagem 2T - geneticamente modificada e portadora dos genes Bt11, Ga21 e MIR162. Segundo, consta no site do Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB) a descrição dos eventos que compoe o estudo são:

Evento: MIR 162 - Milho resistente a insetos modificado com um gene da família vip proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis*. A proteína vip3Aa20 é uma variante da proteína Vip3Aa1 de ocorrência natural na cepa AB88 de *Bacillus thuringiensis*. Evento: BT11 - Milho resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida Glufosinato de Amônio. Foi obtido por meio da inserção do gene *cry1Ab* que codifica uma proteína inseticida proveniente da bactéria do solo *Bacillus thuringiensis* e do gene *pat* isolado da bactéria *Streptomyces viridochromogenesque* que codifica a produção da enzima que confere tolerância ao herbicida. Evento: GA21 - Milho tolerante ao herbicida glifosato. A variedade expressa uma proteína sintase duplo mutante 5-enolpiruvil shikimate-3-fosfato de milho (mEPSPS). A EPSPS é uma enzima chave no processo de síntese do ácido shikímico envolvido na biossíntese dos aminoácidos aromáticos.

Neste estudo estes três eventos encontram-se na mesma linhagem, ou seja piramidados, e segundo o mesmo site a descrição para este evento é a seguinte: Evento piramidado resistente a insetos e tolerante a herbicidas obtido por

cruzamento convencional entre as linhas parentais BT11, MIR162 e GA21. A resistência a insetos da ordem lepidóptera e a tolerância ao herbicida Glufosinato de Amônio é devido ao evento Bt11, que contém o gene *cry1Ab* gene da bactéria do solo *Bacillus thuringiensis* e o gene *pat* isolado da bactéria *Streptomyces viridochromogenesque*. Outra resistência a insetos lepidópteros provém do milho MIR162, obtido a partir da inserção do gene *vip3Aa19* e do gene *manA* que codifica a enzima Fosfomanose Isomerase (PMI), utilizado como marcador de seleção. A tolerância ao herbicida glifosato vem do evento GA21, que possui o gene *mepsps* que expressa a enzima Sintase 5-Enolpiruvil chiquimato-3-Fosfato (mEPSPS).

3.6 Seleção das linhagens

Para a escolha das plantas retrocruzadas foram empregados marcadores moleculares e as linhagens utilizadas apresentavam elevada similaridade com as linhagens originais e baixa variação fenotípica, uma vez que, foram submetidas a vários retrocruzamentos, retornando o máximo possível as linhagens originais.

3.7 Avaliação das características de producibilidade

A avaliação de características de producibilidade de sementes de sementes em linhagens de milho, obtidas nos dois locais de produção, que possuem inserção de “eventos” para tolerância a herbicidas e resistência de insetos, foram determinadas as seguintes variáveis:

a) Altura de plantas - obtida pela distância do solo até a extremidade do pendão, com uso de régua graduada. Esta característica foi avaliada quando ao final do pendoamento da inflorescência masculina. Os resultados foram expressos em centímetros.

b) Altura da inserção da espiga – determinada distância do solo até a base do entre-nó, local da espiga principal. A determinação da altura de inserção da espiga foi realizada por meio de régua graduada.

c) Rendimento de sementes – quantificado a partir da debulha de 20 espigas de cada parcela. Os dados de produtividade por parcela foram expressos em kg ha^{-1} .

d) Rendimento real de sementes – obtido pela subtração das sementes ardidas e das perdas no processo de classificação de sementes do total de semente produzidas. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} .

e) Rendimento de peneiras – quantificado a partir de uma amostra de 400g de sementes de cada parcela, utilizando-se um conjunto de peneiras manuais de laboratório. Primeiramente as sementes foram classificadas empregando-se peneira de crivos oblongos 13/64" x 3/4". Em seguida, ambas as frações (sementes chatas e redondas) foram classificadas por largura de forma seqüencial, em peneiras de furos redondos 24/64", 22/64", 20/64", 18/64" e 16/64". As sementes que passaram através da peneira 16/64", tanto chatas quanto redondas, foram consideradas descarte. O total de sementes retidas nas peneiras, exceto descarte, foram consideradas sementes úteis, com resultados expressos em kg ha^{-1} .

f) Rendimento de sacos de 60 mil sementes por hectare – foi obtido através da estimativa de produção de sementes úteis (kg ha^{-1}) e do peso de mil sementes de cada parcela, o número total de sementes produzidas ha^{-1} . Posteriormente esse número foi dividido por 60 mil, para a obtenção do rendimento de número de sacos ha^{-1} .

g) Peso de mil sementes – determinada pelo emprego de oito repetições de 100 sementes, sendo realizada segundo as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o resultado expresso em gramas.

3.8 Análise dos dados

Os dados foram submetidos a análise variância e para a média dentro dos desdobramentos foi utilizado o modelo de interação tripla para dados balanceados. As médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para a avaliação da existência de relações entre fatores de

rendimento e qualidade de semente foi efetuada a análise correlação de *Pearson* a 1% de probabilidade.

4 Resultados e discussão

4.1 Análise de variância

Os atributos de rendimento de sementes das linhagens com e sem evento produzidas em duas regiões, submetidas à análise de variância, apresentaram significância a 5 % de probabilidade pelo teste F (Tabela 1). O rendimento de sementes e o rendimento real de sementes, o peso de sessenta mil sementes, a altura das plantas, a altura da inserção da espiga, o quesito classificação em peneira chata e classificação em peneira redonda, assim como, o peso de mil sementes demonstraram valores de coeficiente de variação (CV) variáveis de 3,47% a 25,23%.

De acordo com Pimentel-Gomes (1985), o coeficiente de variação pode ser utilizado na avaliação da precisão dos experimentos em plantas de lavoura, sendo o parâmetro de avaliação, considerado baixo quando inferior a 10 ou médio quando entre 10% e 20%; alto ao se manter entre 20% e 30% ou muito alto, ao ser superior a 30%. Desse modo, para este trabalho conforme verificado na Tabela 1, é possível destacar que todos os coeficientes de variação ficaram abaixo de 30 %, indicando que a confiabilidade dos dados se manteve alta para os dados rendimento de sementes (4,38%), rendimento real de sementes (3,47%) e altura de plantas (5,95 %). Constata-se, para peso do saco de 60 mil sementes (14,16%) e altura da espiga (11,03%), assim como, para o quesito peneira chata (12,27%), o nível médio de confiabilidade. Enquanto que, para o quesito peneira redonda (21,55%) e peso de mil sementes (25,23 %), os dados encontram-se com baixa confiabilidade.

Os quadrados médios da análise de variância para a interação de local x linhagem considerando as características de rendimento de sementes, altura de planta, altura de espiga e peso de mil sementes, não indicaram a ocorrência de significância estatística para os fatores estudados. Estas características de altura de planta e altura de espiga, são importantes de serem estudadas devido a importancia destes caracteres para a producibilidade das linhagens. Devido a inserção ser baixa

até certo limite, pode-se ter um aumento das chances do encontro entre pólen (parte masculina) e estigma (parte feminina) da planta, propiciando assim a produção da semente.

Tabela1. Resumo da análise da variância para características de producibilidade de sementes provenientes de linhagem de milho convencional ou linhagem com evento, produzidas em dois locais de produção (MG e GO), Pelotas-RS, 2016.

FV	GL	Quadrados médios			
		REND	REND_R	P_SACO	AP
BC	3	122441,77	218727,32	1,86	0,009
Local	1	17491990,21*	15308994,51*	39,03*	0,440*
Erro 1	3	49690,52	29668,39	3,20	0,012
Linhagem	1	7447836,50*	9168302,04*	0,01 ^{ns}	0,234*
Local x Linhagem	1	86133,13 ^{ns}	74363,64	4,24*	0,041 ^{ns}
Erro 2	6	128040,64	145772,04	0,53	0,015
Evento	1	29873269,17*	26995409,40*	50,74*	0,079 ^{ns}
Evento x Local	1	1221390,40 ^{ns}	1011907,51 ^{ns}	3,87 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Evento x Linhagem	1	7270839,04	6245011,47 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Local x Evento x Linhagem	1	2209955,13 ^{ns}	2174462,83 ^{ns}	9,16 ^{ns}	0,081 ^{ns}
Erro 3	76	1756188,94	1739582,13	4,10	0,060
CV (%)		4,38	3,47	14,16	5,95
Média geral		5088,12	4965,40	12,63	1,81
FV	GL	AE	P_CH	P_RED	PMS
BC	3	0,002	15,16	15,69	10,36
Local	1	0,021 ^{ns}	639,22*	636,64*	172,56 ^{ns}
Erro 1	3	0,014	61,27	60,89	29,27
Linhagem	1	0,265*	3727,53*	3736,39*	16,25 ^{ns}
Local x Linhagem	1	0,0001 ^{ns}	392,88*	390,85*	37,99 ^{ns}
Erro 2	6	0,001	13,31	13,37	16,21
Evento	1	0,068 ^{ns}	580,27*	576,78*	247,94*
Evento x Local	1	0,002 ^{ns}	302,73 ^{ns}	300,95 ^{ns}	36,09 ^{ns}
Evento x Linhagem	1	0,005 ^{ns}	958,36*	953,88*	3,63 ^{ns}
Local x Evento x Linhagem	1	0,039 ^{ns}	74,46 ^{ns}	73,58 ^{ns}	60,37 ^{ns}
Erro 3	76	0,024	105,93	106,15	22,09
CV (%)		11,03	12,27	21,55	25,23
Média geral		1,09	63,78	36,21	21,44

Rendimento de Sementes (REND), Rendimento Real de Sementes (REND_R), Peso de sessenta mil sementes (P_SACO), Altura de plantas (AP), Altura de Espiga (AE), Peneira Chata (P_CH), Peneira Redonda (P_RED) e Peso de mil sementes (PMS). *Significativo a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo.

Contudo, para o fator de variação evento houve significância para quase todas as variáveis resposta que foram avaliadas, a exceção da altura de plantas e da altura de espigas (Tabela 1). Para a interação evento x local e para a interação tripla de local x evento x linhagem, não houveram diferenças significativas para todas as variáveis resposta estudadas (Tabela 1).

4.2 Rendimento de sementes

O rendimento de sementes atingiu diferenças significativas para local, linhagem e evento (Tabela 2). Pode ser verificado, para o rendimento de sementes, que as linhagens apresentaram distinção quanto à referida característica, o que pode ser atribuído também às diferenças de clima entre os locais. Contudo, ocorreu interferência do evento entre linhagem convencional e transgênica. Pode-se observar a interferência do evento no resultado final de produção de sementes.

Em Iraí de Minas e Morrinhos a linhagem 1 foi superior à linhagem 2 alcançando 10 e 15 %, respectivamente. Além disto, as linhagens apresentaram maior rendimento em Iraí de Minas que em Morrinhos, que atingiu 20%. A produtividade das linhagens é um dos principais fatores, muito provavelmente o mais influente, para a viabilização da produção comercial de sementes híbridas. A seleção de linhagens com produtividade elevada e que apresentem uma distinta e rápida velocidade de maturação devem ser consideradas para produção rentável do híbrido (XAVIER et al., 2009). Entre os fatores de interesse, também agrega a importância a inserção de genes relacionados à redução de custos de produção (DUARTE, 2009) e também com a diminuição do uso de agroquímicos (ROMEIS et al., 2006).

A produção de sementes pelo progenitor feminino é dependente do genótipo utilizado e mantém relação ao valor de comercialização do híbrido, a exemplo, ao cruzar duas linhagens puras ocorre pequena produção de sementes com a formação do híbrido simples, no qual, o valor das sementes é superior a um híbrido duplo ou triplo, contudo, seu potencial produtivo de grãos é mais elevado (PESKE et al., 2012).

A linhagem 1 produzida em Iraí de Minas, demonstrou a existência de diferença significativa entre a linhagem convencional e com o evento (Tabela 1). Entretanto, em Morrinhos a diferença não foi observada, evidenciando a preferência da linhagem 1 convencional pelo ambiente de Iraí de Minas. Para a linhagem 2, nos dois ambientes, o evento apresentou interferência significativa para a característica rendimento. É importante salientar que na região de Morrinhos não foram observadas diferenças entre as linhagens.

Resultados semelhantes aos de Morrinhos foram encontrados por Bortoloto e Silva (2009), ao estudarem a produtividade de milho. E, similarmente aos resultados obtidos para as linhagens produzidas em Iraí de Minas, o maior rendimento das linhagens convencionais comparativamente a linhagens transgênicas já foi verificado. Werle et al. (2011), ao estudarem diferentes híbridos de milho convencionais e transgênicos observaram que os materiais convencionais atingiram maior produtividade. De acordo com Coelho (2013) ao avaliar a produtividade de milho transgênico e convencional, há superioridade de 4,28 % do convencional em relação ao transgênico na produção de sementes, podendo isso, ser explicado pela baixa pressão de pragas ou pela ausência das principais pragas da cultura.

Tabela2. Rendimento e rendimento real de sementes e peso de 60 mil sementes de linhagem de milho convencional e com evento, produzidas em dois locais de produção (MG e GO), Pelotas-RS, 2016.

Localidade	Iraí de Minas		Morrinhos	
	Linhagem 1	Linhagem 2	Linhagem 1	Linhagem 2
Tratamentos				
	Rendimento de sementes			
Evento	5177,62b ¹	4327,08b	4896,80a	3275,45b
Conv.	6116,97a	5938,11a	4713,88a	5051,64a
Média da Ling.	5647,3A	5132,6B	4805,3A	4163,5B
Média do local	5389,9A		4484,4B	
	Rendimento Real de sementes			
Evento	5082,87a	4206,89b	4831,85a	3199,26b
Conv.	5991,37a	5709,92a	4666,24a	4905,23a
Média da Ling.	5537,1A	4958,4B	4749,0A	4052,2B
Média do local	5247,8A		4400,6B	
	Peso do saco de sementes			
Evento	12,27b	12,15b	11,55a	11,02a
Conv.	14,21a	13,69a	11,32a	13,01a
Média da Ling.	13,24A	12,92A	11,44A	12,02A
Média do local	13,08A		11,73B	

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para cada variável resposta.

4.3 Rendimento real de sementes

O rendimento real de sementes foi significativo para local, linhagem e também para a interação local x linhagem (Tabela 2). Cabe salientar, que o

rendimento real de sementes não foi influenciado pelo evento, o que pode manter relação a não alteração na produtividade das linhagens empregadas. As diferenças em termo de redução de rendimento real de sementes entre os locais de produção, pode ser atribuída à menor ocorrência de grãos ardidos e às menores perdas na pós-colheita das sementes em Iraí de Minas, comparativamente a Morrinhos.

Em Iraí de Minas, a linhagem 1 apresentou rendimento real de sementes 10% superior a linhagem 2 e em Morrinhos a superioridade alcançada foi de 17%. As linhagens tiveram em Iraí de Minas rendimento real de sementes 20% maior do que em Morrinhos. A qualidade e o rendimento de sementes possuem relação com a interação genótipo e ambiente. Características de precipitação pluviométrica, fertilidade e acidez do solo, temperatura e umidade relativa do ar, assim como, o fotoperíodo ou a ocorrência de pragas pode modificar a qualidade física e fisiológica das sementes (PESKE et al., 2012).

Em produção comercial de semente híbridas é necessária a obtenção de lotes de sementes com índice de descarte reduzido, ou seja, que apresentem um elevado rendimento real. Uma linhagem com características qualitativas de interesse pode ser eliminada de um programa de produção comercial de sementes, por apresentar um rendimento abaixo do necessário para sua manutenção junto ao sistema de produção e não demonstrar viabilidade econômica (PATERNIANI, 1987).

O rendimento real de sementes, em ambos os locais de produção, não foi afetado pela presença do evento (Tabela 2). Tal ocorrência, na linhagem 1, demonstra evidências de que o resultado para rendimento de sementes parece ter sido influenciado significativamente apenas em um ambiente. Para a linhagem 2 houve diferença significativa em ambas as áreas, tendo o maior rendimento real ocorrido nas linhagens convencionais.

A quantidade de sementes produzidas e aproveitadas após os processos de pós colheita constituem reflexo das condições ambientais que as plantas encontram no campo de produção (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012; PESKE et al., 2012). A resposta da planta a determinada condição de ambiente possui relação com sua carga genética.

4.4 Sacos de 60 mil sementes

O peso do saco de 60 mil sementes demonstrou a interferência do local, assim como do evento e da interação entre local e linhagem (Tabela 1). Os maiores valores para o número de sacos de sessenta mil sementes foram obtidos no experimento instalado no ambiente de Iraí de Minas comparativamente ao ambiente de Morrinhos. De acordo com Blackmore et al. (2003) e Castro et al. (2006), é fundamental a busca do aumento da produtividade e também pela utilização e adaptação de cultivos às condições ambientais menos favoráveis.

Para o atributo avaliado de sacos de 60 mil sementes, foram observadas diferenças significativas para as duas linhagens em estudo (Tabela 2). As linhagens que possuem o evento apresentaram os menores valores para sacos de 60 mil sementes no ambiente de produção de Iraí de Minas. Para o ambiente de produção de Morrinhos, não houve diferença significativa entre as linhagens convencionais e para àquelas dotadas de evento.

O rendimento de cultivos ou de linhagens é importante para a vida comercial de determinado genótipo, devendo o mesmo, ser avaliado em diferentes locais de produção e durante vários anos agrícolas, para a real avaliação da influência do ambiente sobre o desempenho da linhagem, híbrido ou da cultivar.

4.5 Altura de planta

Para a característica altura da planta, foi possível constatar que o evento não demonstrou interferência nas linhagens, evidencia de que, as linhagens avaliadas são indiferentes para esta característica de estudo. Entretanto, ao avaliar o local de produção e linhagens, constatou-se a modificação da altura das plantas (Tabela 1). Os maiores valores médios de altura de plantas foram obtidos no experimento conduzido no ambiente de Morrinhos, comparativamente ao ambiente Iraí de Minas. Segundo Michelotto et al. (2011), ao avaliarem alguns híbridos comerciais de milho enquadrados como convencional ou transgênico, ocorrem as melhores repostas em genótipos que possuem genes transgênicos. Estes resultados apresentam similaridade, àqueles obtidos neste trabalho, quando o evento se fez presente na linhagem (Tabela 1).

Para altura da inserção da espiga também não ocorreu interação entre evento e linhagem, demonstrando somente diferenças significativas entre as linhagens (Tabela 3). Os valores médios de altura de inserção da espiga foram similares nos dois ambientes avaliados, enquanto que para o quesito peneira chata, foram observadas diferenças significativas para o local de produção, linhagens e para a interação entre local e linhagens, assim como para evento e para a interação entre evento e linhagens (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de planta, altura de espiga, sementes de peneira chata, sementes de peneira redonda e peso de mil sementes de linhagem de milho convencional e com evento, produzidas em dois locais de produção (MG e GO), Pelotas-RS, 2016.

Localidade	Iraí de Minas		Morrinhos	
	Linhagem 1	Linhagem 2	Linhagem 1	Linhagem 2
Altura de planta				
Evento	1,89a ¹	1,69a	1,93a	1,94a
Conv.	1,76a	1,71a	1,93a	1,84a
Média da Ling.	1,83A	1,70B	1,93A	1,89B
Média do local	1,77B		1,91A	
Altura de Espiga				
Evento	1,17a	1,03a	1,17a	1,10a
Conv.	1,08a	1,02a	1,15a	1,00a
Média da Ling.	1,13A	1,03B	1,16A	1,05B
Média do local	1,08A		1,11A	
Peneira Chata				
Evento	74,25a	57,09a	78,39a	56,37a
Conv.	59,27b	57,23a	74,66a	60,30a
Média da Ling.	66,73A	57,16B	76,53A	58,34B
Média do local	61,95B		67,43A	
Peneira Redonda				
Evento	25,75b	42,91a	21,61a	43,62a
Conv.	40,69a	42,78a	25,33a	39,69a
Média da Ling.	33,22B	42,84A	23,47B	41,66A
Média do local	38,03A		32,56B	
Peso de Mil sementes				
Evento	204,50b	202,50a	192,50a	183,50a
Conv.	260,40a	228,20a	198,80a	216,90a
Média da Ling.	232,45A	215,35A	195,65A	200,20A
Média do local	223,90A		197,93A	

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para cada variável resposta.

Para a altura de planta, em ambos os locais de produção, não houve diferença significativa entre as linhagens convencionais e as linhagens com evento

(Tabela 3). A altura de plantas é fundamental para linhagens com função de produção de pólen, pois potencializa polinização de linhas de fêmeas (KOSHIMA, 2009). No entanto, cabe salientar que materiais com estatura muito elevada apresentam maior propensão ao acamamento, fator que, dificulta a colheita e reduz o potencial produtivo (POSSAMAI et al., 2001; LI et al., 2007).

A altura das plantas pode ser influenciada por condições ambientais, as quais, influenciam o crescimento (CAMPOS et al., 2010). Riquetti (2011), Werle et al. (2011) e Coelho (2013) ao avaliarem a altura de plantas de diferentes materiais de milho convencional e transgênico, observaram resultados semelhantes.

4.6 Altura de espiga

Quanto à altura da inserção da espiga, não foram verificadas diferenças significativas entre as linhagens convencionais e linhagens com evento, tanto para o ambiente de produção de Iraí de Minas e quanto para o ambiente de produção de Morrinhos (Tabela 3). Quanto menor for a altura de inserção da espiga, maior será a chances das linhas fêmeas serem polinizadas pelos machos (KOSHIMA, 2009).

Algumas perdas na colheita mecanizada são relacionadas com a altura de inserção da espiga (POSSAMAI et al., 2001). Por outro lado, a similaridade entre a altura da inserção da espiga entre as linhagens convencionais e aquelas com evento para ambos os locais de produção, pode ser decorrência da ausência resposta de genótipos a um mesmo local de cultivo (SOUZA et al., 2001). Resultados semelhantes foram obtidos por Campos et al. (2010), Werle et al. (2011), Coelho (2013) e Rampim et al. (2013) ao avaliarem o efeito do ambiente e de diferentes materiais convencionais e transgênicos quanto a inserção da espiga.

4.7 Rendimento de Peneira

Para o quesito peneira redonda, houve comportamento similar ao quesito peneira chata, ocorreram diferenças significativas somente para evento (Tabela 1).

Para o quesito sementes de peneira chata, ocorreu diferença significativa somente para a linhagem 1 quando produzida em Iraí de Minas, sendo os maiores valores verificados em sementes de plantas com evento comparativamente a sementes de plantas convencionais (Tabela 3). O local e a interação das linhagens com o evento influenciaram no percentual de sementes chatas, o qual, pode estar relacionado com algumas características ambientais de cada local ou pela linhagem.

O tamanho da semente pode influenciar na qualidade fisiológica, assim como, o formato e o tamanho destas estruturas, possuem relação com a plantabilidade em campo. Em algumas espécies, sementes maiores podem apresentar superior quantidade de reservas e assim, podem ser dotadas de maior vigor (CARVALHO & NAKAGAWA 2000).

4.8 Peso de mil sementes

Os maiores valores médios de peso de mil sementes foram obtidos no experimento instalado em Iraí de Minas (Tabela 1). Ao avaliar o peso de mil sementes, somente para a linhagem 1 e na localidade de Iraí de Minas, foi possível verificar diferença significativa ao comparar sementes de linhagem convencional com linhagem dotada de evento (Tabela 3). Neste ambiente houve a redução no peso de mil sementes quando avaliada a linhagem 1 com inserção de evento. Contudo, ao efetuar a mesma avaliação no local de produção de Morrinhos, não foram observadas diferenças entre linhagem convencional e linhagem com evento para ambas as linhagens e para este parâmetro de avaliação.

O peso de mil sementes possui relação com a quantidade de reservas armazenadas, podendo ser influenciado pela disponibilidade hídrica ou pela nutrição da planta. Assim, o maior peso de mil pode refletir em sementes de superior qualidade fisiológica (POPINIGIS, 1985). Vale salientar que, de acordo com Bortoloto e Silva (2009); Riquetti (2011); Coelho (2013) e Rampim et al. (2013), a massa de mil sementes não apresenta diferença significativa entre híbridos convencionais e transgênicos.

4.9 Correlação de Pearson

Na tabela 4 são apresentados os graus de associação entre as variáveis de rendimento de sementes de milho e de crescimento de plantas, as quais, indicam acentuada perspectiva de correlação, com nível de significância de 1 % (Tabela 4). O enquadramento dos dados como de alta correlação baseia-se em Figueiredo Filho & Silva Júnior (2009), os quais relatam que, quanto mais próximos os valores estiverem de 1,0 maior é a dependência estatística.

O teste de correção de *Pearson* é empregado para avaliar a relação existente entre caracteres de avaliação (HAIR et al., 2005; CARGNELUTTI FILHO et al., 2010). Os valores desta correlação podem ser classificados como valores de correlação fraca quando variáveis de 0,10 a 0,30, como valores moderados quando de 0,40 a 0,60 ou como de correlação forte quando enquadrados de 0,70 a 1,0 (DANCEY & REIDI, 2006).

Os resultados da análise de correlação apresentaram correlação negativa para as variáveis de altura de plantas e sementes de peneira chata, rendimento e o peso de mil sementes (Tabela 4). A principal correlação foi obtida entre rendimento de sementes e rendimento real de sementes, a qual, alcançou o coeficiente de 0,99 (Tabela 4).

Conforme observado, as correlações tendem a ser maiores entre os atributos de rendimento (RAMPIM et al., 2013). Amado et al. (2007) encontraram correlações significativas entre as produtividades de milho e de acordo com Cargnelutti Filho et al. (2010) coeficientes de correlação de Pearson para híbridos de milho quando com $r \geq 0,89$, indicam boa concordância entre eles.

O coeficiente de correlação, correspondente aos dois rendimentos de sementes (rendimento e rendimento real) e o peso de sessenta mil sementes foi de 0,84 e de 0,83, respectivamente (Tabela 4), apresentando-se como de forte correlação. Contudo, para os rendimentos e para a altura de inserção da espiga, o coeficiente de correlação atingiu os valores de 0,61 e 0,63, sendo os mesmos, coeficientes moderados de correlação.

Foram expressas correlações significativas entre os valores de peso de 60 mil sementes para a peneira redonda com coeficiente de 0,70 e o peso de mil sementes com coeficiente de 0,66 (Tabela 4). Estes resultados indicam que a

avaliação entre as variáveis de rendimento com aqueles de qualidade deve ser ampliada na busca pela obtenção de melhores coeficientes de correlação entre os fatores em questão.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de *Pearson* analisados em duas linhagens de milho convencional ou com evento produzidas em dois locais de produção (MG e GO), Pelotas-RS, 2016.

Variáveis	REND_R	P_SACO	AP	AE	P_CH	P_RED	PMS
REND	0,99**	0,84**	-0,07 ^{ns}	0,61**	-0,34**	0,34**	0,50**
REND_R		0,83**	-0,07 ^{ns}	0,63**	-0,32**	0,33**	0,50**
P_SACO			0,01 ^{ns}	0,45**	-0,70**	0,70**	0,66**
AP				-0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
AE					-0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,22 ^{ns}
P_CH						-1**	-0,44**
P_RED							0,44**

Rendimento de Sementes (REND), Rendimento Real de Sementes (REND_R), Peso de sessenta mil sementes (P_SACO), Altura de plantas (AP), Altura de Espiga (AE), Peneira Chata (P_CH), Peneira Redonda (P_RED) e Peso de mil sementes (PMS). **Significativo a 1% de probabilidade. ^{ns}Não significativo.

A partir da análise conjunta das variáveis resposta e no ambiente de Iraí de Minas, é possível verificar que a interação do evento na linhagem 1 para as características de rendimento de sementes, peso do saco de sementes, sementes de peneira chata e sementes de redonda, assim como, para o peso de mil sementes. Para a linhagem 2, houveram diferenças somente para rendimento, rendimento real de sementes e para peso do saco de sementes (Tabela 3). Para o ambiente de produção de Morrinhos, não houve diferença significativa para variáveis avaliadas ao considerar a linhagem 1. Enquanto, para a linhagem 2, ocorreu diferença para rendimento e rendimento real de sementes (Tabela 3).

É possível observar que o evento parece ter influência maior na linhagem 1 no ambiente de produção de Iraí de Minas. Já, a linhagem 2 quando dotada de evento apresenta influência do referido em ambos os ambientes de cultivo ao considerar as características de rendimento e rendimento real de sementes, corroborando com Ribaut & Hoisington (1998) em seu trabalho de genótipo dependência.

Além disso, ocorrem correlações significativas e elevadas entre as variáveis repostas de rendimento para ambos os locais e também entre as linhagens (Tabela 3). As variáveis de crescimento apresentam correlações significativas e classificadas como moderadas com o rendimento (SOUZA et al., 2014). A altura de planta e rendimento de sementes de peneira chata apresentaram correlação negativa, indicando que é menor a força dessa relação (FIGUEIREDO FILHO & SILVA JÚNIOR, 2009). Neste trabalho, em ambos os locais de produção, o rendimento de sementes parece não mostrou associação com as variáveis de crescimento das plantas tanto em linhagens de milho convencional como naquelas dotadas do evento.

5 Considerações finais

A avaliação das características de producibilidade de sementes em linhagens de milho convencional ou que possuem inserção de eventos para tolerância a herbicidas e resistência a insetos, em dois locais de produção permitiu verificar que a produção de sementes no ambiente de Iraí de Minas, possibilitou identificar as linhagens que apresentaram os maiores rendimento e rendimento real.

Existe interferência do local de produção e do evento atributos do rendimento de sementes, refletindo na produção e possivelmente, influenciando no custo de produção de sementes.

A escolha do local de produção da linhagem, pode reduzir os custos e prejuízos que possam ser ocasionados pela redução no rendimento de sementes que possam ser provocados pela inserção do evento nas linhagens.

O coeficiente de correlação correspondente ao rendimento, rendimento real de sementes e peso de 60 mil sementes se enquadra como de forte correlação. Para os rendimentos e para a altura de inserção da espiga, o coeficiente de correlação é moderado.

Pode ocorrer especificidade do evento com o germoplasma, afetando características importantes de producibilidade de linhagens. É possível minimizar perdas direcionando cruzamentos para esta especificidade, viabilizando o potencial de rendimento das plantas de milho.

6 Referências

ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience. Journal**, v.24, n.2, p.69-76, 2008.

AMADO, T.J.C.; PONTELLI, C.B.; SANTI, A.L.; VIANA, J.H.M.; SULZBACH, L.A.S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1101-1110, 2007.

BLACKMORE, B.S.; GODWIN, R.J.; FOUNTAS, S. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. **Biosystems Engineering**, v.84, p.455-466, 2003.

BORÉM, A.; SANTOS, F.; PEREIRA, W. **Entendendo a biotecnologia**. Viçosa, MG: ed. UFV, 2016.

BORTOLOTO, V.; SILVA, T. R. B. Avaliação do desenvolvimento de milho convencional e milho Bt. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.3, p.89-95, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. DNDV/CLAV, Brasília, 2009. 398p.

CAMPOS, M.C.C.; SILVA, V.A.; CAVALCANTE, I.H.L.C.; BECKMANN, M.Z.B. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, v. 8, n. 1, p. 77-84, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M. BURIN, C.; SILVEIRA, T.R.; CASAROTTO, G. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.12, p.1363-1371, 2010.

CARNEIRO, A.A.; GUIMARÃES, C.T.; VALICENTE, F.H.; WAQUIL, J.M.; VASCONCELOS, M.J.V.; CARNEIRO, N.P.; MENDES, S.M. Milho Bt: **Teoria e**

Prática da Produção de Plantas Transgênicas Resistentes a Insetos-Praga.

Circular Técnica, 135. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG – 2009. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2010/22708/1/Circ-135.pdf>>. Acesso em 5 de dezembro de 2016.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, S.A. **Condução de populações no melhoramento genético de plantas**. Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 1ed. 2003.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CASTRO, P.R.C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. Piracicaba: Série Produtor Rural, DIBC/ESALQ/USP, 2006. 46p.

CECCARELLI, S. Wide adaptation: how wide? **Euphytica**, v.40, p.197-205, 1989.

CÉLERES. **Informativo biotecnologia**, 2012. Disponível em: <<http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/12/IB13021.pdf>>. Acessado em: 25 de novembro de 2016.

COELHO, H.A. **Diferentes condições de estresse hídrico no desenvolvimento de milho transgênico e convencional**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira-Grãos. v.2 – Safra 2015/16**. N.11 – Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf.

Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB)
<http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados/> Acessado em 20 de novembro de 2016

MAGALHÃES, P. C. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 177-188, 2010.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed., 2006, 608 p.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. Aspectos econômicos da produção de milho transgênico. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n.127, p.1-15, 2009.

EAST, E. M. The distinction between development and heredity in breeding. **American Naturalist, Chicago**, v. 43, p. 173-181, 1909.

EMYGDIO, B. M.; IGNACZAK, J. C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 95-103, 2007.

FALCONER, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. 3rd Ed. Longmann. London. UK.

FEHR, W. R. Principles of cultivars development. Ames: Macmillian, 1991. 536 p.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; JÚNIOR, J.A.S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, n.1, p.115-146, 2009.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992, 273 p.

FORNAESIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

JONES, D. F. The effects of inbreeding and cossbreeding upon development. New haven, Connecticut Agricultural Experimentation Station, 1918. 100p. (Bulletin, 207).

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**, Iowa State University press, 1988.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468 p.

JAMES, C. **Biotech corn can boost yields to help growing world food demands**. Ithaca.NY: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Application, 2003.

JONES, D. F. The effect of inbreeding and crossbreeding upon development. **Genetics**. Connecticut Agricultural Experiment Station, v.207, p. 246-250, 1918.

KOSHIMA, F.A.T. **Estabilidade e adaptabilidade para caracteres de produção em linhagens de milho**. Jaboticabal, 2009, 60p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

KU, L. X.; ZHAO, W. M.; ZHANQ, J.; WU, L. C.; WANG, C. L.; WANG, P. A.; ZHANG, W. Q; CHEN, Y. H. Quantitative trait loci mapping of leaf angle and leaf orientation value in maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, p. 951-959, 2010.

LENG, E. R. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. **Agronomy Journal**, v. 46, n. 11, p. 502-506, 1954.

LI Y, DONG Y, NIU S, CUI D. The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. *Genome*; Toronto, v.50, n.4, p.357-364, 2007.

MARTINELLI-SENEME, A.; ZANOTTO, M. D.; NAKAGAWA, J. Efeitos da forma e do tamanho na qualidade de sementes de milho, cultivar AL 34. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.232-238, 2000.

McDOUGALL P. The cost and time involved in the discovery, development and authorization of a new plant biotechnology derived trait, A Consultancy Study for Crop Life International September 2011.

MICHELOTTO, M. D.; PEREIRA, A. D.; FINOTO, E. L.; FREITAS, R. S. Controle de pragas em híbridos de milho geneticamente modificados. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.73, p. 36-38, 2011.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PARTENIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (eds.). Melhoramento e produção de milho. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, p. 275-340, 1987.

MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v.22, p.83-92, 2002.

NASS LL and PATERNIANI E (2000) Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola* 57: 581-587

NEPOMUCENO, A.L.; DOSSA, D.; FARIAS, J.R.B. Biotecnologia na agricultura Qual caminho o Brasil deve seguir?. **Revista de política agrícola**, n.4, 2007.

NOGUEIRA, M. C. S.; CORRENTE, J. E. Decomposição da interação tripla significativa utilizando o comando contrasts do PROC GLM do SAS aplicado ao modelo de classificação tripla para dados balanceados. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 1, p. 109-115, 2000.

OLIVEIRA, G. H. F.; OLIVEIRA JUNIOR, E. A.; ARNHOLD, E. Comparação de tipos de cultivares de milho quanto ao rendimento de grãos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 29-34, 2012.

OTEGUI, M. E.; D'ANDREA, K. E.; DE LA VEGA, A. J. Multi-attribute responses of maize inbred lines across managed environments **Euphytica**, v.162, p.381–394, 2008.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. 650 p.

PATERNIANI, E.; NASS, L.L.; SANTOS, M.X. **O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma**. In: UDRY, C.W.; DUARTE, W. (Org.) Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, 2000. p.11-41.

PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e Produção de Milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 795p.

PEREIRA, P. H. DE A. R. **Efeito do Pólen na Produtividade e qualidade de sementes de milho**. 2013, 73 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PESKE, S.T., VILLELA, F.A. & MENEGHELLO, G.E. (Eds.). 2012. Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. 3 ed. Pelotas: UFPel. 573 p.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. São Paulo: USP/ESALQ, 1985, 467p.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: Agiplan, 1985.

POSSAMAI, J.; SOUZA, C. D.; GALVÃO, J. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. *Bragantia*, v.60, n.2, p.79-82, 2001.

RAMPIM, L.; ECCO, M.; ROSSET, J.S.; LANA, M.C. Desempenho de híbridos simples de milho segunda safra 1 em semeadura direta. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 4, p. 141-155, 2013.

RIBAUT, J. M.; HOISINGTON, D. Marker-assisted selection: New tools and strategies. **Trends in Plant Science**, v.3, n.6, p.236-239, 1998.

RIQUETTI, N. B. **Efeito do manejo de solo nos parâmetros agronômicos e energéticos de híbridos de milho transgênico e não transgênico**, 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

ROMEIS, J.; MEISSLE, M.; BIGLER, F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. **Nature Biotechnology**, v. 24, p. 63-71, 2006.

SCAPIN, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; COSME, D. C. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

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

SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais.** Lavras : ESALQ, 1989. 80p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, T.V.; RIBEIRO, C.M.; SCALON, J.D.; GUEDES, F.L. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. **Magistra**, v.6, n.4, p.495-506, 2014.

TEIXEIRA, F.F.; SOUZA, I.R.P.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; MEIRELLES, W.F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciênc. agrotec.**, v.25, n.3, p.483-488, 2001.

WEATHERWAX, P. **Indian corn in old America.** New York, USA: The MacMilan Co, 1954, 253p.

WERLE, A. J. K.; NICOLAY, R. J.; SANTOS, R. F.; BORSOI, A.; SECO, D. Avaliação de híbridos de milho convencional e transgênico (Bt), com diferentes aplicações de inseticida em cultivo safrinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.150 - 168, 2011.

XAVIER, E.G.; LOPES, D.C.N.; PETERS, M.D.P. organismos geneticamente modificados. **Archivos de zootecnia**, v.58, p.15-33, 2009.

ZANCANARO, P. O.; BUCHWEITZ, E. D.; A. L. BOIÇA JUNIOR; J. R. MORO. Avaliação de tecnologias de refúgio no cultivo de milho transgênico. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.7, p.886-891, jul. 2012.