

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

MARCELA MAYUMI BABATA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE RENDIMENTO DE CULTIVARES DE  
MILHO NOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E GOIÁS

Uberlândia – MG  
Novembro – 2010

MARCELA MAYUMI BABATA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE RENDIMENTO DE CULTIVARES DE  
MILHO NOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E GOIÁS

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Agronomia,  
da Universidade Federal de  
Uberlândia, para a obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Júlio César Viglioni Penna

Uberlândia – MG  
Novembro – 2010

MARCELA MAYUMI BABATA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE RENDIMENTO DE CULTIVARES DE  
MILHO NOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E GOIÁS

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Agronomia,  
da Universidade Federal de  
Uberlândia, para a obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Júlio César Viglioni Penna

Aprovado pela Banca Examinadora em 19 de Novembro de 2010.

Msc. Michele Camargo de Oliveira

Eng. Agr. André Paulo Martinelli

---

Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força e fé para realizar todas as minhas atividades, em todos os momentos.

Ao meu pai, por todo amor, apoio, confiança e dedicação oferecidos durante toda a minha vida.

A Carmen, pela companhia durante todos esses anos, compreendendo o tempo em que estava ocupada com as atividades acadêmicas.

As minhas irmãs Micaela, Maryelen e Mariana, por estarem ao meu lado, ajudando e dando uma força, se fazendo presente em todas as etapas já trilhadas.

A Universidade Federal de Uberlândia, por oferecer as estruturas, corpo docente e demais funcionários que contribuíram para o meu aprimoramento profissional.

Ao Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna, pela orientação, paciência e conhecimentos a minha pessoa durante este trabalho.

À empresa Dow AgroSciences e todos os seus funcionários, em especial ao Renato Pereira, pela ajuda na condução deste trabalho.

A todos os meus amigos que fiz neste curso, pelo companheirismo, amizade, cumplicidade e incentivos recebidos durante estes anos.

A Embrapa Milho e Sorgo, em especial ao Leonardo M. P. Rocha, por ceder os dados necessários para a realização das análises.

Ao laboratório de Sementes Florestais, por todos os amigos feitos durante todos esses anos de convivência e trocas de experiência.

E a todas as demais pessoas que estiveram presentes ao meu lado contribuindo para conclusão de mais uma etapa da minha vida.

## RESUMO

A cultura do milho é cultivada em várias regiões, sofrendo interferência da interação genótipo e ambiente. Com isto em vista, o presente trabalho objetivou avaliar a interação dos genótipos com os ambientes, identificando ambientes representativos que facilitem a recomendação de cultivares e suas produtividades para as regiões avaliadas, através da análise de adaptabilidade e estabilidade proposta por Eberhart & Russell (1966) utilizando dados dos Ensaio Nacionais da Embrapa Milho e Sorgo. Neste trabalho avaliou-se a produtividade de seis cultivares de milho: 2B587; 2B707; CD308; CD351; SHS 4080; AL Piratininga, em seis locais: Goiânia, Planaltina, Rio Verde, Indianópolis, Patos de Minas e Sete Lagoas, e em dois anos sucessivos: 2007/2008 e 2008/2009. Pode-se observar que não houve interação entre os genótipos e ambientes, não havendo diferença entre os materiais nos diversos ambientes, havendo interação apenas dos anos com os locais, sendo que em 07/08, o melhor local foi Rio Verde e em 08/09 foi Patos de Minas. A cultivar com melhores produtividades foi o híbrido 2B 707.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, interação genótipo e ambiente, produtividade.

## ABSTRACT

Maize is cultivated in many regions and yields obtained may suffer interference of genotype by environment interactions. With this in mind, this study aimed at evaluating the interaction of genotypes with environments, identifying representative environments to facilitate the recommendation of cultivars according to their regional productivity, through the analysis of adaptability and stability proposed by Eberhart & Russell (1966). Field data from the National Embrapa Maize and Sorghum Regional trials were collected for six corn cultivars: 2B587, 2B707, CD308, CD351, SHS 4080, AL Piratininga, in six locations: Goiânia, Planaltina, Rio Verde, Indianópolis, Patos de Minas and Sete Lagoas, for two successive years: 2007/2008 and 2008/2009. There was no significant interactions involving genotypes and environments, so it was not identified any difference between the cultivars in different environments. The only significant interaction was that involving years and locations: in the 2007/08 growing season, the highest-producing location was Rio Verde, and in 2008/09, was Patos de Minas. The highest producing cultivar across all environments was the hybrid 2B707.

**Keywords:** *Zea mays*, genotype by environment interaction, yield.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1 Cultura do milho.....	9
2.2 Interação genótipo e ambiente.....	10
2.3 Adaptabilidade e Estabilidade .....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Material .....	14
3.2 Métodos .....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5 CONCLUSÕES .....	23
REFERÊNCIAS .....	24

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das mais importantes do mundo, devido às suas várias formas de utilização, como ração animal, alimentação humana, milho verde, entre outros usos, apresentando uma importância econômica muito grande, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e a China (FAO, 2010).

No Brasil, seu cultivo ocorre em maior escala na região Centro-Sul, onde é colhido anualmente quase 90% do milho produzido no país (PRADO et al., 2003), sendo distribuído em quase todo território brasileiro, nas mais diversas regiões e formas de produção. Nesta região a produção do milho safrinha também é crescente, aumentando a produtividade do país. Isso ocorreu em função de um aumento na produção da soja, que é a principal cultura para a rotação com o milho (DUARTE et al., 2007).

O melhoramento na cultura do milho permitiu um aumento de rendimento, sendo que 63% desse aumento foram atribuídos a fatores genéticos e o restante a fatores ambientais (MARTIN et al., 2007).

A produtividade de grãos pode sofrer interferência da interação genótipo e ambiente e assim, o componente genético por si só não garante o retorno esperado, sendo que a escolha da cultivar depende do solo, do clima, da época de semeadura, da incidência de doenças e pragas, das condições edafoclimáticas, pois o ambiente interfere no fenótipo da cultivar.

De acordo com Coimbra et al. (2006), os estudos de interações genótipos e ambientes são realizados por várias instituições de pesquisa, tanto públicas, quanto privadas, tendo como exemplo a Embrapa, com o objetivo de identificar genótipos que apresentem adaptabilidade geral e alta estabilidade de produção.

O desempenho de cultivares está relacionado com os ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições edafoclimáticas, significando que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes (VENDRUSCOLO et al., 2001).

Mesmo com tanta importância, a avaliação da interação genótipo x ambiente, não fornece informações a respeito do comportamento de cada genótipo, quando colocados em ambientes diferentes. As análises de adaptabilidade e estabilidade contribuem na identificação dos genótipos de comportamento previsíveis e responsivos às variações ambientais (FERREIRA, 2000).



A adaptabilidade é vista como a capacidade dos cultivares se beneficiarem do estímulo do ambiente, e a estabilidade é considerada como a capacidade dos cultivares apresentarem um comportamento previsível de acordo com um estímulo do ambiente (HOOGERHEIDE, 2004).

Conhecer o comportamento ou a adaptabilidade dos genótipos nos diferentes ambientes é de grande utilidade para agregar valor agrônomo às cultivares, para a produção de grãos. A estabilidade da produtividade nos diversos ambientes possibilita a avaliação do genótipo, contribuindo na identificação da melhor cultivar, a qual deve interagir com as condições do ambiente.

Para se avaliar a estabilidade e adaptabilidade, utilizam-se diferentes métodos, sendo que a metodologia desenvolvida por Eberhart e Russell (1966) é bastante prática e apresenta resultados satisfatórios (MURAKAMI et al., 2004). Este método se baseia em uma análise de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo frente às variações ambientais (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005).

A adaptabilidade de cada genótipo é dada em função do coeficiente de regressão ( $\beta_{ii}$ ) de modo que: quando  $\beta_{ii} = 1$ , os genótipos são de adaptabilidade ampla e geral;  $\beta_{ii} > 1$ , os genótipos apresentam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e  $\beta_{ii} < 1$ , os genótipos são de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. A estabilidade está relacionada com a previsibilidade de comportamento dado pelo componente da variância devido aos desvios da regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) sendo estáveis (previsíveis) quando  $\sigma^2_{di} = 0$  e pouco estáveis ou instáveis (imprevisíveis) quando  $\sigma^2_{di} \neq 0$  (COSTA et al., 1999).

O presente trabalho objetivou avaliar a interação dos genótipos com os ambientes, identificando ambientes representativos que facilitem a recomendação de cultivares e suas produtividades para as regiões avaliadas, através da análise de adaptabilidade e estabilidade proposta por Eberhart & Russell (1966) utilizando dados de híbridos de milho obtidos em alguns dos Ensaios Nacionais da Embrapa Milho e Sorgo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura do milho**

A cultura do milho possui grande importância econômica e social no mundo, sendo no ano de 2008, os três maiores produtores, os Estados Unidos, a China e o Brasil, com produção de 307, 166 e 59 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2010).

A atividade agrícola brasileira teve uma grande expansão da área produtiva e conseqüentemente, um aumento da produtividade, principalmente na cultura do milho. Este crescimento se deu em função da adoção de novas tecnologias relacionadas com o setor agrícola, como controle fitossanitário, nutrição mineral, sistemas de plantio e desenvolvimento de novas cultivares.

É válido lembrar que vários fatores podem influenciar na produtividade da cultura, como nível de fertilidade do solo, época de semeadura, população, condições edafoclimáticas e escolha de cultivares adaptados para a região (SILVA; BENEZ, 2005). A cultura apresenta expressiva importância econômica, destacando-se como uma das principais fontes de alimento para o homem e animais, sendo as variações climáticas uma grande dificuldade para o aumento das produtividades deste cereal (SANTI et al., 2006).

No Brasil o milho é cultivado de norte a sul, em várias condições ambientais, sendo esperado que o efeito da interação com o ambiente seja percebido com a mudança de região, podendo o desempenho dos híbridos apresentar comportamento distinto de área para área.

Segundo Melo et al. (1999), a utilização de cultivares mais produtivas e adaptadas às condições locais é apontada como a responsável por ganhos maiores na produtividade. A cultura do milho tem um alto potencial produtivo, alcançando boas produtividades de grãos, no Brasil, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias adequadas (CARVALHO et al., 2004).

De acordo com Monteiro et al. (2000), a produção de milho vem crescendo ao longo dos anos, devido a vários fatores, sendo a causa principal aumento da produtividade, a introdução de cultivares mais produtivas, em conjunto com práticas culturais mais modernas. A associação da cultura com a alta tecnologia possibilitaria uma produtividade acima de 16 toneladas por hectare, porém ainda há no Brasil, a predominância do uso de baixas tecnologias.

Na região dos cerrados, no Brasil Central, o cultivo de milho é realizado com condições climáticas distintas, levando em consideração a variabilidade temporal e espacial, lembrando que a cultura do milho sofre influência da temperatura, em que se esta apresentar-se elevada irá comprometer o desempenho das plantas, o que reduzirá a produtividade (SANS; GUIMARÃES, 2006).

De acordo com Martins et al. (2008), a temperatura apresenta um papel importante no desenvolvimento das plantas, nas suas funções e processos fisiológicos, já que o milho necessita de um somatório térmico, denominado graus-dia, em que se avalia o acúmulo térmico das temperaturas superiores e inferiores dentro de um limite para o desenvolvimento da planta. Por isso é importante avaliar as condições ambientais em todo ciclo da cultura.

A capacidade do milho responder bem a diferentes ambientes se deve a vários fatores, sendo um deles o fato de se tratar de uma planta C4, que apresenta uma maior eficiência fotossintética do que plantas C3. Devido à presença das células da bainha do feixe vascular, por estarem mais próximas dos vasos condutores, capturarão apenas o CO<sub>2</sub>, não entrando em contato com o O<sub>2</sub>, não realizando a fotorrespiração, aproveitando a melhor luz e água, tolerando melhor as diversas condições ambientais (MACHADO; LAGÔA, 1994).

## **2.2 Interação genótipo e ambiente**

A introdução de híbridos de milho adequados para a região de cultivo é um aspecto de maior relevância no sistema de produção do milho no Brasil. Neste sentido, para que o híbrido possa expressar seu máximo potencial de produção, a interação genótipo x ambiente deve ser minimizada, uma vez que existem híbridos mais adaptados ou produtivos para determinadas condições edafoclimáticas. Portanto, uma cultivar deve ser recomendada para uma região específica quando trouxer alguma contribuição para o local cultivado, sendo uma das poucas formas de conseguir acréscimo da produção sem custo adicional ao sistema de produção.

A região Centro-Sul, apesar do conhecido potencial agrícola, possui uma produtividade nacional de milho baixa, devido a diversos motivos, desde a baixa fertilidade do solo, stand desuniforme, manejo inadequado de plantas infestantes e pragas, baixa adubação nitrogenada, compactação do solo, uso de híbridos pouco

adaptados, entre outros fatores. Assume dessa forma, importante papel a seleção e recomendação de cultivares de maior valor produtivo e boa adaptação às condições locais (PRADO et al., 2003).

A região de Goiás apresentou os melhores níveis de produtividade nos últimos anos, sendo superior aos estados da região Sul. Esta alta produtividade deve-se ao fato de que os produtores têm utilizado tecnologias modernas e sementes de alta qualidade e potencialidade, além do plantio em áreas extensas e o uso do plantio direto. Assim a ampliação do parque industrial na região de cerrado, também favoreceu o crescimento da produção de milho na região centro-oeste, em especial neste Estado que utiliza o milho como insumo (BOAS; GARCIA, 2007).

De acordo com Faluba et al. (2010), o Estado de Minas Gerais possui um grande destaque na produção de grãos, apresentando como fatores responsáveis pela grande variação na produtividade de milho mineira, as características edafoclimáticas específicas de cada região, as disparidades sociais e os diferentes níveis tecnológicos adotados pelos produtores e, ainda, o tipo de agricultura de cada região – familiar ou empresarial. Assim, os programas de melhoramento de milho buscam atender as particularidades dos ambientes e agricultores, com a finalidade de obter materiais genéticos adaptados e produtivos.

Os estudos de interações genótipos e ambientes são realizados por várias instituições de pesquisa, visando avaliar as cultivares desenvolvidos, auxiliando agricultores e técnicos na escolha de materiais mais adaptados a região. Além de regionalizar as recomendações de cultivares, é obtido um banco de dados que auxiliam o produtor na escolha do seu cultivar (RIBEIRO et al., 2000).

De acordo com Carvalho et al. (2001), no processo de recomendação de cultivares, a análise da interação do genótipo com o ambiente é fundamental, sendo necessário uma minimização do efeito desta interação, para que se possa fazer uma recomendação mais eficaz visando uma estabilidade fenotípica melhor para que se consiga boas produtividades.

A interação genótipo e ambiente está associada a fatores simples e complexos, em que os simples são proporcionados pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes e os complexos, pela falta de correlação entre os desempenhos do genótipo nos ambientes (SANS; GUIMARÃES, 2006).

As cultivares podem apresentar interação ambiental, podendo esta ser elevada, mesmo com a estratificação do ambiente, pois a divisão de locais não implica necessariamente em uma redução da interação das cultivares com os anos. A interação

não só interfere na recomendação de cultivares, mas também dificulta o trabalho do melhorista na escolha dos materiais mais adaptados, pois o ideal é que as cultivares apresentem, nos diversos locais onde for cultivado, uma alta produtividade e estabilidade (VENDRUSCOLO et al., 2001).

### **2.3 Adaptabilidade e Estabilidade**

O milho por ser cultivado em várias regiões necessita de vários estudos de interação genótipo e ambiente, para que se note qual seria a cultivar mais recomendada para as condições ambientais específicas. Uma vez detectada a interação, existem algumas alternativas para se atenuar os seus efeitos, dentre elas a mais empregada é a identificação de genótipos com maior estabilidade.

As metodologias mais usadas empregam regressão linear, tais como as que utilizam apenas um segmento de reta (FINLAY; WILKINSON, 1963; EBERHART; RUSSELL, 1966). Após esta metodologia, Verma et al. (1978) utilizou para a identificação de genótipos com desempenho desejável nos ambientes considerados desfavoráveis e favoráveis, o emprego dois segmentos de reta, utilizando uma análise dupla de regressão linear. Já Silva e Barreto (1985) propuseram que os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade fossem estimados por meio de uma única equação, representada por uma reta bissegmentada. Cruz et al. (1989) estendeu esta metodologia, tornando-a operacionalmente mais simples e com propriedades estatísticas mais adequadas aos propósitos do melhoramento. E Annicchiarico (1992) propôs um método para se avaliar o desempenho de genótipos, em diferentes ambientes, estimando de índice de confiança, possibilitando a recomendação de uma cultivar, levando em consideração o risco de esta apresentar desempenho abaixo de um dado padrão, como a média geral (RIBEIRO et al., 2000).

A adaptabilidade refere-se à capacidade que os genótipos apresentam quando colocados em um ambiente, aproveitando-o de forma vantajosa (COSTA et al., 1999). De acordo com Vendruscolo et al. (2001), a estabilidade contribui para estimar o comportamento das cultivares, minimizando a interação do genótipo e ambiente, de forma racional e eficiente.

Entre tantos métodos propostos, o de Eberhart e Russell (1966) é amplamente utilizado devido provavelmente a sua praticidade de uso e resultados satisfatórios, pois a escolha de um método depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com os números de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (MURAKAMI et al., 2004).

O modelo de Eberhart e Russell (1966) consiste em:  $Y_{ij} = \beta_i + \beta_{li}I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$ , em que  $Y_{ij}$  é a média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\beta_i$  é a média geral do genótipo  $i$ ;  $\beta_{li}$  é o coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do  $i$ -ésimo genótipo à variação do ambiente;  $I_j$  é o índice ambiental;  $\delta_{ij}$  é o desvio da regressão e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental médio. Para cada genótipo é efetuada uma análise de regressão, utilizando-se o índice ambiental como variável independente e a produtividade dos genótipos como variável dependente. Assim, de acordo com o método proposto por Eberhart e Russell (1966), o efeito do ambiente pode ser desmembrado em dois componentes, um linear e outro não-linear. O coeficiente de regressão ( $\beta_{li}$ ) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade do genótipo, ou seja, sua capacidade de responder à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão ( $\sigma_d^2$ ) estão associados ao componente não-linear e indicam a estabilidade de comportamento. Um genótipo com  $\sigma_d^2 = 0$  possuiria um comportamento previsível, de acordo com a grandeza do índice ambiental. Os parâmetros de estabilidade no modelo de Eberhart e Russel (1966) são o coeficiente de regressão  $\beta_{li}$ , obtido pela regressão linear da média das cultivares em cada ambiente e do componente de variância dos desvios da regressão linear  $\sigma_{di}^2$ . Assim, tem-se que uma cultivar é estável quando  $\sigma_d^2 = 0$ . E quando  $\sigma_d^2 \neq 0$  será considerado instável. A adaptabilidade será ampla, se  $\beta_{li} = 1$ ; adaptada a ambientes favoráveis, se  $\beta_{li} > 1$ , e adaptada a ambientes desfavoráveis, se  $\beta_{li} < 1$ . A adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos dos genótipos é medida pelos parâmetros: média geral, coeficiente de regressão linear e desvios da regressão (COSTA et al., 1999).

Segundo Hamawaki e Santos (2003), o método de Eberhart e Russell vem sendo utilizado quando há um número de ambientes acima de três, sendo a análise de adaptabilidade e estabilidade uma alternativa para avaliar especificamente os genótipos que interagem com o ambiente.

Dessa forma, avaliar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares de milho através de uma metodologia prática e adequada é de grande importância para que se possa recomendar as cultivares para cada região.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

Foram usados, neste estudo, os dados presentes nos Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho Centro Precoce, das safras de 2007/08 e 2008/09, coordenados pela Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Foram avaliadas as produtividades de seis cultivares, ensaiados em seis locais.

O delineamento utilizado originalmente nos experimentos foi o látice, com duas repetições, sendo que cada parcela foi composta de duas linhas, com cinco metros de comprimento. Os ensaios foram realizados em Indianópolis (MG), Sete Lagoas (MG), Patos de Minas (MG), Goiânia (GO), Planaltina (GO) e Rio Verde (GO).

Cada ensaio foi considerado como um ambiente, uma vez que foram conduzidos em diferentes locais, sob diferentes condições edafoclimáticas, com temperaturas médias na época chuvosa, datas de semeadura e colheita distintas (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1. Locais, altitudes e épocas de cultivo, ano agrícola 07/08.

Local	Altitude	Temperatura °C	Plantio	Colheita
Indianópolis	975	24,5	12/11/07	28/04/08
Sete Lagoas	761	23,5	13/11/07	08/05/08
Patos de Minas	865	22,5	13/11/07	29/04/08
Goiânia	749	24,5	21/11/07	08/05/08
Planaltina	944	23,0	16/01/08	10/06/08
Rio Verde	750	25,5	22/11/07	25/04/08

Tabela 2. Locais, altitudes e épocas de cultivo, ano agrícola 08/09.

Local	Altitude	Temperatura °C	Plantio	Colheita
Indianópolis	975	24,3	04/11/08	31/03/09
Sete Lagoas	761	23,7	12 e 17/11/08	29/04 a 7/05/09
Patos de Minas	865	22,8	27/11/08	08/05/09
Goiânia	749	24,8	10/12/08	19/06/09
Planaltina	944	23,6	24/10/08	23/03/09
Rio Verde	750	25,7	04/11/08	23/03/09

Os híbridos avaliados foram: 2B587; 2B707; CD 351; CD 308 e SHS 4080 e a variedade AL Piratininga como caracterizados a seguir (Tabela 3).

Tabela 3. Cultivares e suas características.

<b>Cultivar</b>	<b>Tipo de Cruzamento</b>	<b>Ciclo</b>	<b>Instituição Obtentora</b>
2B587	Híbrido Simples	Precoce	Dow AgroSciences
2B707	Híbrido Simples	Precoce	Dow AgroSciences
CD308	Híbrido Duplo	Precoce	Coodetec
CD351	Híbrido Simples	Precoce	Coodetec
AL Piratininga	Variedade	Semi-precoce	CATI
SHS 4080	Híbrido Duplo	Precoce	Santa Helena Sementes

### 3.2 Métodos

Foram efetuadas análises de variância de cada ensaio quanto à produtividade e em seguida a análise conjunta para se determinar as possíveis interações, de acordo com o modelo proposto por Comstock e Moll (1963). Usou-se como modelo, o delineamento experimental de blocos casualizados, pois se extraiu do conjunto de tratamentos apenas os que se encontravam simultaneamente em todos os ambientes. Para a análise de adaptabilidade e estabilidade das cultivares foi empregado o método de Eberhart e Russell (1966) o qual se baseia numa regressão linear simples, adotando o índice ambiental como a variável independente e a produtividade média das cultivares em cada ambiente com a variável dependente, calculando-se o índice ambiental como a diferença entre a média de cada local e a média geral de todos eles (PEREIRA, 2009). Esta análise baseia-se no seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, p$$

$$j = 1, 2, \dots, q$$

$Y_{ij}$  = média do genótipo  $i$ , no ambiente  $j$ .

$\beta_i$  = média geral do genótipo  $i$ .

$\beta_{li}$  = coeficiente da regressão linear que mede a resposta do  $i$ -ésimo genótipo à variação ambiental.



$I_j$  = índice ambiental.

$\delta_{ij}$  = desvio da regressão.

$\varepsilon_{ij}$  = erro experimental médio.

A estabilidade foi avaliada pelos desvios da regressão e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

A estabilidade está relacionada à capacidade dos genótipos mostrarem um comportamento previsível frente à variação ambiental, sendo avaliada pelo componente de variância atribuído aos desvios de regressão ( $\sigma_{di}^2$ ), em que:

$\sigma_{di}^2 = 0$ , genótipos com estabilidade ou previsibilidade alta.

$\sigma_{di}^2 > 0$ , genótipos com estabilidade ou previsibilidade baixa.

Se  $\beta_i = 1$ , a cultivar modifica seu comportamento de modo regular, conforme a qualidade ambiental é alterada.

$\beta_i > 1$ , tem-se um cultivar mais adequado para ambientes favoráveis e este será mais responsivo à melhoria ambiental, mas em ambientes inferiores poderá não ter um bom desempenho.

Já se  $\beta_i < 1$ , o genótipo é menos responsivo, mas em um ambiente de qualidade inferior, pode-se adequar melhor.

Considera-se como genótipo ideal aquele que apresenta média geral adequada do caráter, coeficiente  $\beta_i = 1$  e  $\sigma_{di}^2 = 0$ .

Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas empregando-se os recursos computacionais do Programa GENES (CRUZ, 1997).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados (Tabela 4) demonstraram que as variáveis anos, locais e genótipos foram significativas. A interação significativa foi apenas a ano x local, não envolvendo, portanto efeitos de cultivares. Já a interação genótipo x ambiente não foi significativa, pois a probabilidade das interações foi maior do que 0,05. Os possíveis motivos deste resultado podem ser justificados pelas diferenças de altitude dos locais, que não ultrapassaram 250m da maior para a menor altitude. A incidência de doenças sofre forte interferência da altitude de cultivo, e é um dos principais fatores dependentes desta variação. Outra razão esta relacionada às condições climáticas na época, pois como foi relatado em Sete Lagoas, no ano de 08/09, ocorreu chuvas fortes, acamando e quebrando muitas plantas, o que prejudica a qualidade dos grãos e conseqüentemente a produtividade.

Tabela 4. Análise de variância.

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade*
(B/L)/A	12	17219554,92	1434962,91		
Genótipo(G)	5	185651978,89	37130395,78	15,91	0,00
Anos (A)	1	59045136,67	59045136,67	7,29	0,04
Locais (L)	5	468350855,15	93670171,03	11,57	0,01
G x A	5	5021999,12	1004399,82	1,14	0,36
G x L	25	34632142,65	1385285,71	1,57	0,13
A x L	5	40473626,03	8094725,21	5,64	0,01
G x A x L	25	22010405,92	880416,23	0,87	1,00
Resíduo	60	60451731,58	1007528,86		
Média :	8380,020833				
CV(%)	11,977982				

\* Significativo para probabilidade < 5%.

Observando isoladamente cada ano, pode-se notar que a safra de 08/09 apresentou maiores médias de produtividade, com 9020,4 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 5). Esta maior produtividade pode ser resultado do menor tempo em que os materiais ficaram no campo, pois as épocas de semeadura e colheita foram mais próximas, quando comparadas com o ano anterior, ocasionando melhores condições climáticas para o desenvolvimento dos materiais, pois de acordo com Manosso (2005), a época de semeadura interfere na produtividade dos grãos de milho, pois para a realização das etapas fisiológicas, é

necessária uma quantidade de água e horas de luz adequadas, sendo definida pela época em que a cultura ficar no campo durante o seu ciclo de vida.

Tabela 5. Média das produtividades nos dois anos.

Ano	Média da produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )*
07/08	7739,66 b
08/09	9020,40 a

\*Médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos locais, Patos de Minas e Rio Verde demonstraram melhores médias de produtividade, embora se localizem em altitudes diferentes, com mais de 100m de diferença, podendo este resultado ter ocorrido em função da época de semeadura e colheita, além de outros manejos realizados pela empresas responsáveis (Tabela 6). Já a localidade Goiânia apresentou as produtividades mais baixas, embora sua altitude seja similar a de Rio Verde, porém no segundo ano, o plantio foi realizado mais tardiamente, confirmando o que Cruz e Filho (2002) relataram, pois como o milho se trata de uma planta termosensível, quando a semeadura é realizada mais tardiamente, como em dezembro, as condições ambientais são desfavoráveis, pois há uma maior temperatura e incidência de chuvas, o que ocasiona baixas concentrações de O<sub>2</sub> no solo, abaixando a taxa de respiração e diminuindo a quantidade de energia e absorção de nutrientes, reduzindo a produtividade.

Tabela 6. Média das produtividades nos locais.

Local	Média das produtividades (kg ha <sup>-1</sup> )*
Indianópolis	8476,40 b
Sete Lagoas	7178,61 c
Patos de Minas	10246,37 a
Goiânia	5149,76 d
Planaltina	8874,32 b
Rio Verde	10354,72 a

\*Médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade

Quanto as cultivares, o híbrido simples 2B707 foi o que apresentou melhores médias da produtividade com 10283,6 kg ha<sup>-1</sup>. Já os materiais com menores médias foram os híbridos duplos CD308 e SHS4080 e a variedade AL Piratininga, apresentando

médias 7008,63 kg ha<sup>-1</sup>; 7547,86 kg ha<sup>-1</sup> e 7498,27 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7). Tal resultado é explicado de acordo com Fuck e Bonacelli (2006), pois os híbridos simples apresentam maior potencial produtivo, ao passo que os duplos têm o menor potencial produtivo entre os híbridos, e as variedades apresentam menor potencial produtivo.

Tabela 7. Média das produtividades dos genótipos.

Híbridos e Variedade	Média das produtividades (kg ha <sup>-1</sup> )*
2B587	9148,47 b
2B707	10283,60 a
AL Piratininga	7498,27 c
CD351	8793,35 b
CD308	7008,63 c
SHS4080	7547,86 c

\* Médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade

Observando as médias da produtividade nos anos 07/08 (Tabela 8), e nos anos 08/09 (Tabela 9), pode-se perceber que no primeiro e segundo ano, a melhor cultivar foi o híbrido simples 2B 707 em todos os locais.

Tabela 8. Média da produtividade no ano 07/08.

Local	Cultivares - Produtividade de grãos (Kg ha <sup>-1</sup> )*					
	2B 587	2B707	Al Piratininga	CD 351	CD 308	SHS 4080
Indianópolis	9289 a	10697 a	5508 b	8127 b	7772 b	6917 b
Sete Lagoas	8923 a	9717 a	6642 b	7801 a	4668 b	5785 b
Patos de Minas	9296 a	10783 a	8214 b	9412 a	7660 b	7421 b
Goiânia	4247 b	7209 a	4770 b	5082 b	2543 b	4296 b
Planaltina	7471 a	9329 a	7164 a	7905 a	6500 a	7463 a
Rio Verde	10370 a	11299 a	10326 a	11021 a	7834 b	9166 b

\* Médias não seguidas por mesma letra na linha, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Média da produtividade no ano 08/09.

Local	Cultivares - Produtividade de grãos (Kg ha <sup>-1</sup> )*					
	2B 587	2B707	Al Piratininga	CD 351	CD 308	SHS 4080
Indianópolis	9949 a	10312 a	7680 b	9398 a	8394 b	7673 b
Sete Lagoas	8352 a	8503 a	5636 b	7342 a	6061 b	6710 b
Patos de Minas	13957 a	13598 a	10363 b	12491 a	10249 b	9512 b
Goiânia	6950 a	8302 a	3858 b	4865 b	4709 b	4967 b
Planaltina	10342 a	12014 a	9639 a	10653 a	8267 a	9746 a
Rio Verde	10635 a	11638 a	10178 a	11422 a	9448 a	10918 a

\* Médias não seguidas por mesma letra na linha, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Para confirmar os resultados obtidos com a análise conjunta, foi realizada a análise de estabilidade e adaptabilidade por meio da metodologia de Eberhart e Russell (1966), na qual os ambientes 08/09 Patos de Minas apresentou os melhores resultados, e o ambiente 07/08 Goiânia, as menores médias (Tabela 10).

Tabela 10. Média dos ambientes e índice ambiental.

Ambientes	Média	Índice (Ij)
07/08 Indianópolis	8051,70	-328,33
07/08 Sete Lagoas	7256,23	-1123,79
07/08 Patos de Minas	8797,59	417,56
07/08 Goiânia	4690,99	-3689,03
07/08 Planaltina	7638,49	-741,53
07/08 Rio Verde	10002,93	1622,91
08/09 Indianópolis	8901,11	521,07
08/09 Sete Lagoas	7100,99	-1279,04
08/09 Patos de Minas	11695,14	3315,11
08/09 Goiânia	5608,52	-2771,51
08/09 Planaltina	10110,13	1730,11
08/09 Rio Verde	10706,49	2326,47

Já os valores do coeficiente de regressão linear ( $\beta_1$ ) não se diferenciaram estatisticamente de 1,0 comprovando que os cultivares são estáveis (Tabela 11).

Tabela 11. Estimativas e significância dos parâmetros de adaptabilidade.

Genótipo	Média( $\beta_i$ )	$\beta_1$	t ( $\beta_1=1$ )	Probab(%) <sup>*</sup>
2B587	9148,47	1,06	0,66	51,59
2B707	10283,59	0,83	-1,64	10,27
AL Piratininga	7498,26	1,03	0,31	75,83
CD351	8793,35	1,14	1,41	15,98
CD308	7008,63	1,01	0,09	92,82
SHS4080	7547,85	0,91	-0,83	58,57

<sup>\*</sup>Significativo para probabilidade < 5%.

Como a interação do genótipo e o ambiente não foi significativa, pode-se observar que todos os materiais são estáveis, isto é, seu comportamento não diferiu entre os diferentes locais e anos (Tabela 4).

Este resultado é confirmado pelos valores do desvio de regressão ( $\sigma^2d$ ), que não se diferenciaram estatisticamente de 0. A cultivar CD351 apresentou os valores elevados para o coeficiente de determinação, mostrando que não houve muita variação deste híbrido nos diferentes ambientes. Ferreira et al. (2004), afirmaram que serão considerados

estáveis as cultivares com desvios de regressão não-significativos e instáveis aquelas com desvios significativos, como foi observado nas análises realizadas (Tabela 12).

Tabela 12. Estimativas e significância do parâmetro de estabilidade.

Genótipo	Média	$\sigma^2d$	Probab(%) <sup>*</sup>	R <sup>2</sup> (%)
2B587	9148,47	220999,03	18,58 NS	88,17
2B707	10283,59	-266706,02	100,0 NS	93,23
AL Piratininga	7498,26	208221,93	19,66 NS	87,61
CD351	8793,35	-384987,31	100,0 NS	98,12
CD308	7008,63	29960,85	40,71 NS	90,03
SHS4080	7547,85	-44651,19	100,0 NS	89,60

<sup>\*</sup> Significativo para probabilidade < 5%.

É apresentado a seguir, o gráfico representando a estabilidade e adaptabilidade das cultivares segundo a metodologia de Eberhart e Russell, confirmando que as mesmas se comportaram de maneira semelhante nos diferentes ambientes (Figura 1).

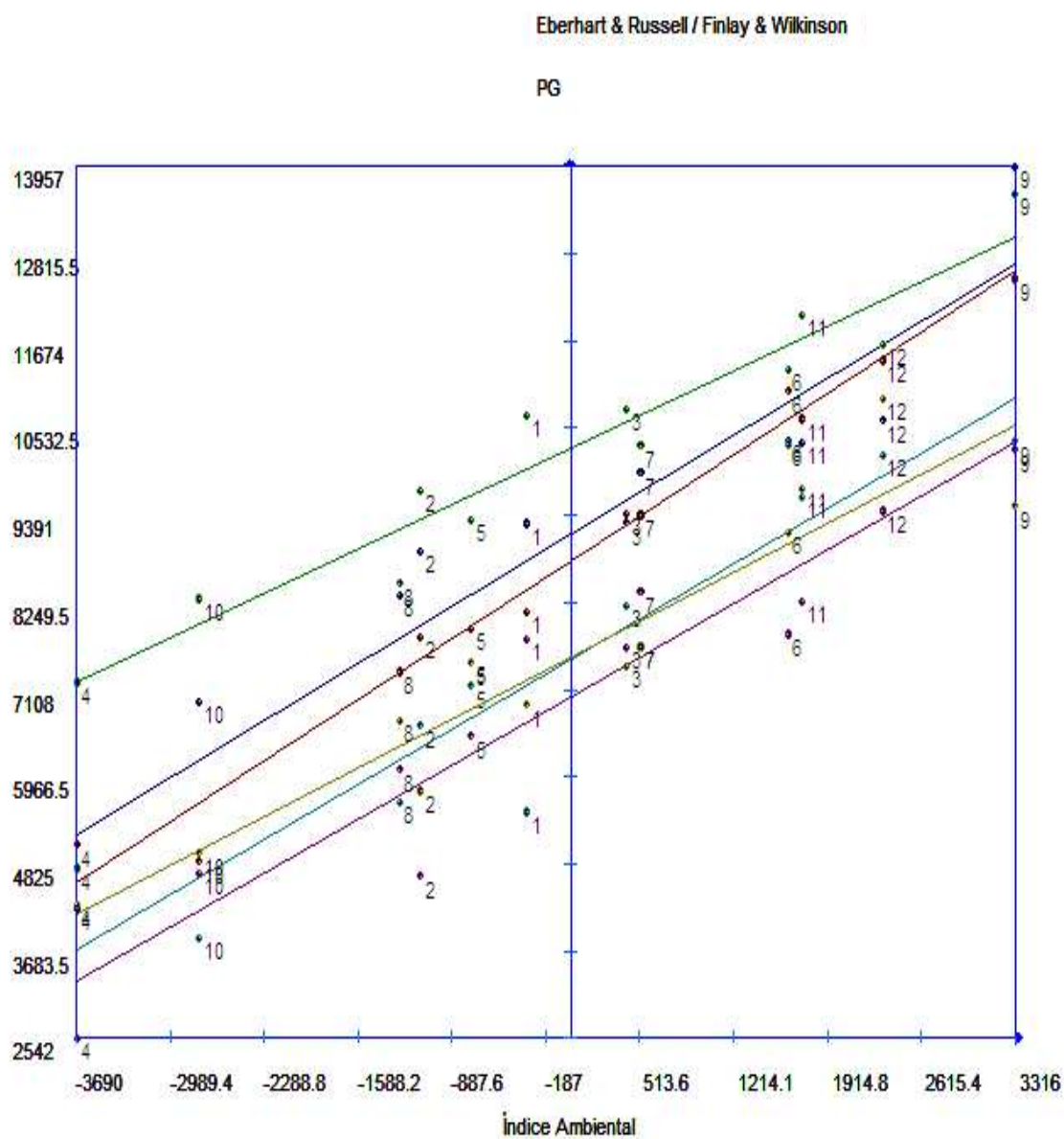


Figura 1. Representação gráfica dos cultivares avaliados.

Legenda:

● 2B587	● CD351
● 2B707	● CD308
● AL Piratininga	● SHS4080

## 5 CONCLUSÕES

Não houve interação entre os genótipos e os ambientes em teste.

Todos os materiais são estáveis, não diferindo em relação aos locais e anos.

Houve interação apenas entre o ano e local, sendo que em 07/08, o melhor local foi Rio Verde. Em 08/09 foi Patos de Minas.

A cultivar que apresentou melhores produtividades foi a 2B 707.



## REFERÊNCIAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptations and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v.46, n.1, p.269-278, Mar. 1992.
- BOAS, A. A.AV; GARCIA, D. F. B. Plantio direto nas culturas de milho e soja no município do Chapadão do céu- GO e os impactos para o meio ambiente. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 55, 2007. Londrina. **Anais...** Londrina, UEL, p. 1-21.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V; RINALDI, D. A; LIMA, V. E. N. de. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.1, p.87-90, jan. 2005.
- CARVALHO, H. W. L. de; LEAL, M. de L. da S; CARDOSO, M. J; SANTOS, M. Z. dos; CARVALHO, B. C. L. de; TABOSA, J. N; LIRA, M. A; ALBUQUERQUE, M. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4, p. 637-644, abr. 2001.
- CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P; ATHAYDE, M. L. F; ARF, O; SÁ, M. E. de. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.1, p.47-53, jan. 2004.
- COIMBRA, R. R; MIRANDA, G. V; NAOE, L. K; TEIXEIRA, F. F; DEITOS, A; SOUZA, L. V. de; MELO, A. V. de; MELLO, M. P. de. Análise de representatividade ambiental para discriminação genotípica de cultivares de milho. **Revista Ciência Agroambiental**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 35-41, janeiro a junho de 2006.
- COMSTOCK, R. E; MOLL, R. H. Genotype-environment interactions. In: HANSON, W.D; ROBINSON, H.F. (ed.). **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: Nat. Acad. Sci./Nat. Res. Counc.. 1963. p. 164-196.
- COSTA, J. G. da; MARINHO, J. T. de S; PEREIRA, R. de C. A; LEDO, F. J. da S; MORAES, R. N. de S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de cultivares de milho recomendadas para o estado do Acre. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.1, p.7-11, jan./mar., 1999.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, UFV, 1997, 442 p.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A. de A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.2, p.567-580, Apr./June 1989.
- CRUZ, J. C; PEREIRA FILHO, I. A. **Manejo e Tratos culturais para o Cultivo do Milho Verde**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2002, p. 1-9. (Circular Técnica).

DUARTE, J. de O; CRUZ, J. C; GARCIA, J. C. **A evolução da produção de milho no Mato Grosso: a importância da safrinha**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2007, p. 1-6. (Comunicado Técnico).

EBERHART, S.A; RUSSEL, W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p. 36-40, 1966.

FALUBA, J. de S; MIRANDA, G. V; LIMA, R. O. de. SOUZA, L. V. de. DEBEM, E. A; CRUZ e OLIVEIRA, A. M. Potencial genético da população de milho UFV7 para o melhoramento em Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1250-1256. Jun 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations. FAOSTAT. Commodities by country. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=en>>. Acesso em: 26 ago. 2010.

FERREIRA, D. F. **Programa Estabilidade**. Lavras: UFLA, 2000.

FERREIRA, R. de P; BOTREL, M. de A; RUGGIERI, A. C; PEREIRA, A. V; COELHO, A. D. F; LÉDO, F. J. da S; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p.265-269, jan-fev, 2004.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v.14, n.6, p.742-754, Jan. 1963.

FUCK, M. P; BONACELLI, M. B. M. Atuação da Embrapa nos mercados de soja e milho. Por que manter instituições públicas de pesquisa no Brasil? **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.10, p. 7-17, out. 2006.

HAMAWAKI, O, T; SANTOS, P; G. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho avaliadas por meio do modelo de regressão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 195-199, mar-abr, 2003.

HOOGERHEIDE, E. S. S. **Estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de produção no estado do Mato Grosso**. 2004, 90 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas). Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MACHADO, E. C; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 141-149, 1994.

MANOSSO, F. C. A produtividade de soja, trigo e milho e suas relações com a precipitação pluviométrica no município de apucarana-pr no período de 1968 a 2002. **Revista do Departamento de Geociências**. Londrina, v. 14, n. 1, p. 87-98, jan./jun. 2005.

MARTINS, R. M; PINHO, S. Z. de, GONÇALVES, S. L. Utilização da técnica hierárquica aglomerativa pelo método do vizinho mais próximo do risco de geada no Estado do Paraná para a cultura do milho safrinha. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 23, n. 3, p. 85-107, 2008.

MARTIN, T. N; TOMAZELLA, A. L; CÍCERO, S. M; NETO, D. D; FAVARIN, J. L; JÚNIOR, P. A. V. Questões relevantes na produção de sementes de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.1, p. 119-138. 2007.

MELO, W. M. C; PINHO, R.G. V; CARVALHO, M. L. M. de; ÉDILA VILELA DE RESENDE VON PINHO, E. V. de R. V. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem na região de lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.1, p.31-39, jan./mar., 1999.

MONTEIRO, M. A. R; CRUZ, J. C; OLIVEIRA, A. C. de; RAMALHO, M. A. P; PINHO, R. G. V. Desempenho de cultivares de milho para produção de grãos no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.4, p.881-888, out./dez., 2000.

MURAKAMI, D. M; CARDOSO, A. A; CRUZ, C. D; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 71-78, jan-fev, 2004.

PEREIRA, E. R. M. da S. **Comparação de métodos no estudo da estabilidade fenotípica**. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica). Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

PRADO, R. de M; SCARELLI, P. C; BARCELOS, J. E. T. de; MELO, P. C. de; SILVA, F. M. de A. Comportamento de híbridos de milho superprecoce cultivados em latossolo vermelho do triângulo mineiro. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.78, p. 101-111, 2003.

RIBEIRO, P. H. E; RAMALHO, M. A. P; FERREIRA, D. F. Adaptabilidade e Estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.11, p.2213-2222, nov. 2000.

SANS, L. M. A; GUIMARÃES, D. P. **Zoneamento agrícola de riscos climáticos para a cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006, p. 1-5. (Circular Técnica).

SANTI, A; MUNIZ, J. A; YAMASHITA, O. M. Avaliação de diferentes genótipos de milho nas condições edafoclimáticas de alta floresta – MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.4, n.1, p.15-22, 2006.

SILVA, A. R. B. da; BENEZ, S. H. Cultivares de milho: Produtividade em diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 1, p.77-90, 2005.

SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. Aplicação de regressão linear segmentada em estudo da interação genótipo x ambiente. In: Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrônômica, 1., 1985, Piracicaba. **Resumos**. Campinas: Cargill, 1985. p.49-50.

VENDRUSCOLO, E. C. G; SCAPIM, C. A; PACHECO, C. A. P; OLIVEIRA, V. R. de; LUCCA e BRACCINI, A. de; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 123-130, jan. 2001.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.53, n.1, p.89-91, Jan. 1978.