

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE - RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**ESTUDO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE
EM HÍBRIDOS SIMPLES E TRÍPLOS DE MILHO NA
REGIÃO SUL DO BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Carlos Busanello

Frederico Westphalen, RS, Brasil

2012

ESTUDO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM HÍBRIDOS SIMPLES E TRIPLOS DE MILHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Carlos Busanello

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Velci Queiróz de Souza

Frederico Westphalen, RS, Brasil

2012

Busanello, Carlos, 1986

Estudo da adaptabilidade e estabilidade em híbridos simples e triplos de milho na região sul do Brasil /

Carlos Busanello. – 2012.

61 f.; 30cm

Orientador: Velci Queiróz de Souza

Coorientadores: Braulio Otomar Caron, Denise Schmidt, Valmor Antônio Konflanz.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, RS, 2012.

1. Melhoramento genético 2. *Zea mays* 3. Biometria I. Souza, Velci Queiróz de II. Caron, Braulio Otomar III. Schmidt, Denise IV. Konflanz, Valmor Antônio V. Título.

© 2012

Todos os direitos autorais reservados a Carlos Busanello. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Linha Sete de Setembro s/n – BR 386, KM 40. CEP 98400-000 - Frederico Westphalen, RS, Brasil.

Fone (55) 99647874; Endereço eletrônico: carlosbuzza@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Superior Norte - RS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia:
Agricultura e Ambiente**

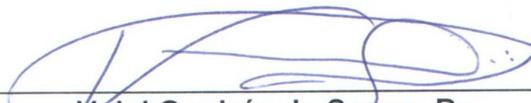
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ESTUDO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM HÍBRIDOS
SIMPLES E TRIPLOS DE MILHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

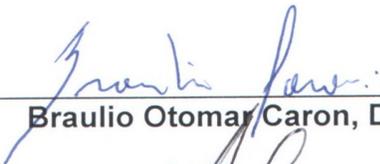
elaborado por
Carlos Busanello

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

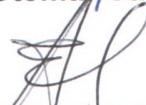
COMISSÃO EXAMINADORA:



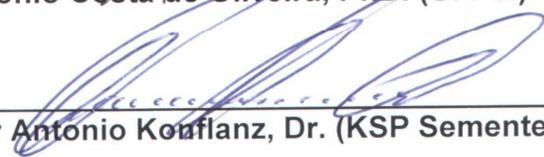
Valci Queiróz de Souza, Dr.
(Presidente/Orientador)



Bráulio Otomar Caron, Dr. (UFSM)



Antonio Costa de Oliveira, PhD. (UFPEL)



Valmor Antonio Kouflanz, Dr. (KSP Sementes)

Frederico Westphalen, 20, de agosto de 2012.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Deoner e Elsa pelo exemplo e incondicional apoio,
e a minha irmã Raquel pela compreensão e carinho,
a vocês que sempre acreditaram no meu potencial...

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, pela força, fé, saúde e coragem de me levar tão distante e chegar até aqui;

Aos meus amados pais, Deoner e Elsa, pelos exemplos de vida e perseverança, permanecendo sempre ao meu lado nesta caminhada;

A minha querida irmã Raquel, pelo carinho;

A Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, pelo suporte e oportunidades;

A CAPES pela concessão da Bolsa de Estudos;

A coordenação do PPGAAA, pela perspicácia e pioneirismo em implantar o Curso de Mestrado e a oportunidade da realização deste trabalho;

Ao meu Orientador Eng^o. Agr^o. Dr. Velci Queiróz do Souza e sua esposa Silviane, pelos imensos ensinamentos, atenção, amizade, confiança e pelo exemplo de profissionalismo e inteligência;

Ao meu co-orientador Eng^o. Agr^o. Dr. Valmor Antonio Konflanz, pelas contribuições e amizade;

Ao Prof. Eng^o. Agr^o. Dr. Braulio Otomar Caron e sua esposa Prof^a. Eng^a. Agr^a. Dr^a. Denise Schmidt, pela amizade e pelas contribuições de ensinamento;

Aos demais Professores do PPGAAA, pelas diversas contribuições de ensinamento;

Aos colegas do PPGAAA, pela convivência e amizade;

Ao colega de pesquisa e mestrando Maicon Nardino pelos momentos incessantes de trabalho e estudo;

Aos amigos da iniciação científica do Laboratório de Melhoramento Genético de Plantas e de Agroclimatologia,

Enfim, aqueles que não citados, contribuíram de forma significativa para realização deste trabalho.

A todos vocês, os meus sinceros agradecimentos.

EPÍGRAFE

“Qualquer homem pode alcançar o êxito, se dirigir seus pensamentos numa direção e insistir neles até que aconteça alguma coisa”

(Thomas Edison)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Santa Maria

ESTUDO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM HÍBRIDOS SIMPLES E TRIPLOS DE MILHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

AUTOR: CARLOS BUSANELLO
ORIENTADOR: VELCI QUEIRÓZ DE SOUZA
Frederico Westphalen, RS 20 de agosto de 2012.

O estudo da adaptabilidade e estabilidade, bem como a previsibilidade de genótipos frente aos ambientes de cultivo é extremamente importante no posicionamento de híbridos de milho, sejam eles simples, duplos ou triplos. O desenvolvimento de sementes com alta qualidade requer anos de pesquisa e testes para avaliar seu potencial e abrangência para sua recomendação. A análise de adaptabilidade e estabilidade tem o propósito de suprir estas informações. Para tanto objetivou-se elucidar tais parâmetros para a Região Sul do Brasil, com ensaios de híbridos simples e híbridos triplos em cinco locais representativos. Foram utilizados 27 híbridos simples e 20 triplos em esquema de blocos completos ao acaso com três repetições. O método para avaliar a adaptabilidade e estabilidade utilizado foi proposto por Eberhart e Russell em 1966. Ao final da pesquisa foi possível identificar que 52% dos híbridos simples testados foram adaptados ($\beta > 1$) e 60% dos híbridos triplos também seguiram a mesma tendência de rendimento; para o caractere massa de sabugo a adaptabilidade foi de 44% e 55% para os híbridos simples e triplos respectivamente. Para estabilidade (S^2d) foi identificado que todos os híbridos possuem índices superiores a 80% independente da característica avaliada. Neste sentido temos que a grande maioria das constituições genéticas testadas possui previsibilidade tanto para rendimento de grãos bem como para massa de sabugo. Sendo assim o método utilizado é eficiente para determinar híbridos para a região em estudo, bem como prever o seu comportamento em diferentes condições de ambiente.

Palavras-chave: Melhoramento genético. *Zea mays*. Biometria.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agronomy: Agriculture and Environment
Federal University of Santa Maria

STUDY OF ADAPTABILITY AND STABILITY IN SINGLE AND TRIPLE HYBRID CORN IN SOUTHERN BRAZIL

AUTHOR: CARLOS BUSANELLO
ADVISOR: VELCI QUEIROZ DE SOUZA
Frederico Westphalen, RS, August 20th, 2012.

The study of adaptability and stability, as well as the predictability of genotypes regarding the study of environments is extremely important in the positioning of corn hybrids, whether they are simple or triple. The development of high quality seed hybrids requires years of research and testing to evaluate its potential and scope for its recommendation. The adaptability and stability analysis has the purpose to supply this information. Therefore, the objective was to elucidate these parameters for the south region of Brazil by testing both simple and triple hybrids in five different representative sites. A total of 27 simple hybrids and 20 triple hybrids were used in a complete randomized block design with three replications. The method for evaluating the stability and adaptability used was proposed by Russell Eberhart in 1966. By the end of the survey it was possible to indicate that 52% of the simple hybrids tested were adapted ($\beta > 1$) and 60% of the triple hybrid also followed the same pattern for yield. For the character mass of cob the adaptability was of 44% and 55% for the simple hybrids and triples hybrids respectively. For stability (S^2d) it was identified that all the hybrids have levels superior to 80% independent of the feature evaluated. In that sense, it is possible to state that the great majority of the tested genotypes have predictability for both grain yield as well as cob mass. Thus the method used is efficient to determine hybrids for the region of the study and also to predict their behavior in different environmental conditions.

Keywords: Breeding. *Zea mays*. Biometrics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Retas ajustadas para o caráter rendimento de grãos (Mg ha^{-1}) (A) e para massa do sabugo (g) (B) de híbridos simples de milho, em razão das variações ambientais, pelo método de Eberhart e Russell (1966). Os três híbridos mostrados em A foram imprevisíveis para rendimento de grãos (G5, G7 e G27). Os dois híbridos mostrados em B são altamente instáveis para acúmulo de massa no sabugo (G-20 e G-24).42

Figura 2 - Retas ajustadas para o caráter rendimento de grãos (Mg ha^{-1}) (A) e para massa do sabugo (g) (B) de híbridos triplos de milho, em razão das variações ambientais, pelo método de Eberhart e Russell (1966). Os quatro híbridos mostrados em A foram imprevisíveis para rendimento de grãos (G5, G7, G9 e G10). Os dois híbridos mostrados em B são altamente instáveis para acúmulo de massa no sabugo (G-1 e G-12).52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de híbridos de milho utilizados no Brasil, no período de 1998 a 2006 (%).....	15
Tabela 2 - Resumo da análise da variância para método de Eberhart e Russell para obter o Grau de Liberdade (GL), Soma dos Quadrados (SQ), Quadrado Médio (QM) e da estatística F.....	26
Tabela 3 - Resumo da análise de variação para rendimento em kg ha ⁻¹ e massa do sabugo em gramas, de vinte sete híbridos simples de milho em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.	38
Tabela 4 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart e Russell (1966) para as características de rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) e massa de sabugo em gramas para vinte sete híbridos simples de milho, em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.....	40
Tabela 5 – Resumo da análise de variação para rendimento em kg ha ⁻¹ e massa do sabugo em gramas, de vinte híbridos triplos de milho em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.....	49
Tabela 6 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart e Russell (1966) para as características de rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) e massa de sabugo em gramas para vinte híbridos triplos de milho, em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 CAPITULO I	14
REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A cultura do milho	14
2.2 Avanços genéticos na cultura do milho	16
2.3 Estudo da adaptabilidade e estabilidade	17
2.4 Estudo da adaptabilidade e estabilidade em outras culturas.....	19
2.5 Estudo da adaptabilidade e estabilidade em Milho	21
2.6 Determinação da adaptabilidade e estabilidade.....	23
2.6.1 Método baseado na ANOVA	24
2.6.1.1 Modelo proposto por Yates e Cochran (1948).....	24
2.6.1.2 Modelo Plaisted e Peterson (1959)	24
2.6.1.3 Modelo proposto por Wricke (1965)	24
2.6.1.4 Modelo proposto por Annicchiarico (1992).....	25
2.6.2 Método baseado em regressão.....	25
2.6.2.1 Modelo Eberhart e Russell (1966).....	26
2.6.2.2 Método de Finlay e Wilkinson (1963)	27
2.6.2.3 Método proposto por Tai (1971)	28
2.6.3 Método baseado em regressão bissegmentada.....	28
2.6.3.1 Modelo proposto por Verma et al. (1978).....	28
2.6.3.2 Modelo Silva e Barreto (1985).....	28
2.6.3.3 Modelo de Cruz et al. (1989)	29
2.6.4 Método baseado em análise não-paramétrica	29
2.6.4.1 Modelo de Huehn (1990).....	29
2.6.4.2 Lin e Binns (1988)	30
2.6.5 Método baseado em análise de fatores.....	31
2.6.5.1 Modelo Murakami e Cruz (2002)	31
2.6.6. Método baseado em componentes principais/centroide.....	31
2.6.6.1 O modelo de acordo com Rocha (2005).....	31

3 CAPÍTULO II	33
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO (<i>Zea mays</i> L.) EM DIFERENTES AMBIENTES NO SUL DO BRASIL	33
3.1 Resumo	33
3.2 Abstract	34
3.3 Introdução	34
3.4 Material e métodos	36
3.5 Resultados e discussão.....	37
3.6 Conclusões.....	42
3.7 Referências bibliográficas	42
4 CAPÍTULO III	44
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS TRIPLOS DE MILHO (<i>Zea mays</i> L.) EM DIFERENTES AMBIENTES NO SUL DO BRASIL	44
4.1 Resumo	44
4.2 Abstract	44
4.3 Introdução	45
4.4 Material e métodos	47
4.5 Resultados e discussão.....	48
4.6 Conclusões.....	52
4.7 Referências bibliográficas	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6 LITERATURA CITADA	56

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos da agricultura moderna têm proporcionado ganhos significativos em rendimento, visto o alto grau profissionalizante que o setor tem se tornado. O melhoramento genético tem um papel importante nesta evolução contribuindo significativamente para o melhoramento das espécies. O milho (*Zea mays* L.) hoje cultivado é um dos cereais mais importantes na cadeia produtiva mundial, servindo como subsídio para a alimentação humana e animal, bem como matéria prima para inúmeros produtos. Mais recentemente, tem sido utilizado como fonte de energia renovável utilizado pelos Estados Unidos na produção de biocombustíveis. Esta utilização proporcionou uma corrida tecnológica pela produção deste cereal transformando-o em uma *commodity* de alto valor agregado.

Para suprir a necessidade foi gerada em pouco tempo, tecnologia para alcançar altos rendimentos. Estudos em genética e a sua interação com o ambiente, e a oscilação de fatores da produtividade foram observados incessantemente para chegar ao elevado nível tecnológico atual.

Em virtude de inúmeros estudos sendo feitos na tentativa de melhor elucidar as interações genótipo x ambiente (G x E), o objetivo deste trabalho científico foi estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para híbridos de milho em ambientes distintos e altamente representativos, no intuito de demonstrar o comportamento destes híbridos na região Sul do Brasil. Supõe-se que dentre os híbridos em estudo, alguns deles sejam altamente responsivos a ambientes favoráveis e outros responsivos a ambientes desfavoráveis, bem como, estáveis ou instáveis. Também será levada em consideração a confiabilidade destes parâmetros (por um coeficiente de representação R^2), ou seja, se estes parâmetros de adaptabilidade e estabilidade encontrados são previsíveis ou não.

Para estimar a adaptabilidade e estabilidade dividiram-se em dois grupos os híbridos, 27 simples e 20 triplos, na tentativa de melhor demonstrar a interação G x E. Supondo que ao final do estudo possam-se evidenciar híbridos simples e híbridos triplos altamente adaptados e estáveis para o ambiente com boa previsibilidade.

2 CAPITULO I

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho

Milho é um cereal importante pertencente ao gênero *Zea*, um membro da ordem Poales, família das Gramineae (Poaceae) tribo Maydeae, gênero *Zea*, espécie *mays*, portanto, taxonomicamente identificado como *Zea mays* L. spp. *mays*. O número cromossômico base para *Zea* é $x = 10$, sendo uma planta aloploide totalizando 20 cromátides. O gênero *Zea* inclui milho indiano, bem como o teosinto, os mais próximos parentes silvestres de milho, cuja teoria mais aceita atualmente, devido às semelhanças morfológicas, é que o milho seja oriundo do teosinto.

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem larga importância socioeconômica no sistema produtivo brasileiro, pois este cereal constitui uma relevante área de cultivo, bem como, uma expressiva produtividade. Seus derivados e subprodutos participam da cadeia produtiva primária como fonte de alimento humano e animal.

Significativos avanços nas diversas áreas do conhecimento agrônomo principalmente com relação à ecologia e etnobiologia, o que propiciou um melhor conhecimento das relações com o homem e o meio foram destacados por Neto e Fancelli (2000). Estas relações, têm grande importância no exercício da previsão do comportamento por ação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo.

Atualmente a cultura do milho é amplamente difundida devido ao aprimoramento de métodos adequados de manejo mediado pela seleção, sendo cultivada em latitudes entre 58° Norte e 40° Sul, compreendendo lugares como Canadá, União Soviética e Argentina, até mesmo em lugares abaixo do nível do mar como no mar Cáspio e nos Andes Peruanos com 2.500m de altitude segundo Neto e Fancelli (2000).

O Brasil apresenta constante evolução na produção de milho. Em apenas 34 anos a produtividade passou de 1.632 Kg ha⁻¹ para 4.316 Kg ha⁻¹, representando um acréscimo de 264% neste período. Conforme estimativa do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), para o ano de 2019/2020 deve-se ter um aumento em 19,11 milhões de toneladas, alcançando um total de 70,12 milhões de toneladas. Esta perspectiva demonstra uma necessidade em adequar a produção, suprindo o mercado interno que demandar 56,20 milhões de toneladas. Projeta-se que o maior crescimento será através do aumento da produtividade, projetando-se aumento de 2,7% em produtividade e 0,73% em área. Estas previsões serão alcançadas mediante o emprego de tecnologias como manejo da cultura e do solo; adequação na adubação; uso de sementes de alta tecnologia; entre outros fatores.

De acordo com informações divulgadas pela Embrapa (CRUZ et al. 2010), no ano de 2010/2011 foram disponibilizadas para cultivo 362 cultivares convencionais e 136 transgênicas. Das convencionais, 71 híbridos novos, ou que não foram listados na safra anterior, substituíram 34 híbridos, que deixaram de ser comercializados na safra atual. Estes valores demonstram a dinâmica na substituição de híbridos de milho e dos programas de melhoramento, a evolução do nível tecnológico da cultura e a importância do uso da semente no aumento da produtividade.

Destes números de híbridos convencionais oferecidas pelo mercado observa-se uma predominância de híbridos simples, que representam hoje 48,75%. Segundo Borém e Miranda (2009), a utilização de híbrido de milho, principalmente simples, intensificou-se com um aumento de 16,2% em 10 anos (Tabela 1). Os híbridos simples e os triplos juntos representam hoje 70,91% das opções para os produtores, mostrando um alto potencial genético das sementes de milho utilizadas na agricultura brasileira e uma necessidade de se aprimorar os sistemas de produção utilizados para melhor explorar o potencial genético dessas sementes.

Tabela 1 - Distribuição de híbridos de milho utilizados no Brasil, no período de 1998 a 2006 (%).

Tipo de Cultivar	1998/99	2002/03	2004/05	2005/06	2008/09
Polinização aberta	9.2	5.9	11.0	8.0	9.2
H. Duplo	42.8	30.6	23.0	26.0	19.7
H. Triplo	27.6	35.0	29.0	26.0	24.5
H. Simples	20.4	22.3	37.0	40.0	46.6

Fonte: Borém e Miranda, 2009.

O rendimento de uma lavoura de milho segundo Cruz et al. (2010) é o resultado do potencial genético da semente e das condições edafoclimáticas do local de semeadura, além do manejo da lavoura. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% do rendimento final. Neste caso, a escolha correta das sementes torna-se extremamente importante para um rendimento satisfatório.

2.2 Avanços genéticos na cultura do milho

Os patamares de rendimento da cultura do milho vêm aumentando gradualmente ano após ano. Os níveis de tecnologia aplicados sobre a cultura vêm acompanhando e contribuindo de forma paralela para a melhoria das características da espécie. O melhoramento genético é, entre os fatores contribuintes, o que mais agrega para as características de produção, principalmente com desenvolvimento de novas cultivares cada vez mais específicas e adaptadas para cada condição de ambiente, proporcionando a máxima expressão genética das sementes.

As variedades de polinização aberta foram cultivadas em larga escala até 1920, após esse período, foram introduzidos os híbridos provenientes de cruzamentos, pela superioridade do rendimento dos híbridos em comparação com as variedades. Estas, então, foram gradativamente perdendo espaço nas áreas agrícolas. Ao final da década de 1930 o cultivo comercial de híbridos ultrapassava 75% das áreas agrícolas nos Estados Unidos, (BUENO et al., 2001).

Trabalhos realizados por Vieira (1964) apresentam resultados da avaliação de híbridos provenientes de variedades. Pelos resultados ficou constatado que 55,7% dos híbridos produziram mais que a variedade empregada no cruzamento, 82,4% foram superiores aos pais. O efeito da heterose proporcionada pelos cruzamentos foi muito satisfatório, onde geraram-se híbridos superiores em rendimento às variedades cultivadas na época.

O constante desenvolvimento de novas cultivares cada vez mais produtivas pelo melhoramento é caracterizado pelo avanço genético da cultura. Segundo Allard (1971), o avanço genético de uma população é dependente da quantidade de variabilidade genética presente na população ou da magnitude das diferenças

genéticas dos indivíduos na população inicial; e da magnitude dos efeitos que venham mascarar a variabilidade genética, principalmente com os efeitos da interação G x E. O terceiro e último fator é a intensidade aplicada na seleção de indivíduos. A equação empregada para quantificar o avanço genético é dada por; $G_s = (K)(\sigma_F)(H)$ onde, G_s é o valor esperado do avanço genético; K é o diferencial de seleção, variando apenas com a intensidade de seleção q/n ; σ_F é o desvio padrão fenotípico das médias do caráter das n linhagens originais; e H é o coeficiente de herdabilidade na estimativa do quociente entre as variâncias genotípica e fenotípica.

A escolha do germoplasma para formação da população deve ser um processo muito cuidadoso, pois na população devem-se ter todos os alelos para as características a serem constituídas em um novo híbrido (HALLAUER, 1990; PATERNIANI e CAMPOS, 1999). O uso de linhagens elite permite concentrar alelos de interesse já estudados e selecionados pelos programas de melhoramento, (MELO, 2000) assim como, testados em híbridos comerciais.

Visando a identificação de genitores para a formação de populações com variabilidade genética e posterior ganho genético pelo efeito da heterose entre linhagens, há muito tempo esta técnica vem sendo utilizada no melhoramento genético de milho com a finalidade de proporcionar sementes com alto potencial genético contribuindo para o incremento em rendimento, bem como, avanços em resistência e adaptação, elevando o teto produtivo consideravelmente ano após ano. Souza (2005) descreve que devido ao estreitamento da base genética, requerem-se estudos mais aprofundados para identificar genótipos superiores, na tentativa de definir a melhor estratégia de seleção para melhor explorar e extrair informações precisas das culturas.

2.3 Estudo da adaptabilidade e estabilidade

O estudo de adaptabilidade e estabilidade produtiva da cultura do milho, bem como sua adequação para diversos ambientes é inigualável por qualquer cultura. Tendo em vista que a expansão do seu cultivo para novas áreas e ambientes ainda ser crescente, apresentando com isto, uma ampla plasticidade adaptativa produtiva (NAGABHUSHAN, 2008).

Com relação a adaptação das constituições genéticas, um dos principais aspectos a serem considerados na escolha da semente é a sua adaptação à região (CRUZ et al., 2010). Entretanto, esse aspecto é minimizado, pois normalmente as empresas de sementes já direcionam suas cultivares de acordo com as regiões de adaptação, das principais doenças que ocorrem na região, do sistema de produção predominante, das exigências do mercado e do perfil dos agricultores. O problema acontece quando o agricultor adquire sua semente em locais diferentes daquele onde será implantada a lavoura não respeitando sua recomendação.

A estabilidade de produção é determinada em função do seu comportamento em cultivos em diferentes locais e anos. Cultivares estáveis são aquelas que, ao longo dos anos e dentro de determinada área geográfica, têm menor oscilação de produção, respondendo à melhoria do ambiente (anos mais favoráveis) e não tendo grandes quedas de produção nos anos mais desfavoráveis (CRUZ et al., 2010).

Estudos conduzidos na região de Karnataka, Índia, definem a necessidade de comparar os híbridos disponíveis privados, públicos e variedades, para avaliar seu potencial e capacidade de adaptação. Com isto, acredita-se que ajudará os trabalhadores de extensão e os agricultores a selecionar os híbridos adequados para exploração comercial com maior vigor híbrido (NAGABHUSHAN, 2008). Nestas condições, utilizando o método de Eberhart e Russell, foi discriminado genótipos altamente adaptados a todos os ambientes, alguns para produção de forragem, e ainda genótipos especificamente adaptados a ambientes desfavoráveis para a produção forrageira (NAGABHUSHAN, 2008).

O conhecimento sobre o comportamento da estabilidade e adaptabilidade de genótipos contém informações muito úteis para a recomendação de cultivares para condições de cultivo conhecidas "*a priori*", de modo que a avaliação da resposta dos genótipos às variações ambientais deve ser etapa obrigatória em programas de melhoramento (SCAPIM et al., 2000).

Avaliando a consistência dos métodos de Eberhart e Russell (1966), de Cruz et al. (1989) e de Carneiro (1998), para estimar parâmetros de adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de trigo irrigado, utilizaram 21 ambientes no Estado de Minas Gerais constatou-se que o método de Cruz et al. (1989) apresentou maior aprimoramento para a recomendação de genótipos para ambientes específicos comparado ao método de Eberhart e Russell (1966). E o método proposto por Carneiro (1998) destacou-se pela unicidade do parâmetro de medida de

adaptabilidade e estabilidade, facilitando a compreensão sobre o comportamento dos genótipos (CARGNIN et al., 2008).

Observando o rendimento de grãos em onze genótipos de *Triticum aestivum* L., sob condição de sequeiro, em dois locais na região do Alto Paranaíba no Estado de Minas Gerais durante dois anos (2007 e 2008), avaliando a adaptabilidade e estabilidade destes genótipos utilizando os métodos de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), e de Annicchiarico (1992), constatou que os métodos de estimativa da adaptabilidade e estabilidade forneceram resultados semelhantes, tendo se mostrado de fácil aplicação e interpretação (CONDÉ et al., 2010).

Os métodos de adaptabilidade e estabilidade têm objetivo específico, de avaliar um grupo de constituições genéticas testando em uma série de ambientes, quando é verificada a interação significativa entre genótipo e ambiente (CRUZ, 2006).

2.4 Estudo da adaptabilidade e estabilidade em outras culturas

Muitos estudos de adaptabilidade e estabilidade têm sido feito por vários autores em inúmeras culturas. Em batata (*Solanum tuberosum*), Souza et al. (2007); Pereira e Costa (1998) avaliaram 10 genótipos em 34 ambientes com objetivos de comparar os valores da interação G x E e determinar a estabilidade do rendimento de batata, através do uso do modelo bi-segmentado e análise da regressão linear (RL) com relação ao método dos efeitos principais aditivos e interação multiplicativa (AMMI). Os autores diferem quanto ao melhor método para estimar estes parâmetros, Souza et al. (2007) identificaram como mais consistente para estimação de estabilidade o bi-segmentado; já Pereira e Costa (1998) indicam AMMI como método mais consistente do que RL.

Estudos realizados em feijão (*Phaseolus vulgaris*) identificaram em linhagens elite parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para o Rio Grande do Sul, (RIBEIRO et al., 2010). Em Santa Catarina, com objetivo de quantificar a interação genótipo por ambiente e estudar a estabilidade da produção, utilizaram 13 genótipos de feijão preto no ano de 2001 conduzindo em dois cultivos, identificaram genótipos

com adaptabilidade geral e específica para as condições do estudo (BACKES et al., 2005).

Para a cultura da soja (*Glycine max* L.), avaliando 17 genótipos em seis ambientes no Estado do Mato Grosso nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006, identificaram genótipos que apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta = 1$) e desvio da regressão (S^2d) não significativos, ou seja, adaptabilidade geral e alta estabilidade (BARROS et al., 2010). Em nove linhagens elite de soja, encontraram diferença significativa no efeito de genótipo, ambiente e na interação G x E para cultivo desta leguminosa em 11 locais nos anos de 2000 e 2001. Dentre os resultados os autores evidenciaram genótipos responsivos a ambientes desfavoráveis, alguns apresentaram ampla adaptabilidade e estabilidade satisfatória, outros porém, tiveram estabilidade intermediária para as condições observadas (VICENTE et al., 2004).

Utilizando o método de Toler (1990), avaliando 69 genótipos de soja em dois ambientes, observaram vantagens na sua utilização, pois proporciona discriminação dos genótipos de base genética estreita em grupos de genótipos com diferentes padrões de resposta (MORAIS et al., 2008).

Na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), nas condições do Cerrado no Brasil Central, na tentativa de estimar a adaptabilidade e estabilidade em genótipos de trigo irrigado conduziram estudos nos Estados de Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal nos anos de 2005 e 2006 utilizando cinco cultivares e nove linhagens de trigo. Obtiveram resultados significativos na interação G x E para 87,5% dos ambientes, obtendo genótipos superiores para todas as condições em estudo, alguns responsivos a melhoria do ambiente e outros genótipos adaptados a ambientes desfavoráveis (ALBRECHT et al., 2007). Estudando na Etiópia 13 genótipos crioulos de trigo em quatro locais durante três anos distintos identificou-se diferença significativa para a interação G x E para as variáveis rendimento e massa de 1000 grãos. Conseguiu discriminar a componente adaptabilidade para as condições e genótipos em estudo (TESEMMA, 1998).

Na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), estudos feitos em sete locais nos anos de 2002/2003 e 2003/2004 com onze variedades, avaliando produtividade de algodão em caroço e percentagem de fibra, determinaram ampla adaptabilidade e estabilidade para cinco variedades, com relação ao primeiro caráter citado. Já para o segundo não foram encontradas relações amplas, (SUINAGA et al., 2006).

Comparando diferentes métodos de adaptabilidade e estabilidade em 23 ambientes do Cerrado Brasileiro avaliando 17 genótipos, conseguiram discriminar os efeitos de genótipos e ambiente e a sua interação, podendo definir genótipos estáveis e instáveis chegando a uma definição de qual o genótipo mais indicado para o cerrado (FILHO et al., 2008).

Em alfafa (*Medicago sativa* L.) estudos comparando cultivares e cortes, estabeleceram que dentre as 35 cultivares analisadas 14 apresentaram adaptabilidade geral ($\beta = 1$) e boa previsibilidade ($S^2d = 0$) para as condições de São Paulo, usando 29 cortes entre o período de outubro/1996 e março/1999 (FERREIRA et al., 2004). Em Minas Gerais também determinaram a adaptabilidade e estabilidade para produção de matéria seca em alfafa, usando 27 cultivares entre os anos de 1995 a 1998, identificando bons parâmetros para as condições em estudo (BOTREL et al., 2005).

2.5 Estudo da adaptabilidade e estabilidade em Milho

Há muito tempo, pesquisas feitas em milho têm auxiliado programas de melhoramento genético a identificar genótipos adequados para cada ambiente na tentativa de proporcionar uma previsão satisfatória do seu comportamento com relação aos ambientes.

Vários estudos para cada espécie têm sido conduzidos para determinar a interação G x E na tentativa de posicionar melhor os genótipos em ambientes que proporcionem ganhos satisfatórios.

Trabalhos realizados por Filho et al. (2008) concluíram que as metodologias de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) têm a capacidade de identificar genótipos com alta capacidade de adaptabilidade e elevado desempenho produtivo, já o método AMMI permite a verificação de adaptabilidade específica. Schmidt e Krause (2003) avaliando 33 cultivares de milho em seis ambientes comparando as metodologias de Eberhart e Russell (1966) e do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação proposto por Carneiro (1998), na tentativa de estimar a adaptabilidade e estabilidade usando o menor número de parâmetros, determinaram a ineficiência do método de Eberhart e

Russell (1966), pois o mesmo não identificou em ambiente favorável genótipo em potencial, mesmo possuindo a melhor produtividade.

Na falta de ambientes para efetuar as análises de estabilidade de genótipos, o emprego do modelo dos efeitos principais aditivos e interação multiplicativa (AMMI) é adequado para definir o comportamento dos genótipos, bem como a estabilidade dos ambientes frente a produtividade de grãos, (SILVA, 2002).

Parâmetros de estabilidade correlacionam-se positivamente e significativamente entre si, indicando que as estimativas do modelo não-paramétrico não acrescentam maiores informações além das obtidas pelo método de Eberhart e Russell, e ao mesmo tempo que mostra que modelos não-paramétricos são alternativas úteis às estimativas de modelos paramétricos, (SCAPIM et al., 2000).

Mais recentemente discussões sobre estes conceitos de adaptabilidade e estabilidade em milho mostram que os híbridos de ciclo precoce responderam melhor às condições mais modestas de crescimento e tiveram um maior desvio da regressão. Enquanto os híbridos de ciclo tardio tiveram um coeficiente de regressão próximo à unidade e geralmente melhor resposta para a melhoria das condições de crescimento (BABIĆ et al., 2006).

Estudando 37 cultivares comerciais e pré-comerciais de milho em quatro ambientes no Estado do Pará, observou-se diferença significativa para a maioria das fontes de variação consideradas, cujos resultados mostraram ser possíveis de identificar cultivares com bom desempenho produtivo e boa estabilidade. (SOUZA et al., 2002)

No estado do Espírito Santo estudando 21 cultivares de milho precoce em 10 ensaios, observaram pelo método de Eberhart e Russell (1966) um comportamento diferenciado dos genótipos frente aos ambientes avaliados (FERRÃO et al. 2007).

Avaliando durante três anos genótipos de milho safrinha em locais distintos, também determinaram parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (GONÇALVES et al., 1999). Estes mesmos índices foram determinados para produtividade de silagem com 21 híbridos comerciais no Sul do Brasil (OLIVEIRA et al., 2004).

Utilizando 12 genótipos de milho nos anos de 1995, 1996 e 1997, em 75 ambientes do Nordeste Brasileiro, Carvalho (2000), conseguiu identificar híbridos mais adaptados que as cultivares analisadas possuindo rendimento mais elevado apesar de mais exigentes.

Avaliando constituições gênicas do mesmo conjunto sendo híbridos simples e duplos totalizando 55 genótipos conduzidos em 15 ambientes no ano agrícola de 2005/2006, determinou que os híbridos duplos foram em média mais estáveis que os híbridos simples. Contudo alguns híbridos simples também foram estáveis tanto quanto os duplos, (MACHADO, 2008).

Analisando milho-pipoca, pelo método de Eberhart e Russell e Lin e Binns, concluiu que ambos os métodos de adaptabilidade e estabilidade são eficientes e semelhantes para classificar as cultivares (NUNES, 2002).

Sobre efeito de cruzamento dialélico, avaliando pelo método de Eberhart e Russell a estabilidade e adaptabilidade dos híbridos provenientes dos cruzamentos. Observou que ocorreu interação G x E para a maioria dos caracteres avaliados identificando genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade (AGUIAR et al., 2003).

Avaliando a interação G x E em diferentes tipos de híbridos, evidenciaram que híbridos duplos foram os que menos contribuíram para a interação, seguidos pelos híbridos triplos e os simples, para as condições de cultivo do Estado de Minas Gerais, onde foram conduzido os ensaios. Concluíram os autores que a diferença de produtividade entre os melhores híbridos simples, duplos e triplos é baixa, em torno de 10%, o que torna a análise de custo e benefício necessária (COSTA et al., 2010).

Na tentativa de determinar a adaptabilidade e estabilidade de variedades de polinização aberta e variedades de milho em quatro locais da Ilha de Java na Indonésia, identificou-se que existem genótipos que são amplamente adaptados para todos os ambientes e há genótipos que se adaptam a ambientes específicos. Para os genótipos em estudo, concluíram que os milhos de polinização que possuem rendimentos mais elevados do que as variedades de seleção, e que têm estabilidade de produção e adaptabilidade ampla (WALUYO e KUSWANTO, 2010).

2.6 Determinação da adaptabilidade e estabilidade

Muitas metodologias têm sido propostas para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos, e na tentativa de prever tais comportamentos vários métodos de análise foram descritos por Cruz (2006) tais como:

2.6.1 Método baseado na ANOVA

Onde os parâmetros de estabilidade são expressos em componentes quadráticos sendo em certos casos menos precisos, porém, mais fáceis de interpretar e aplicáveis quando o número de ambientes for relativamente reduzido. Esta metodologia foi descrita por Yates e Cochran (1948), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965) e Annicchiarico (1992).

2.6.1.1 Modelo proposto por Yates e Cochran (1948)

Este método também é chamado de tradicional. Metodologia utiliza desdobramentos das somas dos quadrados dos efeitos de ambiente, bem como a interação G x E em soma de quadrados dos efeitos de ambiente dentro de cada genótipo. Para calcular a soma dos quadrados são feitos de maneira usual.

2.6.1.2 Modelo Plaisted e Peterson (1959)

As estimativas podem ser obtidas por meio de $g - 1$ análises, de um total de $g(g - 1)/2$ para cada par de genótipos. Temos assim:

$$\omega_i = \frac{\sum_r \hat{\sigma}_{ge_{ij}}^2}{g-1}$$

em que :

$$\hat{\sigma}_{ge_{ij}}^2 = \frac{QMGE_{ij} - QMR}{r}$$

sendo :

$QMGE_{ij}$: estimativa do quadrado médio da interação entre ambientes e pares de genótipos;

QMR : estimativa da quadrado médio do erro.

2.6.1.3 Modelo proposto por Wricke (1965)

Obtido pela soma dos quadrados da interação G x E (SQGE), ou seja, SQGE = $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_g$

Sendo:

$$\omega_i = \sum_j \hat{GE}_{ij}^2 \text{ (para } i = 1, 2, 3 \dots g)$$

em que :

$$\hat{GE}_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$$

2.6.1.4 Modelo proposto por Annicchiarico (1992).

Medido pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente.

$$Z_{ij} = \frac{100Y_{ij}}{\bar{Y}_{.j}}$$

sendo assim :

Y_{ij} : média do i - ésimo genótipo no j - ésimo ambiente;

$Y_{.j}$: média do j - ésimo ambiente

De posse destes valores são obtidas as medidas de estabilidade dadas as Médias relativas

$$\hat{\mu}_{i(g)} = \frac{\sum_{j=1}^g Z_{ij}}{g}, \text{ média do genótipo, considerando todos os ambientes;}$$

por:

$$\hat{\mu}_{i(f)} = \frac{\sum_{j=1}^f Z_{ij}}{f}, \text{ média do genótipo, considerando apenas os ambientes favoráveis;}$$

$$\hat{\mu}_{i(d)} = \frac{\sum_{j=1}^d Z_{ij}}{d}, \text{ média do genótipo, considerando apenas os ambientes desfavoráveis.}$$

Desvios Relativos

$\hat{\sigma}_{Zi(g)}$: desvio - padrão das valores Z_{ij} do i - ésimo genótipo, em todos os ambientes;

$\hat{\sigma}_{Zi(f)}$: desvio - padrão das valores Z_{ij} do i - ésimo genótipo, para ambientes favoráveis;

$\hat{\sigma}_{Zi(d)}$: desvio - padrão das valores Z_{ij} do i - ésimo genótipo, para ambientes desfavoráveis;

Índice de recomendação

$\omega_{i(g)} = \mu_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{Zi(g)}$, considerando todos os ambientes;

$\omega_{i(f)} = \mu_{i(f)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{Zi(f)}$, considerando ambientes favoráveis;

$\omega_{i(d)} = \mu_{i(d)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{Zi(d)}$, considerando ambientes desfavoráveis;

sendo $Z_{(1-\alpha)} = 0,2734$

2.6.2 Método baseado em regressão

Utiliza equações de regressão para estimar os parâmetros em função de um índice ambiental que mede a qualidade do ambiente avaliado. Este método foi descrito por Eberhart e Russell (1966), Finlay e Wilkinson (1963) e Tai (1971).

2.6.2.1 Modelo Eberhart e Russell (1966)

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{li} I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que :

β_{oi} : médias geral do genótipo i ;

β_{li} : resposta linear do genótipo i á variação ambiental;

I_j : índice ambiental ($j = 1, 2, \dots, e$), sendo $I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ge}$;

δ_{ij} : desvio da regressão;

$\bar{\epsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

O procedimento fornece subsídio para composição da tabela 2 de análise da variância, e as estimativas dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade.

Tabela 2 - Resumo da análise da variância para método de Eberhart e Russell para obter o Grau de Liberdade (GL), Soma dos Quadrados (SQ), Quadrado Médio (QM) e da estatística F.

FV	GL	SQ	QM	F
Ambiente	e-1	SQE	QME	QME/QMR
Genótipo	g-1	SQG	QME	QMG/QMR
Interação G x E	(e-1)(g-1)	SQGE	QMGE	QMGE/QMR
Ambiente/genótipo	(e-1)g	SQE/G	QME/G	(QME/G)/QMR
Ambiente linear	1	SQEI	QMEI	QMEI/QMR
Desvio combinado	G(e-2)	SQDc	QMDc	QMDc/QMR
Desvio/G ₁	e-2	SMD ₁	QMD ₁	QMD ₁ /QMR
...
Desvio/G _g	e-2	SQM _g	QMD _g	QMD _g /QMR
Resíduo	m	SQR	QMR	

Fonte: Cruz (2006)

Como proceder os cálculos:

Soma dos quadrados, de ambiente linear :

$$SQEI = \frac{er \left(\sum_j Y_{.j} I_j \right)^2}{\sum_j I_j^2}$$

soma dos quadrados da interação G x E linear :

$$SQ_{G \times E} = \frac{r \sum_i \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2}{\sum_j I_j^2}$$

Soma dos quadrados do desvio para cada genótipo :

$$SQ_{Di} = r \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{e} \right] - r \frac{\left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2}{\sum_j I_j^2}$$

Soma dos quadrados do desvio combinado :

$$SQ_{Dc} = \sum_i SQ_{Di}$$

Média dos genótipos :

$$\hat{\beta}_{oi} = \frac{Y_i}{e}$$

Medida de adaptabilidade :

$$\hat{\beta}_{li} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, H_o : \beta_{li} = 1 \text{ avaliada por meio de :}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_{li} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{li})}}$$

Medida da estabilidade :

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{QMDi - QMR}{r}, H_o : \hat{\sigma}_{di}^2 = 0 \text{ avaliada por meio da estatística F :}$$

$$F = QMDi / QMR$$

2.6.2.2 Método de Finlay e Wilkinson (1963)

Semelhante ao exposto anteriormente pelo método de Eberhart e Russell (1966) com o diferencial de proporcionar alto grau de linearização devido a uma transformação prévia dos dados em escala logarítmica.

$$Y'_{ij} = \log Y_{ij}$$

2.6.2.3 Método proposto por Tai (1971)

Resposta linear do i -ésimo genótipo sobre o efeito do ambiente

$$\tilde{b}_i = \frac{\text{côv}(\hat{GE}_{ij}, \hat{E}_j)}{\hat{\sigma}_e^2}$$

desvio da resposta linear em termos de magnitude de variância de erro, em relação ao erro associado á interação \hat{GE}_{ij}

$$\lambda_i = \frac{[\hat{V}(\hat{GE}_{ij}) - \tilde{b}_i \text{Côv}(\hat{GE}_{ij}, \hat{E}_j)]gr}{(g-1)QMR}$$

em que :

g : número de genótipos;

r : número de repetições;

QMR : quadrado médio do resíduo;

$\hat{\sigma}_e^2$: componente da variância associado aos efeitos de ambiente, assim temos :

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{(QME - QMB/E)}{gr}$$

2.6.3 Método baseado em regressão bissegmentada

Com base em equações de regressão através de uma variável indexadora, permite avaliar o comportamento dos genótipos de forma diferenciada em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Este método foi descrito por Verma et al. (1978), Silva e Barreto (1985) e Cruz et al. (1989).

2.6.3.1 Modelo proposto por Verma et al. (1978)

Tem como propósito realizar duas análises de regressão, uma que considera os ambientes com índice negativo e a segunda que considera ambientes com índices positivos. As regressões são calculadas com base na metodologia discutida por Eberhart e Russell (1966).

2.6.3.2 Modelo Silva e Barreto (1985)

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que

$$T(I_j) = 0 \text{ se } I_j \leq 0$$

$$T(I_j) = I_j \text{ se } I_j > 0$$

O índice ambiental é calculado conforme método de Eberhart e Russell (1966).

2.6.3.3 Modelo de Cruz et al. (1989)

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que :

I_j : Índice de ambiente codificado;

$$T(I_j) = 0 \text{ se } I_j < 0; \text{ e}$$

$$T(I_j) = I_j - \bar{I}_+ \text{ se } I_j > 0, \text{ sendo } \bar{I}_+ \text{ a média dos índices } I_j \text{ positivos}$$

O índice ambiental é calculado conforme método de Eberhart e Russell (1966).

2.6.4 Método baseado em análise não-paramétrica

Muito semelhante ao método paramétrico, porém possui algumas vantagens, sendo descrito por Huehn (1990) e Lin e Binns (1988).

2.6.4.1 Modelo de Huehn (1990)

Estimativas feitas com base em S_1 , S_2 e S_3 :

Média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo i nos ambientes

$$S_{1i} = \frac{\sum_{j < j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{e(e-1)/2}$$

em que :

r_{ij} : classificação do genótipo i no ambiente j ;

e : número de ambientes.

Variância das classificações do genótipo i nos ambientes

$$S_{2i} = \frac{\sum_j (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{e-1}$$

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_j r_{ij}}{e}$$

Soma dos desvios absolutos de cada classificação em relação a média das classificações:

$$S_{3i} = \frac{\sum_j |r_{ij} - \bar{r}_i|}{\bar{r}_i}$$

2.6.4.2 Lin e Binns (1988)

Tem como princípio procurar o genótipo com desempenho próximo do máximo para a maioria dos ambientes.

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^e (Y_{ij} - M_j)^2}{2e}$$

em que :

P_i : estimativa do parâmetro de estabilidade do cultivar i ;

Y_{ij} : produtividade de i - ésimo cultivar no j - ísimo ambiente;

M_j : resposta máxima observada entre todos os cultivares no ambiente j ;

e : número de ambientes.

Para ambientes favoráveis temos :

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

em que :

f : número de ambientes favoráveis;

Y_{ij} e M_j : devinidos anteriormente.

Para ambientes desfavoráveis temos :

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

em que :

d : é o número de ambientes desfavoráveis.

2.6.5 Método baseado em análise de fatores

Estudando o comportamento diferencial de cada genótipo frente à variação ambiental, e depois o estudo da estratificação dos ambientes para melhor posicionar os genótipos. Murakami e Cruz (2002) apresentam metodologia que completa os estudos de adaptabilidade e estabilidade.

2.6.5.1 Modelo Murakami e Cruz (2002)

$$X_j = \sum_{k=1}^m \ell_{jk} F_k + \varepsilon_j$$

sendo :

ℓ_{jk} : carga fatorial para a j -ésima variável associada ao k -ésimo fator;

F_k : k -ésimo fator comum;

ε_j : fator específico associado à j -ésima variável.

2.6.6. Método baseado em componentes principais/centroide

Este método tem a finalidade de avaliar um conjunto de genótipos com base no seu desempenho em ambientes favoráveis e desfavoráveis, classificando-os em quatro classes.

2.6.6.1 O modelo de acordo com Rocha (2005)

Consiste da comparação de valores da distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral; máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis; e os

genótipos de mínima adaptabilidade. Para utilização desse método, classificam-se os ambientes em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963) comentado anteriormente.

3 CAPÍTULO II

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO (*Zea mays* L.) EM DIFERENTES AMBIENTES NO SUL DO BRASIL

3.1 Resumo

Os melhoristas de plantas buscam parâmetros para avaliar a resposta de diferentes genótipos a condições adversas de ambiente e cultivo. Entre os parâmetros que estimam a análise de adaptabilidade e estabilidade é importante identificar a resposta dos genótipos a diferentes condições ambientais. O objetivo deste trabalho foi identificar, entre os híbridos avaliados, a melhor resposta para rendimento de grãos quanto à adaptabilidade e estabilidade para cinco ambientes. Os experimentos foram conduzidos na safra 2009/2010 utilizando 27 híbridos simples de milho. O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variação. Constatado o efeito significativo na interação, procedeu-se a análise de adaptabilidade e estabilidade pelo modelo de Eberhart e Russell (1966) pelo programa computacional Genes (2006). Houve efeitos significativos para interação G x E apenas para os caracteres de rendimento e massa do sabugo. Os híbridos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 20, 22 e 24 são classificados como responsivos a melhoria do ambiente para o caráter rendimento de grãos. Os genótipos 2, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26 e 27, possuem expressão para ambientes desfavoráveis. Para análise de estabilidade apenas os híbridos 5, 7 e 27 apresentam instabilidade. Para variável massa do sabugo todos os híbridos apresentaram significância adaptativa, para estabilidade apenas os genótipos 20 e 24 expressam instabilidade.

Palavras chaves: Rendimento, massa do sabugo, modelos biométricos.

3.2 Abstract

Plant breeders look for parameters to evaluate the response of different genotypes to adverse environmental conditions and culture. Among the parameters that estimate adaptability and stability, it is important to identify the genotype responses to different environmental conditions. The objective of this study was to identify among the hybrids tested, the best response for grain yield regarding the adaptability and stability of five different environments. The experiments were conducted in the 2009/2010 season with 27 corn hybrids. The experimental design was the randomized blocks with three replications. The data were subjected to analysis of variance. Since a significant effect for the interaction was found, the analysis of adaptability and stability proceeded according to the model of Eberhart and Russell (1966) in the computer program Genes (2006). There were significant effects for G x E interaction only for the grain yield and cob mass traits. Hybrids 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 20, 22 and 24 are classified as responsive to improve the environment for the grain yield trait. Genotypes 2, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 27, showed to be responsive to unfavorable environment. For the analyses of stability only, the hybrids 5, 7 and 27 have significance. In the evaluation of cob mass all hybrids showed significance, and for the stability only genotypes 20 and 24 expressed significance.

Key words: Yield, mass cob, biometric templates.

3.3 Introdução

A partir do cruzamento de linhagens endogâmicas de diferentes grupos heteróticos podemos chegar a híbridos simples de alto teto produtivo. Atualmente no Brasil, as sementes híbridas correspondem a 70% do mercado da área cultivada (APPS, 2009), sendo 48,7% cultivados com híbridos simples (CRUZ, 2010) mostrando o crescimento deste tipo de híbrido no Brasil.

A obtenção de linhagens e o comportamento em combinações híbridas com alta capacidade combinatória, bem como o potencial “*per se*” é um dos objetivos básicos na formação de híbridos comerciais num programa de melhoramento genético (ALLARD, 1971).

O desempenho do genótipo de milho com boas características agronômicas é alcançado ou é resultado do efeito heterótico, obtido pelo cruzamento de linhagens com boa capacidade geral e específica de combinação (HALLAUER e MIRANDA, 1981).

A manifestação fenotípica é dada pela ação genotípica do híbrido pelas ações do ambiente e pela interação do genótipo x ambiente (G x E). O ambiente e a interação proporcionam comportamentos diferentes do fenótipo, mesmo para híbridos resultantes de linhagens homozigotas. A expressividade fenotípica é alterada em ambientes distintos principalmente para caracteres com baixa penetrância e expressividade (RAMALHO, 1990).

O Brasil apresenta muitas variações de ambientes, fato que gera complicações aos melhoristas na identificação e seleção atribuída sobre população. Segundo Allard (1971) os valores genotípicos devem ser medidos em relação a um grupo particular de ambientes, que ocorrem dentro de um período de anos em número de locais numa área geográfica homogênea.

O conhecimento da adaptabilidade de genótipos a determinados ambientes é importante para o melhorista de plantas, pois auxilia na identificação de genótipos responsivos a ambientes favoráveis. A estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos possuírem respostas previsíveis aos estímulos permanentes do ambiente. Considerando um conjunto de ambientes diferentes, a estabilidade de características é relevante para a avaliação do potencial genotípico, permitindo a identificação de genótipos que apresentem o mínimo possível de interação com os ambientes (MURAKAMI et al., 2004).

A utilização de modelos biométricos veio para corroborar com o trabalho dos melhoristas frente às oscilações geradas pelo efeito das interações G x E, bem como para identificação de híbridos com capacidade desejada de adaptabilidade e estabilidade.

Existem inúmeros trabalhos científicos que identificam performances de híbridos de milho em diferentes ambientes. Estas análises auxiliam na identificação de genótipos responsivos a ambientes favoráveis e também identificam híbridos não responsivos, permitindo gerar desta forma o planejamento dos investimentos acerca de híbridos que possuem maior prospecção genética.

O objetivo deste trabalho é identificar híbridos simples quanto à adaptabilidade e estabilidade frente a cinco ambientes contrastantes, e pelo efeito da interação apontar caracteres independentes nestas condições.

3.4 Material e métodos

O trabalho foi conduzido na safra agrícola de 2009/2010 em cinco ambientes distintos nos três estados da Região Sul do Brasil. No Rio Grande do Sul, o ensaio foi conduzido no Município de Frederico Westphalen, sendo as coordenadas 27°23'47.80" de latitude sul e 53°25'35.26" de longitude oeste, com 480 metros de altitude no local do ensaio. Em Santa Catarina, o ensaio foi conduzido no Município de Guaraciaba, sendo as coordenadas 26°35'44.76" de latitude sul e 53°32'06.92" de longitude oeste, com 650 metros de altitude no local do ensaio. No Paraná, os ensaios foram conduzidos em Palmas, com as coordenadas 26°24'49.15" de latitude sul e 51°53'54.96" de longitude oeste com 1.090 metros de altitude no local do ensaio, em Ampére com as coordenadas 25°54'20.65" de latitude sul e 53°25'54.39" de longitude oeste com 580 metros de altitude no local do ensaio e em Clevelândia com as coordenadas 26°21'17.52" e latitude sul e 52°28'56.22" de longitude oeste com 860 metros de altitude no local do ensaio. Para a análise de adaptabilidade e estabilidade foram testados 27 híbridos simples de milho. Os híbridos são provenientes de linhagens homozigotas pertencentes ao programa de melhoramento genético da empresa KSP Sementes Ltda. com matriz no Município de Pato Branco, Paraná.

Para a condução do experimento foi utilizado o delineamento de blocos completos ao acaso com três repetições por local. O manejo do solo, semeadura e os tratos culturais foram os mesmos para os cinco locais, obedecendo aos estádios fenológicos e a necessidade da cultura. A colheita foi realizada com umidade aproximada de 20% para todos os locais e os dados foram corrigidos para 13% de umidade para padronizar as informações.

As variáveis analisadas nos cinco ambientes foram rendimento de grãos em kg ha⁻¹, diâmetro de espiga (mm), comprimento da espiga (cm), número de fileiras, número de grãos por fileira (feita pela contagem manual de três espigas e realizada

a média), massa total por espiga (g), massa de grãos/espiga⁻¹ (g), diâmetro do sabugo (mm), massa de 1000 grãos (g) aferida respectivamente pela contagem manual de três repetições de 100 sementes e extrapolada para massa de mil sementes e número de grãos/espiga⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância para identificação da interação G x E. Constatando o efeito significativo na interação, procedeu-se a análise por regressão de adaptabilidade e estabilidade segundo o modelo de Eberhart e Russell (1966), de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{ii}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que :

β_{oi} : médias geral do genótipo i;

β_{ii} : resposta linear do genótipo i á variação ambiental;

I_j : índice ambiental ($j = 1, 2, \dots, a$), sendo $I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ge}$;

δ_{ij} : desvio da regressão;

$\bar{\epsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

Os dados foram analisados pelo programa computacional Genes, versão 2009.0.7 (CRUZ, 2006).

3.5 Resultados e discussão

A análise de variância conjunta revelou para as características agronômicas de diâmetro de espiga, comprimento da espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira, massa total da espiga, massa de grãos por espiga, diâmetro do sabugo, massa de 1000 grãos e número de grãos por espiga, efeitos não significativos para interação G x E. Logo, para estas variáveis não se procedeu à análise de adaptabilidade e estabilidade. Os caracteres de massa do sabugo e rendimento expressaram efeitos significativos para interação G x E (tabela 3). A maioria dos caracteres quantitativos, como a produtividade, é de natureza poligênica e muito influenciada pelo ambiente. A interação G x E exerce grande influência sobre a expressão destes caracteres quantitativos (SCHMILDT et al., 2011).

A interação entre os fatores G x E indica que os efeitos de toda variação não são explicados de forma individual para rendimento e massa do sabugo. Sendo que o efeito proporcionado pela condição do ambiente promove divergências na expressão destes caracteres.

Tabela 3 - Resumo da análise de variação para rendimento em kg ha⁻¹ e massa do sabugo em gramas, de vinte e sete híbridos simples de milho em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.

FV	QM	
	Rendimento	Massa do Sabugo
Ambiente	6396597,777	4147,682
Genótipo	7529127,898	766,648
Int. G x E	1566517,715*	95,817*
Resíduo	910216,393	73,623
Média	8952,21	32,21
CV(%)	10,65	26,63

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Na avaliação do rendimento médio dos híbridos (tabela 4) nas cinco condições de ambiente, os genótipos 1, 2, 4, 5, 7, 12, 13, 14, 16 e 27 apresentam igualdade para o caráter, porém são superiores aos híbridos 3, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 por Scott e Knott (1974) no nível de 5% de probabilidade de erro. Se o objetivo do programa de melhoramento fosse o desenvolvimento de híbridos ou a seleção dentre o número de genótipos com expressividade alta para rendimento, os primeiros, possivelmente passariam a ser selecionados para estas condições específicas de ambiente.

Porém, não pode ser descartada a hipótese de que em condições mais específicas, como é caso intrínseco de um ambiente, alguns híbridos inferiores na avaliação média passariam a ter superioridade. Estes fatos estariam atrelados ao melhor aproveitamento dos estímulos do ambiente pelos híbridos. O processo de melhoramento genético de milho é uma etapa que demanda elevados custos até a obtenção de um híbrido, logo é importante saber a abrangência do genótipo no mercado e sua viabilidade econômica. Os híbridos de maior adaptabilidade e estabilidade terão melhor desempenho agrônomo e viabilidade comercial.

Em relação ao caráter massa do sabugo não houve efeitos significativos para nenhum híbrido em comparação ao comportamento médio da variável nas cinco condições de ambiente.

Através da análise de adaptabilidade de Eberhart e Russell (1966) os híbridos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 20, 22 e 24 apresentaram efeitos significativos com $\beta > 1$. Estes híbridos são classificados como responsivos a ambientes favoráveis. A magnitude do rendimento destes híbridos é influenciada de maneira positiva pela capacidade previsível de aproveitarem os estímulos dos ambientes favoráveis.

Os genótipos 2, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26 e 27 expressaram significância negativa com $\beta < 1$. Estes híbridos são caracterizados como não responsivos a melhoria das condições do ambiente, sendo mais adaptáveis a ambientes desfavoráveis.

Na análise de variância dos desvios da regressão (S^2d) para estabilidade os genótipos 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26 revelaram comportamento previsível de estabilidade frente aos ambientes para o caráter rendimento. Os híbridos 5, 7 e 27, foram significativos a $p < 0,01$ deixando claro que os híbridos não possuem uma resposta previsível para as oscilações do ambiente. Estes genótipos não identificam possíveis variações ambientais de maneira previsível, o que os impede de aproveitarem estes estímulos de forma linear, ou seja, podem responder ou não ao ambiente de cultivo.

Os coeficientes de determinação (R^2) foram elevados para os genótipos 2, 3, 4, 11, 14, 16 e 24 para o caráter rendimento de grãos kg ha^{-1} . Com R^2 superior ao valor mencionado identificando estes como híbridos com boa estabilidade para o caráter rendimento de grãos. Segundo Cruz et al., (1989) os genótipos que apresentam o indicador R^2 acima de 80% não possuem grau de previsibilidade comprometido, indicando pequeno desvio dos híbridos em relação à resposta linear.

Os índices ambientais estimados para rendimento de grãos estão apresentados na figura 1. A variação de produtividade dos genótipos de milho indica que há instabilidade das condições edafoclimáticas nos diferentes ambientes estudados.

A produtividade de grãos é uma das características mais almejadas pelos programas de melhoramento. De maneira geral, aplica-se a seleção para caracteres relacionados de forma indireta ao rendimento e ao final do programa é aumentado o

índice de seleção aplicando de forma efetiva para produtividade. A expressão da produtividade ocorre de forma quantitativa ou por ações poligênicas, ou seja, é dependente do acionamento de um grande número de genes. Quando a efetividade da seleção é grande no início do programa de melhoramento algumas linhagens não homocigotas podem ser eliminadas, o que compromete a obtenção futura de possíveis linhagens superiores.

Tabela 4 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart e Russell (1966) para as características de rendimento de grãos (kg ha^{-1}) e massa de sabugo em gramas para vinte e sete híbridos simples de milho, em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.

Gen	Rendimento				Massa do Sabugo			
	Média	β_1	S ² d	R ² (%)	Média	β_1	S ² d	R ² (%)
1	9036,10a	1,17*	302184,88 ^{ns}	19,24	37,26	0,84*	-10,78 ^{ns}	77,82
2	9311,45a	0,73*	-299767,88 ^{ns}	93,92	46,07	1,46*	4,85 ^{ns}	83,11
3	9102,65b	1,80*	-234746,39 ^{ns}	83,19	39,11	1,10*	-20,20 ^{ns}	95,01
4	9545,22a	2,07*	-279560,51 ^{ns}	95,00	37,20	0,88*	-12,31 ^{ns}	81,26
5	9106,88a	2,88*	4587588,31**	15,18	34,38	0,89*	-2,21 ^{ns}	70,61
6	8337,69b	2,85*	242784,32 ^{ns}	61,08	32,26	0,85*	-14,79 ^{ns}	83,64
7	9312,28a	1,47*	1273296,96**	12,61	23,08	0,47*	-19,20 ^{ns}	74,18
8	8594,77b	1,36*	-154776,89 ^{ns}	56,70	33,87	0,51*	-12,41 ^{ns}	59,40
9	8669,18b	1,40*	-142029,13 ^{ns}	56,08	28,77	0,43*	-23,02 ^{ns}	89,22
10	7314,78b	1,43*	36623,11 ^{ns}	38,90	26,20	0,36*	-22,57 ^{ns}	81,73
11	8419,52b	1,68*	-205372,89 ^{ns}	75,14	28,31	0,47*	-21,47 ^{ns}	83,13
12	9728,98a	0,73*	441197,85 ^{ns}	6,98	26,20	0,63*	-20,84 ^{ns}	88,07
13	10340,11a	-0,10*	-68323,36 ^{ns}	0,44	34,02	1,48*	4,69 ^{ns}	83,73
14	9656,50a	2,40*	-291597,94 ^{ns}	98,09	24,98	0,39*	-16,08 ^{ns}	54,54
15	9031,02b	-0,61*	-48632,01 ^{ns}	13,31	20,24	0,69*	-20,00 ^{ns}	87,76
16	9351,70a	0,62*	-294367,40 ^{ns}	81,63	22,69	0,33*	-18,32 ^{ns}	54,95
17	8294,80b	-0,16*	-164230,28 ^{ns}	2,00	47,08	0,84*	27,53 ^{ns}	47,80
18	8564,08b	0,57*	-227190,10 ^{ns}	31,19	31,10	1,10*	-10,81 ^{ns}	85,69
19	9101,85b	0,68*	-243801,17 ^{ns}	44,95	34,65	1,69*	-19,46 ^{ns}	97,47
20	8895,64b	1,13*	-203642,42 ^{ns}	57,21	42,58	1,70*	56,56*	71,00
21	9538,50b	-1,03*	252399,98 ^{ns}	16,64	43,74	2,13*	-2,58 ^{ns}	93,40
22	8148,18b	2,09*	359596,33 ^{ns}	40,91	30,26	1,61*	-13,05 ^{ns}	93,92
23	7951,79b	0,71*	218478,89 ^{ns}	9,29	31,59	1,19*	-12,87 ^{ns}	89,29
24	8293,04b	1,28*	-285262,41 ^{ns}	90,53	24,89	1,34*	272,90**	29,17
25	9185,77b	0,20*	6740,73 ^{ns}	1,35	31,24	1,36*	-21,30 ^{ns}	97,51
26	8418,19b	-0,67*	269642,37 ^{ns}	7,65	26,65	0,90*	-14,53 ^{ns}	84,68
27	10459,16a	0,31*	2217519,86**	0,41	31,41	1,33*	-15,78 ^{ns}	93,27

(B1) *, ** Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5 e 1% de probabilidade de erro.

(S²d) *, ** Significativamente diferente de zero, pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade de erro.

(B1) - Coeficiente de Regressão, S^2_d – Variância do desvio da regressão, $R^2(\%)$ - Coeficiente de determinação.

Para avaliação da massa do sabugo todos os genótipos apresentaram efeitos positivos e significativos. Entretanto os híbridos 2, 3, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 27 apresentaram (tabela 4) adaptabilidade às condições climáticas dos cinco locais avaliados. A exigência por condições favoráveis destes híbridos é maior, uma vez que respondem positivamente à melhoria das condições do ambiente. Os híbridos 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17 e 26 apresentam melhor adaptabilidade para ambientes desfavoráveis.

Na avaliação da estabilidade ocorreram efeitos significativos apenas para os híbridos 20 e 24, todos os híbridos avaliados não se apresentaram estáveis frente aos cinco ambientes. Para Naspolini (1976), avaliando a estabilidade de genótipos de milho, comenta que ocorrem diferenças entre genótipos com o mesmo nível de heterozigose e heterogeneidade quanto à expressividade das funções homeostáticas. A habilidade do genótipo se aclimatar àquele meio é maior quanto mais elevado for o grau de homeostase. Segundo o autor, para híbridos esta habilidade é transferida pelas linhagens paternas. Embora a homeostase seja uma característica desejável, ela não possui valor se não estiver associada aos componentes de rendimento. Logo o híbrido não é aceitável independente da sua estabilidade de comportamento (BORÉM e MIRANDA, 2009).

De maneira geral os coeficientes de determinação foram elevados, exceto para os híbridos 8, 14, 16, 17 e 24. Isso explica que houve ajuste entre os dados observados e a equação de regressão para massa do sabugo. Os híbridos com R^2 maior que 80% segundo Cruz et al., (1989) são considerados estáveis frente aos ambientes em que foram atribuídas as avaliações.

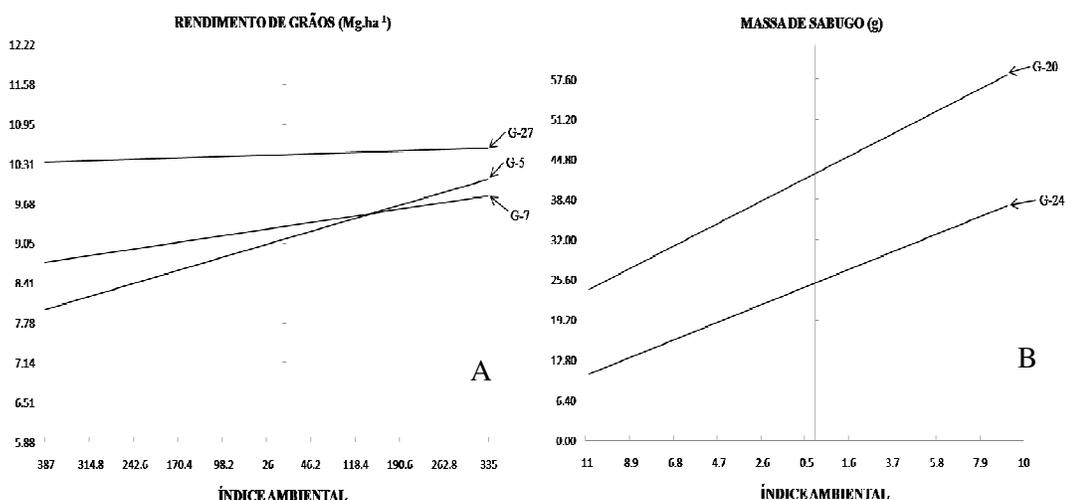


Figura 1 - Retas ajustadas para o caráter rendimento de grãos (Mg ha⁻¹) (A) e para massa do sabugo (g) (B) de híbridos simples de milho, em razão das variações ambientais, pelo método de Eberhart e Russell (1966). Os três híbridos mostrados em A foram imprevisíveis para rendimento de grãos (G5, G7 e G27). Os dois híbridos mostrados em B são altamente instáveis para acúmulo de massa no sabugo (G-20 e G-24).

3.6 Conclusões

O comportamento da adaptabilidade e estabilidade dos híbridos simples analisados é diferente para os ambientes avaliados. Os genótipos 20 e 24 são altamente instáveis para o caráter acúmulo de massa no sabugo.

Para o fator rendimento de grãos, temos boa previsibilidade para a maioria dos híbridos simples testados. Dos 27 genótipos, três se comportam imprevisivelmente frente à estabilidade.

3.7 Referências bibliográficas

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971, 381p.

APPS. **Evolução da oferta e demanda de sementes de milho no Brasil**. Disponível em: ><http://www.apps.agr.br/upload/de0207200963987700evolucao-oferta-demanda-milho-brasil.pdf>. 2009<. Acesso em 29 de Abril 2012.

- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. UFV, 5. ed. 2009. 529p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOSKY, R. Alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.13, p.567-582, 1989.
- CRUZ, C. D. **Programa genes: Biometria**. Ed. UFV, Viçosa (MG). 382p. 2006.
- CRUZ, J. C. et al. Embrapa Milho e Sorgo. **Cultivo do milho**, Sistema de Produção, 1, ISSN 1679-012X, Versão Eletrônica, 6^a edição. set. 2010.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981, 468p.
- MURAKAMI, D. M. et al. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 71-78, 2004.
- NASPOLINI FILHO, V. **Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, híbridos duplos, cultivares e compostos de milho**. 1976. 68f. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 1976.
- RAMALHO, M. SANTOS, J. B. PINTO, C. B. **Genética na Agropecuária**. 2^o Edição. Editora Globo S. A., 1990, 359p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, sep. 1974.
- SCHMILDT E. R. et al. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, 2011, p. 51-58.

4 CAPÍTULO III

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS TRIPLOS DE MILHO (*Zea mays* L.) EM DIFERENTES AMBIENTES NO SUL DO BRASIL

4.1 Resumo

Este trabalho foi conduzido com a finalidade de encontrar híbridos de milho triplos adequados para o cultivo na Região Sul do Brasil, avaliando a adaptabilidade e estabilidade de vinte híbridos de milho para esta mesma região. Os ensaios foram conduzidos na safra agrícola 2009/2010. Os híbridos foram testados a campo em cinco ambientes nos três estados da Região Sul do Brasil. Dos fatores de variação avaliados observou-se a interação genótipo x ambiente para massa de sabugo e rendimento de grãos. Utilizando o método de Eberhart e Russell (1966) identificou-se que entre os vinte híbridos, os genótipos 1, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 19 e 20 apresentaram adaptabilidade satisfatória para melhoria de ambiente, os demais apresentaram expressão para ambientes desfavoráveis com relação à variável massa de sabugo. Para estabilidade, os híbridos 1 e 12 apresentaram significância para massa de sabugo. Para o caráter rendimento de grãos, à melhoria de ambiente proporcionou melhores resultados para os híbridos 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16 e 18. Entre os híbridos que fizeram parte do ensaio, os híbridos 5, 7, 9 e 10 apresentaram maior instabilidade.

Palavras chaves: *Zea mays*, ambientes, interação genótipo ambiente, comportamento genético, previsibilidade.

4.2 Abstract

This study was conducted in order to find maize triple corn hybrids suitable for cultivation in southern Brazil, evaluating the adaptability and stability of twenty genotypes for this same region. The tests were conducted in the season 2009/2010. The hybrids were tested in the field in five different environments in the three

southern states of Brazil. The variation factors evaluated were the genotype x environment interaction for cob weight and grain yield. Using Eberhart and Russell (1966) it was found that among the twenty hybrid genotypes 1, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 19 and 20 had satisfactory adaptability to improve in the environment, the others showed expression for harsh environments in relation to the variable mass of cob. For stability, the hybrids 1 and 12 showed significance for mass cob. For grain yield, environmental improving showed highest values for the hybrids 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16 and 18. Between hybrids that were part of the test, the hybrids 5, 7, 9 and 10 show increased stability.

Keywords: *Zea mays*, environments, genotype X environment interaction, genetic behavior, predictability.

4.3 Introdução

Os melhoristas de plantas cada vez mais tem buscado modificações nos genótipos na tentativa de oferecer novas cultivares com capacidade superior, principalmente para o caráter rendimento de grãos. No entanto, faz-se necessário o posicionamento mais adequado possível das novas cultivares, para que estas venham agregar resultados superiores através da maior interação com o meio. O estudo da adaptabilidade e estabilidade é fundamental para determinar o adequado posicionamento.

A contribuição do melhoramento em termos de rendimento na cultura do milho (*Zea mays*) é expressiva. No Brasil, estima-se que no ano de 2012 esta cultura represente 43% de toda a produção de grãos. Em uma série histórica de 35 anos, observa-se um aumento de 1,3 vezes a área cultivada com este cereal. No entanto, a produção aumentou 3,5 vezes neste mesmo período (CONAB, 2012).

Segundo Nunes et al. (2002), a principal maneira de estudar o comportamento das cultivares é por meio de ensaios de competição instalados em diferentes épocas e em vários anos, em diversos locais ou regiões.

O estudo da adaptabilidade compreende os parâmetros de quanta capacidade de resposta a diferentes ambientes e de adaptação às mais variadas condições tem o genótipo, sejam estas favoráveis ou desfavoráveis para o seu cultivo. Em alguns casos é necessário que haja interação entre genótipo e ambiente

(G x E) na tentativa de proporcionar mudanças favoráveis. Ramalho et al. (1993) citam que a interação é importante no processo de recomendação e é necessário minimizar o seu efeito selecionando híbridos mais estáveis fenotipicamente, proporcionando um acréscimo no rendimento. Em outros casos não é interessante que haja interação com o ambiente, pois distorções ambientais podem prejudicar o desempenho do genótipo. Em milho, quanto mais o ambiente influenciar no genótipo menos previsível será o seu rendimento. A interação de genótipos com ambientes é um dos principais complicadores dos programas de melhoramento genético, pois dificulta a etapa de avaliação e recomendação de constituições genéticas de boa estabilidade fenotípica (SILVA et al., 2002).

Com relação à estabilidade, é fundamental para a produção de grãos que os genótipos comerciais de milho tenham um bom comportamento em todos os ambientes em que forem cultivados, mantendo as características de produtividade independentemente da localização de cultivo. A identificação de cultivares com maior estabilidade torna o processo de recomendação de cultivares mais seguro (PÍPOLO et al., 2005).

Segundo Costa et al. (1999) o termo adaptabilidade refere-se a capacidade que os genótipos têm de aproveitarem o estímulo do ambiente, e estabilidade define a capacidade de demonstrar um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente. Torres (1988) define que estabilidade é uma característica com controle genético, apresentando uma herdabilidade menor que a produtividade, sendo assim a estabilidade é selecionada posteriormente nos programas de melhoramento.

O ideal é que uma cultura apresente adaptabilidade ampla e previsibilidade alta, capaz de responder ao estímulo ambiental e de ser estável, mantendo bom desempenho quando as condições ambientais forem desfavoráveis ao cultivo (EBERHART e RUSSELL, 1966).

Melhoristas de plantas em geral concordam sobre a importância de uma estabilidade para alto rendimento, mas há menos acordo sobre a definição mais apropriada de "estabilidade" e sobre os métodos para medir e melhorar a estabilidade de rendimento (BECKER e LEON, 1988).

Cruz e Castoldi (1991) relatam que muitos pesquisadores têm concentrado esforços na formação de estratégias para contornar os problemas proporcionados pela interação G x E. Nos casos de ocorrência de interação significativa, recomenda-

se, de maneira geral, a estratificação ambiental para minimizá-la e, ou, cultivares de ampla adaptabilidade e estabilidade.

O modelo de análise da adaptabilidade e estabilidade adotado no trabalho foi o proposto por Eberhart e Russell (1966), o qual tem como princípio analisar a média dos genótipos, a resposta linear às variações ambientais e o desvio da regressão de cada genótipo obtido a partir de um modelo. Trabalhos utilizando este método têm sido feito por Schmildt e Krause (2003), Babić et al. (2006), Ferrão et. al. (2007), Nunes et al. (2002), Costa et al. (1999), Waluyo e Kuswanto (2010) .

O coeficiente de regressão (β) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade dos genótipos, ou seja, a capacidade de responder a melhoria de ambiente. Os desvios da regressão (S^2d) estão associados ao componente não linear e indicam a estabilidade de comportamento. Portanto, temos que um genótipo com $\beta = 1$ possui adaptabilidade ampla, se $\beta > 1$ este genótipo é adaptável a ambientes favoráveis, e se $\beta < 1$ este indivíduo é adaptável a ambientes desfavoráveis. Este genótipo pode ser também estável se os desvios da regressão foram $S^2d = 0$ e instável se o desvio da regressão for $\neq 0$.

Este trabalho teve como objetivo determinar a adaptabilidade e estabilidade de 20 híbridos triplos de milho, utilizando a análise de Eberhart e Russell (1966) em cinco ambientes da Região Sul do Brasil.

4.4 Material e métodos

Este trabalho foi conduzido no ano agrícola da 2009/2010 em diferentes cidades dos três Estados da região Sul do Brasil, sendo elas: Frederico Westphalen (27°23'47.80"S, 53°25'35.26"O, 480m) no Rio Grande do Sul, Guaraciaba (26°35'44.76"S, 53°32'06.92"O, 650m) em Santa Catarina, Palmas (26°24'49.15"S, 51°53'54.96"O, 1090m), Ampére (25°54'20.65"S, 53°25'54.39"O, 580m) e Clevelândia (26°21'17.52"S, 52°28'56.22"O, 860m), no Paraná.

Para estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade utilizaram-se 20 híbridos triplos de milho pré-comerciais, provenientes de cruzamentos do programa de melhoramento da empresa KSP Sementes Ltda, com sede no município de Pato Branco – PR.

Para a condução experimental utilizou-se o delineamento de blocos completos ao acaso com três repetições por local. A semeadura foi realizada de acordo com o zoneamento agroclimático para cada local. Os tratos culturais foram realizados no transcorrer do desenvolvimento da cultura. A colheita foi realizada com umidade aproximada de 20% e os dados foram corrigidos para 13% com a finalidade de padronizar as informações.

As variáveis analisadas foram rendimento em kg ha⁻¹, diâmetro de espiga (mm), comprimento da espiga (cm), número de fileiras, número grãos por fileiras (feita pela contagem manual de três espigas e realizada a média), massa total da espiga (g), massa de grão por espiga (g), diâmetro do sabugo (mm), massa de 1000 grãos (g) e número de grãos por espiga. As variáveis foram avaliadas para todos os cinco ambientes.

Os dados foram submetidos à análise de variação para identificação da interação entre genótipo e ambiente. Constatado o efeito significativo na interação, procedeu-se a análise por regressão de adaptabilidade e estabilidade segundo Eberhart e Russell, (1966) de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{ii}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que :

β_{oi} : médias geral do genótipo i;

β_{ii} : resposta linear do genótipo i á variação ambiental;

I_j : índice ambiental ($j = 1, 2, \dots, a$), sendo $I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ge}$;

δ_{ij} : desvio da regressão;

$\bar{\epsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

Os dados foram analisados pelo programa computacional Genes, versão 2009.0.7 (CRUZ, 2006).

4.5 Resultados e discussão

De acordo com a análise conjunta dos caracteres avaliados: diâmetro de espiga, comprimento da espiga, número de fileiras, número grãos por fileira, massa total da espiga, massa de grão por espiga, diâmetro do sabugo, massa de 1000

grãos e número de grãos por espiga não houve efeitos significativos para interação G x E. Os caracteres massa do sabugo e rendimento expressaram interação G x E (tabela 5), o que indica que os genótipos comportaram-se diferentemente frente às variações ambientais para estas características, justificando o estudo da análise de adaptabilidade e estabilidade destes híbridos frente aos cinco ambientes. Para as demais variáveis não se justifica a análise de adaptabilidade e estabilidade, onde o comportamento dos híbridos não varia em função das condições do ambiente.

Tabela 5 – Resumo da análise de variação para rendimento em kg ha⁻¹ e massa do sabugo em gramas, de vinte híbridos triplos de milho em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.

FV	GL	QM	
		Rendimento	Massa sabugo
AMBIENTE	4	7748480,718*	3584,142*
GENÓTIPO	19	21724520,367*	939,421*
G x E	76	1319184,552*	74,610*
RESÍDUO	190	791905,938	49,983
MÉDIA		8690,030	32,104
CV (%)		10	22

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Tabela 6 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart e Russell (1966) para as características de rendimento de grãos (kg ha⁻¹) e massa de sabugo em gramas para vinte híbridos triplos de milho, em cinco locais de Região Sul do Brasil, Frederico Westphalen/RS, 2012.

Gen	Rendimento				Massa Sabugo			
	Média	β_1	S ²	R ²	Média	β_1	S ²	R ²
1	8178,86b	2,75*	18267,11 ^{ns}	82,19	35,36	1,21 ^{ns}	75,82**	55,88
2	8309,77b	0,43 ^{ns}	-142886,44 ^{ns}	21,29	27,66	0,62 ^{ns}	-9,45 ^{ns}	81,12
3	8320,58b	-0,24	-263549,36 ^{ns}	96,12	26,00	0,31*	-6,39 ^{ns}	43,87
4	9237,09b	1,97 ^{ns}	-82108,35 ^{ns}	78,71	27,95	0,52 ^{ns}	-7,79 ^{ns}	71,35
5	9376,58b	1,79 ^{ns}	545455,05*	40,69	37,81	1,14 ^{ns}	-12,15 ^{ns}	95,86
6	8078,48b	1,39 ^{ns}	-181927,47 ^{ns}	80,20	28,17	0,58 ^{ns}	14,44 ^{ns}	46,93
7	11418,88a	-0,88 ^{ns}	1624797,87**	6,69	42,82	1,70*	12,89 ^{ns}	88,72
8	11992,47a	-0,10*	169393,97 ^{ns}	0,42	55,61	1,18 ^{ns}	19,70 ^{ns}	75,40
9	9506,23b	1,04 ^{ns}	453488,54*	20,80	28,18	0,45*	-13,34 ^{ns}	83,48
10	8494,61b	1,86 ^{ns}	745647,49*	37,15	31,00	0,40*	-6,66 ^{ns}	57,05
11	8272,03b	1,12 ^{ns}	358582,91 ^{ns}	26,00	21,61	0,74 ^{ns}	-12,84 ^{ns}	91,97
12	8990,83b	1,73 ^{ns}	-198563,55 ^{ns}	88,80	37,79	1,38 ^{ns}	38,41*	73,63
13	8918,77b	0,78 ^{ns}	73163,42 ^{ns}	23,79	38,88	1,47 ^{ns}	4,41 ^{ns}	89,18

14	7489,57b	1,30 ^{ns}	-137805,30 ^{ns}	69,90	37,64	1,33 ^{ns}	7,19 ^{ns}	85,67
15	7910,61b	1,46 ^{ns}	-112744,03 ^{ns}	70,87	27,95	1,13 ^{ns}	-16,37 ^{ns}	99,72
16	8551,85b	1,36 ^{ns}	-49147,95 ^{ns}	59,76	31,58	1,24 ^{ns}	-10,05 ^{ns}	94,93
17	7635,24b	-0,43*	274306,26 ^{ns}	5,65	23,82	0,89 ^{ns}	-11,67 ^{ns}	92,76
18	7228,76b	1,01 ^{ns}	-42327,55 ^{ns}	44,31	26,90	0,95 ^{ns}	-12,11 ^{ns}	94,13
19	8065,56b	0,75 ^{ns}	3698,81 ^{ns}	26,59	28,25	1,53*	0,58 ^{ns}	91,55
20	7823,73b	0,87 ^{ns}	157966,92 ^{ns}	23,92	27,03	1,11 ^{ns}	-12,33 ^{ns}	95,82

(B1) *, ** Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5 e 1% de probabilidade de erro.

(S²d) *, ** Significativamente diferente de zero, pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade de erro.

(B1) Coeficiente de Regressão, S²d – Variância do desvio da regressão, R²(%) - Coeficiente de determinação.

A média da massa do sabugo foi de 32,10 g, variando de 21,61 g para o mais leve e 55,61 g para o mais pesado. Para a característica de rendimento de grão foi observado uma média de 8.690,03 kg ha⁻¹ variando de 7.228,76 kg ha⁻¹ para o pior híbrido em estudo e 11.992,47 kg ha⁻¹ para a melhor média de rendimento, uma variação de 40% entre genótipos. Costa et al. (2010), analisando híbridos comerciais triplos em Minas Gerais, encontraram média de rendimento para espigas despilhadas de 8.894 kg ha⁻¹, Cardoso (2007) no Meio-Norte brasileiro, Gama (2000) em Ponta Grossa/PR e Carvalho (2002) corroboram com os valores médios encontrados.

Para as variáveis em questão obtiveram-se coeficientes de variação de 22 % para massa de sabugo, utilizando a classificação de Scapim et al. (1995). Adaptando o coeficiente da massa de espiga encontrado pelo autor, extrapolando-se para massa do sabugo, temos uma classificação média e uma classificação baixa em 10% encontrada para rendimento de grão, em classificação feita pelo referido autor. Carvalho (2002) e Cardoso (2007) encontraram valores bem aproximados e Ribeiro (2000) encontrou variação mais elevada em média 15% estudando 20 genótipos com quatro constituições genéticas.

Analisando o agrupamento de médias feito pelo método de Scott e Knott (1974), caso o objetivo do estudo fosse apenas discriminar os melhores genótipos, teríamos selecionado os híbridos triplos 7 e 8 como os que possuem as melhores e mais promissoras médias para rendimento de grão. Porém, os demais constituem uma segunda classe que deve ser analisada com relação a outras características para melhores conclusões no intuito de permitir uma seleção mais efetiva para a maioria das características desejáveis.

Com relação a análise de adaptabilidade de Eberhart e Russell (1966) para a variável massa do sabugo, observa-se diferença significativa para os genótipos 7 e 19 com $\beta > 1$, demonstrando que estes híbridos são altamente responsivos a ambientes favoráveis. Para os híbridos 3, 9 e 10 observa-se significância com $\beta < 1$, isso significa que os mesmos não são responsivos a ambientes favoráveis, ou seja, são adaptados a ambientes desfavoráveis.

Para a análise de variância dos desvios da regressão (S^2d) para estabilidade com relação a variável massa de sabugo, todos os genótipos, exceto o genótipo 1 e 12, não apresentaram previsibilidade no seu comportamento, sendo estes últimos significativos a $p < 0,01$ e $p > 0,05$ pelo teste t, respectivamente, ficando evidente que os genótipos não são estáveis frente aos ambientes em estudo.

O coeficiente de determinação (R^2) descrito por Cruz (1989) classifica os valores superiores a 80% como fortes, sendo estes genótipos altamente previsíveis. Para característica de massa de sabugo temos os genótipos 2, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 com adequado ajuste dos dados com a reta da regressão.

Para o caractere rendimento de grãos, avaliando os 20 genótipos nos cinco locais, podemos inferir sobre adaptabilidade que apenas o genótipo 1 apresenta significância para $\beta > 1$, o que indica que este indivíduo é altamente adaptável a melhoria do ambiente, para $\beta < 1$ temos diferença significativa pelo teste t para os genótipos 8 e 17 não sendo responsivos a melhoria do ambiente.

Para a estimativa da variância dos desvios da regressão (S^2d) em relação a variável rendimento, podemos observar que todos os genótipos foram estáveis a mudanças ambientais, exceto o genótipo 7 com $p > 0,01$ e os genótipos 5, 9 e 10 com $p > 0,05$ pelo teste t.

Os coeficientes de determinação (R^2) para a variável rendimento de grãos nos cinco locais de estudo foram elevados de acordo com Cruz (1989) para os genótipos 1, 3, 6 e 11, o que evidencia a alta relação deste componente com a reta da regressão.

Os índices ambientais estimados para massa de sabugo e rendimento de grãos estão apresentados nas figuras 2 A e B. A variação de produtividade dos genótipos de milho indica que há instabilidade das condições edafoclimáticas nos diferentes ambientes.

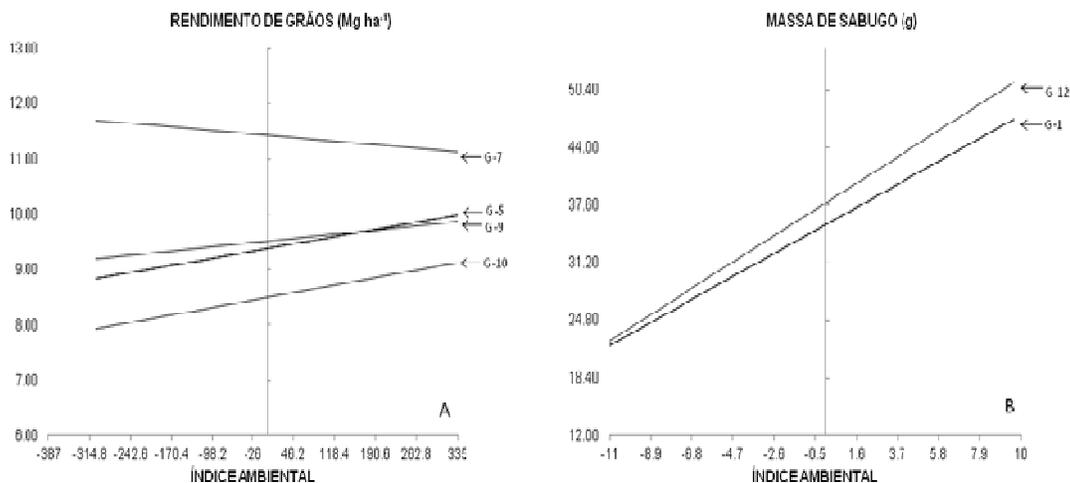


Figura 2 - Retas ajustadas para o caráter rendimento de grãos (Mg ha⁻¹) (A) e para massa do sabugo (g) (B) de híbridos triplos de milho, em razão das variações ambientais, pelo método de Eberhart e Russell (1966). Os quatro híbridos mostrados em A foram imprevisíveis para rendimento de grãos (G5, G7, G9 e G10). Os dois híbridos mostrados em B são altamente instáveis para acúmulo de massa no sabugo (G-1 e G-12).

4.6 Conclusões

Constatou-se que a maioria dos caracteres estudados em milho híbrido triplo não possui significância para adaptabilidade e estabilidade de acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966).

Analisando os 20 híbridos triplos não encontraram-se genótipos com a capacidade de adaptabilidade e estabilidade concomitante para massa de sabugo e rendimento de grãos, ou seja, alguns genótipos triplos são adaptados mas não estáveis, ou então são estáveis mas não adaptáveis.

4.7 Referências bibliográficas

BABIĆ, V.; BABIĆ, M.; DELIĆ, N. Stability parameters of commercial maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Genetika**, v. 38, n. 3, p. 235 -240, 2006.

BECKER, H. C.; LEON, J. Stability Analysis in Plant Breeding. **Plant Breeding**, Berlin and Hamburg, v. 101, n.1, p. 1-23, aug. 1988.

CARDOSO, M. J. et al. Estabilidade do rendimento de grãos de variedades de Zea mays L. no Meio-Norte brasileiro. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.38, n.1, p.78-83, 2007.

CARVALHO, H. W. L. de. et al. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.9, p. 1773-1781, set. 2000.

CONAB, **Levantamentos de safra.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em 30 jun. 2012.

COSTA, J. G. da. et al. Adaptabilidade e estabilidade de 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.

COSTA, E. F. N. et al. Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1433-1440, dez. 2010.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOSKY, R. Alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.13, p.567-582, 1989.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Desempenho da interação genótipo x ambientes em partes simples e complexa. **Ceres**, v. 38. V. 219, p. 422-430, 1991.

CRUZ, C. D. **Programa genes: Biometria.** Ed. UFV, Viçosa (MG). 382p. 2006.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6. p. 36-40, 1966.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da. Interação com ambiente, estabilidade e adaptabilidade de cultivares de milho precoce no estado do espírito santo. **Ceres**, Viçosa. jul./ago. 2007.

GAMA, E. E. G. e et al. Estabilidade da produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes Regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1143-1149, jun. 2000.

NUNES, H. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.78-88, 2002.

SCHMILDT, E. R.; KRAUSE, W. Metodologias univariadas e multivariada para análise de adaptabilidade e estabilidade visando á indicação de cultivares de milho. **Ceres**, v. 50, n. 290, p. 471-487, 2003.

- PÍPOLO, V. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.87-90, jan. 2005.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa de plantas autógamas**: aplicação ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- 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, v.35, n.11, p.2213-2222, nov. 2000.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P. de.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, sep. 1974
- SILVA, R. M. da; ROSSE, L. N.; MÔRO, J. R. Estabilidade e adaptabilidade de híbridos duplo experimentais de milho. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.61-68, 2002.
- TORRES, R. A. de A. **Estudo do controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 133f. Dissertação de mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1988
- WALUYO, B.; KUSWANTO. Stability and adaptability of nine open pollinated varieties of ub maize. **Agrivita**, v.32 n. 3, p. 293-301, oct.-2010.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho pode-se evidenciar interação significativa entre genótipo e ambiente para as características de rendimento de grão e massa de sabugo, tanto para os híbridos simples como para os híbridos triplos.

Para todos os 27 híbridos simples avaliados, observa-se significância para adaptabilidade com relação ao rendimento e massa de sabugo. Com relação à estabilidade, apenas três híbridos revelam efeitos de instabilidade. Entretanto, seis demonstram previsibilidade de resposta às influências do ambiente. Destaca-se que 52% destes híbridos são adaptados a ambientes favoráveis e 89% são estáveis aos ambientes em estudo.

Com o mesmo conjunto de dados, analisando a variável massa de sabugo, tem-se 12 híbridos adaptados e apenas dois deles instáveis.

Para o conjunto de 20 híbridos triplos, pode-se observar para rendimento de grão que três deles são significativos para adaptabilidade, sendo 60% altamente responsivos a ambientes favoráveis. Com relação à estabilidade, apenas quatro deles são instáveis.

No conjunto de híbridos triplos avaliando massa do sabugo temos que, dos 20 genótipos, 11 deles são adaptados ao ambiente e apenas dois são instáveis para as condições em estudo.

Observou-se que para variável rendimento de grãos o comportamento dos híbridos simples foram mais adaptados a melhoria do ambiente, chegando a 54% dos genótipos testados, com relação a estabilidade identificou-se 89% das constituições genéticas estáveis, percentual este maior que os híbridos triplos que chegaram a 80% de estabilidade. Observa-se uma tendência de híbridos simples mais adaptados as condições de cultivo da região em estudo.

Sugere-se que outros trabalhos de pesquisa devam ser realizados para outras culturas com finalidade de identificar genótipos adaptados e estáveis, bem como previsíveis para a Região Sul do Brasil. Também é necessário que se amplie a gama de locais para melhor prever tais informações.

6 LITERATURA CITADA

ALBRECHT, J. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.12, p. 1727-1734, dez. 2007.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.

AGUIAR, A. M. et al. Combining ability of inbred lines of maize and stability of their respective single-crosses. **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.83-89, jan./mar. 2003.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v.46, p.269-278, 1992.

BABIĆ, V.; BABIĆ, M.; DELIĆ, N. Stability parameters of commercial maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Genetika**, v. 38, n. 3, p. 235 -240, 2006.

BACKES, R. L. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 309-314, apr./june. 2005.

BARROS, H. B. et al. Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max* L.) em Mato Grosso. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p.75–88, jan./abr. 2010.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 529p.

BOTREL, M. de A. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 409-414, mar./abr. 2005.

BUENO, L. C. S. **Melhoramento Genético de Plantas**. Princípios e Procedimentos. Lavras, Ed. UFLA, 2001. 262p.

CARGNIN, A.; SOUZA, M. A. de; FOGAÇA, C. M. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 243-250, 2008.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de componentes**. 1998. 168f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CARVALHO, H. W. L. de et al. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.9, p. 1773-1781, set. 2000.

CONDÉ, A. B. T. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em minas gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 45-52, jan./mar. 2010.

COSTA, E. F. N. et al. Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1433-1440, dez. 2010.

CRUZ, C. D. **Programa GEMES: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 576-580, 1989.

CRUZ, J. C. et al. Embrapa Milho e Sorgo. Cultivo do milho, Sistema de Produção, 1, ISSN 1679-012X, Versão Eletrônica, 6ª edição. set. 2010.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p. 36-40, 1966.

Embrapa. **362 cultivares de milho convencionais e 136 transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2010/11**. Disponível em <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>>. Acesso em 17 de abril, 2012.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da. Interação com ambiente, estabilidade e adaptabilidade de cultivares de milho precoce no estado do espírito santo. **Ceres**, Viçosa, jul./ago. 2007.

FERREIRA, R. de P. et al. 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.

FILHO, J. L. da S. et al. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.349-355, mar. 2008.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 14, p. 742-754, 1963.

GONÇALVES, F. M. A. et al. Importância das interações cultivares x locais e cultivares x anos na avaliação de milho na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1175-1181, jul. 1999.

HALLAUER, A. R. Methods used in developing maize inbreds. **Maydica**, v. 35 p. 1-16, 1990.

HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part I: theory. **Euphytica**, Wageningen, v.47, p.189-194, 1990.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.

MACRADO, J. C. M.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P.; LIMA, J. L. Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos de milho oriundos de um mesmo conjunto gênico. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.3, p. 627-631, 2008.

MELO, W. M. C. **Divergência genética e capacidade de combinação entre híbridos comerciais de milho**. 2000. 73f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 26 de maio, 2011.

MORAIS, L. K. de. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja avaliada pelo método de Toler. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 275-284, 2008.

MURAKAMI, D. M.; CRUZ, C. D. Proposta de metodologia para avaliação da representatividade de ambientes para discriminação genotípica. In: Congresso brasileiro de melhoramento de plantas, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia : Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 1 CD-ROM (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).

NAGABHUSHAN. **Relative stability analysis of public and private bred hybrids of maize (Zea mays L.)**. 2008. 86 f. Thesis (Master of Science Agriculture) Genetics and plant breeding - University of Agricultural Sciences, Dharward, 2008.

NETO, D. D. e FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, p. 360, 2000.

NUNES, H. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.78-88, 2002.

OLIVEIRA, J. S. e. et al. Estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho para silagem no sul do Brasil. Estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.997-1003, jul./ago. 2004.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BOREN, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 429-478.

PEREIRA, A. S.; COSTA, D. M. Análise de estabilidade de produção de genótipos de batata no Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n.4, p. 405-409, 1998.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Journal of Potato Research**, v. 36, p. 381-385, 1959.

RIBEIRO, N. D. et al. Estabilidade de produção de linhagens-elite de feijão em diferentes ambientes no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.16, n.1/2, p.39-44, 2010.

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, v.35, n.11, p.2213-2222, nov. 2000.

ROCHA, R. B. et al. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

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

SCAPIM, C. A. et al. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. **Correlation among y Genetics and Molecular Biology**, n. 23, v. 2, p. 387-393, 2000.

SCHMILDT, E. R.; KRAUSE, W. Metodologias univariadas e multivariada para análise de adaptabilidade e estabilidade visando á indicação de cultivares de milho. **Ceres**, v. 50, n. 290, p. 471-487, 2003.

SILVA, J. G.; BARRETO, J. N. Aplicação de regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, 1985. **Anais...** Campinas, Fundação Cargill, p.49-50, 1985.

SILVA, R. M. da; ROSSE, L. N.; MÔRO, J. R. Estabilidade e adaptabilidade de híbridos duplo experimentais de milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.3, n.1-2, p.61-68, 2002.

SOUZA, F. R. S. de. et al. Produtividade e estabilidade fenotípica de cultivares de milho em três municípios do Estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1269-1274, set. 2002.

SOUZA, V. Q. de. et al. Consistency of two stability analysis methods in potatoes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 656-661, mai./jun. 2007.

SOUZA, V. Q. de. et al. Dissimilaridade genética em mutantes de aveia tolerantes e sensíveis a ácidos orgânicos. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.569-575, 2005.

SUINAGA, F. A. et al. Phenotypic adaptability and stability of cotton cultivars in Mato Grosso state, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 145-150, 2006.

TAI, G. C. C. Genotypic Stability Analysis and Its Application to Potato Regional Trials. **Crop Science**, Madison, v. 11 n. 2, p. 184-190, 1971.

TESEMMA, T. et al. Stability of performance of tetraploid wheat landraces in the Ethiopian highland. **Euphytica**, Wageningen, v.102, n.3, p. 301-308, 1998.

TOLER, J. E. **Patterns of genotypic performance over environmental arrays**. 1990. 154f. Tese (Ph.D) – University Clemson, Clemson, 1990.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v.53, n.2, p.89-91, 1978.

VIEIRA, C. **Curso de melhoramento de plantas**. Viçosa: UREMG, 1964. 249p.

VICENTE, D.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A. Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 301-307, 2004.

WALUYO, B.; KUSWANTO. Stability and adaptability of nine open pollinated varieties of ub maize. **Agrivita**, v.32 n. 3, p. 293-301, oct. 2010.

WRICKE, G. Zur Berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Pflanzenzuchtung**, v. 52, n.1, p. 127-138, 1965.

YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of groups of experiments. **Journal of Agricultural Science**, v. 28, n. 3, p. 556-580, 1938.