



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

TÂMARA REBECCA ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO HÍBRIDO NO
NORDESTE BRASILEIRO NAS SAFRASS DE 2012 E 2013**

RECIFE - PERNAMBUCO

2015

TÂMARA REBECCA ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO HÍBRIDO NO
NORDESTE BRASILEIRO NAS SAFRAS DE 2012 E 2013**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: José Luiz Sandes de Carvalho Filho

Coorientador: Emiliano Fernandes Nassau Costa

RECIFE- PERNAMBUCO

2015

Ficha catalográfica

O48a Oliveira, Tâmara Rebecca Albuquerque de
Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho híbrido
no nordeste brasileiro nas safras de 2012 E 2013 / Tâmara
Rebecca Albuquerque de Oliveira. -- Recife, 2013.
66 f.: il.

Orientador: José Luiz Sandes de Carvalho Filho.
Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de
Plantas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Agronomia, Recife, 2015.
Inclui referências e anexo(s).

1. *Zea mays* L. 2. Adaptabilidade 3. Produtividade
4. Interação cultivar x ambiente I. Carvalho Filho, José Luiz
Sandes de, orientador II. Título

CDD 581.15

TÂMARA REBECCA ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO HÍBRIDO NO
NORDESTE BRASILEIRO NAS SAFRAS DE 2012 E 2013**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: 23/02/2015.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho
(UFRPE-DEPA)

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Wilson Amaral
(UFRPE-DEPA)

Prof. Dr. João de Andrade Dutra Filho
(UFCG)

RECIFE - PERNAMBUCO

2015

A Deus,

OFEREÇO

Dedico aos meus pais, Jerônimo Augusto de Oliveira (in memorian) e Ângela Maria Albuquerque Silva de Oliveira, por todo amor, dedicação e incentivo. As minhas irmãs, Julian Katrin Aluquerque de Oliveira e Bárbara Savana Albuquerque de Oliveira agradeço o apoio e torcida.

*“O futuro pertence àqueles que acreditam na
beleza de seus sonhos.”*

(Eleanor Roosevelt)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado forças e saúde para a conclusão deste trabalho.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco por possibilitar a realização do curso e me conceder a formação como Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Melhoramento Genético de Plantas).

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela infraestrutura e recursos oferecidos para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, José Luiz Sandes de Carvalho Filho, pelos ensinamentos, tranquilidade e ajuda durante toda a etapa do curso.

Aos professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelos conhecimentos adquiridos, em especial a José Wilson Amaral pelo apoio e incentivo que juntamente com sua descontração serviram de estímulo no decorrer do curso.

Ao meu coorientador, Emiliano Fernandes Nassau Costa, pela colaboração nas análises estatísticas e valiosas sugestões para realização deste trabalho.

Ao pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Hélio Wilson Lemos de Carvalho pela dedicação, treinamento, confiança e todo carinho dedicado a mim durante essa etapa

Ao técnico agrícola da Embrapa e amigo, Arnaldo Santos Rodrigues, pelo carinho, acompanhamento e todos os ensinamentos em campo que foram primordiais para o meu aprendizado e as companheiras de todos os dias, Daniela e Adriana, que fizeram os dias na Embrapa ainda melhores.

A minha mãe por estar sempre ao meu lado, torcendo, incentivando e comemorando a realização de cada sonho.

As minhas irmãs, por me incentivarem, servindo como exemplos a serem seguidos e as minhas sobrinhas, pela companhia constante.

A todos da minha família, por torcerem tanto e pelo carinho de sempre, em especial a minha madrinha, Zélia de Oliveira que me acolheu e cuidou de mim com muito carinho e ao meu namorado, Gustavo Hugo, pela dedicação, apoio e incentivo para conclusão deste trabalho.

Aos amigos que a UFRPE me deu a satisfação de conhecer, representados aqui por Lenivânia Silva, Ana Maria Maciel, Álvaro França, Fabian Santana, Marília Gabriela e Kleyton Danilo, pelas horas dedicadas aos estudos, pela companhia e descontração necessária em alguns momentos.

Aos amigos que, mesmo distantes, se fizeram presentes, Monique Moura, Sdney Souza, Márcio Siqueira, Manoel Dernival, Tarsylla Moraes, João Lima, Camile Santana, Tiago Matos e Will Souza.

A todos aqueles que participaram de forma direta ou indireta para conclusão deste trabalho e realização de mais um sonho, muito obrigada.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE MILHO HÍBRIDO NO NORDESTE BRASILEIRO NAS SAFRAS DE 2012 E 2013.

Tabela 1. Relação dos milhos híbridos com suas respectivas origens, tipos, ciclos, cores, texturas dos grãos e empresas responsáveis.	59
Tabela 2. Coordenadas geográficas dos municípios onde foram instalados os experimentos, no nordeste brasileiro, 2012 e 2013.....	59
Tabela 3. Análise com as respectivas médias dos ambientes.....	64
Tabela 4. Análise de variância individual, com as esperanças dos quadrados médios que permitem estimar a variância genética (σ^2_g) e variância ambiental (σ^2) para a produção média de grãos, coeficiente de regressão e variância dos desvios de regressão.	60
Tabela 5. Análise conjunta da variância considerando c cultivares, ensaiadas em r repetições, l locais e a anos.	60
Tabela 6. Análises individuais com seus respectivos gls, qms, c.vs e médias (kg/ha).	62
Tabela 7. Análise conjunta da variância para a produção média de grãos de vinte e cinco cultivares de milho híbrido ensaiados em onze locais do nordeste brasileiro nas safras de 2012 e 2013.....	64
Tabela 8. Produtividade média (kg/ha^{-1}), estimativa dos coeficientes (β_0 , β_{1i} e β_{2i}), dos desvios de regressão (δ^2_d), coeficientes de determinação (r^2), p_{is} (geral, favorável e desfavorável) dos genótipos de milho híbrido.....	65
Tabela 9. Análise de variância com desdobramento da interação gxa originais pelo método de ammi, com as respectivas proporções da soma de quadrados da interação gxa acumulada em cada componente principal de interação de análise ammi.	66

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE MILHO HÍBRIDO NO NORDESTE BRASILEIRO NAS SAFRAS DE 2012 E 2013.

Figura 1. Biplot ammi2 – primeiro componente principal (ipca1) x segundo componente principal da interação (ipca2), de 25 genótipos (g) de milho híbrido, avaliados em 22 ambientes (amb) da região nordeste do Brasil (Balsas 2012, Brejo 2012, Colinas 2012, São Raimundo das Mangabeiras 2012, Nova Santa Rosa 2012, Teresina 2012, Uruçuí 2012, Dores (alta adubação) 2012, Dores (baixa adubação) 2012, Frei Paulo 2012, Umbaúba 2012, Balsas 2013, Brejo 2013, Colinas 2013, São Raimundo das Mangabeiras 2013, Nova Santa Rosa 2013, Teresina 2013, Uruçuí 2013, Dores (alta adubação) 2013, Dores (baixa adubação) 2013, Frei Paulo 2013 e Umbaúba 2013.....66

SUMÁRIO

RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I.....	XIII
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Origem e dispersão.....	16
2.2 Classificação Botânica	20
2.3 Importância econômica.....	21
2.4 Importância do milho híbrido no Brasil.....	23
2.5 Interação genótipos e ambientes	26
2.6 Adaptabilidade e estabilidade	28
REFERÊNCIAS.....	30
CAPÍTULO II.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO NO NORDESTE BRASILEIRO NAS SAFRAS DE 2012 E 2013.....	40
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
Cultivares e ambientes utilizados	44
Delineamento experimental e condução do experimento	44
Análises estatísticas	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
Análises individuais	49
Interação das cultivares com os locais e anos.....	50
Análise de adaptabilidade e estabilidade.....	51
CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS.....	56
TABELA.....	59
FIGURA.....	66

RESUMO

Adaptabilidade e estabilidade de milho híbrido no Nordeste brasileiro nas safras de 2012 e 2013

Trabalhos envolvendo melhoramento do milho são constantemente implementados pela necessidade de híbridos cada vez mais produtivos e adaptados. A seleção de genótipos com boa adaptabilidade e estabilidade para se obter alta produtividade em vários ambientes é um dos objetivos do melhoramento de plantas. Para fornecer ao agricultor nordestino informações sobre o melhor genótipo, avaliações das cultivares de milho disponibilizadas no mercado regional de sementes pelas empresas públicas e privadas vêm sendo realizada por meio da Rede de Avaliação de Cultivares de Milho da Região Nordeste, coordenada pela Embrapa Tabuleiros Costeiros. Neste trabalho foram avaliadas 25 cultivares de milho híbrido no ano agrícola de 2012 e 2013. Os experimentos foram conduzidos em 11 ambientes, nos municípios do Maranhão, Piauí e Sergipe. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com duas repetições, onde foram analisados os dados referentes à produção de grãos. Realizou-se a decomposição da interação genótipos x ambientes e foram estimados os parâmetros indicadores da adaptabilidade e da estabilidade de comportamento das cultivares. Os híbridos com melhor adaptação para ambientes favoráveis foram 2 B 707 HX, 30 A 16 HX, 2 B 587 HX, 2 B 710 HX, 30 A 37 HX e o 30 A 95 HX. Os de melhor adaptabilidade em ambientes desfavoráveis foram os híbridos P 2485 H e o AG 8041 YG. Os híbridos 30 A 68 HX, 30 A 95 HX, 2 B 710 HX, 30 A 16 HX, 30 A 37 HX, 2 B 587 HX, 2 B 604 HX e 2 B 707 HX apresentaram maiores rendimentos, mostrando-se mais adequados para o cultivo.

Palavras-chave: *Zea mays L.*, melhoramento genético, interação cultivares x ambientes

ABSTRACT

Adaptability and stability of corn hybrid maize cultivars in northeastern Brazil in crops 2012 and 2013

Work involving improvement of corn are implemented by the need to constantly becoming more productive hybrids and adapted. The selection of genotypes with good adaptability and stability to achieve high productivity in various environments is one of the goals of plant breeding. To provide the farmer northeastern information on the best genotype, assessments of maize cultivars available in regional seed market by public and private companies have been carried out through the Evaluation Network of Plant Varieties of the Northeast Corn, coordinated by Embrapa Coastal Tablelands. In this work we evaluated 25 corn hybrids in the growing season of 2012 and 2013. The experiments were conducted in 11 environments in the municipalities of Maranhão, Piauí and Sergipe. The design was a randomized block design with two replications, where data on grain yield were analyzed. Performed decomposition of genotype x environment interaction and indicators parameters of adaptability and stability behavior of the cultivars were estimated. Hybrids with better adaptation to favorable environments were 2 B 707 HX, 30 A 16 HX, HX 2 B 587, B 710 HX 2, 30 A 37 HX and HX 30 A 95. The best adaptability in harsh environments were hybrids P 2485 H and the AG 8041 YG. The hybrid 30 A 68 HX, 30 A 95 HX, 2 B 710 HX, 30 A 16 HX, 30 A 37 HX, 2 B 587 HX, 2 B 604 HX e 2 B 707 HX had higher incomes, being more suitable for cultivation.

Keywords: *Zea mays* L., breeding, cultivars x environment interaction

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho é uma das culturas mais antigas do mundo, sendo considerada uma das mais importantes, não só pelo seu valor nutritivo, mas também economicamente (vasconcelos e Carneiro, 2010).

Segundo o IBGE (2015), de 2000 a 2014 a produtividade de milho teve um aumento de 71.282 mil toneladas. Esse aumento está diretamente ligado ao manejo da cultura e principalmente a cultivar utilizada.

Existem atualmente 467 cultivares de milho disponíveis no Brasil (Cruz et al., 2014). A demanda atual dos produtores de milho é por cultivares de alto potencial produtivo, resistentes às pragas e doenças, portadoras de atributos agronômicos desejáveis e com estabilidade de produção, capazes de atender à demanda de um produto de melhor qualidade ao consumidor final e maximizar os rendimentos com a cultura (Carvalho, 2012).

Uma das premissas para obtenção de elevadas produtividades na cultura do milho é a utilização de sementes de qualidade (Martin et al., 2007). Sendo assim, o potencial produtivo das cultivares se torna o alvo das pesquisas e é o responsável pelo sucesso das lavouras no âmbito comercial.

A principal maneira de estudar o comportamento de cultivares e identificar as que possuem melhor adaptabilidade e estabilidade, segundo Nunes (2002), é por meio de experimentos instalados em diferentes anos, locais e épocas de semeadura para caracterizar regiões favoráveis ao cultivo e identificar as interações entre os genótipos com o ambiente entre os genótipos vs anos, genótipos vs locais, anos vs locais e genótipos vs locais vs anos.

No Nordeste brasileiro a cultura do milho ocupa lugar de destaque, principalmente pelo alto potencial da sua utilização como fonte de alimento. Além disso, a cultura alcança altos níveis de produtividade em áreas de cerrados inseridas nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí (Cardoso et al., 2012) e em áreas de agreste e de tabuleiros costeiros localizadas nos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas (Carvalho et al., 2012).

Para fornecer a informação ao agricultor nordestino de qual a melhor cultivar a ser utilizada, aumentando a produtividade desta região, a Rede de Avaliação de Cultivares de Milho da Região Nordeste, coordenados pela Embrapa Tabuleiros Costeiros, vem conduzindo experimentos das cultivares de milho disponibilizadas no

mercado regional de sementes pelas empresas públicas e privadas em diferentes ambientes da região Nordeste.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade e adaptabilidade de 25 cultivares de milho em 11 ambientes, da Rede Nordeste, para fins de indicação daquelas de maior potencial produtivo para exploração comercial nessa ampla região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e dispersão

Existem três principais hipóteses competitivas que explicam a origem do milho: hipótese da evolução divergente, hipótese do milho como antepassado do teosinte e hipótese da descendência do teosinte (Fornasieri Filho, 2007). A mais aceita é a terceira, onde acredita-se que o milho é descendente do teosinte, uma gramínea com varias espigas e sem sabugo.

Estudos arqueológicos fornecem elementos que permitem afirmar que o milho já existia como cultura, ou seja, em estado de domesticação há cerca de quatro mil anos (Guimarães, 2007).

A domesticação do milho por seleção para produzir maior número de espécies aconteceu inicialmente no sudoeste do México, e posteriormente espalhou-se pelos povos da região da América como Panamá e Estados Unidos (Araujo, 2008). Onde os indígenas americanos com o intuito de selecionar plantas com maior produtividade e qualidade dos grãos, faziam seleção massal utilizando as melhores sementes no próximo plantio.

O milho difundiu-se pelo mundo após a descoberta do continente americano pelos europeus (Australian Governmente, 2008). Logo depois do descobrimento da América, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, como planta ornamental. Uma vez reconhecido seu valor alimentar, passou, então, a ser plantado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude de 58° norte (União Soviética) até 40° sul (Argentina) (Godoy, 2002), sendo o principal alimento dos povos nessa época. Tal fato deve-se à grande adaptabilidade da planta, que por sua vez ocorre em função da grande variedade de genótipos existentes (Magalhães et al, 2002).

Atualmente, o milho é uma das espécies mais estudadas geneticamente por ser uma planta monóica, por ser facilmente manuseada e pelo baixo número de

cromossomos ($2n = 20$). Outras características que fazem desta uma espécie ótima para estudos citogenéticos e de melhoramento são o pólen abundante, ovários em grande quantidade, facilitando a fecundação cruzada natural e cruzamentos dirigidos (Destro e Montalván, 1999).

A contribuição do melhoramento genético no aumento de produtividade da cultura é, sem dúvida alguma, uma das mais expressivas já que, o desenvolvimento e a utilização do milho híbrido proporcionaram, em curto período de tempo, ganho de produtividade superior a 150% (Bueno et al., 2006).

A formação do híbrido se dá pelo cruzamento entre linhagens puras de uma mesma espécie e tem como objetivo tirar o máximo de proveito da heterose.

Segundo Paterniani (1978) as vantagens da utilização do vigor de híbrido ou heterose são: (1) associar características de parentais distintas no menor espaço de tempo possível; (2) obter genótipos superiores em um prazo relativamente curto; (3) utilizar interações gênicas na geração híbrida; (4) conseguir menor interação com o ambiente na geração F1 e (5) produzir sementes de milho híbrido comercialmente, com reflexos favoráveis sobre a economia da região.

Darwin foi o primeiro a comparar plantas autofecundadas e cruzadas da mesma espécie e observou, em seus estudos, que a autofertilização produzia perda de vigor por promover o aumento de homozigose nas descendências. Beal, em 1880, realizou hibridações entre variedades de polinização aberta, obtendo produtividade do híbrido intervarietal superior a dos parentais, apontando a hibridação como um método de aumentar a produtividade do milho (Viegas e Miranda Filho, 1978).

A descoberta do vigor híbrido, que é uma das maiores contribuições práticas da genética à agricultura mundial, possibilitou ganhos consideráveis, em produtividade, à cultura do milho (Paterniani, 2001).

Em 1908, Shull e East estudaram a depressão endogâmica e constataram que a partir do cruzamento de linhagens endogâmicas obtinham a heterose. Shull, em 1909, apresentou um esquema básico para a produção de sementes de milho híbrido que é válido até hoje, que é a obtenção das linhas puras e a utilização destas linhas puras na produção de sementes de milho híbrido. Esse esquema consistia em autofecundar linhagens por várias gerações, fixando características importantes, em seguida intercruzava essas linhagens puras restaurando o vigor perdido com as sucessivas autofecundações e obtendo assim, um híbrido simples. Esse fato teve grande impacto sobre a agricultura global, permitindo selecionar e multiplicar

características que atendam interesses específicos, mas como na época as linhagens tinham baixa qualidade e pequena quantidade disponível os custos de produção era muito alto, isso fez com que as sementes híbridas fossem pouco atrativas. Entretanto, quase uma década depois (1918), Donald F. Jones propôs que para produção comercial fosse utilizado o híbrido duplo, através do cruzamento de dois híbridos simples. O híbrido duplo popularizou o milho híbrido, pois superou as desvantagens do híbrido simples. No entanto, os híbridos duplos vêm sendo deixados de lado, predominando nas empresas de sementes a produção de simples e triplos (Souza Sobrinho, 2002).

De acordo com Bueno et al. (2006) existem sete tipos de materiais diferentes de híbridos, entre eles:

- a. Top-cross: Este tipo não tem valor comercial. É bastante usado nos programas de avaliação de linhagens para produção de híbridos.
- b. Híbrido simples (HS): cruzamento de duas linhagens endogâmicas. Em geral é mais produtiva do que os outros tipos. Apresenta grande uniformidade de plantas e espiga. O custo de produção das sementes é elevado porque a planta feminina é uma linhagem endogâmica, portanto pouco produtiva.
- c. Híbrido simples modificado: como progenitor feminino, usa-se o híbrido entre duas progênies afins da mesma linhagem ($A \times A'$) e como progenitor masculino, uma linhagem (B), ou também um híbrido entre progênies afins ($B \times B'$). O custo de produção da semente neste caso é baixo porque o progenitor feminino apresenta algum vigor, que se manifesta em maior produção.
- d. Híbrido triplo (HT): resultado de um híbrido simples ($A \times B$) com uma terceira linhagem (C). Na sua produção a linhagem polinizadora deve ser suficientemente vigorosa para ser plantada intercaladamente ao híbrido simples e deve produzir quantidade de pólen que garanta boa produção de grãos nas linhas femininas.
- e. Híbrido duplo (HD): obtido do cruzamento de dois híbridos simples ($A \times B$) x ($C \times D$). São envolvidos, portanto, quatro linhagens endogâmicas. Sua obtenção exige dois anos a partir das linhagens. No primeiro obtêm-se os híbridos simples ($A \times B$ e $C \times D$), os quais constituem a semente básica para produção do híbrido duplo no ano seguinte.

- f. Híbrido múltiplo: para sua obtenção emprega-se 6,8 ou mais linhagens. Comercialmente não tem muita expressão. Sua principal vantagem é a maior variabilidade, o que pode conferir maior adaptação.
- g. Híbrido Intervarietal: o cruzamento de duas variedades de milho visando a heterose em F_1 despertou a atenção dos melhoristas já no primeiro quarto do Século XX. Atualmente, perdeu-se o interesse na produção de híbridos de variedades, devido ao sucesso do híbrido de linhagens autofecundadas.

Segundo Hallauer (1990), o milho híbrido se destaca dentre as contribuições da ciência para a sociedade, desde o aparecimento do homem até os dias atuais, tendo grande contribuição nos expressivos aumentos na produtividade deste grão em todo o mundo e com repercussão em todas as espécies cultivadas.

O milho híbrido teve início nos EUA por volta de 1930. No final da década de 30, os híbridos já representavam 75% da área cultivada com milho nos Estados Unidos, alcançando o índice de 95% na década de 60 (Bueno et al., 2006). De acordo com Souza Sobrinho (2001), desde a metade da década de 60, os híbridos simples foram substituindo os duplos nos EUA, e atualmente, a quase totalidade dos híbridos cultivados são do tipo simples. A utilização do milho híbrido e o emprego de outras tecnologias causou um aumento significativo na produtividade ao longo do tempo.

O Brasil foi o segundo país a adotar essa tecnologia e o primeiro de clima subtropical e tropical a produzir e introduzir nas lavouras a semente de milho híbrido. O primeiro programa de milho híbrido desenvolvido no Brasil foi em 1932 no Instituto Agrônomo de Campinas.

Segundo Ferreira (2008), no IAC, Krug e colaboradores produziram o primeiro híbrido duplo brasileiro em 1932. A partir do século XX, deu-se início ao processo de utilização das bases científicas nos programas de melhoramento genético. O desenvolvimento de linhas puras, ou linhagens, oriundas do processo de autofecundação das plantas de milho por várias gerações, e do vigor híbrido, ou heterose, foram os responsáveis pelo impulso no melhoramento genético (Silva et al., 2006).

Em 1935, Gladstone e Antonio Secundino iniciaram trabalhos de pesquisas em milho na Universidade Federal de Viçosa, produzindo em 1938, o primeiro híbrido comercial, sendo um cruzamento entre as variedades Cateto e Amarelão (Pacheco, 2006). Os trabalhos destes pesquisadores tiveram continuidade com a fundação da companhia Sementes Agrocere S/A (Souza Sobrinho, 2001).

Na década de 70, a Biotecnologia começou a ser utilizada nos programas de melhoramento convencional por possibilitar a adição de características específicas de interesse, por meio da transferência de genes, de uma espécie para outra sem modificar as demais existentes na planta receptora do novo gene (CIB, 2006). Aumentou-se a resistência a pragas, à seca e ao frio, tornou a planta tolerante a um herbicida, entre outros.

Segundo a Isaaa (2013), pelo quinto ano consecutivo, o Brasil perde apenas para os Estados Unidos em área de cultivo de transgênicos, com cerca de 23% do total mundial. Ainda segundo o relatório, o mundo em desenvolvimento teve o maior aumento do uso de transgênicos em 2013, sendo que o Brasil se destacou com maior crescimento de área para produção com transgênicos apresentando um aumento de 10% neste mesmo ano. Segundo a Célere (2013), os híbridos transgênicos ocupam 12,5 milhões de hectares (31,2% do total com culturas transgênicas).

A Biotecnologia permitiu o surgimento de híbrido que apresentam vantagens competitivas, aumentando significativamente a produtividade de milho (CIB, 2006).

O trabalho entre as empresas de sementes e os produtores tem sido de grande importância para aumentar a eficiência do sistema, pois se sabe que a baixa produtividade observada no país é devido a não utilização de sementes híbridas. Considera-se ainda que o melhoramento é uma atividade de pesquisa que nunca chega ao limite, pois, para aprimorar novas variedades de milho, sempre existirá uma grande variabilidade genética para ser melhorada (Ferreira, 2000).

2.2 Classificação Botânica

De acordo com a classificação botânica, o milho é um monocotiledônea, pertencente a família Poaceae, Subfamília Panicoidae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. (Sans, 2002). É uma planta monóica, possui os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes e alógama. Seu ciclo varia de quatro a cinco meses caracterizando uma planta anual.

A fisiologia da planta do milho é C4, ou seja, tem resposta positiva ao aumento da luminosidade. O aproveitamento da luz está vinculado à população de plantas e de sua distribuição na área, arquitetura e idade das folhas e área foliar (Silva et al., 2010). Sua estrutura é constituída por uma haste cilíndrica com nós e entrenós, possui sistema radicular profundo e raízes suporte que ficam a cima do

solo para sustentar a planta. Desenvolve grandes folhas alternadas, alongadas e paralelinérveas, produz inflorescência feminina na haste a partir do nível do solo e a masculina finaliza o colmo.

Através do número de dias da sementeira até o pendoamento, até a maturação fisiológica ou até mesmo a colheita é determinado o ciclo de uma cultivar, seus grupos variam de acordo com seu ciclo, descritos como: superprecoce, precoce, semiprecoce e normal (Cruz, 2009).

O grão de milho é uma cariopse, ou fruto seco, que contém uma única semente dentro do involúcro do fruto (Barghini, 2004). As texturas dos grãos podem variar, segundo Cruz (2009), de:

- a. Dentado ou mole: os grãos de amido são densamente arranjados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião.
- b. Grão duro ou cristalino: os grãos apresentam reduzida proporção de endosperma amiláceo em seu interior, notando-se que a parte dura ou cristalina é a predominante e envolve por completo o amido amiláceo.
- c. Grãos semiduros e os semidentados, que apresentam características intermediárias.

2.3 Importância econômica

A importância econômica deste cereal é caracterizada pelo importante papel que desempenha na alimentação humana e animal, sendo utilizado durante séculos e destacando-se pela sua versatilidade de uso e composição nutricional. É uma importante fonte energética, sendo constituído de grandes quantidades de açúcares, gorduras, carboidrato, proteínas, vitaminas A e do complexo B, vários sais minerais como ferro, fósforo, potássio e zinco, além de ser rico em fibra.

Segundo a DEAGRO (2015), os maiores produtores mundiais de milho são Estados Unidos e China, com 361,1 e 215,5 milhões de toneladas em 2014, respectivamente. O Brasil ocupa a terceira posição entre os maiores produtores com a produção de 74 milhões de toneladas.

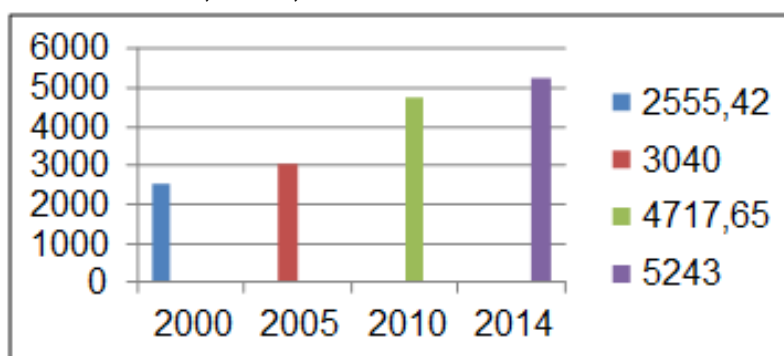
O milho é um produto que, em âmbito brasileiro, é produzido nas mais diversas regiões, dentro de diferentes sistemas de produção (Guimarães et al, 2011), que vão desde a agricultura de subsistência, destinando-se basicamente a alimentação animal e humana, até grandes lavouras com alto nível tecnológico, alcançando altos índices de produtividade.

A primeira ideia é o cultivo do grão para atender ao consumo na mesa dos brasileiros, mas essa é a parte menor da produção (MAPA, 2011). Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal. Segundo a CONAB (2014), cerca de 60 a 80% do milho produzido no Brasil é destinada a alimentação animal, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano.

Os ganhos de produtividade obtidos com a utilização do milho híbrido e a contribuição do melhoramento genético são muito expressivos no Brasil, fazendo com que em 2013 o milho fosse o cereal mais produzido.

Segundo o IBGE (2015), em 2000 a produtividade foi de 2555,42 kg/ha, já em 2010 a produtividade foi de 4717,65 kg/ha. Os ganhos se tornam ainda mais expressivos quando se compara com a produtividade atual, onde em 2014 chegou a 5243 kg/há (Figura 1).

Figura 1. Produtividade de milho no Brasil em kg/ha nos anos de 1990, 2000, 2012 e 2014.



FONTES: IBGE

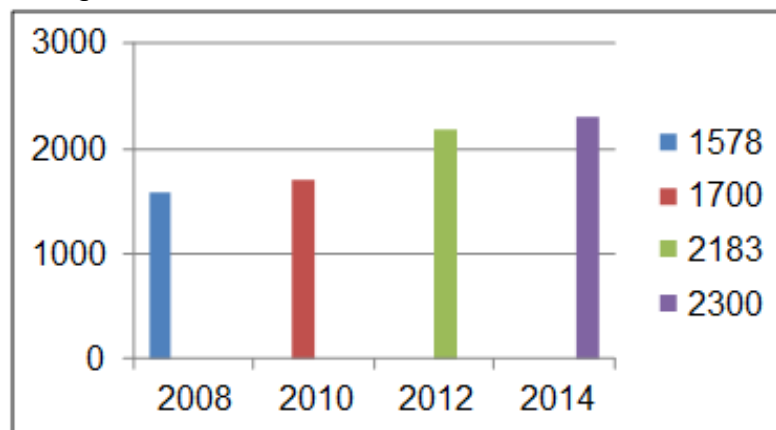
O milho tem sido cultivado em praticamente todo o território brasileiro (Lima et al., 2008). A região com maior área plantada e maior produtividade é a região Centro-Oeste, seguida da região Sul.

O milho no Nordeste é uma cultura tradicional e apesar de ter apresentado uma queda na produção em 2012, devido à estiagem, esta é uma cultura que vem crescendo nesta região.

No Nordeste, onde a produção ainda é muito menor do que a necessária para abastecer essa região, a utilização do milho híbrido foi responsável por um aumento significativo na produtividade. Segundo IBGE (2015), no Nordeste, a produtividade aumentou de 1578 kg/ha em 2008 para 2300 kg/ha em 2014. O que representa um aumento de 722 kg/ha em 6 anos (Figura 2).

Bons índices de produtividade dependem não apenas dos sistemas de produção como também do tipo de cultivar utilizada na lavoura, uma vez que o rendimento da lavoura é resultado da associação de técnicas adequadas de manejo, do conhecimento disponível e disseminado entre os agricultores, das condições edafoclimáticas da região de plantio e do potencial genético da semente utilizada, responsável por até 50% do rendimento final (Magalhães et al., 2002).

Figura 2. Produtividade de milho no Nordeste brasileiro em kg/ha nos anos de 2008, 2010, 2012 e 2014.



FONTE: IBGE

2.4 Importância do milho híbrido no Brasil

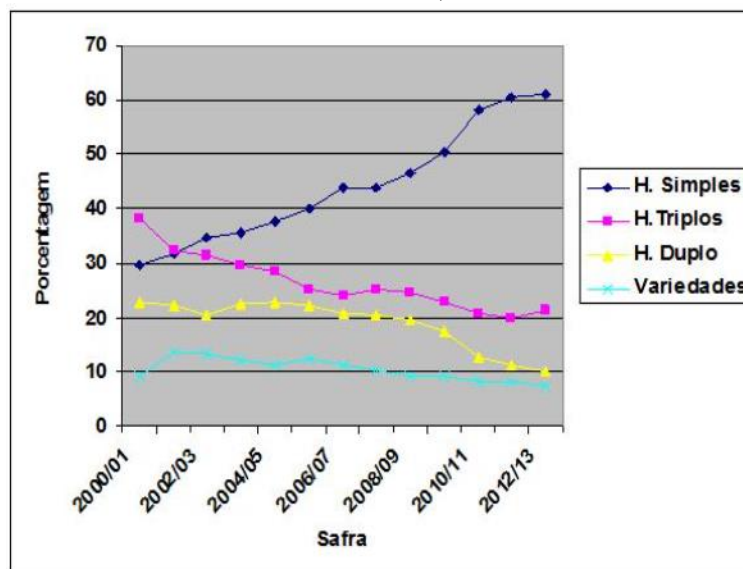
As pesquisas de novos híbridos têm sido realizadas no Brasil principalmente por universidades e órgãos públicos. Hoje, é possível encontrar híbridos mais resistentes à seca, milhos anões de alta produtividade, milhos com maior teor de óleo, carotenos e xantofilas, milhos resistentes às pragas dos grãos armazenados, plantas de maior digestibilidade para uso como silagem para o gado, etc (Oliveira, 2015).

No Brasil são cultivados praticamente 16 milhões de hectares de milho, dos quais, ao redor de 90% são com materiais híbridos, gerando um negócio estimado em três bilhões de reais por ano, com a venda de 13,5 milhões de sacas com 60.000 sementes (Peske, 2014).

Segundo Tres et al.(2014), o tipo de cruzamento também é importante na seleção de híbridos de milho. Híbridos simples, de maneira geral, apresentam potencial produtivo superior aos demais tipos de híbridos, mas híbridos duplos podem demonstrar potencial produtivo superior a determinados híbridos simples e triplos, indicando não ser apropriado generalizar inferências acerca do potencial produtivo de diferentes híbridos (Emygdio et al., 2007).

Atualmente, caminha-se para o uso de híbridos com menor número de linhagens (Figura 3), como no caso de híbridos triplos (fêmea HS e macho linhagem), híbridos simples modificados (fêmea HS entre linhagens relacionadas e macho linhagem), e o simples puro (cruzamento entre linhagens apenas) (Peske, 2014).

Figura 3. Distribuição percentual dos diferentes tipos de cultivares convencionais de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil, nas últimas safras.



Fonte: Cruz, et al. 2012.

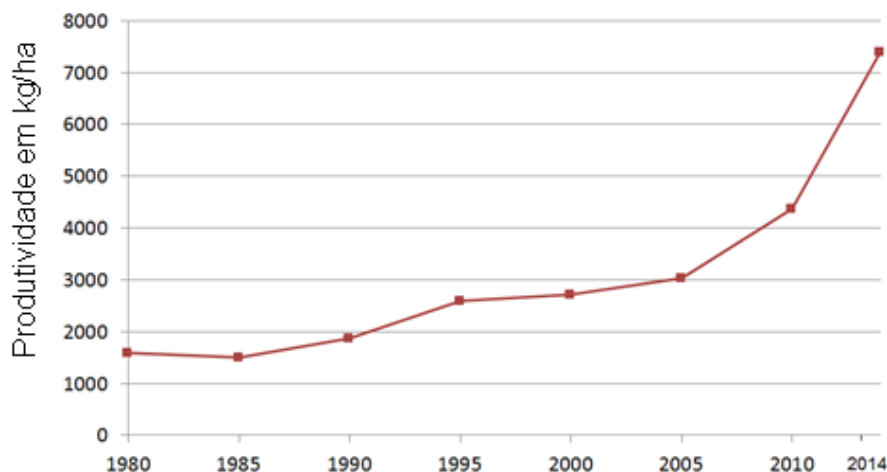
Esse aumento na utilização de híbridos simples e triplo segundo Pokes (2014) sinaliza que o agricultor está reconhecendo os benefícios de um material superior. Por esta razão, as empresas estimulam e direcionam seus melhoristas (pesquisadores especializados na criação de novos híbridos) a selecionarem linhagens que produzam bons híbridos, mas sem perder de vista características favoráveis à produção econômica de sementes (Rez, 2008).

A atual produção de sementes de milho híbrido é o resultado de aproximadamente 70 anos de avanços científicos e tecnológicos, desde o lançamento do primeiro híbrido comercial no Brasil até os dias de hoje, com o aparecimento dos primeiros híbridos geneticamente modificados, evidenciando o grande avanço da moderna agricultura brasileira (Godoi, 2008).

A produtividade do milho foi diretamente proporcional ao aumento da utilização do milho simples pelos produtores (Figura 4).

Segundo Pekes (2014), o conhecimento dos benefícios de um material superior juntamente com uma melhor adoção das práticas agrônômicas de manejo do solo, adubação, densidade de semeadura, entre outros, favoreceu o rendimento das cultivares.

Figura 4 . Produtividade de milho no Brasil nos anos de 1980 a 2014.



Fonte: IBGE.

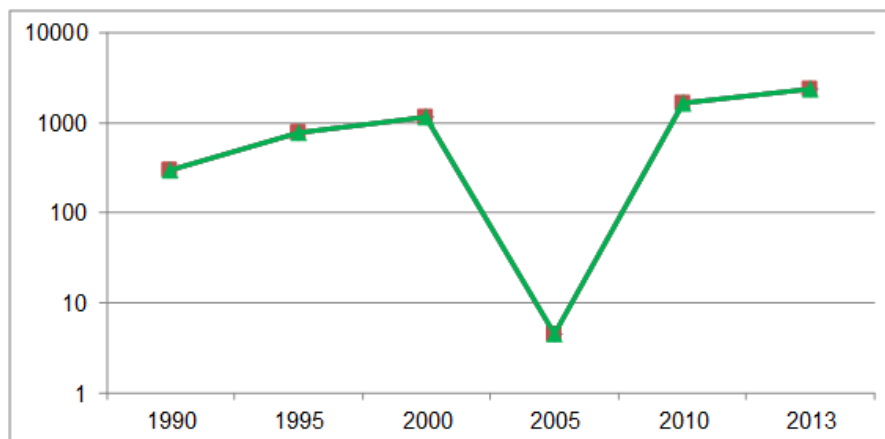
No Nordeste, a produtividade do milho é baixa, em decorrência da predominância de sistema de produção que utilizam pouca ou nenhuma tecnologia de produção, das irregularidades climáticas que provocam muitas vezes as frustrações de safras, da insuficiência de sementes selecionadas das variedades melhoradas na região, dentre outros (Lopes, et al, 2011).

Os programas de melhoramento de milho no Nordeste são coordenados pela EMBRAPA, onde a preocupação destes programas é obter cultivares mais adaptados a esta região favorecendo o aumento na produtividade. Um desses programas, iniciado no ano de 1972 pela SUDENE/BRASCAN NORDESTE/IPA, com o apoio técnico-científico da EMBRAPA/IGEN-ESALQUSP, envolvendo cerca de 14 subprojetos, promoveu um melhoramento considerável para a região (Lopes, et al, 2011).

Atualmente, a EMBRAPA monta experimentos anualmente, em diferentes ambientes do Nordeste indicando as cultivares com melhor desempenho, sendo assim responsável direta pelo aumento na produtividade do milho nesta região.

O uso de híbridos com boa adaptabilidade e estabilidade para a região Nordeste fez a produtividade de milho aumentar de 303 kg/ha para 2.436 kg/ha em 2013 (Figura 5).

Figura 5. Produtividade de milho no Nordeste brasileiro nos anos de 1990 a 2013.



Fonte: IBGE.

2.5 Interação genótipos e ambientes

Caracteres quantitativos são muito influenciados pelo ambiente e frequentemente apresentam significância na interação genótipos por ambientes.

De modo prático, a interação entre genótipo com o ambiente representa a capacidade do genótipo em exibir seu desempenho em determinado ambiente de cultivo ao longo do ano. (Biudes, 2007).

Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a maturação, há geralmente um comportamento diferenciado destes em termos de resposta às variações ambientais (Cruz et al., 2012)

Quando se considera um único ambiente, a manifestação fenotípica se dá pela ação do genótipo no ambiente. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genótipos e ambientes, um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos (Cruz et al., 2012). Esta interação é de suma importância para os melhoristas, pois sua interpretação é de que cada genótipo pode responder de forma diferente com a mudança do ambiente (Scapim et al., 2010), e este fato influencia no ganho de seleção e recomendação de cultivares.

Quanto aos fatores ambientais que podem contribuir para a interação, estes podem ser agrupados em ambientais primários, compreendidos com sendo a latitude, a altitude, a topografia, a textura do solo e a própria composição do solo,

fatores estes que exercem ação indireta sobre a cultura; e em ambientais secundários, estes podem ser compreendidos como sendo a radiação solar, comprimento do dia, a temperatura, a água no solo, a aeração do solo e os minerais presentes no solo, fatores estes que são de ação direta, pois, afetam os processos fisiológicos e conseqüentemente, o rendimento da cultura (Ribeiro, 2011).

A ocorrência de interação entre genótipos e ambientes é consequência do comportamento não coincidente dos genótipos nos diferentes ambientes testadores (Cruz et al., 2012).

São descritos dois tipos de interação (GxA) quanto à sua natureza: simples e complexa (Robertson, 1959). Nas interações simples (Figura 6a) a ordem da classificação de desempenho entre os genótipos não muda nos diferentes ambientes. Em contrapartida, interações complexas (Figura 6b) são decorrentes da ausência de correlação entre o desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). Nas interações complexas a classificação de desempenho entre genótipos muda nos diferentes ambientes.

Figura 6a. Interação do tipo simples.

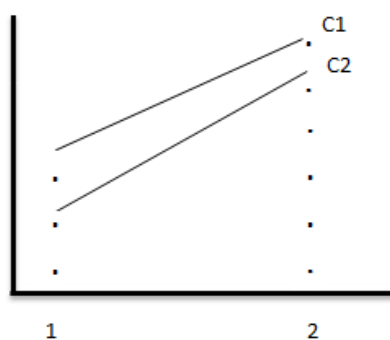
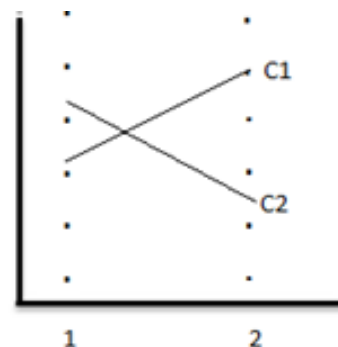


Figura 6b. Interação do tipo complexa.



A interação do tipo complexa é vista com maior evidência quando se compara as condições edafoclimáticas e as técnicas de manejo do Brasil. Esta interação se constitui num dos grandes problemas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção dos programas de melhoramento, ou na de recomendação de cultivares (Costa, 2012), pois genótipos avaliados em diferentes ambientes apresentam resultados diferenciados. Assim, a avaliação da interação G x A torna-se de grande importância no melhoramento vegetal, pois, no caso de sua existência,

há possibilidades do melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro (Cruz et al, 2012).

Além disso, essa interação pode inflacionar as estimativas de variância genética, resultando em superestimativas dos ganhos genéticos, esperados com a seleção, e num menor êxito, dos programas de melhoramento (Duarte e Vencovsky, 1999).

Por outro lado, interações positivas associadas com características previsíveis do ambiente oferecem oportunidade de rendimentos mais elevados, tirando-se proveito desta interação (Duarte e Vencovsky, 1999). Esta interação permite atender à demanda de um produto de melhor qualidade ao consumidor final e maximizar os rendimentos com a cultura e a renda do agricultor.

A ocorrência significativa da interação genótipos x ambientes tem sido constatada em vários experimentos com a cultura do milho (Carvalho et al., 2008).

Na fase final de um programa de melhoramento de plantas, (Pereira et al., 2010) procedimentos de estratificação ambiental são feitos para verificar se informações geradas em diferentes locais de avaliação são complementares ou redundantes.

A avaliação dessa interação nos programas de melhoramento é de grande importância, cabendo ao melhorista quantificar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias que possam minimizar ou aproveitá-la (Cruz et al., 2012).

Portando, a capacidade produtiva da cultura é o resultado da interação de muitos fatores com o genótipo (Floss e Floss, 2008). E a melhor forma para minimizar essa interação, (Faria et al., 2010), é através de análises de adaptabilidade e estabilidade.

2.6 Adaptabilidade e estabilidade

Estudos a respeito da interação genótipo x ambiente, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo diante das variações ambientais (Cruz et al., 2012). Desta forma, tornam-se necessárias as análises de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes (Barroso, 2014).

Adaptabilidade é a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, podendo ser geral, específica a ambientes favoráveis ou específicos a ambientes desfavoráveis. Já estabilidade, indica a capacidade dos mesmos mostrarem um comportamento altamente previsível de acordo com o ambiente (Hoogerheide et al., 2007).

Obter cultivares com boa adaptabilidade e estabilidade tem sido parte essencial dos modernos programas de melhoramento. Uma cultivar de sucesso deve apresentar, em diferentes condições de ambiente, alta produtividade, e sua superioridade deve ser estável (Borém e Miranda, 2005).

Para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação genótipos x ambientes, recomenda-se a estratificação da região de adaptação da cultura em sub-regiões mais homogêneas (Cruz et al., 2012).

Vários experimentos analisando a adaptabilidade e estabilidade foram feitos auxiliando na escolha dos genótipos adaptados a cada condição ou região, mostrando-se estáveis e produtivos, como por exemplo, os trabalhos feito por Carbonell et al. (2001), Porto et al. (2007), Carvalho et al. (2011), Cysne e Pitombeira (2012), entre outros.

A Região Nordeste do Brasil é uma área com 1.662.947km², apresenta grande diversidade nas suas condições edafoclimáticas e sócio econômicas (Carvalho, 1999). Além disto, os plantios nessa região ocorrem nas mais variadas épocas e nos mais variados sistemas de produção, mas com a utilização de híbridos com boa adaptabilidade e estabilidade (Cardoso et al., 2012) a cultura alcança altos níveis de produtividade em áreas de cerrados inseridas nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí (Carvalho et al., 2012) e em áreas de agreste e de tabuleiros costeiras localizadas nos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas.

As análises de adaptabilidade e estabilidade são, portanto, procedimentos estatísticos que permitem identificar os cultivares de comportamento mais estáveis e que respondam previsivelmente às variações ambientais (Silva e Duarte, 2006). Desta forma, os melhorista de plantas, podem avaliar os genótipos antes da sua recomendação como cultivares.

Existem várias metodologias que podem ser utilizadas para conduzir análises de adaptabilidade e estabilidade, permitindo assim, a caracterização de genótipos quanto à estabilidade fenotípica. Dentre outras metodologias utilizadas para a condução de tais análises, existem:

- a. análises de variância: onde os resultados informam a estabilidade do grupo de genótipos avaliados. As estimativas do parâmetro de estabilidade são expressas em quadrados médios ou componentes de variância, que em certos casos, podem ser de baixa precisão (Cruz, 2006);
- b. regressão linear simples: neste caso, as médias, coeficiente de regressão e desvio em relação à reta ajustada são utilizados como estimativas da adaptabilidade e estabilidade do material genético estudado (Cruz, 2006);
- c. regressão linear múltipla que utiliza duas análises de regressão para melhor explicar o comportamento dos genótipos;
- d. análises não paramétricas: que decompõe os parâmetros de adaptabilidade para ambientes favoráveis e desfavoráveis (Carneiro, 1998);
- e. análise multivariada: utilizado em experimentos que envolvem estudos de interação G x A, com origem em vários ambientes, para detectar os efeitos interativos de fatores.

Entre outros, os métodos de regressão linear simples (Eberhart e Russel, 1966) e múltipla (Verma et al., 1978 e Cruz et al., 1989), análises não paramétricas (Linn e Binns, 1988) e o método multivariado Ammi (Crossa, 1990) são frequentemente utilizados pelos pesquisadores por permitir identificar os genótipos superiores.

A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz, et al., 2012).

REFERÊNCIAS

Araujo C (2008). **É hora de armazenar o milho e ficar atento às pragas de grãos armazenados**. Jornal Eletrônico, Embrapa Milho e sorgo, Sete Lagoas, Ano 02, Ed.05.

AUSTRALIAN GOVERNMENT (2008). The Biology of Zea mays L. SSP mays (maize or corn) **Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator: 01-80.**

Barghini AO (2004). **O milho na América do Sul pré-colombiana**: uma história natural. Instituto Anchieta de Pesquisa, São Leopoldo, 170p.

Barroso LMA, Nascimento M, Nascimento ACC, Amaral RT (2014). Análise comparativa dos métodos Eberhart e Russell (1966) e regressão não paramétrica para adaptabilidade. **Revista da Estatística UFOP**, v.3: 84-88.

Biudes GB(2007). **Docente IAC**: Características agronômicas, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2007.

Borém A, Miranda GV (2005). **Melhoramento de Plantas**. 4ª ed. Editora UFV, Viçosa, 525p.

Bueno LCS, Mendes ANG, Carvalho SP (2006). **Melhoramento Genético de Plantas**: Princípios e Procedimentos. Editora UFLA, Lavras, 319p.

Cardoso MJ, Carvalho HWL de, Rocha LMP, Pacheco CAP, Guimarães PE de O, Parentony SN, Oliveira IR (2012). Identificação de cultivares de milho com base na análise de estabilidade fenotípica no Meio Norte brasileiro. **Revista Ciência Rural**: v. 43, n.2, p.346 – 353.

Carvalho HWL; Cardoso MJ; Leal MLS. et al (2008) Adaptabilidade e estabilidade de milho no Nordeste brasileiro. **Agrotópica**, Ilhéus, v. 20: 5-12.

Carvalho HWL de, Cardoso MJ, Oliveira IR, Pacheco CAP, Lira MAL, Tabosa JN, Ribeiro SS (2011). Adaptabilidade e estabilidade de milho no Nordeste brasileiro. **Revista Científica Rural**: URCAMP, V.13, N.1, P. 15 – 29.

CÉLERE. Available at <http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/12/IB13021.pdf>. Accessed on January 19, 2015.

CIB (**Conselho de Informações sobre Biotecnologia**). Available at http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CC8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cib.org.br%2Fpdf%2Fguia_do_milho_CIB.pdf&ei=

ywjvVJ_aAYeogwT2iYKoBg&usg=AFQjCNHQnLW4jLcRhP4L2n64bg3E6e-LLw.

Accessed on January 19, 2015.

CONAB (**Companhia Nacional de Abastecimento**). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2012/2013, décimo segundo levantamento. Brasília, DF, set. 2013. Available at http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf. Accessed on December 25, 2014.

Costa IG.(2012) **Docente UFRPE**: Desempenho agroindustrial, adaptabilidade, estabilidade e divergência entre clones RB de cana-de-açúcar em Pernambuco. 2012. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Carbonell SAM, Filho JAA, Dias LAS, Gonçalves C, Antonio CB (2001). Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.2: 69-77.

Cardoso MJ, Carvalho HWL, Rocha LMP, Pacheco CAP, Guimarães PEO, Parentony SN, Oliveira IR (2012). Identificação de cultivares de milho com base na análise de estabilidade fenotípica no Meio Norte brasileiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2: 346-353.

Carneiro PCS (1998). **Dicente UFV**: Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. 1998. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Carvalho HWL, Cardoso MJ, Oliveira IR, Pacheco CAP, Lira MAL, Tabosa JN, Ribeiro SS (2011). Adaptabilidade e estabilidade de milho no Nordeste brasileiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.13, n.1: 15-29.

Carvalho HWL, et al. (1999). Melhoramento genético de milho no Nordeste brasileiro. In: Queiróz MA, Goedert CO, Ramos SRR (1999). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. Available at <http://www.cpatsa.embrapa.br>. Accessed on February 25, 2015.

Carvalho HWL et al., (2011). Adaptabilidade e estabilidade de milho no Nordeste brasileiro. **Revista Ciência Rural**, Bagé, v.13, n.1: 15-29.

Crossa J (1990). Statistical analysis of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, v.44: 55-85.

Cruz CD (2006). **Programa Genes: biometria**. Editora UFV, Viçosa, 382p.

Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2012). **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4^a ed. Editora UFV, Viçosa, 514p.

Cruz CD, Torres RAA, Vencovsky R (1989). An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3: 567-580.

Cruz JC, Pinto LBB, Pereira Filho IA, Garcia JC, Queiroz LR (2009). Caracterização dos sistemas de Produção de milho para altas produtividades. **Circular Técnica 124**. EMBRAPA, Brasília, 15 p.

Cruz JC, Versani RP, Ferreira MTR, Garcia JC, Duarte JO (2012). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. Available at http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/cultivares.htm. Accessed on February 25, 2015.

Cruz JC, Pereira Filho IA, Queiroz LR (2014). **Milho: cultivares para 2013/2014**. Available at <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>. Accessed on February 25, 2015.

Cysne JRB, Pitombeira JB (2012). Adaptabilidade e estabilidade e sorgo granífero em diferentes ambientes do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.43, n.2: 273-278.

DEAGRO (Departamento de Agronomia). Available at <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. Accessed on February 08, 2014.

Destro D, Montalvàn R (1999) **Melhoramento Genético de Plantas**. Editora UEL, Londrina, 749 p.

Duarte JB, Vencovsky R (1999). Interação genótipo x ambiente: uma introdução a análise AMMI. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, Série Monografias, n.9.

Eberhart SA, Russell WA (1966). Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1: 36-40.

Emygdio BM, Ignaczak JC, Cargnelutti Filho A (2007). Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1: 95-103.

Faria VR. et al (2010). Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca relacionadas por ciclos de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12: 1396-1403.

Ferreira EA (2008) **Docente do IAC**: Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em top crosses, em três locais do estado de São Paulo. 2008. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo.

Ferreira PV (2006). **Melhoramento de plantas: tópicos especiais**. Editora EDUFAL, Maceió, v. 7, 282p.

Fornasieri Filho D (2007). **Manual da cultura do milho**. Editora Funep, Jaboticabal, 276p.

Floss EL, Floss LG (2008). Bases agrônomicas e fisiológicas do rendimento das culturas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.17, n. 104: 17-23.

GODOY LJJ (2002). **Docente: UNESP**. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila. 2002.. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Guimarães LS, Penna LB, Landau EC (2011). Relato da produtividade de milho brasileira entre 2000 e 2009. **Revista FACEVV**, Vila Velha, v.67, n.7: 110 – 124.

Guimarães PS (2007). **Docente: IAC**. Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais cultivadas e populações de plantas na produção de milho-verde. 2007. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Caampinas.

Godoi REZ (2008). Produção de sementes de milho híbrido. **Seed News**, Pelotas, n.5: 1.

Hallauer AR (1990). **Methods used in developing maize inbred lines**. **Maydica**, Bergamo, v.35, n.1: 1-16.

Hoogerheide ESS, Farias FJC, Vencovsky R, Freire EC (2007). Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5: 695-698.

IBGE (**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**). Available at <http://www.ibge.gov.br/home/>. Accessed on February 25, 2015.

ISAAA (**Serviço Internacional para Aquisição de Biotecnologia Agrícola**). Available at <http://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/default.asp> Accessed on 19/01/2015.

IBGE (**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**). Available at <http://www.ibge.gov.br/home/>. Accessed on January 28, 2015.

Lima JL, Souza JC, Machado JC, Ramalho MA.P (2008). Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, n.1: 127-131.

Lin CS, Binns MR (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Canadá, v.68, n.1: 193-198.

Lopes MA et. al (2011). **Pré-melhoramento de plantas**. Embrapa, Brasília, 614p.

Magalhães PC, Durães FOM, Carneiro NP, Paiva E (2002) **Fisiologia do Milho**. 1 ed. Circular Técnica, Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: 23.

(MAPA) **Ministério da Agricultura** (2011) Available at <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>. Accessed on November 01, 2013.

Martin TN, Tomazella AL, Cícero SM, Neto DD, Favarin JL, Junior PAV (2007). Questões relevantes na produção de sementes de milho – Primeira parte. **Revista da FZVA**, Uruaiana, v.14, n.1, p. 119 – 138.

Nunes HV, Miranda GV, Galvão JCC, Souza LV, Guimarães LJM (2002). Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 78-88.

Nunes HF (2012). **Docente UFPI**: Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho em cultivos de sequeiro e irrigado. 2012. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

Oliveira N (2012). **Milho híbrido versus milho transgênico**. Available at <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/22190/milhohibrido%3Ci%3Eversus%3Ci%3E-milho-transgenico.htm>. Accessed on February 25, 2015.

Pacheco I (2006). **A Universidade Federal de Viçosa no Século XX**. Editora UFV, Viçosa: 73-76.

Paterniani E.(1978) **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Editora Fundação Cargill, Campinas, 650 p.

Paterniani MEAGZ (2001). **Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 1, n. 2: 159-178.

Pereira HS, Melo LC, Faria LC, Del Peloso MJ, Wendland A (2010). Estimativa ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro comum tipo Carioca em Goiás e no Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45: 554-562.

Peske ST (2014). Sementes de milho. **Seed News**, Pelotas, n.3: 1.

Porto WS, Claudio GPC, Pinto RJB (2007). Adaptabilidade e estabilidade como critério para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4: 491-499.

Ribeiro JZ (2011). **Docente UFPR: Estratificação ambiental pela análise da interação genótipo x ambiente em milho**. 2011. Dissertação (Mestrado em 2011) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Robertson A (1959) The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, Arlington, v. 15, n. 3: 469-485.

Sans LMA, Santana DP (2002). Cultivo do milho: Clima e solo. **Comunicado Técnico (CPATC)**, Editora Embrapa, Brasília, v. 38, 4p.

Scapin CA. et al. (2010). Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, Netherlands, v. 174, n. 2: 174-209.

Silva RF, Oliveira EC, Justino FB, Grossi MC (2010). **Influência das mudanças climáticas na cultura do milho na área da Amazônia Legal**. XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia. Set. Pará.

Silva W, Paterniani E, Sologuren L, Di Ciero L (2006). **Milho Tecnologia do Campo à Mesa**. Available at http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf. Accessed on September 30, 2014.

Silva WCJ, Duarte JB (2006). Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1:23-30.

Souza Sobrinho F (2001). **Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho**. 2001. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Souza Sobrinho F, Ramalho MAP, Souza JC (2002). Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.1: 70-76.

Tres TT, Jobim CC, Pinto RJB, Neto ILS, Scapim CA, Silva MSJ (2014). Composição nutricional e digestibilidade “in vitro” de genótipos de milho produzidos em dois anos agrícolas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6: 3249-3262.

Vasconcelos VDB, Carneiro NP (2010). **Transformação genética de milho com construções gênicas contendo o gene AtDREB2A visando tolerância à seca**. Available at <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/855255/1/Transformacaoogenetica.pdf>. Accessed on February 25, 2015.

Vencovsky R, Barriga P (1992). Genética biométrica no fitomelhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.14, n.2: 437 – 453.

Verma MM, Chahal GS, Murty BR (1978). Limitations of conventional regression analysis, a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, n.2, p.89-91.

Viégas GP, Miranda Filho JB (1978). **Melhoramento e Produção do Milho no Brasil**. Fundação Cargil, Campinas, 257 – 298.

CAPÍTULO II

Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho no Nordeste brasileiro nas safras de 2012 e 2013

RESUMO

O milho (*Zea mays L.*) é um cereal muito cultivado no Brasil e no mundo. Suas qualidades nutricionais fazem com que seja um dos principais produtos agrícolas, sendo muito utilizado como alimento humano e ração animal. No Nordeste, é necessário que se estimule uma maior produção de milho para que se possa atender a demanda desta região. Atualmente trabalhos que avaliam interações genótipos por ambientes em cultivares de milho vêm sendo a melhor forma para identificar as melhores cultivares para a região nordeste. Com o objetivo de identificar e indicar cultivares com boa adaptabilidade e estabilidade de produção para a região nordeste foram analisados dados referentes à altura de planta, altura de espiga, estande, número de espigas e peso dos grãos de 25 híbridos de milho submetidos a 11 diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro em áreas experimentais da Embrapa, situadas em municípios do Maranhão, Piauí e Sergipe nos anos agrícolas de 2012 e 2013, utilizando o delineamento experimental em blocos ao acaso, com duas repetições. Os dados foram analisados pelos métodos de Eberhard e Russell (1966), Cruz et al. (1989), Lin e Binns (1988), Verma et al. (1978) e AMMI (Crossa, 1990). A análise de variância conjunta mostrou diferenças marcantes entre os híbridos e a existência de diferenças genéticas quanto às respostas às variações ambientais. A produtividade média apresentada pelos híbridos ($8711,12 \text{ kg ha}^{-1}$) revela que a região possui condições ambientais para desenvolvimento desses materiais genéticos, especialmente, nas áreas de Dores (alta adubação) e Umbaúba. O híbrido 30 A 68 HX apresentou maior rendimento, sendo indicado para o cultivo nesta região.

Palavras-chave: *Zea mays L.*, adaptabilidade, produtividade, interação cultivar x ambiente.

ABSTRACT

Adaptability and stability of corn hybrid maize cultivars in northeastern Brazil in crops 2012 and 2013

The corn (*Zea mays* L.) is a very cultivated cereal in Brazil and worldwide. Its nutritional qualities make it one of the main agricultural products and is much used as human food and animal feed. In the Northeast, it is necessary to stimulate increased production of corn so that we can meet the demand of this region. Currently studies evaluating genotype by environment interactions in maize cultivars have been the best way to identify the best cultivars for the northeast region. With the aim of identifying, and cultivars with good adaptability and yield stability to northeast region were analyzed data on plant height, ear height, stand, number of ears and grain weight of 25 corn hybrids submitted to 11 environmental conditions of the Brazilian Northeast in experimental areas of Embrapa, located in the municipalities of Maranhão, Piauí and Sergipe in the agricultural years of 2012 and 2013, using the experimental design in randomized block design with two replications. The data were analyzed by the methods Eberhard and Russell (1966), Cruz et al. (1989), Lin and Binns (1988), Verma et al. (1978) and Ammi (CROSSA, 1990). The analysis of variance showed significant differences between the hybrid and the existence of genetic differences in the responses to environmental variations. The average productivity presented by hybrid (8711.12 kg ha⁻¹) shows that the region has environmental conditions for development of these genetic materials, especially in the areas of Sorrows (high fertilization) and Umbaúba. The hybrid 30 A 68 HX showed higher yield, is recommended for cultivation in this region.

Keywords: *Zea mays* L., adaptability, productivity, cultivar x environment interactions.

INTRODUÇÃO

O principal objetivo de um programa de melhoramento de milho híbrido é identificar combinações híbridas com alto potencial produtivo e que tenha boa adaptabilidade e estabilidade.

Todavia, a interação genótipos x ambientes representa um dos maiores desafios durante a seleção por dificultar a identificação de genótipos efetivamente superiores.

Estimar esta interação é de extrema importância (Backes et al., 2005) para desenvolver cultivares específicas para cada região. Para se conseguir estimar a magnitude desta interação é necessário que se faça uma avaliação dos genótipos em diversos ambientes.

Devido a diversidade de ambientes de cultivo, muitas vezes o efeito da interação entre genótipos e ambientes (GxA) é altamente significativo (Engelsing et al., 2012).

Existem vários trabalhos relatando a importância do estudo da interação genótipos por ambientes para a cultura do milho no Brasil, como por exemplo, os de Carvalho et al., 1999; Ribeiro et al., 2000; Costa et al., 2010.

O híbrido ideal segundo estes, seria aquele que apresenta alto potencial produtivo, aumento de produtividade com a melhoria da condição ambiental e alta previsibilidade (Eberhart e Russel, 1966).

A seleção de milhos híbridos com boa adaptabilidade e estabilidade são de grande importante para o Nordeste brasileiro uma vez que essa região além de apresenta diferenças edafoclimáticas, ainda se destaca pelo cultivo deste cereal por pequenos produtores, que na sua maioria não têm capital para investir em tecnologia de produção. Estas características (Carvalho et al., 2012) tem resultado em rendimentos baixos e produtividade instável ao longo dos anos. Como consequência há escassez deste produto na região, sendo necessária importação deste para suprir as necessidades.

Diante dessa situação, é necessário que se estimule uma maior produção de milho para que a demanda no nordeste seja atendida. Melhorar esta situação de produtividade requer desenvolvimento constante de híbridos de milho para cada condição ou região de cultivo (Scaim et al., 2010).

Híbridos adaptados e com elevada estabilidade aumentam significativamente a produção, sendo assim, o potencial produtivo das cultivares é o alvo das

pesquisas que se tornam responsáveis pelo sucesso das lavouras no âmbito comercial.

Nesse contexto, justifica-se o desenvolvimento de um programa de melhoramento voltado para a obtenção de híbridos adaptados e com elevada estabilidade, que podem melhorar significativamente os sistemas de produção dos produtores rurais desta região.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo identificar e indicar cultivares com boa adaptabilidade e estabilidade para a região nordeste.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivares e ambientes utilizados

Avaliou-se, nas safras de 2012 e 2013, o desempenho agrônômico de 25 milhos híbridos de empresas oficiais e particulares (Tabela 1) na Rede Nordeste.

Os experimentos foram conduzidos em áreas experimentais situadas nos municípios de Colinas, São Raimundo das Mangabeiras, Brejo e Balsas, nos estados do Maranhão, Teresina, Uruçuí e Nova Santa Rosa, no Piauí e Frei Paulo, Nossa Senhora das Dores e Umbaúba, em Sergipe. Esses municípios estão localizados entre as latitudes 3° 11', em Uruçuí e 8° 24', em Nova Santa Rosa (Tabela 2). Em Nossa Senhora das Dores, a área experimental do melhoramento de milho foi dividida em dois ambientes, caracterizados pela diferença na adubação, totalizando 11 ambientes.

Os ensaios da faixa de alta adubação receberam 180,00 kg/ha de N, 149,80 kg/ha de P₂O₅ e 85,60 kg/ha de K₂O e os ensaios da faixa de baixa adubação receberam 45,00 kg/ha de N, 37,80 kg/ha de P₂O₅ e 21,60 kg/ha de K₂O, na forma de 535 e 135 kg/ha de 8-28-16 + Zn na semeadura, e o restante do nitrogênio em cobertura, na forma de uréia, 21 dias após a emergência, respectivamente.

Delineamento experimental e condução do experimento

Os experimentos foram implantados na época recomendada para cada região, segundo a EMBRAPA (2003), utilizando o delineamento em blocos casualizados, com duas repetições. As parcelas foram compostas por quatro fileiras de 5,0m de comprimento, com 25 plantas por linha e 100 plantas por parcela, espaçadas de 0,70m e com 0,20m entre covas, dentro das fileiras. As adubações

nesses ensaios seguiram as orientações dos resultados das análises de solo de cada área experimental.

A semeadura foi feita de forma manual, distribuindo-se 15 sementes por metro linear e 75 plantas por fileira. Fez-se o desbaste 15 dias após emergência, permanecendo 5 plantas por metro linear e 100 plantas por parcela.

Não foi realizada irrigação e o controle de plantas daninhas e pragas foram feitas de acordo com a necessidade da lavoura em cada região.

Na ocasião da colheita, aos 130 dias, avaliaram-se as fileiras centrais para características de altura da planta, altura da espiga, estande, número de espigas e peso de grãos, em seguida, colheram-se as fileiras integralmente de cada parcela para avaliação da produtividade.

Inicialmente foi feita a análise de variância de cada ensaio, em seguida observou-se a homogeneidade das variâncias residuais utilizando o teste do F máximo de Hartley (1950), dado por:

$$F_m = \frac{QMR_{(maior)}}{QMR_{(menor)}}$$

desta forma, tem-se que,

$$F_m = \frac{1645494,84}{354645,44} \quad \text{equação(1)}$$

$$F_m = 4,64$$

$$F_m = 4,64$$

demonstrando que os dados do presente trabalho estão de acordo com o estabelecido por Pimental Costa (2009), onde diz que o quociente do quadrado médio do resíduo maior e do menor deve ser menor que 7. Constatada a homogeneidade das variâncias residuais, procedeu-se à análise de variância conjunta, utilizando o aplicativo computacional SISVAR versão 5.3 (Ferreira, 2008).

Análises estatísticas

Os dados de produtividade de grãos foram submetidos a análise de variância (Tabela 3), utilizando-se o programa computacional SISVAR, considerando-se o modelo misto, com o objetivo de identificar o híbrido mais adaptado à cada ambiente, além de verificar a homogeneidade da variância residual.

A comparação das médias das cultivares para produção de grãos e seus componentes primários foram feitas através do teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Analisou-se as magnitudes das interações cultivares x locais, cultivares x anos, cultivares x local x ano para verificar a contribuição relativa dos locais e anos para a interação com cultivares. O esquema geral para a análise de variância conjunta, ao nível das médias dos híbridos em cada ensaio está representado na Tabela 4. Onde o QM_{CL} equivale a:

$$QM_{CL} = Q_6 / Q_8$$

$$QM_{CL} = QM_{CL} / QM_{CLA} \quad \text{(equação 1)}$$

Substituindo na equação (1) as esperanças matemáticas da Tabela 3, obtém-se:

$$QM_{CL} = \frac{\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA} + (c/c-1)ba \sigma^2_{CL}}{\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA}} \quad \text{(equação 2)}$$

Por analogia com o exposto pode-se considerar:

$$QM_{CA} = QM_{CA} / QM_{CLA} \quad \text{(equação 3)}$$

e

$$QM_{CA} = \frac{\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA} + (c/c-1)ba \sigma^2_{CL}}{\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA}} \quad \text{(equação 4)}$$

Para os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade das cultivares foram comparados os seguintes métodos:

a. Cruz et al., (1989), que se baseia na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média (β_0), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_1) e aos ambientes favoráveis ($\beta_1+\beta_2$), permitindo avaliar o comportamento dos genótipos de forma diferenciada em ambientes cada ambiente. As estabilidades das cultivares são avaliadas pelos coeficientes de regressão (R^2) e os desvios da regressão (δ^2_d) de cada material, de acordo com as variações ambientais..

Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + e_{ij}$$

onde: Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ;

I_j : índice ambiental;

$T(I_j)=0$ se $I_j<0$; $T(I_j)= I_j- I_+$ se $I_j>0$, sendo I_+ a média dos índices

I_j positivos; β_{0i} : média geral da cultivar i ;

β_{1i} : coeficiente de regressão linear associado a variável I_j ;

β_{2i} : coeficiente de regressão linear associado à variável $T(I_j)$;

δ_{ij} : desvio da regressão linear; e_{ij} : erro médio experimental.

Nesse método o melhor genótipo é aquele que apresenta média alta, $\beta_{1i}<1$ e $\delta^2_d = 0$.

b. Eberhart & Russell (1966), baseia-se em análise de regressão linear, a adaptabilidade e estabilidade são expressas pelo rendimento médio, resposta linear à variação ambiental e o desvio de regressão para cada genótipo.

A adaptabilidade, ou resposta linear aos ambientes, é dada pela estimativa do parâmetro β_{1i} e pela produtividade média (β_{0i}), enquanto a estabilidade é obtida por meio dos desvios de regressão (δ_{ij}), conforme modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que: Y_{ij} é a média de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) do genótipo i no ambiente j ;

β_{0i} é a média geral;

β_{1i} é o coeficiente de regressão linear;

δ_{ij} é o desvio da regressão;

$\bar{\epsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio;

$\bar{\epsilon}_{ij}$ I_j é o índice ambiental codificado $\left(\sum_j I_j = 0 \right)$, dado por, eq.(5)

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_i \quad \text{equação(5)}$$

para g linhagens e a ambientes.

Assim, para Eberhart e Russel (1966), uma cultivar ideal é aquela que apresenta alta produção média, coeficiente de regressão igual a 1,0 e o menor desvio de regressão (σ^2_d).

c. Verma et al.,(1978), identifica o genótipo ideal a partir de uma dupla análise de regressão linear, em que, em cada uma seja utilizado modelo semelhante ao de Finlay e Wilkinson (1993) ou Eberhart e Russell (1966), a partir do qual se mede a resposta dos genótipos a dois tipos de ambientes caracterizados por serem desfavoráveis ou favoráveis (Cruz et al., 2012).

As regressões são calculadas com base na discussão metodológica de Eberhart e Russell (1966).

Segundo Verma et al.(1978), o genótipo ideal apresenta alta capacidade produtiva, baixa resposta aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$) e responsivo nos ambientes favoráveis ($\beta_{2i} > 1$) (Cruz et al., 2012).

d. Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), essa metodologia fundamenta-se em uma análise não-parâmetrica de adaptabilidade e estabilidade, possibilitando detalhar informações para ambientes favoráveis e desfavoráveis, tendo como princípio procurar o genótipo com desempenho próximo do máximo para a maioria dos ambientes.

A primeira modificação realizada foi a decomposição de P_i nas partes devidas a ambientes favoráveis e desfavoráveis. Essa primeira modificação foi tratada como Lin & Binns no presente trabalho. A estimativa de P_i é dada por, eq.(6),

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2a} \quad \text{equação(6)}$$

em que: P_i é a estimativa do parâmetro de estabilidade do i-ésimo genótipo;

Y_{ij} é a produtividade do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

M_j é a resposta máxima observada entre todos os genótipos no j-ésimo ambiente;

a é o número de ambientes.

Desta forma, quanto menor o P_i , maior é a superioridade geral do genótipo, ou seja, os genótipos de menores valores de P_i são aqueles que apresentam maior estabilidade e conseqüentemente maior produtividade.

e. Ammi (Crossa, 1990), este modelo combina componentes aditivos para genótipos e ambientes e componentes multiplicativos para efeito da interação (Duarte e Vencovsky, 1999).

A análise AMMI pode ajudar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados como na realização do chamado zoneamento agrônomico, como fins de recomendação regionalizada e de seleção de locais de teste (Gauch e Zobel, 1996), utilizando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + p_{ij} + e_{ij}$$

onde: Y_{ij} é a resposta média do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

μ é a média geral;

g_i é o efeito do i-ésimo genótipo i ($i=1, 2, \dots, G$ genótipos), sendo p o posto da matriz GA, com mínimo entre $(g-1)$ e $(a-1)$;

a_j é o efeito do j-ésimo ambiente j ($j=1, 2, \dots, A$ ambientes);

λ_k é o k-ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações originais (denotada por GA);

γ_{ik} é o elemento correspondente ao i-ésimo genótipo, no k-ésimo vetor singular coluna matriz GA;

α_{jk} é o elemento correspondente ao elemento j-ésimo ambiente, no k-ésimo vetor singular linha matriz GA;

p_{ij} é o resíduo associado ao termo $(ga)_{ij}$ da interação clássica do genótipo i com o ambiente j ;

e_{ij} é o erro experimental médio.

Nesta análise, o modelo adequado possui significância para os eixos e não-significância para o resíduo. As coordenadas nos eixos principais do gráfico Biplot permite identificar os genótipos e ambientes mais estáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises individuais

Nas análises individuais (Tabela 5) houve diferenças significativas entre os tratamentos na maioria dos ambientes, mostrando assim, a existência de variação genética. Já a diferença das médias das cultivares nos diferentes anos ocorreu devido as variações climáticas ocorridas nos dois anos.

As médias variaram entre 8137kg/ha (Brejo) e 11747kg/ha (Dores alta adubação 2012) no ano de 2012 e entre 6251kg/ha (Brejo) e 10166kg/ha (Frei Paulo) no ano de 2013. Os ensaios de 2012 em Balsas, Colinas, São Raimundo das Mangabeiras, Nova Santa Rosa, Teresina, Uruçuí, Dores (alta adubação), Dores (baixa adubação) e Umbaúba apresentaram rendimentos médios acima da média geral (8711kg/ha) assim como os ensaios de 2013 em Colinas, Dores (alta adubação), Frei Paulo e Umbaúba.

A diferença na adubação dos ensaios de Nossa Senhora das Dores teve influência na produtividade, onde o ensaio de alta adubação obteve maior produtividade nos dois anos, apresentando uma diferença de 1.996 kg/ha e 1.993,14 kg/ha em relação ao ensaio de baixa adubação nos anos de 2012 e 2013, respectivamente. Esta diferença na produtividade mostrou que maiores doses de N, P₂O₅ e K₂O na adubação favorece o ambiente para o cultivo de milho nesta região quando comparada as demais uma vez que a média geral neste ambiente foi a maior (Tabela 6).

As cultivares 30 A 68 HX e 2 B 707 HX obtiveram ótimos rendimentos em, respectivamente, 92% e 96% dos ambiente e apresentaram as maiores médias gerais, mas não mostraram diferenças destas quando comparadas as cultivares 30 A 95 HX, 2 B 710 HX, 30 A 16 HX, 30 A 37 HX, 2 B 587 HX e 2 B 604 HX.

Já as cultivares que apresentaram menores rendimentos médios foi BRS 2022 e BRS 2020.

Os coeficientes de variação (CV), que mede a precisão experimental média, nos experimentos de 2012 oscilaram de 7,1% (Umbaúba) e 13,9% (Balsas) e em 2013 oscilaram de 5,9% (Frei Paulo) e 12,3% (Colinas), conferindo boa precisão aos ensaios, conforme critérios adotados por Gomes (2009).

Interação das cultivares com os locais e anos

As significância das fontes de variações mostram que existem diferenças marcantes entre as cultivares, os ambientes e os anos (Tabela 7).

O resultado significativo entre ambientes x anos, mostra que existiu diferenças edafoclimáticas dos ambientes nos dois anos interferindo na produção das cultivares. A significância dos efeitos de cultivares x ambiente e cultivares x ano indicou que houve comportamento diferencial das cultivares tanto nos diversos ambientes quanto nos anos avaliados, revelando assim que a classificação das

cultivares não foram coincidentes nos locais e anos de avaliação, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et.al.(2012, 2013), que também encontrou diferenças significativas nestas fontes de variação em estudos com milho híbrido na Região Nordeste.

Como as cultivares reagiram diferentemente frente às variações ambientais, pode-se fazer o estudo pela análise da estabilidade proposta, permitindo predizer com mais detalhes o comportamento de cada uma das cultivares de milho frente às variações ambientais entre e dentro de anos.

Análise de adaptabilidade e estabilidade.

A produtividade média de grãos variou de 7.354 kg/ha (BRS 2020) a 9.402 kg/ha (30 A 68 HX), com média geral de 8.711 kg/há (Tabela 8).

Vários trabalhos relatam a utilização do método de Eberhart e Russel (1966) para avaliação de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho: Vendruscolo EC et al. (2001) na região centro-sul do Brasil, Faria et al. (2010) em municípios de Minas, Carvalho et al. (2012) no estado do Tocantins, Oliveira et al. (2013) nos estados do Paraná e Santa Catarina, entre outros.

Considerando como primeiro parâmetro de avaliação, para este método, a média geral, os híbridos 30 A 68 HX, 2 B 707 HX, 30 A 16 HX, 2 B 587 HX, 2 B 710 HX, 2 B 604 HX e 30 A 37 HX se destacaram por apresentarem médias superiores a 9000 kg/ha.

Os híbridos 2 B 707 HX, 30 A 16 HX, 2 B 587 HX, 2 B 604, 30 A 95 HX, 30 A 91 HX e 2 B 688 HX apresentaram as média superiores a média geral (8711,12 kg/ha) e valores de β_{1i} significativamente maiores que um, sendo assim, considerados como genótipos adaptados a ambientes favoráveis e, conseqüentemente, se sobressaem em relação aos demais quando for utilizado maior nível tecnológico.

Quanto a estabilidade, com exceção dos híbridos 30 A 37 HX, 20 A 55 HX, 30 A 91 HX E 20 A 78 hx, todos apresentaram desvios de regressões estatisticamente diferentes de zero, evidenciando baixa previsibilidade nos ambientes em que foram estudados. No entanto Cruz et al. (198) consideram que os materiais que apresentam estimativas de $R^2 > 80$ não devem ter seus graus de previsibilidade prejudicados. Os coeficientes variaram de 35% a 90%, onde oito híbridos

apresentaram valores acima de 80% e médias superiores a media geral, desta forma não se deve limitar a decisão sobre o uso destes.

O híbrido 30 A 68 HX apresentou a maior média, capacidade satisfatória quanto ao estímulo do ambiente ($\beta_{1i} = 1,03$), δ^2_d significativo e desvio de regressão considerado baixo ($R^2 = 70$), sendo assim não se pode recomenda-lo como de adaptabilidade geral. No entanto, o genótipo 2 B 710 HX, apresentou média alta e valores de $R^2 = 85\%$, tendo características definidas de genótipo considerado ideal.

Os genótipos que apresentaram coeficiente de regressão estatisticamente menor que um foram os P 4285 H, 30 F 53 HR e AG 8041 YG, sendo recomendados para ambientes desfavoráveis, no entanto nenhum deles apresentam boa estabilidade. Cardoso et al. (2014), citaram estes genótipos como ideais para o cultivo na região Meio-Norte do Brasil.

Na metodologia de Cruz et al. (1989) as estimativa de β_1 variou de 0,49 a 1,40 e as de $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ vario de 0,32 a 1,58.

Os híbridos 30 A 16 HX, 2 B 604 HX e 2 B 688 HX apresentaram média acima da média geral (8711,12 kg/ha), valores de β_{1i} e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ significativamente maiores que um, sendo considerados ideais para ambientes favoráveis.

Para ambientes desfavoráveis consideram-se como ideais aqueles que apresentam rendimento alto e valores de β_{1i} e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ menores que um, como por exemplo, os híbridos 30 F 53 HR, AG 8041 HX, Statusvip e BRS 2020. Dentre o conjunto de híbridos avaliados, vale ressaltar que esses quatro híbridos seriam ideais para ambientes desfavoráveis, por apresentarem estimativas β_1 e $\beta_1 + \beta_2 < 1$, mas somente o 30 F 53 HR e o AG 8041 YG poderiam ser indicados para ambientes desfavoráveis, pois os outros dois apresentam baixa capacidade produtiva impedindo que sejam indicados para qualquer situação.

Estes métodos forneceram resultados semelhantes e considerando os resultados, nota-se que o híbrido ideal preconizada pelo modelo (Cruz et. al.,1989), ou seja, aquela que exibe uma média de produção alta, β_1 menor possível (menos exigente nos ambientes desfavoráveis), $\beta_1 + \beta_2$ maior possível (responsivos à melhoria do ambiente), e variância dos desvios da regressão próxima ou igual a zero (alta estabilidade nos ambientes considerados) foi o 2 B 710 HX. A mesma situação aconteceu no trabalho de Pereira et al. (2009) onde compararam métodos de

análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijão-comum e os métodos de Eberhart e Russel e Cruz et al. exibiram redundâncias de informações.

O método de Lin e Binns (1988), mostra que o híbrido 30 A 68 HX, apresentou alto valor de produtividade e menores valores de P_i geral, favorável e desfavorável, sendo indicado como de alta estabilidade.

Os menores valores de P_i favorável foram dos híbridos 2 B 707 HX, 30 A 16 HX, 2 B 587, 2 B 710 HX e o 30 A 95 HX, sendo indicados para este ambientes e os que apresentaram menores valores de P_i desfavorável foram 30 A 37 HX, P 4285 H e o AG 8041 YG sendo indicados para ambientes desfavoráveis.

Cabe destacar os híbridos BM 820, AS 1555 YG, BRS 2022 e o BRS 2020 como genótipos de baixa estabilidade por apresentarem maiores estimativas P_i em todos os ambientes.

No que diz respeito ao método de Verma et al. (1978), os genótipos indicados para ambientes favoráveis são os 2 B 707 HX, 30 A 95 HX, 30 A 91 HX, 2 B 688 HX por apresentarem valores de β_1 e β_2 maiores que um. Para ambientes desfavoráveis são indicados os híbridos 30 A 16 HX, 2 B 587 HX, 30 A 37 HX, 2 B 433 HX, P 4285 H e o 30 F 53 HR por apresentarem valores de β_1 e β_2 menores de um.

Os ambientes considerados favoráveis foram Balsas, Colinas, São Raimundo das Mangabeiras, Nova Santa Rosa, Teresina, Uruçuí, Dores (alta adubação), Dores (baixa adubação) e Umbaúba em 2012, Colinas, Dores (alta adubação), Frei Paulo e Umbaúba em 2013. Já os ambientes considerados desfavoráveis foram, em 2012, Brejo e Frei Paulo, em 2013 foram Balsas, Brejo, São Raimundo das Mangabeiras, Nova Santa Rosa, Teresina, Uruçuí e Dores (baixa adubação).

Para identificação das linhagens mais estáveis, pelo método de AMMI, foram utilizadas as informações dos dois primeiros componentes principais (CP), que juntos explicam 46,43% das $SQ_{G \times A}$ (Tabela 7). Esses valores foram maiores do que os encontrados em trabalhos feito por Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009)

A interpretação da estabilidade no gráfico Biplot AMMI2 (Figura 1) foi realizada a partir da distância dos pontos representativos dos genótipos e ambientes à origem. Desta forma, os genótipos mais estáveis são aqueles com escores mais baixos para os eixos de interação. Os genótipos G2 (30 A 68 HX), G6 (P 4285 H), G7 (2 B 710 HX), G9 (DKB 370), G11 (20 A 55 HX), G13 (30 A 37 HX), G16 (2 B 433 HX) e G25 (2 B 688 HX) apresentaram pontos próximos à origem do biplot AMMI2, destacando como os mais estáveis. No entanto, estes híbridos não foram os mais produtivos.

Considerando o desempenho médio, podemos dizer que em relação à adaptabilidade e a estabilidade, os melhores híbridos nos ambientes avaliados foram os 30 A 68 HX, 2 B 710 HX e o 30 A 37HX. Por outro lado, os híbridos mais distantes da origem biplot foram os G8 (30 A 16 HX), G12 (30 F 53 HR), G18 (BRS 2022) e o G20 (BRS 2020), representando os híbridos que mais contribuem para a interação GxA.

Os ambientes mais estáveis foram os Amb2 (Brejo 2012), Amb3 (Colinas 2012), Amb4 (São Raimundo das Mangabeiras 2012), Amb5 (Nova Santa Rosa 2012), Amb6 (Teresina 2012), Amb7 (Uruçuí 2012), Amb11 (Umbaúba 2012), Amb12 (Balsas 2013), Amb14 (Colinas 2013), Amb15 (São Raimundo das Mangabeiras 2013), Amb17 (Teresina 2013), Amb18 (Uruçuí 2013) e Amb20 (Dores baixa adubação 2013) contribuindo menos para a interação, ao contrário dos ambientes Amb1 (Balsas 2012), Amb8 (Dores alta adubação 2012), Amb9 (Dores baixa adubação 2012), Amb13 (Brejo 2013), Amb16 (Nova Santa Rosa 2013), Amb19 (Dores alta adubação 2013) e o Amb22 (Umbaúba 2013). Entre esses ambientes apenas seis apresentaram médias inferiores a média geral, são eles: Amb2 (Brejo 2012), Amb13 (Balsas 2013), Amb13 (Brejo 2013), Amb15 (São Raimundo das Mangabeiras 2013), Amb16 (Nova Santa Rosa 2013), Amb17 (Teresina 2013), Amb18 (Uruçuí 2013) e Amb20 (Dores baixa adubação 2013).

Os ambientes Colinas, São Raimundo das Mangabeiras, Teresina e Uruçuí apresentaram valores baixos para os eixos da interação nos dois anos, desta forma a classificação dos genótipos nestes ambientes são mais consistentes.

Neste gráfico também foi possível diagnosticar as interações específicas entre cultivares e ambiente, através da distância entre os pontos dos híbridos e dos ambientes. Os genótipos específicos para o ambiente Amb6 (Teresina 2012) foi o G11 (20 A 55 HX), G13 (30 A 37 HX) e o G16 (2 B 587 HX), já o Amb18 (Uruçuí 2013) teve o G6 (P 4285 H) como híbrido mais adaptado. De acordo com Andrade et al. (2013), estas são informações importantes.

Silva et al. (2002) consideraram o método de AMMI eficiente para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos.

CONCLUSÕES

No que diz respeito à produtividade de grãos, ocorreu concordância para a indicação de cultivares de milho entre os métodos, o que torna desnecessário o uso concomitante destes.

Entre os métodos de Verma et al. (1978) e de AMMI (Crossa, 1990), também ocorreu concordância entre ambientes considerados favoráveis e desfavoráveis.

Os híbridos 30 A 68 HX, 30 A 95 HX, 2 B 710 HX, 30 A 16 HX, 30 A 37 HX, 2 B 587 HX, 2 B 604 HX e 2 B 707 HX foram os mais indicados para o cultivo, tendo em vista a produtividade de grãos. Quanto ao ambiente, Dores (alta adubação) apresentou a maior média, sendo considerado o melhor ambiente para o cultivo do milho.

REFERÊNCIAS

Backers RL et al. (2005). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27: 309-314.

Carvalho EV et al. (2013). Adaptability and stability of corn hybrids in Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.1: 25-31.

Carvalho HWL et al. (2012). **Desempenho de cultivares de milho no Nordeste brasileiro: Safra 2010/2011**. Comunicado Técnico (CPATC) 122, Embrapa, Brasília: 32 pg.

Carvalho HWL et al. (2013). **Desempenho de cultivares de milho no Nordeste brasileiro: Safra 2011/2012**. Comunicado Técnico (CPATC)- 128, Embrapa, Brasília, 36 pg.

Carvalho HWL, Santos MX, Leal MLS, Pacheco CAP, Tabosa JN (1999). Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho em treze ambientes nos tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Vol.34, n.12: 2225-2234.

Costa EFN, Souza JC, Lima JL, Cardoso GA.(2010) Interação entre genótipos e ambiente em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.45, n.12: 1433-1440.

Crossa, J (1990). Statistical analysis of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, v.44: 55-85.

Cruz CD (2001). **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística.:UFV, Viçosa, 648p.

Cruz CD, Torres RAA, Vencovsky R (1989). An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3: 567-580.

Duarte JB, Vencovsky R (1999). Interação genótipo x ambiente: uma introdução a análise AMMI. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**. (Série Monografias, 9).

Eberhart SA, Russell WA (1966). Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1: 36-40.

Eberhart AS, Russel WA.(1966) Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1: 36-40.

EMBRAPA (**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**) (2003). Available at http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_semiarido/plantio.htm. Accessed on February 28, 2015.

Engelsing MJ, Coimnra JLM, Vale NM, Barili LD, Stinghen JC, Guidolin AF, Bertoldo JG (2012). Adaptabilidade e estabilidade em milho: rendimento de grãos e severidade de cercosporiose. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.11, n.2: 106-117.

Faria VR et al. (2010). Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca relacionados por ciclos de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12: 1396-1403.

Ferreira EA (2008). **Docente do IAC**: Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em top crosses, em três locais do estado de São Paulo. 2008. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Instituto Agrônomo de Campinas. São Paulo.

Gomes PF (2009). **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Editora Fealq, Piracicaba, 451p.

Hartley HO (1950). **The use of range in analysis of variance**. **Biometrika**, v.37, n.3-4: 271-280.

Lin CS, Binns MR (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1: 193-198.

Melo LC et al. (2007). Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vv.42, n.5: 715-723.

Oliveira RBR, Moreira RMP, Ferreira JM (2013). Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho crioulo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6: 2555-2564.

Pereira SH et al. (2009). Comparação de métodos de análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4: 374-383.

Pimentel Gomes F (2009). **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Editora Fealq, Piracicaba, 451p.

Ribeiro PHE, Ramalho MAP, Ferreira DF (2000). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.35 n.11: 2213-2222.

Scapim CA, Pacheco CAP, Amaral JRAT, Vieira RF, Pinto RJB, Conrado TV (2010). Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, v. 174, n. 2: 209–218.

Silva RM, Rosse LN, Moro JR (2002). Estabilidade e estabilidade de híbridos duplos experimentais de milho. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v.3, n.1-2: 61-68.

Verma VMM, Chahal GS, Murty BR(1978). Limitations of conventional regression analysis, a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, n.2: 89-91.

Vendruscolo EC et al. (2001). Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1: 123-130.

Tabela 1. Relação dos milhos híbridos com suas respectivas origens, tipos, ciclos, cores, texturas dos grãos e empresas responsáveis.

Cultivar	Transgênica/ convencional	Tipo	Ciclo	Cor do grão	Textura do grão	Empresa
30 A 95 HX	Transgênica	HT	P	AL	SMDURO	MORGAN
30 A 68 HX	Transgênica	HS	SP	AL	SMDURO	MORGAN
BM 820	Convencional	HS	P	AV	DURO	BIOMATRIX
DKB 330 YG	Convencional	HS	SP	AM/AL	SMDENT	DEKALB
AS 1596 R2	Transgênica	HS	P	AM	SMDENT	AGROESTE
P 4285 H	Transgênica	HS	P	AM/AL	DURO	DU PONT
2 B 710 HX	Transgênica	HS	P	AM/AL	SMDURO	DOW
30 A 16 HX	Transgênica	HS	P	AL	SMDURO	MORGAN
DKB 370	Convencional	HSm	P	AM/AL	SMDURO	DEKALB
AG 8041 YG	Transgênica	HS	P	AM/AL	SMDURO	SEMENTES
20 A 55 HX	Transgênica	HT	P	AL	SMDURO	MORGAN
30 F 53 HR	Transgênica	HS	P	AL	SMDURO	DU PONT
30 A 37 HX	Transgênica	HS	SP	AM/AL	SMDURO	MORGAN
30 A 91 HX	Transgênica	HSm	P	AM/AL	SMDURO	MORGAN
2 B 587 HX	Transgênica	HS	P	AM/AL	SMDENT	DOW
2 B 433 HX	Transgênica	HT	SP	AM/AL	SMDENT	DOW
AS 1555 YG	Transgênica	HS	P	AL	SMDURO	AGROESTE
BRS 2022	Convencional	HD	P	AL	SMDENT	EMBRAPA
STATUSVIP	Transgênica	HS	P	AL	DURO	SYNGENTA
BRS 2020	Convencional	HD	P	LR	SMDURO	EMBRAPA
2 B 707 HX	Transgênica	HS	P	AL	SMDURO	DOW
20 A 78 HX	Transgênica	HS	P	AL	SMDURO	DOW
2 B 604 HX	Transgênica	HSm	P	AL	SMDURO	DOW
30 K 73 H	Transgênica	HS	P	AM/AL	SMDURO	DU PONT
2 B 688 HX	Transgênica	HT	P	AL	SMDURO	DOW

Legenda:

Tipo: HD – Híbrido duplo; HT – Híbrido triplo; HSm – Híbrido simples modificado.

Ciclo: SP – Superprecoce; P – Precoce.

Cor do grão: AL- Alaranjado; AV –Avermelhado; AM – Amarela.

Textura do grão: SMDENT – Semidentado; SMDURO – Semiduro.

Tabela 2. Coordenadas geográficas dos municípios onde foram instalados os experimentos, no Nordeste brasileiro, 2012 e 2013.

Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Tipo de solo	Precipitação Pluviométrica (mm) 2012	Precipitação Pluviométrica (mm) 2013	Temperatura Média (°C)
Colinas/MA	06 ^o 01'	44 ^o 14'	141	Argissolo VE	569,9	503,9	27
São R. das Mangabeiras/MA	07 ^o 22'	45 ^o 36'	225	Argissolo. A	865,8	865,8	26
Brejo/MA	03 ^o 41'	42 ^o 45'	55	Latossolo A	889,8	889,8	27
Balsas/MA	07 ^o 32'	46 ^o 02'	247	Argissolo A	896,5	896,5	29
Uruçuí/PI	03 ^o 11'	41 ^o 37'	70	Argissolo A	571,0	689,0	25
Teresina/PI	05 ^o 05'	42 ^o 49'	72	Argissolo A	748,8	909,1	28
Nova Santa Rosa/PI	08 ^o 24'	45 ^o 55'	469	Latossolo A	658,0	705,0	23
Frei Paulo/SE	10 ^o 55'	37 ^o 53'	272	Cambissolo	830,5	746,3	26
Nossa Sra das Dores/SE	10 ^o 30'	37 ^o 13'	200	Latossolo A	834,0	741,2	25
Umbaúba/SE	12 ^o 22'	37 ^o 40'	109	Argissolo A	821,9	1343,6	24

Legenda:

Tipo de solo: VE – vermelho escuro; A – amarelo;

Tabela 3. Análise de variância individual, com as esperanças dos quadrados médios que permitem estimar a variância genética (σ^2_G) e variância ambiental (σ^2) para a produção média de grãos, coeficiente de regressão e variância dos desvios de regressão.

FV	GL	QM	E(QM)
Total	cr - 1		
Bloco	r - 1	Q ₁	
Cultivares	c - 1	Q ₂	$\sigma^2 + R \sigma^2_G$
Resíduo	(c - 1) (r - 1)	Q ₃	σ^2

Tabela 4. Análise conjunta da variância considerando C cultivares, ensaiadas em R repetições, L locais e A anos.

FV	GL	QM	E (QM)	F
Blocos/Locais/Ano	(b-1)(l-1)(a-1)	Q1	$\sigma^2_E + g \sigma^2_B$	Q1/Q9
L	l-1	Q2	$\sigma^2_E + c \sigma^2_B + bc \sigma^2_{LA} + bac \sigma^2_L$	Q2/Q4
A	a-1	Q3	$\sigma^2_E + c \sigma^2_B + bc \sigma^2_{LA} + bac \sigma^2_A$	Q3/Q4
LxA	(l-1)(a-1)	Q4	$\sigma^2_E + c \sigma^2_B + bc \sigma^2_{LA}$	Q4/Q1
C	c-1	Q5	$\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA} + (c/c-1)bl \sigma^2_{CA} + (c/c-1)ba \sigma^2_{CL} + bla V_C$	(Q5 + Q8)/(Q6 + Q7)
CxL	(c-1)(l-1)	Q6	$\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA} + (c/c-1)ba \sigma^2_{CL}$	Q6/Q8
CxA	(c-1)(a-1)	Q7	$\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA} + (c/c-1)bl \sigma^2_{CA}$	Q7/Q8
CxLxA	(c-1)(l-1)(a-1)	Q8	$\sigma^2_E + (c/c-1)b \sigma^2_{CLA}$	Q8/Q9
E	(r - 1)(c - 1)al	Q9	σ^2_E	

onde: V_C = componente quadrático referente ao efeito do genótipo;
 σ^2_{CL} = variância do efeito da interação genótipos x locais;
 σ^2_{CA} = variância do efeito da interação genótipo x ano;
 σ^2_{AL} = variância do efeito da interação ano x local;
 σ^2_{CLA} = variância do efeito da interação genótipos x locais x anos;
 σ^2_C = variância do efeito do genótipos;
 σ^2_A = variância do efeito do ano;
 σ^2_L = variância do efeito do local;
 σ^2_B = variância do efeito do bloco;
 σ^2_E variância residual média.

Tabela 5. Análises individuais com seus respectivos GLs, QMs, C.Vs e médias (kg/ha).

Genótipos	2012										
	Maranhão				Piauí			Sergipe			
	Balsas	Brejo	Colinas	São R. das Mangabeiras	Nova Sta. Rosa	Teresina	Uruçuí	Dores (alta adubação)	Dores (baixa adubação)	Frei Paulo	Umbaúba
30 A 95 HX	12283a	10003a	10318a	8885b	10967a	11065a	10731a	13517a	10450a	7057b	11379a
30 A 68 HX	11073a	9102a	10032a	10538a	8813a	8887a	10628a	15400a	10234a	9343a	10707a
BM 820	10805a	7145b	9867a	8667b	10434a	9574a	10159a	8834c	8700b	8572a	9101a
DKB 330 YG	10697a	8030b	9024a	10655a	11065a	8125a	10418a	11267b	11017a	8857a	10951a
AS 1596 R2	10480a	7971b	9068a	11505a	9275a	8639a	8881b	11300b	10200a	8743a	10943a
P 4285 H	10438a	7569b	10182a	8183b	8666a	8404a	10625a	12100b	9467a	7329b	10115a
2 B 710 HX	10354a	6850b	10461a	9853a	10881a	9741a	11393a	11767b	9317a	9329a	10879a
30 A 16 HX	9812a	8457a	10068a	8355b	12642a	11262a	10640a	15683a	11683a	10043a	12429a
DKB 370	9770a	6879b	9766a	9686a	9665a	8316a	9807a	9850c	9534a	8072b	12194a
AG 8041 YG	9319a	6964b	9595a	9135b	10578a	8479a	10834a	10734b	8984a	8458a	10115a
20 A 55 HX	9310a	8573a	9789a	9719a	10374a	11927a	10300a	11817b	9750a	8886a	10443a
30 F 53 HR	9269a	6957b	9167a	8233b	10999a	11165a	10403a	9967c	6433b	7358b	10436a
30 A 37 HX	8901a	8595a	9253a	11492a	10479a	9417a	9722a	12067b	11017a	9829a	11450a
30 A 91 HX	8885a	8366a	9986a	9202b	10325a	9799a	10661a	13217a	10867a	9958a	10586a
2 B 587 HX	8609a	9248a	9739a	10037a	9975a	9064a	10515a	14050a	10867a	10029a	11586a
2 B 433 HX	8584a	9667a	9481a	9452b	9946a	9935a	8961b	12000b	10250a	10014a	11229a
AS 1555 YG	8551a	7880b	8791a	7448b	9521a	8549a	9021b	11784b	10517a	8815a	10901a
BRS 2022	8471a	6905b	8047a	9503b	9173a	7548a	8158b	8400c	7450b	6214b	8357a
STATUSVIP	8467a	8207a	9387a	8400b	10943a	8790a	8144b	9900c	8050b	8857a	10300a
BRS 2020	8367a	7644b	8560a	7582b	7788a	7905a	8850b	7800c	6334b	5714b	8143a
2 B 707 HX	8108a	6639b	10039a	11373a	10210a	10052a	10695a	13750a	11750a	8857a	11372a
20 A 78 HX	7540a	9272a	9867a	8016b	11007a	9899a	10525a	10217c	10217a	9672a	11843a
2 B 604 HX	7482a	8855a	10969a	9302b	10684a	9834a	11413a	14450a	11334a	9700a	10365a
30 K 73 H	7415a	8974a	9388a	9386b	11094a	8615a	9145b	11400b	9367a	8000b	10415a
2 B 688 HX	7315a	8673a	10640a	10922a	10799a	10420a	10929a	12417b	10000a	9701a	11386a
Média	9112	8137	9659	9421	10252	9416	10062	11747	9751	8696	10705
CV %	13.9	11.3	7.7	8.0	8.1	11.2	7.4	10.1	9.98	9.2	7.1
F _{trat.}	2.02*	2.25*	1.7ns	4.9**	2.9**	2.4*	3.2**	6.0**	4.5**	4.5**	3.7**
F _{amb.}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F _{TxA.}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

** e * Significativos a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

ns – não significativo.

Tabela 5. Continuação.

Genótipos	2013											Conjunta
	Maranhão				Piauí			Sergipe				
	Balsas	Brejo	Colinas	São R. das Mangabeiras	Nova Sta. Rosa	Teresina	Uruçuí	Dores (alta adubação)	Dores (baixa adubação)	Frei Paulo	Umbaúba	
30 A 95 HX	6175a	6172a	8292a	6233a	6532c	7765a	6154a	8815b	7610a	9796b	7972b	8992a
30 A 68 HX	8575a	6107a	8548a	6650a	8548b	8575a	7251a	10192a	7263a	10975a	8266b	9402a
BM 820	6413a	6515a	10136a	5850a	6666c	8062a	5763a	7818b	6485b	9278b	8094b	8275c
DKB 330 YG	6229a	7209a	9847a	7129a	5702c	7004a	6182a	7539b	7056a	9013b	7093b	8579b
AS 1596 R2	7182a	6474a	6911a	6488a	6735c	7531a	6737a	7627b	5501b	8316b	8265b	8401c
P 4285 H	7502a	7524a	7957a	7525a	7957b	7502a	8471a	10913a	7792a	10568a	8230b	8907b
2 B 710 HX	7763a	5839a	9995a	7438a	6728c	7628a	6544a	10986a	7427a	10482a	9131a	9150a
30 A 16 HX	6483a	5867a	9347a	6538a	6025c	7555a	6234a	10123a	6626b	10364a	8337b	9287a
DKB 370	8388a	7251a	8838a	6675a	6151c	7038a	5934a	8523b	7014a	10117a	10668a	8640b
AG 8041 YG	7000a	6410a	10156a	6263a	10156a	7000a	6515a	7809b	7654a	10936a	9159a	8743b
20 A 55 HX	6588a	4919a	9130a	6717a	6946c	6708a	5630a	10273a	7760a	9724b	9252a	8853b
30 F 53 HR	6500a	6255a	9571a	6888a	9571a	6500a	7524a	10442a	7571a	11204a	10647a	8833b
30 A 37 HX	6937a	6012a	8175a	6276a	8175b	6937a	6122a	9763a	7329a	11362a	11319a	9124a
30 A 91 HX	6823a	6122a	9125a	7291a	6097c	5361a	6138a	8840b	6618b	9767b	7872b	8737b
2 B 587 HX	6013a	5614a	9713a	5963a	6280c	6924a	6747a	11011a	7793a	11205a	10611a	9192a
2 B 433 HX	6800a	5365a	8901a	7163a	7006c	7050a	5937a	9786a	7656a	10364a	9846a	8932b
AS 1555 YG	6981a	6427a	7213a	7222a	5838c	7100a	6259a	6572b	5943b	9863b	7229b	8098c
BRS 2022	6550a	6600a	7939a	6402a	7939b	6550a	5365a	6571b	5621b	9460b	7422b	7428d
STATUSVIP	6238a	8471a	9168a	5272a	9168a	6238a	5617a	9900a	8050a	9235b	9653a	8345c
BRS 2020	5475a	6536a	7457a	8554a	7457c	5475a	6107a	7613b	6304b	8166b	8395b	7354d
2 B 707 HX	7925a	5836a	8969a	7325a	6648c	6125a	6687a	11328a	8902a	10965a	10311a	9301a
20 A 78 HX	5255a	5147a	7875a	6075a	6494c	6037a	7068a	10415a	8131a	11176a	9446a	8730b
2 B 604 HX	5850a	5617a	8073a	7251a	7301c	7592a	6281a	10348a	8473a	10350a	8895b	9146a
30 K 73 H	6766a	6369a	8263a	6551a	8263b	6766a	4919a	11067a	8476a	11061a	8766b	8591b
2 B 688 HX	5605a	5635a	9435a	6420a	7343c	6924a	6510a	6535b	5935b	10418a	8001b	8736b
Média	6720	6251	8761	6726	7269	6958	6348	9232	7239	10166	8915	8711
CV %	11.0	9.5	12.3	11.5	10.5	11.1	9.9	9.9	10.9	5.9	9.0	9.9
F _{trat.}	2.6*	3.4**	1.5ns	1.5ns	4.9**	1.9ns	2.7**	5.9**	2.7**	4.5**	4.2**	16.1**
F _{amb.}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121.8**
F _{TxA.}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9**

** e * Significativos a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

ns – não significativo

Tabela 6. Análise com as respectivas médias dos ambientes.

AMBIENTE	MÉDIAS
Dores (alta adubação)	10489,74
Umbaúba	9809,82b
Frei Paulo	9431,19c
Colinas	9210,09c
Nova Santa Rosa	8760,36d
Dores (baixa adubação)	8495,38e
Uruçuí	8204,99f
Teresina	8186,93f
São R. das Mangabeiras	8073,53f
Balsas	7966,18f
Brejo	7194,08g

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Análise conjunta da variância para a produção média de grãos de vinte e cinco cultivares de milho híbrido ensaiados em onze locais do Nordeste brasileiro nas safras de 2012 e 2013.

FV	GL	SQ	QM
Repetição(Ambientes(Anos))	20	40160964,5	2008048,2**
Ambientes	10	898088069,2	89808806,9**
Anos	1	1,2	1,2**
Cultivares	24	284500373,7	11854182,2**
Ambientes*Anos	10	466581619,2	46658161,9**
Cultivares*Ambientes	240	517656466,8	2156901,9**
Cultivares*Anos	24	156464481,5	6519353,4**
Cultivares*Ambientes*Anos	240	339594759,8	1414978,2**
Erro	530	390755863,1	737275,2**
CV%	9,86		
Média	8711,12		

* e **: significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 8. Produtividade média (kg/ha⁻¹), estimativa dos coeficientes (β_0 , β_{1i} e β_{2i}), dos desvios de regressão (δ^2_d), coeficientes de determinação (R^2), P_{is} (geral, favorável e desfavorável) dos genótipos de milho híbrido.

Genótipos	Média	Eberhard e Russell (1966)			Cruz et al. (1989)			Lin e Binns (1988)			Verma et al. (1978)		
		β_{1i}	δ^2_d	R^2	β_{1i}	$\beta_{1i} + \beta_{2i}$	R^2	Geral	Favorável	Desfavorável	β_{1i}	β_{2i}	R^2
30 A 68 HX	9402a	1,03ns	850431.38**	70	0,91ns	1,58**	74	1,43	1,76	1,95	1,34	0,95	37
2 B 707 HX	9301a	1,20*	684693.98**	78	1,22*	1,11ns	79	1,78	1,35	2,39	1,58	1,08	59
30 A 16 HX	9287a	1,49**	597704.35**	86	1,40**	1,91**	87	1,71	1,12	2,55	0,16	0,85	53
2 B 587 HX	9192a	1,29**	314451.11**	87	1,31**	1,19ns	87	1,85	1,44	2,44	0,99	0,85	51
2 B 710 HX	9150a	1,02ns	103367.25**	85	1,10ns	0,63ns	88	1,86	1,69	2,10	1,08	0,80	47
2 B 604 HX	9146a	1,19*	495764.81**	81	1,10*	1,63**	84	1,98	2,08	1,82	1,03	-0,18	17
30 A 37 HX	9124a	1,13ns	255791.43ns	85	1,18ns	0,89ns	85	1,75	1,78	1,69	0,63	0,81	44
30 A 95 HX	8992a	1,21*	786791.73**	77	1,18*	1,34ns	77	1,99	1,60	2,56	1,90	1,51	80
2 B 433 HX	8932b	1,06ns	-27025.11**	90	1,08ns	0,96ns	90	2,06	2,14	1,94	0,57	0,30	10
P 4285 H	8907b	0,70**	484829.04**	61	0,64**	1,03ns	63	2,39	3,14	1,31	0,74	0,74	23
20 A 55 HX	8853b	1,13ns	119157.46ns	87	1,22ns	0,68ns	90	2,21	1,94	2,58	0,68	1,50	89
30 F 53 HR	8833b	0,80*	1318922.45**	50	0,89*	0,32**	54	2,92	3,57	1,98	0,32	0,28	5
AG 8041YG	8743b	0,82*	444286.36*	69	0,84*	0,74ns	69	2,20	3,35	1,75	0,88	1,54	94
30 A 91 HX	8737b	1,18*	131312.58ns	88	1,14*	1,37ns	89	2,49	2,29	2,79	1,38	1,44	68
2 B 688 HX	8736b	1,20*	649181.43*	79	1,15*	1,43*	80	2,89	3,11	2,58	1,19	1,76	85
20 A 78 HX	8730b	1,11ns	681658.41ns	76	1,14ns	0,98ns	76	3,09	3,26	2,85	0,96	1,85	94
DKB 370	8640b	0,88ns	521731.59**	70	0,94ns	0,57*	72	2,96	3,21	2,61	1,73	0,85	51
30 K 73 H	8591b	1,00ns	394714.43**	78	0,97**	1,10ns	78	2,70	3,16	2,03	0,65	0,17	3
DKB 330 YG	8579b	1,00ns	669348.74**	72	1,00ns	0,99ns	72	2,94	3,23	2,52	0,56	1,03	31
AS 1596 R2	8401c	0,92ns	658136.68**	69	0,89ns	1,09ns	69	3,16	3,67	2,41	0,37	0,01	0
Statusvip	8345c	0,77**	649673.59**	61	0,81**	0,56*	62	3,12	3,90	2,00	1,11	0,68	24
BM 820	8275c	0,80*	611926.64**	64	0,94*	0,16**	72	3,81	4,46	2,87	0,98	1,78	75
AS 1555 YG	8098c	0,95ns	467038.09**	74	0,79*ns	1,73**	84	3,96	4,83	2,72	1,63	1,58	84
BRS 2022	7428d	0,65**	500842.29**	57	0,65**	0,65ns	57	5,87	7,41	3,66	1,10	1,21	58
BRS 2020	7354d	0,47**	737313.21**	35	0,49**	0,37**	35	6,65	8,69	3,71	1,43	1,57	83
Média Geral	8711.12												

ns- não significativo.

** e * Significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de Student, para b.
 ** e * Significativos a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F para S²d. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Análise de variância com desdobramento da interação GxA originais pelo método de AMMI, com as respectivas proporções da soma de quadrados da interação GxA acumulada em cada componente principal de interação de análise AMMI.

FV	GL	QM	Fc	Pr>F	% Prop. Acumulada ⁽¹⁾
Interação (GxA)	504	2033652,14	2,76	0,000	
IPCA1	44	6817521,88	9,25	0,000	29,27
IPCA2	42	4188500,06	5,68	0,000	46,43
Resíduo	530	737275,21			

⁽¹⁾Proporção acumulada da soma de quadrados da interação GxA acumulada em cada componente principal de interação da análise AMMI.

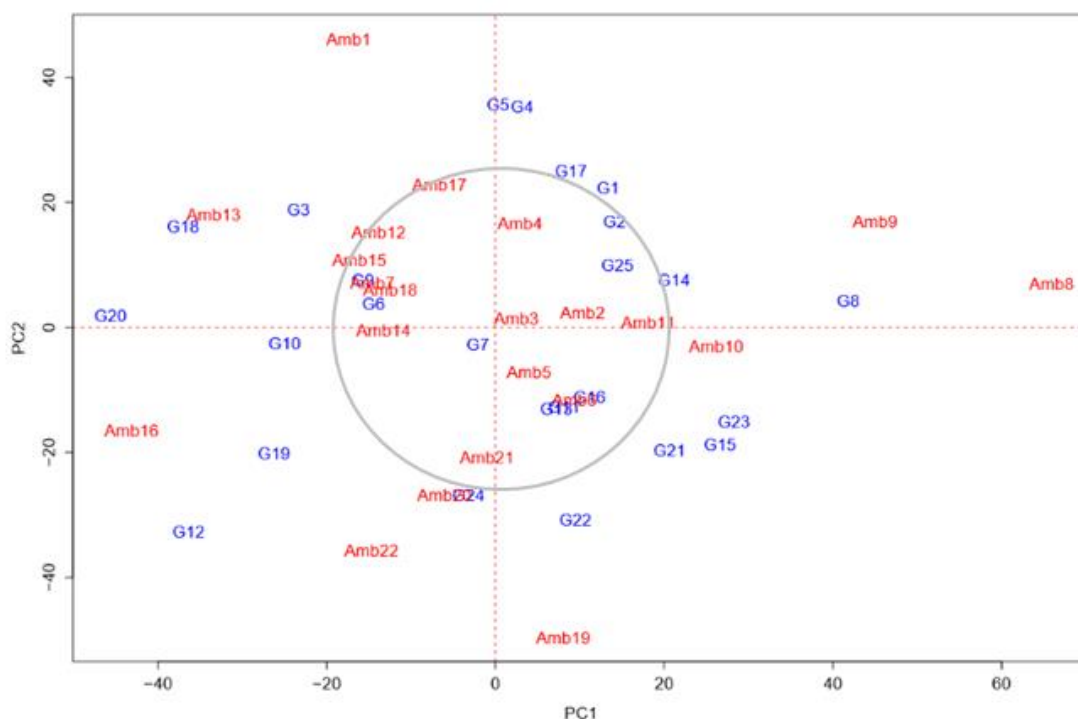


Figura 1. Biplot AMMI2 – Primeiro componente principal (IPCA1) x segundo componente principal da interação (IPCA2), de 25 genótipos (G) de milho híbrido, avaliados em 22 ambientes (Amb) da Região Nordeste do Brasil (Balsas 2012, Brejo 2012, Colinas 2012, São Raimundo das Mangabeiras 2012, Nova Santa Rosa 2012, Teresina 2012, Uruçuí 2012, Dores (alta adubação) 2012, Dores (baixa adubação) 2012, Frei Paulo 2012, Umbaúba 2012, Balsas 2013, Brejo 2013, Colinas 2013, São Raimundo das Mangabeiras 2013, Nova Santa Rosa 2013, Teresina 2013, Uruçuí 2013, Dores (alta adubação) 2013, Dores (baixa adubação) 2013, Frei Paulo 2013 e Umbaúba 2013).