

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE, DIVERGÊNCIA GENÉTICA E
OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL EM MILHO PIPOCA

THIAGO OTÁVIO MENDES DE PAULA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2009

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE, DIVERGÊNCIA GENÉTICA E
OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL EM MILHO PIPOCA

THIAGO OTÁVIO MENDES DE PAULA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2009

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE, DIVERGÊNCIA GENÉTICA E
OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL EM MILHO PIPOCA

THIAGO OTÁVIO MENDES DE PAULA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aprovada em 11 de fevereiro de 2009.

Comissão Examinadora:

Prof. Luiz Alexandre Peternelli (Ph.D. em Estatística) - UFV

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc. em Produção Vegetal) - UENF

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D. em Melhoramento de Plantas) - UENF

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc. Genética e Melhoramento) - UENF
Orientador

Ao meu amado filho.
Thiara, minha irmã querida.
Beth Mendes, minha mainha.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos a todos que comungam comigo mais esta vitória, e com participações maiores ou menores, fizeram parte do meu dia a dia durante esse período de mestrado, contribuindo para o resultado final que vai além da publicação de um trabalho, trazendo também amadurecimento profissional e pessoal. Em especial, gostaria de agradecer:

Ao nosso bom DEUS, que na essência, à perfeição conduz.

A Nossa Senhora de Aparecida, mãe protetora, que sempre me dá proteção nos momentos de maior aflição.

A toda minha família, bem mais precioso que possuo que me fortalece a cada nova caminhada, em especial minha querida mainha, minha carinhosa irmã e meu querido fillhote. A existência do meu filhote (Pedro Otávio), alegria constante e duradoura, agradeço a Rose, uma mãe muito dedicada.

Ao Professor Antônio Teixeira do Amaral Júnior, meu orientador e amigo, agradeço por sua imensa contribuição para minha formação profissional. Sempre presente, prestou toda atenção necessária para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), que, por meio dos seus cursos de pós graduação, disponibiliza formação de qualidade para os profissionais que por aqui passam.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela concessão da bolsa de mestrado;

A todos os docentes, em especial aos professores Messias Gonzaga Pereira, Alexandre Pio Viana e Rogério Daher pela atenção e sugestões, que foram sempre bastante esclarecedoras.

Ao professor Luiz Alexandre Peternelli, docente da UFV, pela contribuição essencial para a realização deste trabalho. Estendo também meus agradecimentos ao seu orientado o doutorando Mauro Sérgio.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e de Laboratório, tanto pela amizade e companheirismo quanto pelo muito que pude aprender do contato com seus projetos e experiências profissionais, tão diversas das minhas. Alguns deles (Silvério, Ramon, Vanessa, Roberta, Roberto, Rulfe, Marcelo, Fernanda, Érica, Patrícia, Silvana, Grazi, Mary, Fran, Leandro, Aroldo). Agradecimento especial aos colegas Silvério Freitas, Leandro Gonçalves, Ramon Macedo e Vanessa Quitete por toda ajuda que prestaram na realização deste trabalho.

Aos Funcionários de campo da UENF, em especial os Técnicos Agrícolas Geraldo de Carvalho e Sérgio (Campos) e José Manoel (Pesagro), e ao Engenheiro Agrônomo Paulo Rogério (Itaocara) pelo apoio durante a condução dos ensaios.

Ao secretário Daniel e a Professora Coordenadora Telma Nair, do Programa de Genética e Melhoramento de Plantas, agradeço por toda atenção que dispensaram durante o meu mestrado.

Ao meu grande amigo Gleidson Moraes, vulgo Goiaba, pela amizade e companheirismo durante os dois anos de mestrado.

Tiveram ainda muitas pessoas que foram imprecindíveis pra que eu chegasse até aqui: Tios (Jairo, Vicente), todas as minhas Tias, em especial Tia Lilia pela atenção que teve na primeira correção deste trabalho, meus avós (Joelita – “Lita ou Jorla” e Pedro “in memorian”, Jacira e Vicente “in memorian”), meu pai (Sérgio), meus primos (as) (Matheus, Diogo, Marcelo, Letícia, Vanessa, Tatiane, Júnior, Willian “in memorian”), professores da graduação (Ernane Martins e Luiz Arnaldo), entre outras pessoas (Camélia, Janu, Cecílio e amigos da graduação).

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. ASPECTOS GERAIS.....	4
2.2. ABORDAGEM ECONÔMICA.....	6
2.3. O MELHORAMENTO GENÉTICO DA CULTURA NA UENF.....	7
2.4. CAPACIDADE DE EXPANSÃO E SUA IMPORTÂNCIA AO MELHORAMENTO DO MILHO PIPOCA	9
2.5. PRECISÃO EXPERIMENTAL	10
2.6. REPETIÇÃO E SUA IMPLICAÇÃO NO MELHORAMENTO DE PLANTAS.....	12
2.7. INTERAÇÃO GENÓTIPO POR AMBIENTE	14
2.8. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE.....	16
2.9. CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS	17
2.10. DIVERSIDADE GENÉTICA	19
3. TRABALHOS.....	22
3.1. INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTE E ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM MILHO PIPOCA (ZEA MAYS L.).....	22
RESUMO	23
ABSTRACT	24
3.1.2. INTRODUÇÃO.....	25
3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1.3.1. Obtenção dos Dados e Detalhes Experimentais	27
3.1.3.2. Características Avaliadas	29

3.1.3.3. Análise Estatística	30
3.1.3.4. Estimadores de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos.....	31
3.1.3.4.1 Estimadores das Variâncias Fenotípica (σ_f^2), Residual (σ_r^2), da Variabilidade Genotípica (θ_g), do Coeficiente de Determinação Genotípico (H^2), do Coeficiente de Variação Genético (CV_g) e do Índice de Variação (I_v)	31
3.1.3.4.2. Estimadores das Correlações Entre Pares de Características ...	33
3.1.3.4.3. Decomposição da Interação em Parte Complexa.....	34
3.1.3.4.4. Estimador da Estabilidade Genotípica - Método de Lin e Binns (1988)	34
3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.1.4.1 Ambiente Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes	36
3.1.4.1.1. Análise de Variância Univariada	36
3.1.4.1.2. Agrupamento de Médias.....	39
3.1.4.1.3. Parâmetros Genéticos e Fenotípicos.....	40
3.1.4.2. Ambiente PESAGRO - RIO de Itaocara	42
3.1.4.2.1. Análise de Variância Univariada	42
3.1.4.2.2. Agrupamento de Médias.....	44
3.1.4.2.3. Parâmetros Genéticos e fenotípicos	46
3.1.4.3. Ambiente PESAGRO – RIO de Campos do Goytacazes	49
3.1.4.3.1. Análise de Variância Univariada	49
3.1.4.3.2. Agrupamento de Médias.....	51
3.1.4.3.3. Parâmetros Genéticos e Fenotípicos.....	52
3.1.4.4. Análise Conjunta	54
3.1.4.4.1. Análise de Variância Conjunta.....	54
3.1.4.4.3. Agrupamento de Médias.....	58
3.1.4.4.2. Estimativas de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos.....	59
3.1.4.4.4. Desdobramento da Interação G x A em Partes Simples e Complexa.....	61
3.1.4.4.5. Estatística P_i de Superioridade Genotípica (Lin e Binns, 1988) .	65
3.1.4.4.6. Estimativas das Correlações.....	69
3.1.5. CONCLUSÕES.....	73
3.1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
3.2. OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL DO NÚMERO DE BLOCOS POR MEIO DE ALGORITMOS DE INTERVALOS DE CONFIANÇA	82
RESUMO	83
ABSTRACT	85
3.2.1. INTRODUÇÃO.....	86
3.2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	89
3.2.2.1. Obtenção dos Dados Experimentais	89
3.2.2.2. Características Avaliadas	91
3.2.2.3. Procedimento Estatístico	91

3.2.2.3.1. Análise de Variância	91
3.2.2.3.2. Obtenção das Amostras	93
3.2.2.3.4. Processamento Computacional	96
3.2.3. <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	97
3.2.3.1. Estimativas dos Parâmetros no Ambiente Colégio Agrícola de Campos dos Goytacazes.	97
3.2.3.2. Estimativas dos Parâmetros no Ambiente PESAGRO – RIO de Itaocara.	114
3.2.3.3. Estimativas dos Parâmetros PESAGRO - RIO de Campos dos Goytacazes	128
3.2.4. <i>CONCLUSÕES</i>	144
3.2.5. <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	146
3.3. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM MILHO PIPOCA COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS	150
RESUMO	151
ABSTRACT	152
3.3.1. <i>INTRODUÇÃO</i>	153
3.3.2. <i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	156
3.3.4.1. Obtenção dos Dados e Detalhes Experimentais	156
3.3.2.2. Características Avaliadas	157
3.3.2.3. Procedimento Estatístico	159
3.3.2.3.1. Análise de Variância	159
3.3.2.3.2. Processamento Computacional	159
3.3.3. <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	161
3.3.4. <i>CONCLUSÕES</i>	173
3.3.5. <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	175
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	180
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	182
6. APÊNDICES	199
APÊNDICE A	200
APÊNDICE B	202
APÊNDICE C	204

RESUMO

DE PAULA, Thiago Otávio Mendes; M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2008; Adaptabilidade e Estabilidade, Divergência Genética e Otimização Experimental em Milho Pipoca. Orientador: Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Prof. Messias Gonzaga Pereira e Prof. Rogério Figueiredo Daher.

Objetivou-se, neste trabalho, investigar o efeito do número de repetições para a otimização de experimentações por meio de algoritmos estatísticos fundamentados em intervalo de confiança; além de avaliar as correlações genóticas, fenotípicas e de ambiente entre características de interesse agrônomo; bem como quantificar a interação genótipos por ambientes e inferir sobre a estatística P_i quanto à adaptabilidade e estabilidade entre dez genótipos de milho pipoca. Ademais, tencionou-se quantificar a diversidade entre os genótipos avaliados e obter informações mais acuradas do potencial produtivo da população UNB2U-C4 a fim e verificar o mérito para recomendação como nova cultivar. Para tanto, foram conduzidos experimentos em três ambientes, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Dez genótipos de milho pipoca foram dispostos em delineamento em blocos ao acaso, com sete repetições, com a parcela contendo 25 plantas. Constatou-se que os genótipos mais adaptados e estáveis por P_i (UNB2U-C4 e IAC112) foram também os mais produtivos. Estimativas de correlações fenotípicas e genóticas positivas e significativas foram obtidas entre produtividade de grãos e capacidade de expansão. Embora variantes para os diferentes algoritmos e suas ponderações

por intervalos de confiança, a utilização de quatro a cinco blocos proporcionou a fidedigna inferência de estimativas dos parâmetros para as características avaliadas nos distintos ambientes. Quatro ou cinco grupos divergentes foram obtidos, dependendo do método de agrupamento, sendo UNB2U-C4, IAC112 e Zélia os genótipos mais divergentes.

ABSTRACT

DE PAULA, Thiago Otávio Mendes; M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February, 2008; Adaptability and stability, genetic divergence and experimental optimization in popcorn. Adviser: Antônio Teixeira do Amaral Júnior. Committee members: Messias Gonzaga Pereira and Rogério Figueiredo Daher.

The objectives of this work were to investigate the effect of the replication number in the experiment optimization by statistic algorithms based on confidence interval, to estimate phenotypic, genotypic and environmental correlations among economically important traits, to quantify the genotype by environment interactions and to infer about adaptability and stability based on P_i statistics among ten popcorn genotypes. Besides, it was intend to quantify the genetic diversity among these genotypes and to generate more accurate information about the performance of the UNB2U-C4 population to verify its significance to be released as a new cultivar. Three experiments were conducted in three distinct environments at the North and the Northwest regions of Rio de Janeiro state, in randomized complete block design, with seven replications and 25 plants per plot. It was observed that the most adaptable and stable genotypes, based on P_i statistics (UNB2U-C4 and IAC112), also showed the highest yields. Positive and significant estimates of phenotypic and genotypic correlations were obtained between grain yield and popping expansion. Although variations occurred for statistic algorithms weighed by confidence intervals, the use of four or five replications allowed identical inferences about the trait parameters analyzed in the

different environments. Four or five divergent genotype groups were obtained, according to the clustering method used. The most divergent genotypes were UNB2U-C4, IAC112 and Zelia.

1. INTRODUÇÃO

Comparado com o milho comum, o melhoramento do milho pipoca no Brasil ainda é muito incipiente, haja vista que para a safra de 2007/08 foram disponibilizadas para comercialização 278 cultivares de milho, sendo que, destas, apenas sete foram de milho pipoca. Isto demonstra o longo caminho que ainda deverá ser percorrido pelos melhoristas no trabalho com esta cultura para a recomendação de cultivares e híbridos que agreguem altos padrões de qualidade e produtividade. Segundo Sawazaki (1995), o fato de a cultura não ter recebido a mesma atenção dada ao milho comum, é conseqüência do limitado número de instituições e melhoristas envolvidos.

A despeito da popularidade da pipoca no Brasil, os caminhos dos grãos até as prateleiras dos supermercados não são bem conhecidos, como também são poucas as informações sobre o cultivo e a comercialização. Assim, a recomendação de novas cultivares no mercado contribuirá para a mudança do *status* da cultura, como atestam os resultados alcançados por algumas empresas que têm investido na comercialização de grãos importados de países de clima temperado. Atentando-se ainda quanto a obtenção sementes de boa qualidade em cultivares que reúnam boas características agronômicas associadas às qualidades organolépticas (Sawazaki et al., 2003; Freitas Júnior et al., 2006; Scapim et al., 2006; Miranda et al., 2008; Rangel et al., 2008).

No passado recente, a cultura do milho pipoca era considerada modesta e, para atender ao consumo nacional, era necessária a importação de grãos,

sobretudo dos Estados Unidos da América e da Argentina (Galvão et al., 2000). Entretanto, mudanças no mercado foram ocorrendo. De acordo com empresas empacotadoras de milho pipoca, com o uso em larga escala de híbridos nacionais e norte-americanos, a importação de grãos teve uma grande redução.

A falta de cultivares disponíveis no mercado, que reúna boas características agrônômicas, com alto índice de capacidade de expansão, ainda é um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores nacionais. Além disso, há escassez de informações oficiais no que se refere à área plantada, produtividade e quantidade importada de grãos (Galvão et al., 2000; Seifert et al., 2006).

Para melhorar esta condição, é necessário um substancial impacto nos programas de melhoramento genético do milho pipoca. Contudo, segundo Peltonen-Sainio (1990), para que este objetivo seja alcançado, é importante a utilização de estratégias de avaliação capazes de garantir a escolha de genótipos superiores, principalmente em termos de características quantitativas. Nesse aspecto, um fator importante é a precisão experimental dos ensaios de avaliação de cultivares de milho, pois isso tem influência direta na identificação de genótipos superiores segundo Storck e Lopes (1997).

Os ensaios em melhoramentos de plantas devem ser bem conduzidos, pois a precisão experimental caracteriza a qualidade da inferência nos resultados. Quando se consegue controlar alguns efeitos como temperatura, umidade e solo, tal precisão pode ser melhorada. Desses efeitos a heterogeneidade do solo, fator possível de ser minimizado é o que mais prejudica a precisão de um experimento. O erro experimental pode ser minimizado com a utilização de um delineamento experimental adequado ao tamanho e forma de parcelas, ao número de repetições e de tratamentos utilizados e à condução do experimento e coleta de dados (Gomez e Gomez, 1984; Storck e Lopes, 1997)

Para tanto, é provável que a sobrelevação do número de repetições e/ou de ambientes favoreçam respostas mais fidedignas nos ganhos seletivos na avaliação de progênies em programas de seleção recorrente ou na análise de ensaios de competição, sobretudo em se tratando de milho pipoca em que análises inerentes são raras.

Ademais, o estudo da interação genótipos por ambientes, bem como da adaptabilidade e estabilidade, são imprescindíveis quando programas de

melhoramento dispõem de genótipos em fase de pré-lançamento. Outrossim, o conhecimento da diversidade presente em genótipos em pré-lançamento e sua comparação em materiais usados comercialmente favorece a compreensão mais acurada da estrutura da base genética desse tipo especial de milho.

No presente trabalho, objetivou-se;

- a) estudar a interação genótipos por ambientes, adaptabilidade e estabilidade;
- b) avaliar as correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre características de interesse agrônômico;
- c) avaliar o efeito do número de repetições para a otimização de experimentações por meio de algoritmos estatísticos fundamentados em intervalo de confiança;
- d) avaliar o potencial produtivo a fim de verificar o mérito para recomendação da população UNB2U-C4 como variedade de polinização aberta; e
- e) quantificar a diversidade entre genótipos elites e em fase de melhoramento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos Gerais

Pertencente a espécie *Zea mays* L., a família Poaceae, sub-família Panicoideae, tribo Maydeae, o milho pipoca difere dos outros tipos de milho devido à capacidade de se expandir. Quando comparado ao milho comum, apresenta, em geral, grãos menores, maior prolificidade, menor vigor e maior susceptibilidade a doenças (Zinsly e Machado, 1987). Tais plantas possuem geralmente um sistema radicular fasciculado e superficial, o que lhes conferem pouca tolerância à seca (Goodman e Smith, 1987).

As plantas de milho pipoca se apresentam menos vigorosas que o milho comum, com porte menor, colmo mais fino, menor número de folhas. São comumente prolíficas, ou seja, contendo várias espigas por planta, situadas numa posição mais alta, além de possuírem maior tamanho de pendão (Ziegler e Ashman, 1994). De forma geral, as plantas de milho pipoca são mais suscetíveis ao acamamento, a pragas e doenças, ao quebramento dos colmos e à podridão de grãos, necessitando de um cuidado especial durante a colheita e a secagem dos grãos, para evitar danos no pericarpo e no endosperma (Sawazaki, 2001).

São várias as hipóteses preconizadas quanto à origem genética do milho pipoca; de acordo com Bennetzen et al. (2001), a mais aceita é a que o teosinto atual seja o ancestral silvestre do milho. Outras hipóteses são que o teosinto primitivo seja o ancestral silvestre, tanto do milho comum quanto do teosinto atual,

ou ainda, que uma forma extinta de milho tunicado foi o ancestral do milho, sendo o teosinto uma forma mutante do tipo tunicado (Galinat, 1977).

Segundo Goodman e Smith (1987), existem evidências genéticas e citológicas de que o milho e teosinto são aparentados. Essas evidências consolidam-se pelo fato de que o milho e o teosinto possuem o mesmo número e homologia dos cromossomos, além da facilidade com que se inter cruzam, originando descendentes geralmente férteis.

De acordo com Dalbello et al. (1995), o grão de milho pipoca estoura devido à fina cápsula que envolve o endosperma. A película do milho pipoca funciona como uma parede rígida, que se rompe quando a pressão interna aumenta, por causa do calor que é transferido para o interior do grão.

O valor do milho pipoca como cultura depende muito de sua qualidade, que é determinada, principalmente, pela capacidade de expansão (CE) e maciez, que são altamente correlacionadas (Lira, 1983). Quanto ao formato, tamanho e cor do grão, o milho pipoca apresenta alta variabilidade. Os tipos de maior aceitação comercial são os de grãos redondos, tipo pérola, e com endosperma alaranjado (Ziegler e Ashman, 1994).

Segundo Zinsly e Machado (1978), o milho pipoca apresenta, em termos de comercialização, uma classificação de mercado do seguinte tipo: pipoca americana extra, pipoca americana especial, pipoca amarela extra, pipoca amarela especial. Essa classificação orienta o comércio das principais variedades de milho pipoca, já que existem outras variedades de aceitação local ou regional que são também comercializadas.

A comercialização dos grãos é feita por peso e uma proporção do produto final é vendida pelo volume (pipoca). Por isso, a capacidade de expansão (CE) da pipoca é um dos fatores mais importantes, quando se faz referência a sua qualidade. Atualmente, há concordância entre melhoristas de milho pipoca de que o valor mínimo de CE, para lançamento, é de 30 mL.g^{-1} (Matta e Viana, 2001; Sawazaki, 2001; Scapim et al., 2006).

2.2. Abordagem Econômica

No Brasil, durante a década de 90, o plantio comercial de milho pipoca era considerado modesto, sendo necessário grande volume de importações, sobretudo dos Estados Unidos da América e da Argentina (Galvão et al., 2000). Entretanto, algumas mudanças no mercado da cultura ocorreram a partir do ano 2000. Segundo informações das empresas empacotadoras, houve uma redução na importação de grãos, grande parte em função do uso do híbrido simples modificado IAC-112 (Sawazaki, 2001), e dos híbridos norte-americanos cultivados no país de uso restrito em algumas empresas (Sawazaki et al., 2000).

Santos et al. (2007) relatam que o cultivo de milho pipoca por meio do sistema integrado entre empresas empacotadoras e produtores tem crescido no país. Após selecionarem a região onde querem produzir, as empresas fornecem as sementes e a tecnologia, favorecendo o aumento de produtividade e redução nos custos de produção. Na safra de 2003 foram colhidas 50 a 60 sacas por hectare pelos melhores produtores, sendo pago pelas empacotadoras cerca de R\$ 45,00 por saca aos cooperados. O custo de produção variou de R\$ 800,00 a R\$ 1.200,00.ha⁻¹, em função da tecnologia utilizada. O valor de mercado do milho pipoca é bem superior ao do milho comum.

Nos Estados Unidos da América, a cultura do milho pipoca movimenta anualmente cerca de 1,15 bilhões de dólares, onde 19 milhões de m³ de pipoca são vendidos anualmente (Whittell, 2002). Este se configura como um grande produtor mundial, com área de 101.538 mil hectares e produtividade de 3,7 T.ha⁻¹, totalizando 375.691 mil toneladas (Agrianual, 2002).

De acordo Freitas Júnior (2008), no ano agrícola de 2008 o preço médio da saca de 30 kg de milho pipoca estava em torno de R\$ 43,00. Considerando uma produção média de 2.500 quilos por hectare (produção média nacional, o que indica que este valor poderá ser superior, dependendo da cultivar e das condições de cultivo), vendendo-se a saca a R\$ 43,00, tem-se uma renda bruta de, aproximadamente, R\$ 3.583,00 por hectare. Se descontar este valor por, aproximadamente, R\$ 1.000,00 (que é o custo médio de produção), o produtor terá uma renda líquida de, aproximadamente, R\$ 2.583,00 por hectare. Isso é um lucro fantástico, considerando um ciclo de quatro meses por ano. Se o produtor utilizar irrigação, poderá, para as regiões Norte e Noroeste Fluminense, obter até

duas safras por ano. Se for considerado o cultivo em um alqueire com 4,8 ha, o lucro final, com dois plantios por ano, será de, aproximadamente, R\$ 23.763,60 por ano.

O milho pipoca tem demonstrado elevado potencial para ser explorado na agricultura brasileira. Para os pequenos agricultores das regiões Norte e Noroeste Fluminense, a cultura se apresenta como uma nova alternativa, visto que as referidas regiões possuem vocação para o agronegócio. Segundo Rangel et al. (2008), o aumento da demanda de milho-pipoca e da respectiva importação, bem como o potencial econômico dessa cultura, indicam a necessidade do desenvolvimento de variedades brasileiras de alta qualidade.

2.3. O Melhoramento Genético da Cultura na UENF

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, tem desenvolvido um Programa de Seleção Recorrente em milho pipoca, visando à obtenção de progênies superiores para lançamento como nova variedade para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. O Programa iniciou-se com uma variedade de polinização aberta, UNB2U, originada de UNB2, após dois ciclos de seleção massal em Campos dos Goytacazes, RJ. A população UNB2 originou-se de seleção em um Composto Indígena, que a ESALQ/USP, de Piracicaba, SP, doou à UNB, de Brasília, DF. Com isso, gerou-se a população UNB-1, que foi cruzada com a variedade de milho pipoca Americana, cujas progênies selecionadas foram cruzadas com uma variedade de milho pipoca de grãos amarelos e resistentes, a *Exserohilum turcicum*. Após dois ciclos de seleção massal foi obtida uma população formada por plantas resistentes, com alta produção e com grãos amarelos. Tal população foi retrocruzada, por três vezes, com a variedade Americana, originando, assim, a população UNB2, de polinização aberta (Pereira e Amaral Júnior, 2001).

Pereira e Amaral Júnior (2001), buscando a melhor estratégia para o estabelecimento de um programa de melhoramento que maximizasse os ganhos desejados de milho pipoca na UENF, utilizaram o Delineamento I, de Comstock e Robinson (1948), e avaliaram 92 famílias de irmãos completos em dois ambientes contrastantes. Evidenciaram a existência de suficiente variabilidade genética para capacidade de expansão e produção de grãos. Segundo os autores, a herança

para capacidade de expansão foi tipicamente aditiva e, conseqüentemente, maiores ganhos para estas características seriam possíveis com o método de seleção recorrente intrapopulacional entre famílias de irmãos completos.

Por conseguinte, Daros et al. (2004) implementaram o primeiro ciclo de seleção recorrente em UNB2U. Para tanto, foram avaliadas 75 famílias, em dois ambientes (Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ). Os resultados do ciclo C₁ revelaram a possibilidade de progresso genético de 4,69 % para produção de grãos e 10,39 % para capacidade de expansão.

Em continuidade ao programa, Daros et al. (2004) implementaram o segundo ciclo de seleção recorrente, contudo, utilizando famílias endogâmicas (S₁), a qual revelou suficiente variabilidade genética a ser explorada em ciclos futuros, o que é essencial para o sucesso do programa. A seleção das famílias superiores, realizada com base no índice de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), proporcionaram ganhos preditos de 26,95 % para produção de grãos e de 17,8 % para capacidade de expansão.

Santos et al. (2007), trabalhando com famílias de meios-irmãos, que foram obtidas a partir de UNB2U-C2, predizeram a possibilidade de progressos genéticos de 5,70 % para a característica capacidade de expansão e 8,98 % para produção de grãos no terceiro ciclo de seleção recorrente. A seleção das famílias superiores, realizada com base no índice de Mulamba e Mock (1978), produziu ganhos preditos de 7,16 % para capacidade de expansão e 10,00 % para produção, além de ganhos negativos para espigas doentes e atacadas por pragas e plantas acamadas e quebradas, sendo, portanto, o procedimento mais adequado na seleção de progênies superiores para constituírem o terceiro ciclo de seleção recorrente.

Freitas Júnior (2008) implementou o quarto ciclo de seleção recorrente utilizando progênies de irmãos completos, a partir da população UNB2U-C3. A utilização do índice de seleção Mulamba e Mock (1978) permitiu a predição de ganhos negativos para número de espigas doentes e atacadas por pragas, número de plantas quebradas e acamadas e espigas mal empalhadas. Já para capacidade de expansão e rendimento dos grãos, proporcionou ganhos superiores aos demais índices, com valores respectivos de 10,55 % e 8,50 %, permitindo, assim, a seleção das 30 melhores famílias para a continuidade do programa.

Atualmente, um quinto ciclo de seleção recorrente na população UNB-2U está sendo concluído. Há perspectivas de que a população UNB2U gere uma nova variedade de milho pipoca com potencial para uso em plantios comerciais nas regiões Norte e Noroeste Fluminense.

2.4. Capacidade de Expansão e sua Importância ao Melhoramento do Milho Pipoca

Busca-se no melhoramento de milho-pipoca, obter cultivares que agreguem características de alta produtividade e qualidade, o que tem sido difícil em razão da correlação genética negativa entre a produtividade de grãos e a capacidade de expansão, as quais têm sido consideradas as características de maior importância no melhoramento do milho pipoca (Gama et al., 1997; Dofing et al., 1991). A capacidade de expansão é a relação entre o volume de pipoca expandido e o volume ou o peso de grãos utilizados para expansão. O valor do milho pipoca depende principalmente de sua qualidade, expressa pela capacidade de expansão, pela maciez e pelo sabor.

Ao agricultor interessa produtividade elevada e bons caracteres agrônômicos na população em cultivo; ao consumidor, alta capacidade de expansão (CE), que confere à pipoca melhor textura e maciez.

Considerado como uma característica de herança aditiva (Pereira e Amaral Júnior, 2001), o índice de capacidade de expansão do milho pipoca é afetado tanto por fatores genéticos quanto por fatores não-genéticos, como as condições de desenvolvimento em campo, de colheita e do pré-processamento. Contudo, a melhoria da capacidade de expansão não deve estar desvinculada de ganhos para produção de grãos, que por sua vez, tem sido elucidada provir de efeitos de dominância (Lierly, 1942; Pacheco et al., 1998; Pereira e Amaral Júnior, 2001).

A capacidade de expansão do milho pode ser descrita como uma explosão provocada pela expansão, sob pressão, da umidade contida nos grânulos de amido, ocorrendo hidrólise da maioria do amido, perda de umidade e extinção de toda estrutura celular do endosperma (Weatherwax, 1922). Quando aquecido, o amido do milho pipoca expande-se, aumentando gradualmente a pressão interna do grão até o momento em que ocorre a explosão, quando a temperatura chega a, aproximadamente, 180 °C e a pressão atinge 930,8 Kpa (Silva, 1993). O pericarpo impede a passagem do vapor de água e faz com que a pressão

aumente até um limite em que ele se rompe e o milho estoura (Hoseney et al., 1983).

De acordo com Machado (1997), os fatores ambientais, como temperatura de secagem, presença ou não de danos mecânicos no pericarpo, teor de umidade inicial na colheita, teor de umidade final depois da secagem, propriedades físicas (como tamanho do grão e massa específica) e idade fisiológica dos grãos, têm influência direta sobre a capacidade de expansão. Nascimento e Boiteux (1994) destacam que para uma melhor avaliação dos testes de CE é necessária a padronização do teor de umidade, em torno de 12 %.

No ano agrícola 1991/92, quando o primeiro Ensaio Nacional de Milho-Pipoca foi realizado, a CE média foi de $17,5 \text{ mL.mL}^{-1}$ e a média da melhor cultivar foi de $20,8 \text{ mL.mL}^{-1}$. Na década de 40, a CE de híbridos e populações comerciais nos Estados Unidos da América variava de 23,2 a $32,7 \text{ mL.g}^{-1}$. Uma boa população de milho-pipoca deve ter CE acima de 21 mL.mL^{-1} . Valores acima de 26 mL.mL^{-1} indicam excelente pipoca (Galvão et al., 2000; Scapim et al., 2002).

Bons resultados foram obtidos por Sawazaki et al. (2000) e Galvão et al. (2000) para produtividade de grãos e capacidade de expansão em trabalhos realizados em São Paulo e Minas Gerais, respectivamente. Nesses ensaios, a capacidade de expansão média variou de 32 a 36 mL.g^{-1} e a produtividade média de grãos ficou acima de 4.000 kg.ha^{-1} , cujos resultados se aproximam dos melhores híbridos norte-americanos.

2.5. Precisão Experimental

Definido por Steel e Torrie (1980) como sendo a variação devida ao efeito dos fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso, de forma aleatória, o erro experimental interfere diretamente na análise e na conclusão de experimentos, pois quanto maior este, as diferenças entre tratamentos poderão não ser detectadas com o auxílio da estatística F e as médias de tratamentos serão erroneamente não discriminadas (Storck et al., 2000). O uso dos princípios básicos da experimentação no planejamento, condução e análise de experimentos são fundamentais para se manter o erro experimental em níveis aceitáveis (Banzatto e Kronka, 1995; Cruz e Carneiro, 2006) e permitir fazer inferências mais precisas sobre as variáveis observadas.

Outra forma de minimizar o efeito do erro experimental na qualidade de experimentos é o uso de maior número de repetições, combinado com parcelas menores e realização dos tratos culturais mais uniformes (Storck et al., 2000). Rangel et al. (2007) salientam ainda que o maior número de ambientes é favorável para identificação de variabilidade entre os genótipos.

De acordo com Eberhart (1970), em programas de melhoramento, a diminuição do erro experimental em função do número de plantas por parcela e de repetições é de grande interesse, uma vez que conduz a redução da variância fenotípica, contribuindo para aumento do coeficiente de herdabilidade, e, conseqüentemente, para maiores progressos genéticos com a seleção.

Resende e Souza Júnior (1997), no intento em obter informações a respeito do número de repetições ideais para avaliação de progênies de meios-irmãos em milho, verificaram que o aumento do número de repetições de duas para três proporcionou um considerável aumento no progresso com a seleção.

Lúcio et al. (2004), visando avaliar a qualidade experimental nos ensaios de competição, concluíram que o uso de equação linear múltipla e de análises de correlações linear simples de trilha foram eficientes em discriminar as variáveis que influenciam a qualidade experimental, bem como o grau desta influência.

Na concepção de Storck et al. (2007), em referência a Lin e Binns (1986), considerando que o plano experimental depende do índice de heterogeneidade do rendimento de grãos (**b**) e do coeficiente de variação (CVe%) – obtidos numa área experimental – se **b** for menor do que 0,2, os experimentos devem ser planejados no sentido de aumentar o número de repetições com parcelas menores e, se **b** for maior do que 0,7, os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições.

Conforme propalado por Storck et al. (2007), a possibilidade de se estimar o índice de heterogeneidade da área experimental, a partir da estimativa da correlação intraclasse de ensaios no delineamento em blocos ao acaso, foi apresentada por Lin e Binns (1984). Segundo Storck et al. (2007), apesar de a estimativa não ser tão precisa, o procedimento é bastante atrativo devido ao grande número de experimentos executados no delineamento em blocos ao acaso. Aplicações dessa metodologia, para as culturas da soja, cevada e aveia, foram usadas para estudar a repetibilidade das estimativas de **b** num período de quatro anos (Lin et al., 1996).

Com base em outra metodologia, designada por método da máxima curvatura modificado, proposto por Lessman e Atkins (1963), foi possível para Lima et al. (2007) simularem o tamanho ótimo da parcela para a cultura do mamoeiro cultivado em casa de vegetação.

2.6. Repetição e sua Implicação no Melhoramento de Plantas

Na experimentação a existência de repetição é essencial, pois só assim é possível estimar o erro experimental e fornecer condições para testar a(s) hipótese(s) formulada(s). De acordo com Ramalho et al. (2005), em se tratando do teste de hipótese, esse será mais preciso quanto menor for a estimativa do erro experimental que, em realidade, reflete a variância da média dos tratamentos. A variância de uma média é fornecida por S^2/r , em que S^2 é a variância do erro e r o número de repetições. Constata-se, então, que quanto maior o número de repetições menor o erro-padrão da média.

Ainda segundo esses autores, o uso de um número adequado de repetições, por possibilitar boa estimativa do erro experimental, contribui para aumentar a precisão das estimativas e, ao mesmo tempo, potencializar o poder dos testes estatísticos.

São vários os fatores que interferem no número de repetições, dentre eles, o número de tratamentos, a disponibilidade do material experimental, a disponibilidade de área experimental, o número de ambientes em que o experimento será conduzido, os recursos financeiros disponíveis e a porcentagem desejada de discriminação dos tratamentos.

De acordo com Gomes (1990), experimentos que contenham poucos tratamentos devem ser delineados com um maior número de repetições, isto porque deve existir um número apropriado de graus de liberdade para a estimativa do erro experimental. Exemplo disso é quando se deseja avaliar progênies provenientes de ciclos de seleção recorrente, onde o número de repetição deve ser grande devido ao pequeno número de tratamento aliado a necessidade de se ter grande precisão experimental.

No intento de avaliar os ganhos esperados após três ciclos de seleção recorrente na população CMS-39 de milho, Arriel et al. (1993) utilizaram dez repetições por necessitar de grande precisão e haver trabalhado com poucos

tratamentos. No entanto, Freitas Júnior (2008), ao avaliar 200 famílias de irmãos completos de milho pipoca, utilizou apenas duas repetições.

Simulações a partir da expressão do ganho com a seleção, a fim de verificar o impacto do número de repetições, isto é na eficiência seletiva, em função do número de tratamentos, têm sido feitas. Arriel et al. (1993) verificaram, no que se refere ao ganho esperado com a seleção em progênies de eucalipto, que utilização de um maior número de progênies - possibilitando aplicar uma intensidade de seleção mais forte, sem redução do tamanho efetivo populacional, na maioria dos casos - foi mais vantajosa do que o emprego de maior número de plantas por parcela, de repetições ou de locais.

Em se tratando da disponibilidade do material experimental, são inúmeras as situações em que a quantidade de sementes limita o número de repetições. Assim, por exemplo, no caso de autógamias, como o feijoeiro, em que o número de sementes é normalmente pequeno, há o inconveniente de serem avaliadas poucas progênies derivadas de uma planta da geração anterior. Mesmo em alógamas, como o milho, quando se avaliam progênies de meios-irmãos, S1 ou irmãos completos, onde as sementes são derivadas de uma única espiga, havendo a necessidade de guardar parte das sementes para a recombinação, e conduzir os experimentos em mais de um ambiente; o número de sementes é um fator limitador do número de repetições.

Em condições onde há restrições quanto à quantidade de material experimental, de acordo com Ramalho et al. (2005), uma alternativa que tem sido propalada é o emprego de parcelas reduzidas, onde é possível conduzir os experimentos sem sacrificar, em demasia, o número de repetições.

No caso da disponibilidade de área experimental, essa pode se tornar um fator limitador, principalmente em se tratando de plantas perenes, que ocupam grande áreas, em razão do porte das plantas que exigem largos espaçamentos, como por exemplo, de progênies de cafeeiro ou eucalipto. Nesse aspecto, segundo Rossetti (2002), é frequente usarem-se parcelas grandes, em detrimento do número de repetições, para diminuir a área experimental, a mão de obra e o conseqüente custo da pesquisa; contudo, essa prática traz prejuízos à precisão das estimativas dos parâmetros e à aplicação eficiente de testes estatísticos.

Em trabalho realizado por Rangel et al. (2007), foi verificado que além do acréscimo no número de repetições, o aumento do número de ambientes é

também favorável para expressão da variabilidade entre os genótipos, ou seja, contribuiu para uma melhor precisão experimental. Ramalho et al. (2005) salientam que existindo sementes disponíveis para oito repetições, é mais aconselhável conduzir o experimento em quatro locais com duas repetições em cada um deles, vez que assim se provê maior precisão experimental do que em apenas em um local com oito repetições.

2.7. Interação Genótipo por Ambiente

A presença de interação entre genótipos e ambientes (IGA) é decorrente do comportamento diferenciado de materiais genéticos frente à variação do ambiente, sendo esta um fator que dificulta a seleção de genótipos mais adaptados (Duarte e Vencovsky, 1999; Cruz e Carneiro, 2006). Características quantitativas, especialmente afetados pelo ambiente, apresentam freqüente significância deste efeito (Bernardo, 2002).

Programas de melhoramento de plantas visam identificar genótipos com alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes da região para a qual são recomendados. Nesse aspecto, a interação genótipos por ambientes deve ser concebida não como um problema ou um fator indesejável, cujos efeitos devem ser minimizados em um programa de melhoramento. Ao contrário, como um fenômeno biológico natural, cumpre conhecê-lo o suficientemente bem, para melhor aproveitá-lo no processo de seleção (Chaves, 2001).

O trabalho com o melhoramento de plantas, no que diz respeito a IGA, é facilitado quando na busca por materiais genéticos que, ao serem avaliados nos vários ambientes, não mostrem alterações significativas, conferindo, assim, uma maior segurança na recomendação de cultivares. Quando ocorre significância da IGA, há três estratégias básicas para atenuar o seu efeito, a saber: i) identificar cultivares específicos para cada ambiente, o que geralmente é inviável devido ao custo; ii) obter genótipos com baixa IGA, sendo que a estratificação do ambiente em sub-regiões mais homogêneas facilita a seleção de genótipos mais estáveis, mas a interação pode continuar significativa devido ao efeito de ano; e iii) identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica (Eberhart e Russel, 1966; Ramalho et al., 1993; Scapim et al., 2000).

São descritos dois tipos de interação quanto a sua natureza: simples e complexa (Robertson, 1959). Nas interações simples mantém-se a classificação de desempenho entre os materiais genéticos nas diversas condições, sendo ocasionada pela diferença de variabilidade dos genótipos nos ambientes considerados (Moll et al., 1978), não representando problemas ao melhoramento, pois não causa mudanças na classificação dos genótipos entre ambientes (Cruz et al., 2004). Em contrapartida, interações complexas são decorrentes da ausência de correlação entre o desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes, alterando, assim, a classificação dos genótipos entre ambientes (Vencosky e Barriga, 1992).

Segundo Ramalho et al. (1993), a interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; assim, a recomendação de cultivares pode ser feita de forma generalizada. A interação complexa indica a presença de materiais adaptados a ambientes particulares; isto traz uma complicação para o melhorista, uma vez que a recomendação é restrita a ambientes específicos.

Na prática para tornar a recomendação a mais segura possível, é necessário um estudo detalhado acerca da adaptabilidade e da estabilidade das cultivares, bem como de suas características mais importantes economicamente. Portanto, para diminuir o efeito da interação $G \times A$, a implementação de experimentos no maior número possível de locais e anos é necessária para se avaliar a magnitude da interação e seu possível impacto sobre a seleção e a recomendação de cultivares (Farias et al., 1997; Nunes et al., 2002).

O estudo da interação $G \times A$, apesar de ser de grande importância para o melhoramento, não proporciona informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pois são os meios mais utilizados para amenizar as conseqüências da IGA. Em decorrência, torna-se possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivos frente às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Ramalho et al., 1993; Cruz et al., 2004).

2.8. Adaptabilidade e Estabilidade

Dentre as definições propostas para os conceitos de adaptabilidade e estabilidade, Eberhart e Russel (1966) e Mariotti al al. (1976) consideram a adaptabilidade com sendo a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos em expressar um comportamento altamente previsível, em função do estímulo ambiental.

Outro conceito para adaptabilidade ainda muito utilizado é aquele preconizado por Verma et al. (1978), que definem como sendo a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes em ambientes desfavoráveis, mas com habilidade de responder à melhoria das condições ambientais.

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade, a escolha do método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, precisão requerida e do tipo de informação desejada. Existem dezenas de metodologias para análise da adaptabilidade e estabilidade destinadas a avaliação de um grupo de genótipos, em vários ambientes, distinguindo-se nos conceitos de estabilidade e princípios utilizados (Cruz et al., 2004).

As análises de adaptabilidade e estabilidade são, portanto, procedimentos estatísticos que permitem identificar as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais. Algumas dessas análises permitem, também, dividir os efeitos da IGA em efeitos de genótipos e de ambientes, revelando a contribuição relativa de cada um para a interação total (Rocha, 2002).

Várias culturas têm sido utilizadas para prover informações sobre a IGA e adaptabilidade e estabilidade de comportamento (Soares e Ramalho, 1993; Carvalho et al., 2002a; Daros e Amaral Junior, 2000; Vendrusculo et al., 2001; Nunes et al., 2003; Oliveira et al., 2007).

Dentre os métodos propostos para estudo e quantificação da IGA, destacam-se os procedimentos fundamentados em análise de variância (Plaisted e Peterson, 1959), regressão linear simples (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e

Russel, 1966), regressão linear múltipla (Cruz, et al., 1989) e métodos não-paramétricos (Lin e Binns, 1988; Huenh, 1990).

Conforme Vencovsky e Barriga (1992), a diferença entre os métodos sugeridos origina-se nos próprios conceitos de estabilidade e nos procedimentos biométricos para quantificá-la. Mas, o importante é que os métodos forneçam as mesmas informações em termos de indicação de cultivares, ou seja, tenham alto grau de concordância em relação aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Nesse caso, a escolha do método deve recair naquele de simples execução e fácil interpretação.

2.9. Correlações entre Características

Em programas de melhoramento, a utilização de características agronômicas correlacionadas é uma ferramenta importante no incremento da eficiência na seleção de genótipos (Paterniani e Campos, 1999). Cruz et al. (2004) ressaltam a importância das correlações, afirmando que essas associações quantificam a possibilidade de ganhos indiretos por seleção em características correlacionadas, e que, características de baixa herdabilidade, têm a seleção mais eficiente quando realizada com base em características que lhe são correlacionadas.

De acordo Carvalho et al. (2002), a produtividade é uma característica complexa e resultante da expressão e associação de diferentes componentes. O conhecimento do grau dessa associação, por meio de estudos de correlações, possibilita identificar características que podem ser usadas como critérios de seleção indireta para produtividade.

O grau de associação genético e não genético entre duas ou mais características pode ser estimado por meio do coeficiente de correlação (Hallauer e Miranda Filho, 1981). A mensuração da correlação pode ser diretamente feita entre duas características, em determinado número de indivíduos que representam a população, e é denominada correlação fenotípica, que é proveniente de duas causas: uma genética e outra ambiental. Somente a correlação genética envolve associações de natureza herdável e, por isso, é a que realmente interessa a um programa de melhoramento (Falconer, 1987).

A prática da seleção em um caráter pode alterar a média de todos os outros com as quais é correlacionado geneticamente, causando efeito indireto de

seleção em tais características. Isso assume importância relevante, uma vez que o melhorista está interessado na melhoria de um conjunto de características (Cruz et al., 2004).

O desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos sobre uma variável principal, método denominado análise de trilha ("path analysis"), proposto por Wright (1921), é uma importante ferramenta no estudo das relações entre características. Segundo Benin et al. (2003), quando há necessidade, por exemplo, de identificar plantas de elevada produção de grãos por meio de seus componentes primários e/ou secundários do rendimento, o estudo de correlação não indica a importância relativa dos efeitos diretos e indiretos desses componentes sobre a produção, não possibilitando constatar se a correlação foi estabelecida por verdadeiras relações de causa e efeito.

No melhoramento do milho pipoca, a capacidade de expansão tem revelado correlações negativas com todas as características agronômicas de interesse econômico (Brunson, 1937; Zinsly e Machado, 1987; Merlo et al., 1988; Dofing et al., 1991; Andrade, 1996). Esses resultados foram ratificados por Daros et al. (2004), que estimaram as correlações entre capacidade de expansão e produção de grãos, em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca.

Carpentieri-Pípolo et al. (2002), avaliando nove genótipos de milho pipoca, constataram que a capacidade de expansão revelou correlação fenotípica positiva com o tamanho da pipoca e com o número de grãos por volume, e correlação negativa com massa de grãos por planta. As características massa de grãos por planta e peso total da espiga revelaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas entre si, o que possibilita a utilização de uma ou de outra na seleção, optando-se pela que melhor convier aos propósitos do programa de melhoramento.

Com o intento de monitorar o comportamento de blocos gênicos entre duas gerações de seleção recorrente em UNB-2U, Daros et al. (2004) verificaram que houve acréscimo da correlação genotípica entre rendimentos de grãos e capacidade de expansão do primeiro para o segundo ciclo, denotando aumento na concentração de alelos favoráveis na população. Por sua vez, Santos (2005) verificou que a estimativa de correlação genotípica positiva e significativa ocorreu entre as características capacidade expansão e produtividade, evidenciando que

é possível em um programa de melhoramento de milho pipoca a seleção de cultivares com efeito positivo para ambas características.

No melhoramento genético da espécie, a obtenção de cultivares que sejam agronomicamente superiores e com alta qualidade de pipoca torna-se mais difícil, devido à correlação negativa entre as duas das principais características (capacidade de expansão e produtividade de grãos). Para tanto, o uso de índices de seleção tem permitido obter ganhos em ambas as características.

2.10. Diversidade Genética

A divergência genética é expressa pela diferença entre as frequências alélicas das populações, ou ainda pode ser definida com sendo a distância genética entre populações, indivíduos ou organismos, baseada em características morfoagronômicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares (Falconer, 1981; Cruz et al., 2004).

Estudos da divergência genética têm sido de grande importância em programas de melhoramento envolvendo hibridações, pois sem a necessidade de cruzamentos, identificam genitores que, em futuros cruzamentos, possibilitarão maior efeito heterótico na progênie e maior variabilidade genética nas populações segregantes (Rao et al., 1981; Cruz et al., 1994).

Para determinar a divergência genética de uma população, vários métodos multivariados podem ser aplicados. Entre os mais utilizados estão: a análise por Componentes Principais (experimentos sem repetições) a análise por Variáveis Canônicas (experimentos com repetições) - em ambos, a similaridade dos genitores é avaliada por meio de dispersão gráfica, considerando eixos cartesianos e, ainda, os métodos de agrupamento cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada como, por exemplo, a distância Euclidiana, estimada tomando-se por base dados sem repetições; ou, ainda, a distância Mahalanobis, que toma por base dados com repetição.

As técnicas de agrupamento permitem a divisão de um grupo em diversos outros grupos menores e mais homogêneos. Esta técnica depende de medidas de dissimilaridade estimadas previamente, sendo a distância generalizada de Mahalanobis a mais utilizada pela comunidade científica (Cruz et al., 2004). Na

utilização dos métodos hierárquicos, os indivíduos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido um dendrograma ou diagrama arborescente. Dentre os métodos que vêm sendo comumente utilizados, pode-se destacar o UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average).

A distorção produzida no processo de agrupamento é estimada por um coeficiente de correlação (CCC) proposto por Sokal e Rohlf (1962). O CCC é um coeficiente de correlação produto momento que quantifica a concordância entre os valores originais da matriz de dissimilaridade e os elementos da matriz cofenética (Cruz e Carneiro, 2006). Sokal e Rohlf (1962) consideram o ajuste do coeficiente de correlação cofenético bom, quando o mesmo apresenta valores $\geq 0,8$. Estes resultados indicam que houve um bom ajuste entre as matrizes originais de distâncias e as distâncias da matriz cofenética.

Existem, na literatura, diversos exemplos do emprego de técnicas multivariadas na análise de divergência genética em culturas, dentre esses, podem ser citados os realizados com cacau (Dias & Kageyama, 1997), guaraná (Nascimento filho et al., 2001), feijão (Rodrigues et al., 2002), algodão (Carvalho et al., 2003), milho-pipoca (Miranda et al., 2003) e o *Capsicum* (Sudré et al., 2005).

A análise multivariada, baseada em Variáveis Canônicas, foi relatada por Rao (1952). Segundo Cruz et al. (2004), o uso desta metodologia permite: i) reduzir o número de características em avaliação; ii) determinar a contribuição de cada variável original para a variação total observada entre as unidades amostrais; e iii) agrupar os indivíduos com mais alto grau de similaridade, por meio de dispersões gráficas. Para a interpretação satisfatória da variabilidade manifestada entre genótipos é necessário que as duas primeiras Variáveis Canônicas reúnam variação mínima de 80 % do total, contida no conjunto de características analisadas.

Aliado ao estudo da divergência genética, há o emprego das técnicas sobre a importância relativa das características, que são de grande importância para os pesquisadores, vez que possibilita avaliar com segurança a respeito das características que poderão ser utilizadas em estudos de divergência genética.

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2008a), a medida de dissimilaridade e o método de agrupamento devem garantir ao melhorista segurança na seleção de

genitores para os cruzamentos. Em caso de concordância de agrupamentos, a escolha do método deve recair naquele de simples execução e de fácil interpretação. No entanto, caso haja discordância entre os métodos, a escolha de genitores passa a depender do método utilizado, havendo a necessidade de escolha do mais eficiente.

3. TRABALHOS

3.1. INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTE E ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM MILHO PIPOCA (*Zea mays* L.)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a existência de interação entre genótipos e ambientes, assim como estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade via Lin e Binns (1988), estimar os parâmetros genéticos e proceder ao estudo das correlações entre sete características para dez genótipos de milho pipoca, em três ambientes, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete repetições, com a parcela contendo 25 plantas. A análise de variância individual revelou diferenças significativas para todas as características nas localidades avaliadas em nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F. Em relação à análise de variância conjunta, houve interação significativa para genótipos por ambientes em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, para todas as características, com exceção da altura de espiga. A maioria das características apresentou interação do tipo simples. A adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988) revelou os genótipos mais adaptados e estáveis, sendo também, os mais produtivos. Os materiais UNB2U-C4 e IAC112 foram os genótipos que contiveram os menores valores de P_i geral. Quanto à análise de correlação, detectou-se estimativa fenotípica e genotípica positiva e significativa entre produtividade de grãos e capacidade de expansão.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the interaction among genotypes by environment, as well as to estimate the adaptability and stability parameters by Lin and Binns (1998). Besides aimed to estimate the genetic parameters and to study of the correlations among seven traits in popcorn. The environments evaluated were North and Northwest region of the State of Rio de Janeiro. The experimental design was complete randomized block with seven repetitions, with 25 plants per plot the analysis of individual variance revealed significant differences for all the traits in the all environments evaluated at the were level of 1 % of probability for the F test. Regarding to the analysis of variance there were significant interaction for genotypes environment at 1 % probability by the F test, for all the traits except for the mean number of ear height. For the most of the traits there were interactions of the simple type, as well as the trait grain yield. The adaptability and stability for the method of Lin and Binns (1998) revealed genotypes, more adaptable and with high grain yield. The materials UNB2U-C4 and IAC 112 were that presented the smallest values of general P_i . The correlation analysis provided positive association between the traits grain yield and popping expansion.

3.1.2. INTRODUÇÃO

Cultura de considerável valor econômico, o milho pipoca vem tomando atenção de um número maior de pesquisadores no Brasil, haja vista o crescente número de publicações na área. Contudo, verifica-se que há necessidade de intensos estudos sobre a mesma, principalmente relacionado ao melhoramento. Nesse aspecto, considerando que a maioria das cultivares utilizadas para plantio é de origem norte-americana, há ainda a necessidade de estudos de adaptabilidade e estabilidade. Além disso, são poucas cultivares disponíveis no mercado, principalmente para o pequeno produtor (Rinaldi et al., 2007; Santos et al., 2007, Rangel et al., 2008).

Influenciando o ganho de seleção e dificultando a indicação de cultivares de ampla adaptabilidade, a presença de interação cultivar por ambiente é ponto crítico nas pesquisas de melhoramento de plantas. No entanto, pode-se desenvolver cultivares específicas para cada ambiente, subdividir a região em áreas menores ou obter cultivares com maior estabilidade, a fim de minimizar as alterações no comportamento dos genótipos em diferentes ambientes (Duarte e Paterniani, 1998).

A interação de cultivares com ambientes é um dos gargalos dentro de um programa de melhoramento, vez que restringe o progresso da seleção e recomendação. Por isso, o estudo desta interação deve merecer atenção especial dos melhoristas de plantas. Em concordância a isto, Tai (1971) preconizou duas estratégias que podem ser utilizadas para contornar a influência da interação

genótipos por ambientes: i) a subdivisão de áreas heterogêneas em subáreas homogêneas, cada uma tendo suas cultivares específicas, e ii) o uso de cultivares de alta estabilidade de rendimento em ambiente variável.

A seleção e a recomendação de genótipos mais produtivos são objetivos básicos dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada, sendo fundamental no processo de recomendação de cultivares. Em decorrência, a maioria dos pesquisadores sugere como procedimento mais racional para a indicação de genótipos, controlar os efeitos das interações genótipos x ambientes, com a utilização de cultivares que detenham alto grau de estabilidade de desempenho em uma gama convenientemente ampla de ambientes (Oliveira, 1976).

Nesse sentido, são vários os procedimentos estatísticos que permitem quantificar a adaptabilidade e estabilidade, no entanto a definição dos procedimentos a serem utilizados depende, essencialmente, do número de ambientes. Para avaliações em que menos de cinco ambientes são utilizados, não são recomendadas metodologias que se fundamentam em análise de regressão, e sim métodos como: Tradicional (Yates e Cochran, 1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1962), Lin e Binns (1988) e Kang e Phan (1991).

As metodologias relacionadas à adaptabilidade e estabilidade são alternativas utilizadas para diminuir os efeitos dessa interação, por meio da seleção de cultivares com melhor estabilidade fenotípica. São poucos os trabalhos relacionados ao milho pipoca. Além disso, Cruz et al. (2003) salientam que o estudo das estimativas dos coeficientes de correlação são de grande importância para os melhoristas determinarem o procedimento mais eficiente na determinação do processo seletivo mais adequado para a condução de programas de melhoramento genético da cultura do milho pipoca.

Por conseguinte, desenvolveu-se o presente trabalho objetivando-se avaliar a existência de interação entre genótipos e ambientes, assim como estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade via Lin e Binns (1988), estimar os parâmetros genéticos e proceder ao estudo das correlações entre sete características para dez genótipos de milho pipoca, avaliados em três ambientes, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

3.1.3. MATERIAL E METÓDOS

3.1.3.1. Obtenção dos Dados e Detalhes Experimentais

Os experimentos foram implementados no ano agrícola 2007/2008, no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situada a 21° 45' 32" de latitude sul e a 41° 20' 32" de longitude oeste, com altitude variando no município entre 20 e 30 m, classificado como tropical chuvoso, clima de bosque, com uma precipitação média anual de 1023 mm e temperatura média anual de 23 °C. Na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Itaocara, Rio de Janeiro, localizada na Região Noroeste Fluminense, situada a 21° 39' 12" de latitude sul e 42° 04' 36" de longitude oeste e a 60 m de altitude, com temperatura média anual de 22,5 °C e precipitação média anual de 1041 mm. E, ainda, na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situada a 21°19'23" de latitude sul e 41°19'40" de longitude oeste, com altitude variando no município de 20 a 30 m, e o clima classificado com do tipo Aw de Köppen.

A distância entre o Colégio Agrícola e a PESAGRO-RIO de Campos do Goytacazes é de cerca de 8 Km; do Colégio Agrícola à PESAGRO-RIO de Itaocara é de cerca de 110 Km.

Cada ensaio foi constituído por dez tratamentos (Tabela 1), no delineamento de blocos casualizados, com sete repetições. A parcela foi composta por uma linha de 5 m, espaçadas a 0,90 m uma da outra e 0,02 m entre

plantas, totalizando 25 plantas por parcela. Foram utilizadas três sementes por cova, à profundidade de 0,05 m, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência, deixando-se uma planta por cova.

A adubação de plantio foi realizada aplicando-se adubo N-P-K, em conformidade com as exigências da cultura. A primeira adubação de cobertura foi realizada cerca de 30 dias após plantio, por ocasião da amontoa, sendo a segunda em torno de 45 dias após plantio. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme recomendação de Sawazaki (2001). A colheita manual das espigas foi realizada no primeiro trimestre de 2008.

Tabela 1 – Relação dos genótipos de milho pipoca utilizados e caracterização quanto à procedência, tipo de grãos e população.

Genótipo	Procedência	Cor do grão	População
BRS Angela	Embrapa	Branca	Variedade
IAC 112	IAC	Alaranjada	Híbrido Simples modificado
IAC 125	IAC	Alaranjada	Híbrido triplo
Jade	Pioneer	Alaranjada	Híbrido triplo
Zélia	Pioneer	Alaranjada	Híbrido triplo
UNB2U-C3	UENF	Amarela	População experimental
UNB2U-C4	UENF	Amarela	População experimental
Viçosa	UFV	Amarela	Variedade
Beija-flor	UFV	Amarela	Variedade
UFVM2 Barão de Viçosa	UFV	Alaranjada	Variedade

3.1.3.2. Características Avaliadas

As seguintes características foram avaliadas: a) altura média da planta, em cm (AP); b) altura média de inserção da primeira espiga, em cm (AE); c) número de espigas (NE); d) produtividade média de grãos (PG); e) número médio de dias para florescimento (FLOR); f) massa média de 100 grãos, em g (P100); e g) capacidade de expansão dos grãos (CE).

A altura média da planta (AP) foi quantificada em cm, após o pendoamento, do nível do solo à inserção da folha bandeira, em oito plantas competitivas. Já a altura média da espiga (AE) foi obtida pela quantificação da distância, em cm, do nível do solo à base de inserção da espiga superior, em oito plantas competitivas, conforme descrito por Brunson (1937), Verma e Singh (1979) e Lira (1983).

O número de espigas por parcela (NE) foi obtido pela contagem do número de espigas colhido em cada parcela. A produtividade média de grãos (PG) foi determinada por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo, sendo expressa em Kg.ha^{-1} . O número médio de dias para o florescimento (FLOR) foi obtido pela quantificação do período compreendido entre o plantio e a liberação dos estilos de 50 % das plantas da fileira. Quanto à massa média de 100 grãos (P100), foram pesados, em balança com duas casas decimais, 100 grãos tomados aleatoriamente de plantas distintas de cada parcela (Lira, 1983).

A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, sendo expressa pela relação mL.g^{-1} , ou seja, volume estourado em relação a massa de grãos submetida ao pipocamento. Para a quantificação da capacidade de expansão, foi utilizado aparelho de microondas da marca Panasonic, Modelo NN-S65B, sob potência de 1000 W, durante 3 minutos, com duas repetições por cada parcela. Para o pipocamento dos grãos, foi utilizada uma tigela plástica especial obtida dos EUA. Em relação ao volume de pipoca, este foi obtido pela relação entre a produtividade de grãos e a capacidade de expansão, sendo expresso em $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$.

3.1.3.3. Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo procedimento de agrupamento de Scott-Knott (Scott e Knott, 1974), em nível de 5 % de probabilidade.

A análise de variância univariada para cada ambiente foi realizada considerando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ik} = \mu + R_k + G_i + \xi_{ki}$, em que μ é a média geral, R_k é o efeito da k-ésima repetição, G_i é o efeito fixo do i-ésimo genótipo, ξ_{ik} é o erro experimental (Cruz et al., 2004). As esperanças dos quadrados médios das fontes de variação relativas ao modelo estatístico usado estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Esquema da análise de variância para o delineamento de blocos casualizados completos com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e esperança de quadrados médios (E(QM))

FV	GL	QM	E (QM) ^{1/}
Repetição (R)	(r - 1)	QMB	$\sigma^2 + g\sigma^2_R$
Genótipos (G)	(g - 1)	QMG	$\sigma^2 + r\Phi_G$
Resíduo	(g - 1)(r - 1)	QMR	σ^2
Total	gr - 1		

$${}^{1/}\Phi_G = \frac{\sum G_i^2}{g - 1}$$

A análise de variância conjunta foi realizada obedecendo aos critérios de homogeneidade dos quadrados médios, onde a razão entre o maior e menor quadrado médio residual não foi superior a sete (Gomes, 1990)

Para tanto considerou-se o modelo estatístico $Y_{ijk} = \mu + R/A_{jk} + G_i + A_j + GA_{ij} + \xi_{ijk}$, em que μ é a média, R/A_{jk} é o efeito da k-ésima repetição dentro do j-ésimo ambiente, G_i é o efeito fixo do i-ésimo genótipo, A_j é o efeito fixo do j-ésimo ambiente, GA_{ij} é o efeito da interação i-ésimo genótipo dentro do j-ésimo ambiente e ξ_{ijk} é o erro experimental (Cruz et al., 2004). As esperanças dos quadrados médios das fontes de variação relativas ao modelo estatístico usado estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3 – Esquema da análise de variância conjunta para o delineamento de blocos casualizados completos com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e esperança de quadrados médios (E(QM))

FV	GL	QM	E (QM) ^{1/}
Repetição/Ambientes	(r - 1)a	QMB	$\sigma^2 + g\sigma^2_{R/A}$
Genótipos (G)	(g - 1)	QMG	$\sigma^2 + ar\Phi_G$
Ambientes (A)	(a - 1)	QMA	$\sigma^2 + g\sigma^2_{R/A} + gr\Phi_A$
GxA	(g - 1)(a - 1)	QMGA	$\sigma^2 + r\Phi_{GA}$
Resíduo	(g - 1)(r - 1)a	QMR	σ^2
Total	gar - 1		

$$1/ \Phi_{GA} = \frac{\sum_i^n \sum_j^n GA_{ij}}{(a-1)(g-1)}; \quad \Phi_A = \frac{\sum A_i^2}{a-1}; \quad e \quad \Phi_G = \frac{\sum G_i^2}{g-1}$$

3.1.3.4. Estimadores de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos

3.1.3.4.1 Estimadores das Variâncias Fenotípica (σ_f^2), Residual (σ_r^2), da Variabilidade Genotípica (θ_g), do Coeficiente de Determinação Genotípico (H^2), do Coeficiente de Variação Genético (CV_g) e do Índice de Variação (I_v)

Os estimadores dos componentes de variância para cada ambiente foram obtidos com base nas esperanças de quadrados médios apresentadas na Tabela 2, a saber:

$$\text{Variabilidade Genotípica: } \hat{\Phi}_G = \frac{QMG - QMR}{r};$$

$$\text{Variância fenotípica: } \hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{r};$$

$$\text{Variância residual: } \hat{\sigma}_r^2 = \frac{QMR}{r};$$

$$\text{Coeficiente de determinação genotípica: } \hat{H}^2 = \frac{\hat{\Phi}_G}{\hat{\sigma}_f^2};$$

$$\text{Coeficiente de variação genético: } CV_g (\%) = \left(100 \cdot \sqrt{\hat{\Phi}_G^2 / \bar{x}}\right); e$$

Índice de variação: $\hat{I}_v (\%) = 100(CV_g / CV_e)$,

em que:

QMG = quadrado médio do genótipo;

QMR = quadrado médio do resíduo; e

r = número de repetições.

De posse das esperanças de quadrados médios, contidas na Tabela 3, foram obtidas as estimativas dos componentes de variância:

Variabilidade genotípica: $\hat{\Phi}_G = \frac{QMG - QMR}{ra}$;

Variância fenotípica: $\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{ra}$;

Variância residual: $\hat{\sigma}_r^2 = \frac{QMR}{ra}$;

Variabilidade de ambiente: $\hat{\Phi}_A = \frac{QMA - QMB}{gr}$;

Componente Quadrático da Interação GXA: $\hat{\Phi}_{GA} = \frac{QMGA - QMR}{r}$;

Coefficiente de Determinação Genotípica: $\hat{H}^2 = \frac{\hat{\Phi}_G}{\hat{\sigma}_f^2}$;

Coefficiente de variação genético: $\hat{CV}_g (\%) = \left(100 \cdot \sqrt{\hat{\Phi}_g^2 / \bar{x}}\right)$;

Índice de variação: $\hat{I}_v (\%) = 100(CV_g / CV_e)$; e

Correlação intraclasse: $\hat{r} = \frac{\hat{\Phi}_G}{\sigma^2 + \hat{\Phi}_G}$,

em que:

QMG = quadrado médio do genótipo;

QMR = quadrado médio do resíduo;

QMA = quadrado médio do ambiente;

QMGA = quadrado médio da interação GXA;

QMB = quadrado médio do bloco;

r = número de repetições; e

a = número de ambientes.

3.1.3.4.2. Estimadores das Correlações Entre Pares de Características

As seguintes expressões foram utilizadas para o cálculo dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e ambiental (r_A) entre os pares de características (Falconer, 1986; Cruz et al., 2004):

$$r_F = \frac{COV_{f(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma^2_{fX} \cdot \sigma^2_{fY})}}$$

$$r_G = \frac{COV_{G(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma^2_{GX} \cdot \sigma^2_{GY})}}$$

$$r_A = \frac{COV_{A(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma^2_{AX} \cdot \sigma^2_{AY})}}$$

em que:

$COV_{F(X,Y)}$, $COV_{G(X,Y)}$ e $COV_{A(X,Y)}$ correspondem, respectivamente, às estimativas das covariâncias fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre as características ;

σ^2_{fX} , σ^2_{GX} , σ^2_{AX} , correspondem às estimativas das variâncias fenotípica, genotípica e de ambiente da característica X; e

σ^2_{fY} , σ^2_{GY} e σ^2_{AY} , correspondem às variâncias fenotípica, genotípica e de ambiente da característica Y.

A significância dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e de ambiente foi avaliada pelo teste t, em 5% e 1% de probabilidade (Cruz e Carneiro, 2003). Para a obtenção das variâncias e covariâncias fenotípicas, genotípicas e de ambiente utilizaram-se os recursos computacionais do programa SAS (1995).

3.1.3.4.3. Decomposição da Interação em Parte Complexa

A decomposição da interação em parte complexa foi realizada segundo Cruz e Castoldi (1991). A decomposição proposta por Cruz e Castoldi (1991) estabelece que a parte complexa seja obtida pela expressão: $C = \sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_1 \cdot Q_2}$, sendo Q_1 e Q_2 os quadrados médios dos genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente, e r a correlação entre as médias dos genótipos nos dois ambientes.

3.1.3.4.4. Estimador da Estabilidade Genotípica - Método de Lin e Binns (1988)

Com os resultados, realizou-se posteriormente a análise de adaptabilidade e estabilidade fundamentada em estatística não-paramétrica de Lin e Binns (1988) caracterizada pela expressão:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n},$$

em que:

P_i = índice de superioridade da i -ésima cultivar;

X_{ij} = produtividade da i -ésima cultivar plantada no j -ésimo local;

M_j = resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j -ésimo local; e

n = número de locais.

Essa expressão foi desdobrada em:

$$P_i = \frac{\left[n(\bar{X}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j + \bar{M})^2 \right]}{2n},$$

sendo:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \quad \text{e} \quad \bar{M} = \frac{\sum_{j=1}^n M_j}{n},$$

em que:

\bar{X}_i é a média das produtividades das cultivares obtidas nos “n” ambientes; e \bar{M} é a média das respostas máximas de todas as cultivares em todos os ambientes.

3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1.4.1 Ambiente Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes

3.1.4.1.1. Análise de Variância Univariada

Na Tabela 4 encontram-se as estimativas dos valores e as significâncias dos quadrados médios, bem como as médias e os coeficientes percentuais de variação experimental para as sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca, no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes.

Pode-se verificar que houve efeito significativo de genótipo para todas as características avaliadas, o que demonstra existir suficiente variabilidade genética entre os materiais estudados, o que é de fundamental importância em trabalhos de melhoramento. Com exceção do número de espigas (NE), todas as outras características apresentaram significância em 1% de probabilidade pelo teste F. A característica NE revelou significância em 5% de probabilidade.

É importante destacar o emprego do coeficiente de variação (CVe), pois esta é uma estatística muito utilizada como medida de avaliação da qualidade experimental, particularmente em ensaios comparativos para a validação das conclusões obtidas. Considera-se que quanto menor for o coeficiente de variação experimental maior será a precisão do experimento, e quanto maior a precisão experimental, menores diferenças entre as estimativas serão acusadas significativas.

Tabela 4 – Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental de sete características avaliadas em um ambiente, em genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola, Campos dos Goytacazes, 2008.

FV	GL	QM ^{1/}							
		AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
Repetição	6	1155,86	637,36	27,98	570584,68	20,19	0,606	1,951	418,24
Genótipos	9	952,72**	475,01**	32,60*	336958.39**	10,87**	7,39**	204,72**	1003,88**
Resíduo	54	102,58	71,66	13,91	61627,24	2,42	0,493	3,63	44,02
Média		162,3	98,14	26,81	1709,99	59,72	9,83	25,65	44,43
CVe(%)		6,24	8,62	13,91	14,51	2,60	7,14	7,43	14,9

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹). ^{ns} = Não significativo no nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste F; * = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e ** = Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

Observa-se, neste caso, a influência direta do erro experimental na consecução e análise dos experimentos, pois quanto maior for esse erro, as diferenças entre os genótipos poderão não ser detectadas. Portanto, quanto menor for o erro experimental, menor será o coeficiente de variação e, conseqüentemente, maior a precisão experimental.

Segundo Cargnelutti Filho e Storck (2007), em ensaios de competição de cultivares a qualidade da precisão experimental é importante para validação das conclusões obtidas. Estes autores, avaliando estatísticas para a classificação da precisão experimental de ensaios de competição de cultivares de milho, concluíram que o coeficiente de variação experimental e a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, expresso em porcentagem da média, estão associados à média e à variância residual e são estatísticas adequadas para a classificação de experimentos com médias semelhantes.

Numa classificação proposta por Gomes (1990), os coeficientes de variação em experimentos agrícolas situam-se em faixas, sendo considerados baixos quando inferiores a 10 %, médios quando se situam entre 10 % a 20 %, altos quando variam entre 20 % a 30 % e muito altos quando superiores a 30 %. Embora essa classificação seja extensivamente utilizada, para Garcia (1989), esta é muito abrangente, não considerando as particularidades da cultura pesquisada e, principalmente, não fazendo distinção entre a natureza da característica analisada. Para a cultura do milho, uma classificação dos coeficientes de variação que tem sido empregada na área de melhoramento de plantas é a proposta por Scapim et al. (1995).

De acordo a classificação de Gomes (1990), as características altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e massa média de 100 grãos (P100) (Tabela 4) expressaram C_{Ve} considerados baixos, ao passo que pela classificação de Scapim et al. (1995), tais valores (6,24 %; 8,62 % e 7,14 %, respectivamente) foram considerados médios. Estes últimos autores argumentam que para estas características consideradas menos influenciadas pelo ambiente, o método por eles utilizado, que leva em conta o critério de Garcia (1989), é mais adequado que o de Gomes (1990).

Para as características de rendimento como NE e PG (Tabela 4), houve concordância quanto à magnitude dos coeficientes de variação entre ambas as classificações, sendo considerados médios. Ao contrário, em trabalho realizado

por Freitas Júnior (2005), avaliando a produção de grãos, obteve CVE considerado muito alto pela classificação de Scapim et al. (1995) e alto pela de Gomes (1990).

3.1.4.1.2. Agrupamento de Médias

Seguem apresentadas na Tabela 5 os valores das estimativas das médias de sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca, juntamente com seus agrupamentos pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade, para o ambiente Colégio Agrícola - Campos dos Goytacazes, RJ.

Para número de espigas por parcela (NE) e número médio de dias para o florescimento (FLOR), houve a formação de apenas dois grupos, com destaque para o IAC 112 e UNB2U-C4, que apresentaram os maiores valores para cada uma das características. Neste caso, foram os genótipos que apresentaram um menor ciclo e maior número de espigas por parcela.

Tabela 5 – Agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980)^{1/} para sete características^{2/} avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola, em Campos dos Goytacazes, 2008.

Genótipos	Características							
	AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
UNB2U-C3	172,52 a	105,24 a	25,43 b	1798,41 b	60,00 a	11,36 a	25,07 b	44,89 b
UNB2U-C4	163,81 b	102,26 a	29,71 a	2133,33 a	58,00 b	11,45 a	29,83 a	63,71 a
BRS Angela	151,78 c	90,24 b	27,43 a	1673,02 c	60,86 a	9,90 c	31,33 a	52,61 b
Viçosa	176,55 a	108,57 a	27,86 a	1865,08 b	60,00 a	10,40 b	19,48 c	36,31 c
Beija-flor	162,14 b	99,05 a	27,00 a	1498,41 c	60,86 a	9,80 c	19,21 c	28,78 c
IAC 112	174,76 a	100,24 a	29,14 a	1846,03 b	57,71 b	8,10 e	25,60 b	47,12 b
IAC 125	159,17 b	92,14 b	26,00 b	1603,17 c	58,29 b	9,55 c	31,59 a	50,65 b
Zélia	159,40 b	101,55 a	28,29 a	1787,30 b	60,86 a	8,92 d	32,00 a	56,90 a
Jade	137,38 d	80,60 c	24,57 b	1412,70 c	60,57 a	9,50 c	24,26 b	34,14 c
UFVM2 Barão de Viçosa	165,48 b	101,52 a	22,71 b	1482,54 c	60,14 a	9,35 c	18,17 c	29,15 c

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, pertence a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-knott, em nível de 5 % de probabilidade.

^{2/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹).

Quanto à característica massa média de 100 grãos (P100), nota-se a formação de cinco grupos pelo agrupamento de Scott Knott (Steel e Torrie, 1980), o que denota que as populações possuem elevada distinção quanto ao tamanho dos grãos. De acordo com Ziegler e Ashman (1994), grãos menores estão relacionados à maior capacidade de expansão.

Para a altura média de plantas (AP), houve a formação de quatro grupos, enquanto que para altura média de espigas (AE), três grupos foram formados (Tabela 5). Em termos absolutos, o tratamento que deteve maior altura de planta e de espiga foi Viçosa, com altura média de 176,55 cm e 108,57 cm, respectivamente. Considerando que a média das características para este ambiente é 162,30 cm para AP e 98,14 cm para AE, isso indica que, provavelmente, não ocorrerão problemas na colheita, o que é preocupante, sobretudo quando se cultivam materiais altos, em razão dos fortes ventos que ocorrem em Campos dos Goytacazes.

Em se tratando da característica produtividade média de grãos (PG), foram constituídos apenas três grupos (Tabela 5). Cumpre destacar que o tratamento com maior média foi UNB2U-C4, com magnitude de 2133,33 Kg.ha⁻¹, seguido por Viçosa, IAC 112 e Zélia.

Para capacidade de expansão, teve-se formação de apenas três grupos. O tratamento que expressou a maior magnitude para a característica, com valor igual a 32,00 mL.g⁻¹, foi o Zélia, híbrido triplo oriundo da Pioneer sementes. Apesar de ter apresentado uma média menor em relação ao Zélia, a população em melhoramento UNB2U-C4 conteve média igual a 29,83 mL.g⁻¹, sendo esta alocada no mesmo grupo que Zélia.

3.1.4.1.3. Parâmetros Genéticos e Fenotípicos

Na Tabela 6 há as estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$) e índice de variação (\hat{I}_v) para sete características avaliadas entre dez genótipos de milho pipoca, no Colégio Agrícola, em Campos dos Goytacazes.

O conhecimento destas estimativas permite ao melhorista suscitar subsídios de grande utilidade a respeito das diferentes características avaliadas nas populações com as quais se trabalha, orientando quanto à estratégia mais apropriada de seleção e na predição de êxito em programas de melhoramento (Cruz e Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004).

Tabela 6 – Estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$) e índice de variação (\hat{I}_v) em sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola, Campos dos Goytacazes, 2008.

Características ^{1/}	Parâmetros					
	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\phi}_g$	$\hat{\sigma}_r^2$	\hat{H}^2	$C\hat{V}_g$	\hat{I}_v
AP	136,10	121,44	14,65	89,23	6,79	1,088
AE	67,85	57,62	10,23	84,91	6,73	0,896
NE	4,65	2,67	1,98	57,33	6,09	0,438
PG	48136,91	39333,02	8803,89	81,71	11,59	0,798
FLOR	1,55	1,20	0,346	77,70	1,84	0,705
P100	1,05	0,986	0,07	93,32	10,09	1,41
CE	29,24	28,72	0,519	98,22	20,89	2,81
VP	143,40	137,12	6,28	95,61	26,36	1,76

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca ($m^3 \cdot ha^{-1}$).

Observa-se na Tabela 6 uma consistente variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$) para as características AE, AP, PG, P100 e CE, acompanhadas de elevados valores para coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2) superiores a 80% e índice de variação (\hat{I}_v) com magnitudes superiores a 1,0 para AP, P100 e CE; sendo que a capacidade de expansão apresentou maior valor para \hat{H}^2 e \hat{I}_v , respectivamente, 98,22 % e 2,81.

Os valores observados para o coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$), de maneira geral, expressaram elevada variação. Na concepção de Rezende (2002),

o coeficiente de variação genético, sendo uma estatística que é expressa em relação à média da população e das características, suas estimativas permitem comparar os níveis de variabilidade presentes em diferentes populações, ambientes e características. Assim, o $CV_g^{\hat{}}$, é um parâmetro relevante nos estudos de genética quantitativa, vez que permite inferir sobre a magnitude da variabilidade presente nas populações e em diferentes características.

Reforçando a idéia de variabilidade, nas estimativas do coeficiente de variação genético ($CV_g^{\hat{}}$), observadas na Tabela 6, constata-se que as características de maneira geral, apresentaram elevados valores de $CV_g^{\hat{}}$, o que infere sobre ampla variação genética entre os materiais estudados.

Estes resultados denotam que, para o ambiente de Campos dos Goytacazes existem grandes possibilidades de identificação de materiais superiores para estas características, conduzindo, dessa forma, a uma segunda etapa, que seria o estudo da capacidade combinatória entre os melhores materiais. Às características citadas anteriormente podem ser acrescentadas FLOR e NE, por haverem revelado valores de \hat{H}^2 considerados altos, maiores que 57 %, e magnitudes próximas de 1,0, para \hat{I}_v .

3.1.4.2. Ambiente PESAGRO - RIO de Itaocara

3.1.4.2.1. Análise de Variância Univariada

Encontram-se na Tabela 7 as estimativas dos valores e as significâncias dos quadrados médios e coeficientes percentuais de variação experimental, com base na média dos tratamentos para as sete características avaliadas no ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara.

Verifica-se, para todas as características avaliadas, que ocorreu efeito significativo para genótipo (G) em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F (Tabela 7), donde se pode aventar sobre a variabilidade das populações avaliadas.

Tabela 7 - Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental de sete características avaliadas em um ambiente, em dez genótipos de milho pipoca. PESAGRO – RIO, Itaocara, 2008.

FV	GL	QM ^{1/}							
		AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
Repetição	6	296,98	35,85	38,36	632749,45	0,58	1,29	3,41	535,35
Genótipos	9	672,70**	220,44**	81,33**	1160232,01**	32,12**	12,86**	164,07**	2280,41**
Resíduo	54	66,65	76,97	24,73	182954,72	4,22	0,693	2,47	130,24
Média		206,62	116,64	23,06	2282,22	57,18	13,47	26,98	61,94
CVe(%)		3,95	7,52	21,56	18,74	3,59	6,17	5,83	18,43

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcelas, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹).
^{ns} = Não significativo no nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste F; * = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e ** = Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

Os resultados obtidos em relação ao coeficiente de variação experimental, que variaram de 3,59 % a 21,56 % (Tabela 7), referentes ao número médio de dias para o florescimento (FLOR) e número de espigas por parcela (NE), estão coerentes com os resultados obtidos em trabalhos realizados com a cultura na própria UENF. Rangel et al. (2008), avaliando a capacidade de combinação de dez populações de milho pipoca, por meio de dialelo circulante, obtiveram valores de coeficiente de variação que variaram entre 3,20 % e 24,19 % referente a número médio de dias para o florescimento e produção de grãos.

Considerando a classificação proposta de Gomes (1990), as características AP, AE, FLOR, P100 e CE (Tabela 4) apresentaram C_{Ve} considerados baixos, tendo o ambiente Colégio Agrícola - Campos dos Goytacazes recebido a mesma classificação para as variáveis descritas. Ao contrário, pela classificação de Scapim et al. (1995), os valores de C_{Ve} para as variáveis AE, NE e P100 foram considerados médio, alto e médio, respectivamente.

Em conformidade com o ocorrido no ambiente Colégio Agrícola em Campos do Goytacazes, para as características de rendimento como NE e PG (Tabela 4), houve concordância quanto à magnitude dos coeficientes de variação entre ambas as classificações. Para o ambiente PESAGRO – RIO em Itaocara, estas foram consideradas como alta e média; para o ambiente Colégio Agrícola foram médios por ambas as classificações (Gomes, 1990; Scapim et al., 1995).

3.1.4.2.2. Agrupamento de Médias

Os valores das estimativas das médias de sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca, juntamente com seus agrupamentos, pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980), em nível de 5 % de probabilidade, para o ambiente de Itaocara, RJ, estão presentes na Tabela 8.

Observou-se a formação de dois grupos apenas para número de espigas por parcela (Tabela 8), com destaque para o tratamento UNB2U-C4 com 26,29 espigas, seguido por IAC 112, Zélia e IAC 125. Verificou-se também formação de dois grupos para as características altura média de espigas (AE), produtividade média de grãos (PG) e número médio de dias para o florescimento (FLOR).

Tabela 8 - Agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980)^{1/} para sete características^{2/} avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. PESAGRO - RIO, Itaocara, 2008.

Genótipos	Características									
	AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP		
UNB2U-C3	216,07 b	123,45 a	19,00 b	1833,33 b	60,00 a	14,46 a	24,45 d	44.91 c		
UNB2U-C4	206,54 c	119,64 a	26,29 a	2860,32 a	55,43 b	14,58 a	29,29 b	83.96 a		
BRS Angela	198,93 d	116,19 b	16,29 b	1577,78 b	60,14 a	12,48 b	33,36 a	52.41 c		
Viçosa	205,95 c	122,50 a	20,57 b	2244,44 a	55,71 b	15,54 a	21,38 f	47.88 c		
Beija-flor	205,71 c	122,38 a	24,57 a	2317,46 a	55,57 b	14,89 a	23,26 e	53.92 c		
IAC 112	227,14 a	117,38 a	26,29 a	2552,38 a	55,00 b	11,54 c	33,40 a	85.15 a		
IAC 125	205,48 c	111,55 b	25,29 a	2746,03 a	55,00 b	13,55 b	32,79 a	90.32 a		
Zélia	200,00 d	113,21 b	25,86 a	2498,41 a	59,00 a	12,91 b	26,50 c	66.33 b		
Jade	191,07 d	105,84 b	23,00 a	2258,73 a	59,14 a	12,97 b	21,81 f	49.24 c		
UFVM2 Barão de Viçosa	209,29 c	114,28 b	23,43 a	1933,33 b	56,86 b	11,81 c	23,59 e	45.22 c		

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, pertence a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-knott, em nível de 5 % de probabilidade.

^{2/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹).

De acordo com a Tabela 8, constata-se a formação de quatro grupos para a altura média de plantas (AP), enquanto para altura média de espiga (AE) foram formados apenas dois grupos. Neste ambiente os tratamentos com maiores médias foram o IAC 112 para AP e o UNB2U-C3 para AE, com magnitudes de 206,62cm e 116,64cm, respectivamente. Estas médias podem ser consideradas altas, pois quando comparadas com as do ambiente Colégio Agrícola são 21 % e 16 %, respectivamente, superiores. Isso indica que podem ocorrer problemas na colheita em razão de ventos fortes, ainda mais em se tratando de milho pipoca, onde a planta é mais frágil que o milho comum, assim, pouco resistente ao acamamento.

A média dos genótipos para a produtividade de grãos no Colégio agrícola foi de 1709,99 kg.ha⁻¹ (Tabela 4), enquanto para Itaocara, essa magnitude foi de 2282,22 kg.ha⁻¹ (Tabela 7), o que implica em uma diferença de 572,23 kg.ha⁻¹, correspondendo a, aproximadamente, 19 sacas de 30 kg. O genótipo que apresentou a maior média para produtividade média de grãos (Tabela 8) foi o UNB2U-C4. Freitas Júnior (2005), que também verificou diferença de

produtividade trabalhando nos mesmos ambientes, considera que tal diferença está vinculada ao fato de Itaocara ser uma ilha, onde constantemente ocorrem alagamentos, permitindo maior acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, maior fertilidade natural do solo, o que resulta em maior produtividade.

Pode-se ainda aventar sobre as condições climáticas mais favoráveis no ambiente Itaocara e sobre questões químicas/físicas do solo. Este apresenta características físicas mais interessantes, que favorecem a disponibilidade de nutrientes para as plantas favorecendo maiores médias para características relacionadas à produção. Proporciona ainda uma maior homogeneidade do solo, desta forma, impactando positivamente o erro experimental. No ambiente Colégio Agrícola, o solo é mais argiloso; portanto, fixa mais os elementos aplicados, disponibilizando uma menor quantidade de nutrientes para plantas; além do mais, a área utilizada para experimentação vem sendo utilizada por um longo tempo sem descanso, isto ocasiona irregularidade no perfil de fertilidade do solo, contribuindo para o aumento do erro experimental.

Quanto à capacidade de expansão (Tabela 8), houve a formação de seis grupos de médias, em que IAC-112 e o BRS Angela detiveram as maiores magnitudes para a característica, com valores respectivos de 33,40 mL.g⁻¹ e 33,36 mL.g⁻¹, sendo alocados no primeiro grupo. A superioridade de IAC-112 quanto à capacidade de expansão também foi verificada por Galvão et al. (2000), Brugnera et al. (2003), Miranda et al. (2003) e Nunes et al. (2003).

3.1.4.2.3. Parâmetros Genéticos e fenotípicos

As estimativas da variância fenotípica (σ_f^2), variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípica (H^2), coeficiente de variação genético (CV_g) e índice de variação (\hat{I}_v) para sete características avaliadas entre genótipos de milho pipoca, referentes ao ambiente de PESAGRO RIO em Itaocara encontram-se na Tabela 9.

Elevada variabilidade genotípica ($\hat{\theta}_g$) pode ser observada na Tabela 8 para as características AP, PG e CE, acompanhadas de altos valores para coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), superiores a 80 % e índice de variação (\hat{I}_v), com magnitudes superiores ou próximos a 1,0; sendo que a capacidade de expansão expressou maior valor para \hat{H}^2 e \hat{I}_v , respectivamente, 98,49 % e 3,05. Estes resultados denotam que, para o ambiente de Campos dos Goytacazes, existem grandes possibilidades de identificação de genótipos superiores para estas características.

Estimativas do coeficiente de variação genético (CV_g) permitem ao melhorista ter uma noção da grandeza relativa das mudanças que podem ser obtidas por meio de seleção, ao longo de um programa de melhoramento. Nota-se na Tabela 9 que, de maneira geral, as características apresentaram elevados valores de CV_g , o que denota ampla variação genética entre os materiais estudados.

Essa variação pode ser aproveitada em programas de melhoramento visando à formação de composto para seleção recorrente, mas para isto é necessário o conhecimento da capacidade combinatória dos materiais. Coimbra et al. (2002), trabalhando com milho pipoca, também obtiveram valores elevados de CV_g para as principais características econômicas, capacidade de expansão e rendimento de grãos.

Tabela 9 – Estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$) e índice de variação (\hat{I}_v) em cultivares de milho pipoca. PESAGRO – RIO, Itaocara, 2008.

Características ^{1/}	Parâmetros					
	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\phi}_g$	$\hat{\sigma}_r^2$	\hat{H}^2	$C\hat{V}_g$	\hat{I}_v
AP	96,10	86,57	9,52	90,09	4,50	1,13
AE	31,49	20,49	10,99	65,07	3,88	0,51
NE	11,61	8,08	3,53	69,59	12,33	0,57
PG	165747,43	139611,04	26136,38	84,23	16,37	0,87
FLOR	4,58	3,98	0,603	86,86	3,49	0,98
P100	1,83	1,73	0,099	94,61	9,78	1,58
CE	23,43	23,08	0,353	98,49	17,80	3,05
VP	325,77	307,16	18,60	94,29	28,30	1,54

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹).

Em referência ao exposto, os melhores materiais identificados por ensaio de competição e avaliados quanto à capacidade de combinação podem formar um composto, originando assim uma população inicial (geralmente aleatória), que será utilizada para gerar populações subsequentemente superiores por meio de seleções entre seus indivíduos.

O coeficiente de variação genético é um parâmetro importante que permite inferir sobre a magnitude da variabilidade presente na população em diferentes características, possibilitando comparar os níveis de variabilidade genética presente em variados genótipos, ambientes e características (Ferrão et al., 2008).

3.1.4.3. Ambiente PESAGRO – RIO de Campos do Goytacazes

3.1.4.3.1. Análise de Variância Univariada

As estimativas dos valores e as significâncias dos quadrados médios, bem como as médias e os coeficientes percentuais de variação experimental para as sete características avaliadas em genótipos de milho pipoca no ambiente PESAGRO - RIO de Campos dos Goytacazes, encontram-se na Tabela 10.

Houve efeito significativo de genótipo (G), de maneira que todas as características analisadas apresentaram significância em 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 10), o que demonstra existir suficiente variabilidade genética entre os materiais estudados, o que é de fundamental importância para futuros trabalhos de melhoramento.

O emprego do coeficiente de variação (Cv) é imprescindível para se fazer inferências sobre a qualidade experimental, sobretudo na avaliação da precisão experimental dos resultados de ensaio de competição de cultivares, para a validação das conclusões obtidas. Pode-se observar na Tabela 10 que todas as características, com exceção da produtividade de grãos (PG), classificada como média, detiveram coeficiente de variação rotulados como baixos, segundo Gomes (1990).

Considerando a classificação proposta por Scapim et al. (1995), o Cv para as características altura média de plantas (AP), altura média de espigas (AE), produtividade média de grãos (PG) e massa média de 100 grãos (P100) foram considerados de baixo a médio. Observou-se concordância quanto à magnitude dos coeficientes de variação para as características como AP, AE e PG (Tabela 10), entre ambas as classificações, podendo-se, assim, inferir sobre a alta precisão experimental para este ambiente.

Tabela 10 - Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental de sete características avaliadas em um ambiente, em genótipos de milho pipoca. PESAGRO – RIO, Campos dos Goytacazes, 2008.

FV	GL	QM ^{1/}							
		AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
Repetição	6	456,16	170,1	38,96	450845,5	12,32	0,965	0,74	314,10
Genótipos	9	683,88**	431,96**	159,53**	299081,41**	55,42**	13,23**	148,94**	842,61**
Resíduo	54	41,39	32,17	10,64	51384,79	1,76	0,381	1,64	43,82
Média		163,67	92,13	34,30	2143,01	57,97	9,50	25,78	55,25
CVe(%)		3,93	6,15	9,51	10,57	2,29	6,49	4,97	11,98

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹). ^{ns} = Não significativo no nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste F; * = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e ** = Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

3.1.4.3.2. Agrupamento de Médias

A Tabela 11 contém os valores das estimativas das médias de sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca, juntamente com seus agrupamentos, pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980), em nível de 5 % de probabilidade, para o ambiente PESAGRO – RIO, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Tabela 11 - Agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980)^{1/} para sete características^{2/} avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. PESAGRO - RIO, Campos dos Goytacazes, 2008.

Genótipos	Características							
	AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
UNB2U-C3	169,40 b	102,02 a	28,43 c	1907,94 b	60,00 b	10,65 b	25,41 c	48,45 b
UNB2U-C4	167,38 b	91,31 b	29,86 c	2376,19 a	55,71 d	11,32 a	29,10 b	69,23 a
BRS Angela	145,71 d	85,48 c	27,71 c	2026,98 b	60,29 b	10,76 b	30,00 b	60,81 a
Viçosa	168,81 b	101,79 a	31,29 c	2346,03 a	57,43 c	11,34 a	19,24 e	45,25 b
Beija-flor	171,91 a	99,05 a	41,29 a	2012,70 b	60,29 b	8,72 c	19,43 e	39,15 c
IAC 112	177,38 a	93,57 b	39,00 a	2373,02 a	53,71 e	7,92 d	25,29 c	60,19 a
IAC 125	161,43 b	81,43 c	34,43 b	2039,68 b	53,71 e	8,93 c	32,00 a	65,32 a
Zélia	158,33 c	94,29 b	38,86 a	2088,89 b	61,71 a	8,08 d	30,62 b	64,03 a
Jade	150,00 d	79,88 c	36,57 b	2390,48 a	58,86 c	9,22 c	25,02 c	59,90 a
UFVM2 Barão de Viçosa	166,43 b	92,50 b	35,57 b	1868,25 b	58,00 c	8,11 d	21,72 d	40,17 c

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, pertence a um mesmo grupo, de acordo com o procedimento de Scott-knott, em nível de 5 % de probabilidade.

^{2/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹).

Em se tratando da altura média de plantas (AP), teve-se a formação de quatro grupos, ao passo que para a característica altura média de espigas formaram-se três grupos. Para AP a maior média observada foi de 177,38 cm atribuída ao genótipo IAC 112, enquanto o genótipo com maior altura média de espigas foi o UNB2U-C3, com magnitude de 102,02 cm. Atenção especial também deve ser dispensada para estas características, vez que estão relacionadas com a resistência ao acamamento e a facilidade para mecanização.

Para número de espigas por parcela (NE), constituíram-se três grupos, sendo que os genótipos Beija-flor e o IAC 112 contiveram os maiores valores para a característica, com magnitudes iguais a 41,39 e 39,00, respectivamente (Tabela 11).

No que se refere ao número médio de dias para o florescimento (FLOR), os materiais IAC 112 e IAC 125 foram os mais precoces, seguidos pelo UNB2U-C4. O material mais tardio foi o Zélia, com média de 61,71 dias para o florescimento de pelo menos 50 % das plantas das fileiras.

Para peso de médio 100 grãos (P100) foram formados quatros grupos, em que os genótipos com maiores médias foram o Viçosa e o UNB2U-C4, e o que apresentou menores médias foram o IAC 112 e o Zélia.

Contata-se na Tabela 11 a formação de apenas dois grupos para a característica produtividade de grãos, sendo que os genótipos com maiores médias foram Jade e UNB2U-C4, com valores de 2390,48 kg.ha⁻¹ e 2376,19 kg.ha⁻¹, respectivamente.

No que se refere à capacidade de expansão, teve-se a formação de cinco grupos, denotando discrepância genotípica entre os genótipos estudados. O material com maior média foi IAC 125 (32,00 mL.g⁻¹), seguido por Zélia (30,62 mL.g⁻¹), BRS Angela (30,00 mL.g⁻¹) e UNB2U-C4 (29,10 mL.g⁻¹).

3.1.4.3.3. Parâmetros Genéticos e Fenotípicos

Na Tabela 12 têm-se as estimativas da variância fenotípica (σ_f^2), variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$) e índice de variação (\hat{I}_v) para sete características avaliadas entre dez genótipos de milho pipoca, no ambiente PESAGRO – RIO, em Campos dos Goytacazes.

O conhecimento de parâmetros genéticos, tais como o coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), o componente de variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$) e o índice de variação (\hat{I}_v), controlando um determinado caráter, é de grande importância para o melhorista, uma vez que orienta a escolha do método de melhoramento mais adequado à cultura, maximizando ganhos com a seleção (Vencovsky e Barriga, 1992; Cruz et al., 2004).

Tabela 12 – Estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($CV\hat{V}_g$) e índice de variação (\hat{I}_v) em cultivares de milho pipoca. PESAGRO – RIO, Campos dos Goytacazes, 2008.

Características ^{1/}	Parâmetros					
	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\phi}_g$	$\hat{\sigma}_r^2$	\hat{H}^2	$CV\hat{V}_g$	\hat{I}_v
AP	97,69	91,78	5,91	93,94	5,85	1,49
AE	61,70	57,11	4,59	92,55	8,20	1,33
NE	22,79	21,26	1,52	93,32	13,44	1,41
PG	42725,91	35385,23	7340,68	82,81	8,77	0,82
FLOR	7,91	7,66	0,251	96,81	4,77	2,08
P100	1,89	1,83	0,054	97,11	14,25	2,19
CE	21,27	21,04	0,234	98,89	17,80	3,58
VP	120,37	114,11	6,26	94,80	19,33	1,61

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca ($m^3 \cdot ha^{-1}$).

Constata-se, na Tabela 12, elevada variabilidade genotípica para as características AP, AE, PG e CE, acompanhada de um alto coeficiente de determinação genotípico. Destaca-se que o coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2) revelou valores altos acima de 90 % para todas as características avaliadas, com exceção da produtividade de grãos que apresentou valor de 82,81 %, que também é considerado como alto.

Os altos valores de \hat{H}^2 observados para o ambiente Pesagro Rio - Campos do Goytacazes se devem ao fato de este ter apresentado uma maior precisão experimental avaliada pelo CVe (Tabela 10), em que os valores, se comparados com os demais ambientes, foram menores. Uma maior precisão experimental é conseqüência de uma melhor fenotipagem dos indivíduos, o que traduz numa maior variabilidade genotípica em detrimento da variância residual, excluindo, desta forma, ao máximo a interferência do ambiente e auxiliando o processo seletivo.

Na concepção de Falconer (1987), a herdabilidade expressa a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético, ou seja, revela a confiabilidade do valor fenotípico mensurado em predizer o verdadeiro valor genotípico. Assim, pode-se saber se as diferenças detectadas são de natureza genética e se a seleção proporcionará ganhos em programas de melhoramento genético.

Para o ambiente PESAGRO – RIO, em Campos dos Goytacazes (Tabela 12), a capacidade de expansão (CE) exibiu estimativas de \hat{H}^2 e \hat{I}_v , respectivas, de 98,89 % e 3,58, esta última a mais predominante dentre as demais características, sendo que \hat{H}^2 também foi a de maior valor. Tem-se, pois, a expectativa de ganhos mais plausíveis em CE em comparação a PG, corroborando com resultados obtidos por Pacheco et al. (1998), Rangel et al. (2008) e Santos et al. (2009).

As diferentes estimativas encontradas nos distintos ambientes e características são, provavelmente, decorrentes da expressão diferencial dos genes que estão se expressando ao longo do desenvolvimento das plantas, com a influência das condições ambientais apresentadas nos diferentes ambientes.

3.1.4.4. Análise Conjunta

3.1.4.4.1. Análise de Variância Conjunta

Encontram-se na Tabela 13 as estimativas dos valores e as significâncias dos quadrados médios, bem como as médias e os coeficientes percentuais de variação experimental para dez genótipos de milho pipoca avaliados em três ambientes, Colégio Agrícola- Campos dos Goytacazes, PESAGRO – RIO, em Itaocara e PESAGRO – RIO, em Campos dos Goytacazes.

Segue ainda apresentada na Tabela 13, os valores da razão entre o maior e menor quadrado médio residual, onde constata-se que estes não foram superiores a sete, obedecendo assim aos critérios de homogeneidade dos quadrados médios residuais para realização da análise de variância conjunta.

Observa-se na Tabela 13 diferenças significativas ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F para todas as setes características avaliadas, para a

Tabela 13 - Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental de sete características avaliadas em três ambientes e em dez genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola e PESAGRO – RIO, Campos dos Goytacazes; PESAGRO-RIO - Itaocara, 2008.

FV	GL	QM ^{1/}							
		AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
R/A	18	636,34	28,10	35,10	551393,21	11,03	0,954	2,03	435,41
G	9	2030,00**	972,33**	150,40**	1054396,14**	77,38**	27,13**	448,46**	3254,81**
A	2	44449,47**	11425,26**	2293,12**	6233734,27**	118,66**	339,57**	37,628*	5576,01**
G x A	18	139,65**	77,54ns	61,54**	370937,83**	10,51**	3,17**	34,64**	457,03**
Resíduo	162	70,21	60,27	16,43	98655,58	2,80	0,52	2,58	73,04
Média		177,53	102,30	28,05	2045,08	58,29	10,93	26,14	53,81
CVe (%)		4,71	7,58	14,44	15,35	2,87	6,61	6,14	15,88
QMr⁺/QMr⁻		2,47	2,39	2,32	3,56	2,39	1,81	2,21	2,97

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹). ns = Não significativo no nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste F; * = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e ** = Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

fonte de variação genótipos, o que corrobora a existência de variabilidade detectada nas análises individuais.

Para a fonte de variação Ambiente, houve diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade para todas as características avaliadas, o que indica variabilidade entre locais, fato importante para tornar o processo de indicação de genótipos superiores mais eficiente.

Essas diferenças significativas encontradas entre os ambientes podem ser explicadas pelas diferenças climáticas entre os locais dos ensaios e por pequenas diferenças de tratos culturais que possam ter ocorrido desde o preparo do solo até a colheita, além de outras intempéries que possam ter ocorrido durante o ciclo da cultura em cada localidade onde foram instalados os experimentos.

Avaliando-se a característica capacidade de expansão, nota-se que houve efeito significativo de ambiente (Tabela 13). Em concordância a isto, Vendruscolo et al. (2001), avaliando quinze genótipos (variedades e híbridos inter-varietais), em quinze ambientes na região Centro-Sul do Brasil, constataram influência do ambiente sobre a capacidade de expansão. Conforme inicialmente sugerido por Brunson (1937) e Lima et al. (1971), tal característica tem sido referenciada como sendo fortemente influenciada pelo ambiente, contribuindo para a suposição de herança quantitativa. A influência do ambiente na capacidade de expansão do milho pipoca é justificada pelo fato de que nem todos os genes que contribuem para dureza do endosperma também contribuem para a capacidade de expansão dos grãos (Robbins e Ashman, 1984; Linares, 1987).

Ratificando o anteriormente propalado, a avaliação da precisão experimental dos resultados de um ensaio de avaliação de genótipos é importante para a validação das conclusões obtidas. O coeficiente de variação experimental (C_{Ve}) constituiu-se numa estimativa do erro experimental, em relação a média geral do ensaio, e é uma estatística muito utilizada como medida de avaliação da qualidade experimental. Considera-se que quanto menor for a estimativa do coeficiente de variação experimental, maior será a precisão do experimento, e quanto maior a precisão experimental, menores serão as diferenças entre as estimativas, com tendência à significância.

Considerando a classificação proposta por Gomes (1990) em relação aos coeficientes de variação (C_{Ve}) expressos nos ensaios agrícolas de campo, AP, AE, FLOR, P100 e CE houve valores inferiores a 10,00 % (Tabela 13), o que é

considerado baixo, indicando serem características menos afetadas por variações ambientais. Para o valor de número de espigas e produtividade de grãos ocorreu valores considerados médios, ou seja, valores compreendidos entre 10 % e 20 %. Valores compreendidos entre 20 % e 30 % são considerados altos, os quais não foram encontrados em quaisquer das características avaliadas, o que leva a crer que houve boa condução dos experimentos.

De acordo com a classificação proposta por Scapim et al. (1995), as características avaliadas no presente trabalho revelou baixo a médio CVe (%), conforme Tabela 13. Na Anova Conjunta houve valores de coeficientes de variação oscilando entre 2,87% para FLOR, a 15,35% para PG. Neste intervalo estão as principais características para o melhoramento da cultura, exemplificando-se, peso de cem grãos, com CVe de 6,61 %; e capacidade de expansão com estimativa de 6,14 %. Há de se acrescentar que os menores intervalos entre os limites inferiores e superior de CVe ocorreram na seguinte ordem: PESAGRO – RIO de Campos dos Goytacazes, Colégio agrícola, Análise Conjunta e PESAGRO – RIO de Itaocara, conforme Tabelas 4, 7, 10 e 13.

Miranda et al. (2003), trabalhando com milho pipoca, encontraram magnitudes de CVe (%) baixas para as características altura média de plantas e de espiga, florescimento, estande final e peso de 100 grãos. Para produtividade de grãos e capacidade expansão, os valores obtidos foram médios. Por sua vez, Marques (2000), também em milho pipoca, obteve CVe (%) alto para altura de planta; médio, para altura de espiga, número de espiga, prolificidade e peso de grãos; e baixo para capacidade de expansão.

Todas as características, com exceção da altura média de espigas, revelaram diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação da interação entre genótipos por ambientes. Não foi encontrado efeito de interação entre genótipo por ambiente para a característica altura média de espigas.

A significância da interação genótipos por ambientes adverte sobre a necessidade de se identificarem as cultivares com adaptação mais específica, ou que sejam menos afetadas pela variação dos ambientes. A ocorrência de interação indica resposta diferencial dos genótipos às mudanças de ambiente (Ramalho et al., 1993).

Segundo Cruz et al. (2004), a interação genótipos x ambientes não interfere apenas na recomendação de cultivares, mas também dificulta o trabalho do melhorista, que precisa adotar critérios diferenciados para selecionar genótipos superiores e usar métodos alternativos de identificação de material com alto potencial genético.

Além disso, Resende (2002) salienta que quando a avaliação é realizada em um único ambiente a média genotípica é inflacionada pelo efeito de locais e o efeito genotípico pelo efeito da interação GxA. O efeito dessa interação é decorrente do comportamento diferencial dos diferentes genótipos nos diversos ambientes e pode indicar que os melhores indivíduos em um ambiente podem não sê-los em outro. Portanto, isto pode ser um complicador na seleção, se não for considerado adequadamente.

Por conseguinte, torna-se imprescindível conhecer a natureza da interação, vez que as interações do tipo complexa implicam na recomendação distinta de genótipos para ambientes particulares.

3.1.4.4.3. Agrupamento de Médias

Seguem apresentados na Tabela 14 os valores das estimativas das médias de sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca, juntamente com seus agrupamentos pelo agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade, para o conjunto dos três ambientes utilizados.

Com base nas médias das características de maior interesse no melhoramento do milho pipoca, ou seja, a produtividade média de grãos (PG) e capacidade de expansão (CE), pode-se destacar alguns genótipos, tais como: IAC 125 e UNB2U-C4, pois ambos apresentaram uma boa média para as duas principais características para cultura. Para PG houve a formação de apenas dois grupos, enquanto que para CE notou-se a formação de quatro grupos.

Outra característica de grande importância é o número médio de dias para o florescimento, em que se formaram três grupos, sendo o genótipo mais precoce o IAC112, seguido de por IAC 125 e UNB2U-C4.

Tabela 14 - Agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980)^{1/} para sete características^{2/} avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola e PESAGRO – RIO, Campos dos Goytacazes; PESAGRO-RIO - Itaocara, 2008.

Genótipos	Características								
	AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP	
UNB2U-C3	186,00 a	109,25 a	24,29 b	1846,56 b	60,00 a	12,16 a	24,98 c	46,08 c	
UNB2U-C4	179,24 b	105,40 a	28,62 a	2456,61 a	56,38 c	12,45 a	29,41 b	72,30 a	
BRS Angela	165,48 d	97,30 b	23,81 b	1759,26 b	60,43 a	11,05 b	31,56 a	55,30 b	
Viçosa	183,77 b	110,95 a	26,57 b	2151,85 a	57,71 b	12,43 a	20,03 d	43,14 c	
Beija-flor	179,92 b	106,83 a	30,95 a	1942,86 b	58,90 a	11,14 b	20,63 d	40,61 c	
IAC 112	193,10 a	103,73 a	31,48 a	2257,14 a	55,48 c	9,19 c	28,10 b	64,15 b	
IAC 125	175,36 b	95,04 b	28,57 a	2129,63 a	55,67 c	10,68 b	32,13 a	68,76 a	
Zélia	172,58 c	103,02 a	31,00 a	2124,87 a	60,52 a	9,97 c	29,71 b	62,42 b	
Jade	159,48 d	88,77 b	28,05 a	2020,63 b	59,52 a	10,57 b	23,70 c	47,76 c	
UFVM2 Barão de Viçosa	180,40 b	102,77 a	27,24 b	1761,38 b	58,33 a	9,76 c	21,16 d	37,62 c	

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, pertence a um mesmo grupo, de acordo com o procedimento de Scott-knott, em nível de 5 % de probabilidade.

^{2/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹)..

Para a característica altura média de plantas (AP), constituíram-se quatro grupos, com as médias variando de 193,10 cm a 159,48 cm. No caso da altura de espiga, formaram-se apenas dois grupos, nesta as médias variaram entre 95,04 cm e 109,25 cm.

3.1.4.4.2. Estimativas de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos

Encontram-se na Tabela 15 as estimativas da variância fenotípica (σ_f^2), Componente quadrático genotípico ($\hat{\theta}_g$), componente quadrático da interação GA ($\hat{\theta}_{ga}$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$), índice de variação (\hat{I}_v) e correlação intraclasse (r), em cultivares de milho pipoca, avaliados em três ambientes no Estado do Rio de Janeiro.

De acordo com a Tabela 15, constata-se possibilidades de identificação de genótipos superiores para as características de maiores interesses econômicos, PG e CE, por apresentarem ampla variabilidade genotípica ($\hat{\theta}_g$), e valores elevados de coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2), com percentuais de 90,64 % e 99,42 %, respectivamente.

Tabela 15 - Estimativas da variância fenotípica (σ_f^2), Componente quadrático genotípico ($\hat{\phi}_G$), componente quadrático da interação GA ($\hat{\phi}_{GA}$), variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípico (\hat{H}^2), coeficiente de variação genético ($C\hat{V}_g$), índice de variação (\hat{I}_v) e correlação intraclasse (\hat{r}), em cultivares de milho pipoca. Colégio Agrícola - Campos dos Goytacazes, Pesagro Rio - Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2008.

Parâmetros	Características ^{1/}							
	AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE	VP
σ_f^2	96,66	46,30	1,16	50209,34	3,68	1,29	21,35	153,00
$\hat{\phi}_G$	93,32	43,43	6,37	45511,45	3,55	1,26	21,23	149,54
$\hat{\sigma}_r^2$	70,21	60,27	16,43	98655,58	2,80	0,52	2,58	3,46
$\hat{\phi}_A$	625,90	159,20	32,25	81176,30	1,54	4,84	0,51	72,02
$\hat{\phi}_{GA}$	9,92	2,46	6,44	38897,46	1,10	0,38	4,57	54,88
\hat{H}^2	96,45	93,80	89,07	90,64	96,37	98,07	99,42	97,73
$C\hat{V}_g$	5,44	6,44	9,00	10,43	3,23	10,29	17,62	22,69
\hat{I}_v	1,15	0,85	0,62	0,67	1,12	1,55	2,86	1,43
\hat{r}	57,06	41,88	27,96	31,46	55,89	70,79	89,15	67,28

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, CE = capacidade de expansão, e VP = Volume de pipoca (m³.ha⁻¹).

Destaca-se a importância que as estimativas de parâmetros genéticos tem em programas de melhoramento, vez que essas auxiliam os melhoristas na tomada de decisões a respeito da adequação do método de melhoramento e do modo de condução e seleção (Cruz e Carneiro, 2006).

Houve superioridade de \hat{H}^2 para CE, em relação à PG o que era esperado ocorrer, vez que está em concordância com os resultados obtidos por Pereira e Amaral Júnior (2001), usando o Delineamento I de Comstock e Robinson (1948) na população-base UNB2 e Santos et al. (2007), trabalhando no terceiro ciclo de seleção recorrente de famílias de meios-irmãos, ou seja, UNB2U-C3.

O coeficiente de determinação genotípica indica o quanto os valores fenotípicos representam os valores genotípicos para os materiais genéticos estudados. Pode se inferir que o valor de H^2 de uma característica não é imutável, podendo ser aumentado pela introdução de maior variação genética ou pelo maior controle do erro experimental, vez que esta não é apenas propriedade da característica, mas também do material genético trabalhado e das condições ambientais a que foram submetidos os tratamentos (Ramalho et al., 1993).

Considerando o que foi exposto, os valores do \hat{H}^2 obtidos (Tabela 15) podem ser considerados elevados, em razão da alta variabilidade genética dos genótipos estudados e das boas condições experimentais.

Os coeficientes de determinação genotípico (\hat{H}^2) superiores a 90 %, em seis das setes variáveis estudadas, associados aos elevados \hat{CV}_g e \hat{I}_v para a maioria das características, aliadas a médias elevadas (Tabela 15), reforçam a suposição de se ter sucesso em programas de melhoramento utilizando esses materiais genéticos.

Segundo Johnson et al. (1955), a utilização do coeficiente de variação genético, juntamente com o coeficiente de determinação genotípico, proporciona maior confiabilidade relativa ao progresso que seria obtido com a seleção quando em uma população de polinização aberta em ciclo de seleção.

3.1.4.4.4. Desdobramento da Interação G x A em Partes Simples e Complexa

A existência de respostas diferenciadas de genótipos às variações ambientais tem sido freqüentemente constatada. Essa interação, além de influenciar os ganhos genéticos, dificulta a recomendação para mais de um ambiente. Neste sentido, realizou-se a predição das estimativas das interações complexas (% C), em diferentes genótipos de milho pipoca avaliados em três ambientes, pois, conforme Tabela 13, foi constatada interação significativa na

fonte de variação G x A para as características AP, NE, PG, FLOR, P100 e CE, apenas a característica AE não expressou significância para esta fonte de variação.

Avaliando-se a Tabela 16, nota-se que a maioria das características revelou interação complexa abaixo de 50 %; apenas a característica número de espigas por parcela conteve valor acima de 50 %. Estes resultados evidenciam a superioridade da interação simples em relação à complexa, pois a maioria das características (AP, AE, PG, FLOR, P100 e CE) apresentaram interações complexas abaixo de 50 % (Tabela 16).

Cruz e Castoldi (1991), ao avaliarem a natureza da interação genótipos por ambientes para 14 características, em 19 cultivares de feijão, propuseram uma nova decomposição do quadrado médio da interação para a parte complexa, sendo esta empregada no presente trabalho. Os autores concluíram que as características número de dias para floração, peso médio de 100 sementes, número médio de nós e número médio de sementes por vagem apresentaram valores da interação tipo complexa abaixo de 50 %, indicando predominância da interação do tipo simples.

Os resultados obtidos comprovam que a maior parte da interação foi do tipo simples. Desse modo, depreende-se que as diferenças entre os ambientes Campos dos Goytacazes e Itaocara não foram suficientemente consideráveis para o estabelecimento de programas de melhoramento próprios para cada ambiente (Tabela 16).

A seleção e a recomendação de genótipos mais produtivos são objetivos básicos dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada. O processo de seleção é, freqüentemente, realizado pelo desempenho dos genótipos em diferentes ambientes (ano, local, época de semeadura). Contudo, a decisão de recomendação de novas cultivares normalmente é dificultada pela ocorrência da interação genótipos por ambientes (Carvalho et al., 2002).

Tabela 16 – Estimativas das Interações Complexas (%C), para sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola, Campos dos Goytacazes x PESAGRO – RIO, Itaocara, 2008.

Características ^{1/}	Estimativas Absolutas das Interações Complexas	Estimativas Percentuais das Interações Complexas
AP	20,6144	13,0892
AE	0,0000	0,0000
NE	23,6296	53,9558
PG	246805,6231	48,4871
FLOR	2,3134	25,6240
P100	1,0258	22,2525
CE	25,5271	48,5633

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, e CE = capacidade de expansão.

Avaliando o tipo de interação genótipos por ambientes entre Campos dos Goytacazes (PESAGRO – RIO e Colégio Agrícola), vê-se na Tabela 17, que as características CE, AP, AE, FLOR e P100 apresentaram valores inferiores a 50,00 %. Dentre estas características, merece destaque CE, por sua importância na qualidade dos grãos. Tal característica tem sido reportada ser fortemente influenciada pelo ambiente, contribuindo para a suposição de herança quantitativa, conforme inicialmente sugerido por Brunson (1937) e Lima et al. (1971). De acordo com esses autores, se um grande número de anos são testados separadamente, uma distribuição normal é obtida para capacidade de expansão (Daros et al., 2002). Por sua vez, Alexander e Creech (1977) concordam que a capacidade de expansão é uma característica poligênica; todavia, sujeita a baixa influência ambiental.

Segundo Robbins e Ashman (1984) e Linares (1987), nem todos os genes que contribuem para dureza do endosperma contribuem para a capacidade de expansão, o que remonta à influência do ambiente na capacidade de expansão do milho pipoca.

Tabela 17 – Estimativas das Interações Complexas (%C), para sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. Colégio Agrícola, Campos dos Goytacazes x PESAGRO – RIO, Campos dos Goytacazes, 2008.

Características ^{1/}	Estimativas Absolutas das Interações Complexas	Estimativas Percentuais das Interações Complexas
AP	20,6420	14,3938
AE	6,6740	8,7400
NE	77,6211	78,6296
PG	111766,3996	46,7406
FLOR	0,0000	0,0000
P100	1,0258	22,2525
CE	25,5271	48,5633

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, e CE = capacidade de expansão.

Avaliando-se a característica NE (Tabela 17), percebe-se que essa apresenta magnitude de interação complexa acima de 50,00 %, o que já era esperado ocorrer, já que a mesma conteve médias distintas, sendo que o ambiente PESAGRO – RIO de Campos dos Goytacazes apresentou média de número de espigas superiores ao do ambiente do Colégio Agrícola.

Na comparação entre PESAGRO – RIO de Itaocara e PESAGRO – RIO de Campos do Goytacazes (Tabela 18), constatou-se que assim como o contraste entre os pares de ambientes já debatidos, a característica NE apresentou valor superior a 50 % das estimativas percentuais das interações complexas. Para as outras características foram expressas proporções inferiores a 50 %, revelando a ocorrência de interações do tipo simples para 85 % das características quantitativas, o que é um alento para a recomendação simultânea de genótipos superiores.

Tabela 18 – Estimativas das Interações Complexas (%C), para sete características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca. PESAGRO – RIO, Campos dos Goytacazes x PESAGRO – RIO, Itaocara, 2008.

Características ^{1/}	Estimativas Absolutas das Interações Complexas	Estimativas Percentuais das Interações Complexas
AP	22,1605	18,7695
AE	0,0000	0,0000
NE	41,0529	97,4853
PG	130914,4187	31,4158
FLOR	3,2709	26,9994
P100	2,4204	19,2365
CE	22,3965	50,000

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos, e CE = capacidade de expansão.

Os resultados aqui obtidos revelam que a maioria das características conteve a maior parte da interação do tipo simples, ratificando que a condução de um único programa de melhoramento pode ser desenvolvido para o Norte e Noroeste Fluminense.

3.1.4.4.5. Estatística P_i de Superioridade Genotípica (Lin e Binns, 1988)

Pelas estimativas da estatística P_i , de Lin e Binns (1988), expostas na Tabela 19, verifica-se que os genótipos 2 e 6 respectivamente, UNB2U-C4 e IAC112, foram os que contiveram os menores valores de P_i geral, desta forma, por uma análise inicial são os mais adaptados e estáveis.

Considerando que estes dois genótipos exibiram as melhores produtividades médias e pequena contribuição para a interação, pode-se considerá-los superiores. De acordo com Cruz e Carneiro (2006), esses resultados podem ser explicados pela forma como é estimado o índice de estabilidade P_i , que é o desvio da cultivar i em relação ao material de desempenho máximo em cada ambiente, desta maneira, quanto menor o valor de P_i mais adaptado será o genótipo.

Tabela 19 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade proposto por Lin e Binns (1988) para a característica produtividade de grãos, em Kg ha⁻¹, para dez genótipos de milho pipoca avaliados em três localidades.

Genótipos ^{1/}	Média	P _i geral	Desvio		% Para Desvio Genético	Contribuição Para a Interação (%)
			Genético	Interação		
1	1846,56	233285,0	188999	44286,6	81,0161	17,701
2	2456,61	34,0204	11,3401	22,6803	33,3333	0,009
3	1759,26	331488,0	246484	85003,9	74,3569	33,975
4	2151,85	75538,9	47902,5	27636,4	63,4143	11,045
5	1942,86	140089,0	134431	5658,2	95,961	2,261
6	2257,14	29611,8	20855,4	8756,3	70,4296	3,499
7	2129,63	69531,1	55027,6	14503,4	79,1411	5,796
8	2124,87	56944,7	56618,8	325,831	99,4278	0,130
9	2020,63	146870,0	97126,1	49744,1	66,1306	19,882
10	1761,38	259257,0	245000,0	14257,7	94,5006	5,698

^{1/} 1 - UNB2U-C3; 2 - UNB2U-C4; 3 - BRS Angela; 4 - Viçosa; 5 - Beija-flor; 6 - IAC 112; 7 - IAC 125; 8 - Zélia; 9 - Jade; 10 - UFVM2 Barão de Viçosa

Essa alta correlação entre média e estabilidade é uma característica do método de Lins e Binns (1988), pois associa estabilidade com a capacidade dos genótipos de apresentar o menor desvio em relação ao máximo, em todos os ambientes do estudo. Essa é considerada a maior vantagem desse método, pois consegue identificar os genótipos mais estáveis sempre entre os mais produtivos, como observado também por Farias et al. (1996) para rendimento de algodão em caroço; por Daros et al. (2000), em genótipos de batata doce; por Scapim et al. (2000), na cultura do milho; por Carbonell et al. (2001), em estudo de avaliação de estabilidade em feijoeiro; por Ferreira et al. (2004) e Léo et al. (2005), em estudos realizados com alfafa; por Cargnelutti Filho et al. (2007), na cultura do milho.

Ferrão et al. (2008) salientam que novos métodos, estudos e estratégias devem ser priorizados nos programas de melhoramento, visando diminuir, principalmente, a interação temporal, pois essa tem proporcionado as maiores inseguranças e prejuízos para os produtores rurais. Simultaneamente, genótipos de reações interessantes para condições climáticas específicas em solos

diferentes podem ser encontrados para aproveitamento em programa de melhoramento.

Para uma análise mais detalhada, segundo Lin e Binns (1988), a estimativa do P_i pode ser ainda desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo, isto é, uma soma dos quadrados de genótipos; e a segunda, correspondente à parte da interação genótipos por ambientes. A primeira parte não é danosa ao trabalho do melhorista, pois não implica, necessariamente, em alteração na classificação dos materiais; a segunda parte, entretanto, pode afetar a classificação. Logo, o ideal é um material que apresente o menor P_i possível e que a maior parte desse valor seja atribuída ao desvio genético. Desta maneira, os dois genótipos indicados que apresentaram os menores P_i (2 e 6, respectivamente, UNB2U-C4 e IAC-112) contiveram, respectivamente, 0,009% e 3,499% correspondente a interação genótipos por ambientes, cujos valores são considerados baixos.

A cultivar que expressou o maior valor de P_i geral para a característica produtividade de grãos foi a 10 (UFVM2 Barão de Viçosa); desta maneira, pode-se inferir que terá um pior comportamento quanto à produtividade de grãos para os aludidos ambientes estudados.

Há de se esclarecer que, por uma análise mais ampla, não estão descartados os estudos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Como exemplo, Carpentieri-Pípulo et al. (2005) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade de oito populações de milho pipoca quanto à produtividade e capacidade de expansão em dois locais no norte do Estado do Paraná, com base no modelo proposto por Eberhart e Russell (1966), considerando-se os parâmetros de produtividade e capacidade de expansão. O híbrido Zélia e as populações UEL PAPA, UE PASHA, UEL PO, UEL PAMPGA, UEL PAPCB e UEL PAPYY expressaram os melhores resultados de produtividade, com valores aproximados de 3203, 3733, 3512, 3176, 2847, 2764 e 2421 kg ha⁻¹, respectivamente, e de capacidade de expansão, de 27,68, 25,05, 27,41, 27,17, 27,64, 28,60 e 27,36 mL.g⁻¹, respectivamente, tendo comportamento previsível para o cultivo com baixos riscos naquela região.

O índice ambiental, baseado na metodologia de Lin e Binns (1988), classificando os ambientes em favorável ou desfavorável para a variável produtividade de grãos, fundamenta-se na produtividade do ambiente, não sendo

considerados fatores como: índice pluviométrico, tipo de solo, forma de relevo, tecnologia aplicada, dentre outros; os quais em conjunto com o conhecimento agrônomo podem-se classificar com maior precisão se determinado ambiente é favorável ou desfavorável para aquela variedade. A combinação de fatores climáticos e a incidência de pragas e doenças fazem com que cada região seja um ambiente único, podendo ser favorável ou desfavorável para cada genótipo.

Quando classificado um ambiente como desfavorável, não quer dizer que o mesmo seja impróprio para o cultivo do milho pipoca. Na verdade, apenas obteve índice negativo baseado na sua produtividade, inferindo-se então que existam ambientes com índices ambientais positivos permitindo produtividades superiores.

No presente trabalho, o ambiente favorável para produção de grãos foi Itaocara, que exibiu maiores médias em relação aos outros ambientes. Por sua vez, o Colégio Agrícola foi considerado como o ambiente desfavorável. Na Tabela 20 tem-se a classificação das cultivares pela metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), destinando as progênies para ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Quando considerado apenas o ambiente favorável (Tabela 20), destaca-se o genótipo 2, UNB2U-C4, com o menor P_i e com média de produtividade de grãos de 2860,32 kg ha⁻¹ (Tabelas 8). Por outro lado, se analisado o ambiente desfavorável, este mesmo genótipo alocou-se também na primeira posição e produziu 2133,33 kg ha⁻¹ (Tabelas 5 e 20), assegurando uma diferença de cerca de 25% a menos em produtividade. Este fato nos levar a concluir quanto a superioridade deste material quanto a produtividade, apresentando menores riscos de baixa produtividade, e portanto adaptabilidade ampla e estabilidade alta nos ambientes avaliados. Isto nos leva a crer, que pode atender aos pequenos produtores que não utilizam tecnologia no desenvolvimento de suas lavouras.

Tabela 20 - Estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade considerando o ambiente favorável e desfavorável pelo método de Lin e Binns (1988), para a característica produtividade de grãos.

Genótipos ^{1/}	P _i favorável	Genótipo	P _i desfavorável
2	51,0306	2	00000,00
6	23782,11	4	35980,18
7	34029,55	6	41271,06
8	55482,34	1	56086,18
9	90476,34	8	59869,37
4	95318,26	3	105945,90
5	109352,2	7	140534,10
10	283003,2	5	201561,70
1	321884,7	10	211765,70
3	444259,2	9	259657,90

^{1/} 1 - UNB2U-C3; 2 - UNB2U-C4; 3 - BRS Angela; 4 - Viçosa; 5 - Beija-flor; 6 - IAC 112; 7 - IAC 125; 8 - Zélia; 9 - Jade; 10 - UFVM2 Barão de Viçosa

3.1.4.4.6. Estimativas das Correlações

Na Tabela 21 têm-se as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) entre as 7 características avaliadas em dez genótipos de milho pipoca em três ambientes no estado do Rio de Janeiro.

Avaliando-se a Tabela 21, constata-se que dos 21 pares de características 13 expressaram correlações genotípicas maiores que as fenotípicas e de ambiente, o que representa 61,00 % dos pares. Tais ocorrências indicam que os componentes genotípicos têm maior influência na determinação das correlações que os de ambiente.

Estimativas com baixos valores dos coeficientes de correlações de ambiente resultam da ação casual do meio sobre a característica, ao passo que os altos valores negativos indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro. Essa última situação não ocorreu em qualquer par de correlação, já que as correlações ambientais do presente trabalho apresentaram valores negativos baixos (Tabela 21). O mesmo não foi observado por Daros et al. (2004), que encontraram correlações de ambiente significativas e negativas para algumas

Tabela 21 - Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) entre sete características agrônômicas, avaliadas em dez genótipos de milho pipoca, em três ambientes no estado do Rio de Janeiro.

Característica ^{1/}	r	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE
AP	r_F	0,7792**	0,2248**	0,2643**	-0,5180**	0,0283ns	-0,2235**
	r_G	0,7866**	0,2410**	0,2732**	-0,5320**	0,0281ns	-0,2275**
	r_A	0,6621**	0,0212ns	0,1546*	-0,1370*	0,0384ns	-0,0435ns
AE	r_F		0,0002ns	0,1261ns	-0,0593ns	0,4247**	-0,3896**
	r_G		-0,0082ns	0,1324ns	-0,0539ns	0,4461**	-0,4046**
	r_A		0,0936ns	0,0527ns	-0,1698*	-0,0910ns	0,0572ns
NE	r_F			0,5513**	-0,3983**	-0,5051**	0,0061ns
	r_G			0,5412**	-0,4196**	-0,5358**	0,0091ns
	r_A			0,6431**	-0,1505*	-0,0927ns	-0,0990ns
PG	r_F				-0,657**	0,1578*	0,2804**
	r_G				-0,6908**	0,1616*	0,2969**
	r_A				-0,1953**	0,1287ns	-0,0603ns
FLOR	r_F					0,0831ns	-0,1623*
	r_G					0,0832ns	-0,1660*
	r_A					0,0852ns	0,0161ns
P100	r_F						-0,1635*
	r_G						-0,1656ns
	r_A						-0,0049ns

^{1/} AP = altura média de planta, AE = altura média de espiga, NE = número de espigas por parcela, PG = produtividade média de grãos, FLOR = número médio de dias para florescimento, P100 = massa média de cem grãos e CE = capacidade de expansão. ns = Não significativo no nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t; * = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e ** = Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

características em milho pipoca. Estimativas negativas de correlação ambiental também foram observadas por Carpentieri-Pípolo et al. (2002).

De acordo com Falconer (1987), diferenças de sinais entre as correlações genóticas e de ambiente indicam que as causas de variação genética e de ambiente influenciam as características por meio de mecanismos fisiológicos diferentes. Em outras palavras, significa dizer que características correlacionadas, geneticamente, têm no ambiente um entrave, vez que ao favorecer o incremento de uma, desfavorece aumentos na outra característica, fato não observado entre os pares de características estudado (Tabela 21).

Pelas significâncias das correlações genóticas, percebe-se que 14 pares de características contiveram correlações genóticas significativas, sendo que sete foram positivas (Tabela 21). Correlações genóticas positivas entre pares de características indicam que a seleção, objetivando aumento de uma delas, provocará o mesmo efeito na outra. Adotando-se como exemplo as maiores magnitudes de correlações genóticas expressas, pode-se afirmar que maiores ganhos via seleção indireta são possíveis entre PG e P100, cujos resultados são semelhantes aos obtidos por Linares (1987) e Sawazaki (1995), trabalhando com milho pipoca.

Analisando dados de 24 genótipos de milho pipoca, Sharma e Kumar (1987) obtiveram correlação positiva entre o peso de grão por planta com: altura de planta, número de internódios, área foliar, largura do sabugo, número de grãos por fileira e número de fileiras de grãos.

Foram observadas estimativas de correlação positiva e significativa entre produtividade de grãos e capacidade de expansão, o que pode ser explicado pelo presente estudo conter 70 % do genótipos melhorados, sendo 60% já recomendados, portanto, com maior concentração de efeitos pleiotrópicos favoráveis. No entanto, alguns pesquisadores destacam a capacidade de expansão como uma característica correlacionada negativamente com outras de importância agrônômica, como é o caso da produção de grãos (Brunson, 1937; Lima et al., 1971; Zinsly e Machado, 1987; Andrade, 2002). Este fato dificulta o processo seletivo na obtenção de material melhorado quanto à produção e à qualidade da pipoca.

Carpentieri-Pípolo et al. (2002), ao avaliarem nove populações de milho pipoca, encontraram valores de correlação de -0,2230 entre capacidade de expansão e rendimento de grãos.

Daros et al. (2004), objetivando estimar as correlações entre características agronômicas na cultura de milho pipoca, em dois ciclos de seleção recorrente, verificaram uma tendência de acréscimo da correlação genotípica entre rendimento de grãos e capacidade de expansão do primeiro para o segundo ciclo, indicando um aumento na concentração de alelos favoráveis.

Por fim, cumpre ressaltar que as correlações genotípicas são próprias de cada característica e populações, não sendo recomendada a extrapolação, uma vez que o conjunto gênico com ação pleiotrópica, assim como os blocos gênicos, são variados, o que conduz à alteração das associações na populações derivadas (Cruz et al., 2004).

Todavia, estudos de correlação entre genótipos fixos têm demonstrado que há possibilidade de que pelo menos o sinal se mantenha na gerações segregantes (Oliveira Júnior, 2008; Santos, 2005; Freitas Júnior, 2008) de tal forma que o melhorista pode, de início, estabelecer estratégias de seleção mais adequadas (Amaral Junior, 1996).

3.1.5. CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a existência de interação entre genótipos e ambientes, assim como estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade via Lin e Binns (1988), estimar os parâmetros genéticos e proceder o estudo das correlações entre sete características relativas a dez genótipos de milho pipoca, foram instalados três experimentos em ambientes distintos, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com sete repetições, com 25 plantas na parcela.

A análise de variância individual revelou diferenças significativas para genótipos para todas as características, nas diferentes localidades avaliadas, em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Em relação à análise de variância conjunta, houve interação significativa para genótipos por ambientes para todas as características, com exceção da altura de espiga em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

O componente de variação da interação genótipo x ambiente foi estimado a partir da decomposição do quadrado médio da interação em partes simples e complexa, utilizando a proposta de Cruz e Castoldi (1991). A quase totalidade das características expressou interação do tipo simples. Desta maneira, a condução de um único programa de melhoramento genético para a cultura nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro poderá atender às necessidades dos agricultores e dos consumidores dessas regiões.

A adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988) revelou os genótipos mais adaptados e estáveis, sendo também, os mais produtivos. Os materiais UNB2U-C4 e IAC112 foram considerados os mais adaptados e estáveis.

Quanto à análise de correlação, observou-se correlação positiva e significativa entre as características produtividade de grãos e capacidade de expansão.

De forma sucinta, as seguintes conclusões foram possíveis:

- a) a significância na fonte de variação G x A para maioria das características avaliadas confirma a presença da interação genótipos por ambientes;
- b) a maioria das características revelou a maior parte da interação do tipo simples, com apenas o número de espigas do tipo complexa; e
- c) os genótipos mais adaptados e estáveis pelo método de Lin e Binns foram: o UMB2U-C4 e o IAC-112.

3.1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, D. E.; Creech, R. G. Breeding special industrial and nutritional types. In Sprague, G. F. e Fuccillo, D. A. (1997) Corn and corn improvement. *Madison, American Society of Agronomy*, 363-386.
- Allard, R.W.; Bradshaw, A.D. (1964) Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, v4:503-508p.
- Andrade, R. A.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A.; Silvério, L.; Pinto, R. J. B.; Tonet, A. (2002) Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5):1197-120.
- Arias, C. A. A.; Souza Júnior C. L. (1998) Genetic variance and covariance components related to intra and interpopulation recurrent selection in maize. *Genetics and Molecular Biology*, 21:537-544.
- Arnhold, E. (2004) *Análise da eficiência de seleção dentro de famílias S₄, em programa de produção de linhagens com milho pipoca (Zea Mays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 95p.
- Brugnera, A.; Von Pinho, R. G.; Pacheco, C. A. P.; Alvarez, C. G. D. (2003) Resposta de cultivares de milho pipoca a doses de adubação de semeadura. *Revista Ceres*, Viçosa, 50 (290): 417-429.

- Brunson, A. M. (1937) Popcorn breeding *Yearbook Agricultural*, 1:395-404.
- Carbonell, S. A. M.; Azevedo Filho, J. A.; Dias, L. A. S.; Gonçalves, C.; Antonio, C. B. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 60, p. 69-77.
- Cargnelutti Filho, A.; Perecin, D.; Malheiros, E. B.; Guadagnin, J. P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, v. 66, p. 571-578.
- Cargnelutti Filho, A.; Storck, L. (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p.17-24.
- Carneiro, P. C. S. Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. (1998) 168f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa.
- Carpentieri-Pípolo, V.; Takahashi, H. W.; Endo, R. M.; Petek, M. R.; Seifert, A. L. (2002) Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 551-554.
- Carvalho, F.I.F.; Lorencetti, C.; Benin, G. (2004) *Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal*. Pelotas: UFPel. 142p.
- Carvalho, H. W. L.; Leal, M. L. S.; Cardoso, M. J.; Santos, M. X.; Tabosa, J. N.; Santos, M. D.; Lira, M. A. (2002) Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, p.75-82.
- Coimbra, R. R.; Miranda, G. V.; Viana, J. M. S.; Cruz, C. D.; Murakami, D. M.; Souza, L. V.; Fidelis, R. R. (2002) Estimation of genetic parameters and prediction of gains for DFT1-Ribeirão popcorn population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(1):33-38.

- Comstock, R. E.; Robinson, H. F. (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, 4:254-266.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2006) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2.ed. Viçosa: UFV, 586 p.
- Cruz, C. D.; Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. *Revista Ceres*, 38(219):422-430.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, v. 1, 480 p.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T. (2000) Adaptabilidade e Estabilidade de Produção de Ipomoea batatas. *Acta Scientiarum*, Maringá, PR., v. 22, n. 4, p. 911-917.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G. (2002) Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(3):339-344.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Daher, R. F.; Ávila, M. R. (2004) Correlações entre caracteres agronômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, 34(5):1389-1394.
- Falconer, D.S. (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, MG: UFV. 279p.
- Farias, F. J.; Freire, E. C.; Carvalho, L. P.; Arantes, E. M.; Oliveira, L. C. (1996) Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso. Campina Grande: Embrapa-CNPA. 4p. (Embrapa-CNPA. Pesquisa em andamento, 29).
- Ferrão, R. G.; Cruz, C. D.; Ferreira, A.; Cecon, P. R.; Ferrão, M. A. G.; Fonseca, A. F. A.; Carneiro, P. C. S.; Silva, M. F. (2008) Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, jan.
- Ferreira, P. R.; Botrel, M. A.; Ruggieri, A. C.; Pereira, A. V.; Coelho, A. D. F.; Léo, F. J. S.; Cruz, C. D. (2004) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares

- de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciência Rural*, v. 34, p. 265-269.
- Galvão, J. C. C.; Sawazaki, E.; Miranda, G. V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 47(270):201-218.
- Garcia, L. H. (1989) Tabelas para classificação do coeficiente de variação. *Circular Técnico* 171, Piracicaba-SP, IPEF.
- Gomes, F. P. (1990) Curso de estatística experimental. 13 ed. Piracicaba: São Paulo, USP/ESALQ, 468p.
- Gomez, K. A.; Gomez, A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2. ed. New York : J. Wiley, 1984. 680 p.
- Johnson, H. W.; Robinson, H. F.; Comstock, R. E. (1955) Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and these implications in selection. *Agronomy Journal*, Madison, v. 47, p. 477-83.
- Lédo, F. J. S. et al. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v. 29, n. 2, p. 409-414.
- Lima, M.; Zinsly, J. R.; Vencovsky, R.; Melo, M. R. C. (1971) Resultados parciais de um programa de melhoramento do milho (*Zea mays* L.) visando o aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. In: Relatório Científico do Departamento e Instituto de Genética, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 5:84-93.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v.68, p.193-198.
- Linares, E. (1987) Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho pipoca (*Zea mays* L.). Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba - SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 78p.

- Lira, M. A. (1983) Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (*Zea mays* L.). Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras - MG, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 62p.
- Miranda, G. V.; Coimbra, R. R.; Godoy, C. L.; Souza, L. V.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V. (2003) Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília- DF, 38(6):681-688.
- Miranda, G. V.; Souza, L. V.; Galvão, J. C. C.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V.; Santos, I. C. (2008) Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica*: DOI 10.1007/s10681-007-9598-9.
- Nunes, H. V.; Miranda, G. V.; Souza, L. V. de; Galvão, J. C. C.; Coimbra, R. R.; Melo, A. V. de. (2003) Comportamento de cultivares de milho pipoca em diferentes épocas de semeadura. *Revista Ceres*, Viçosa, 50 (290):445-460.
- Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T. (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1:3-10.
- Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) Genética Quantitativa em Plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, GO, 271p.
- Rangel, R. (2006) Dialelo circulante na avaliação de híbridos e na identificação de compostos superiores de milho pipoca. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Campos do Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 141p.
- Rangel, R. M.; Amaral Júnior, A. T.; Viana, A. P.; Freitas Júnior, S. P.; Pereira, M. G. (2007) Prediction of popcorn hybrid and composites means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(3):287-295.
- Resende, M. D. V. (2002) Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 975 p.

- Robbins Júnior, W. A.; Ashman, R. B. (1984) Parent-offspring popping expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. *Crop Science*, 24(1):119-121.
- Santos, F. S.; Amaral Júnior, A. T.; Freitas Júnior, S. P.; Rangel, M. R.; Pereira, M. G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. In: *Bragantia*, Campinas, 66(3):389-396.
- Sawazaki, E. (1995). *Melhoramento do milho pipoca*. Instituto Agrônomo, Campinas, 21p.
- Scapim, C. A.; Carvalho, C. G. P.; Cruz, C. D. (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 30(5):683-686.
- Scapim, C. A.; Pinto, R. J. B.; Amaral Júnior, A. T.; Mora F.; Dandolini, T. S. (2006) Combining ability of white grain popcorn populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6:136-143.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. L. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw Hill.1960. 481p.
- Steel, R. G. D., e J.H. Torrie. (1980) Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.). McGraw-Hill Inc., New York.
- Storck, L. (1979) Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho. Porto Alegre - RS. 98 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992) Genética Biométrica no Fitomelhoramento: Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 496p.
- Vendruscolo, E. C. G.; Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Oliveira, V. R.; Braccini, A. de L.; Gonçalves-Vidigal, M. C. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho pipoca na região centro-sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36(1):123-130.

- Verma, R. K.; Singh, T. P. (1979) Inter relations among certain quantitative traits in popcorn. Mysore, *Journal Agricultural Science*, 13:15-18.
- Ziegler, K. E.; Ashman, B. (1994) Popcorn. In: Hallauer, A. ed. *Specialty corns. Iowa: CRC Press*, 7:189-223.
- Zinsly, J. R.; Machado, J. A. (1987). Milho pipoca. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. eds. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill, p. 413 – 421.

3.2. OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL DO NÚMERO DE BLOCOS POR MEIO DE ALGORITMOS DE INTERVALOS DE CONFIANÇA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o número mínimo de repetições que podem ser utilizadas em ensaios de competições de milho pipoca para características relacionadas à produção e qualidade, sem perda da eficiência da estimação de parâmetros. Para tanto, foram conduzidos experimentos em três ambientes, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, com dez genótipos de milho pipoca. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com sete repetições, com a parcela contendo 25 plantas. Foi realizado um estudo de reamostragem com reposição, com posterior estimação de alguns parâmetros genéticos e fenotípicos, além do índice de heterogeneidade. Observando a dispersão das estimativas para o coeficiente de variação nos diferentes ambientes trabalhados, apropriou-se da amplitude de variação desta estimativa, e implementou-se a metodologia da máxima curvatura modificada. Os resultados, de maneira geral, apresentaram certa concordância entre os valores obtidos pelo método da reamostragem. As estimativas do número de repetições variaram de acordo com o parâmetro a ser estimado, de acordo com a variável a ser avaliada e de acordo com método utilizado. O método da reamostragem permite uma comparação eficiente dos efeitos do número de repetições na estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos. O comportamento das estimativas foi divergente entre as diferentes características e ambientes estudados quanto ao número mínimo de repetições a serem utilizadas. Considerando os resultados obtidos, a utilização de quatro a cinco repetições atenderia de maneira bastante

fidedigna a estimação dos diferentes parâmetros nos distintos ambientes. O índice de heterogenidade revelou comportamento diferenciado nas distintas características e nos diversos ambientes.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the desirable number of experimental replications in popcorn for seven economically important traits. To do so were conducted three experiments on North and Northwest regions of the Rio de Janeiro state. Ten popcorn genotypes were evaluated in randomized complete block design, with seven replications and 25 plants per plot. The resampling analysis was carried out with estimation of some genotypic and phenotypic parameters besides the heterogeneity index. Based on dispersion of estimates for the standard deviation on different trials there was obtained the deviation of the variation for the algorithm of the maximum modified curvature. The results in a general view presented certain agreement among the values obtained by the resampling method. The estimates of the number of replications varied in agreement with the parameter that will be estimated, in concordance with the trait that will be evaluated and the method too. The resampling method allows an efficient comparison on the effects of the number of the replication on the estimates of the genotypic and phenotypic parameters. The performance of the estimates was divergent among different traits and environments studied in relation to the optimum number of replication to be used. Based on the results, the use of four or five replications allowed identical inferences about the trait parameters analyzed in the different environments. The heterogeneity index revealed different performance for the traits at the environments evaluated.

3.2.1. INTRODUÇÃO

No melhoramento de plantas, etapa como a avaliação de genótipos em ensaios de comparação merece atenção especial por parte dos melhoristas. Entre os fatores que interferem nesse passo, o uso adequado do número de repetições assume função relevante. Há evidências de que quanto maior o número de repetições, mais preciso será o experimento e melhores estimativas podem ser obtidas (Steel e Torrie, 1980). Contudo, a utilização de um grande número de repetições poderá restringir a quantidade de materiais avaliados, pois implica em aumentos no tamanho do experimento e, conseqüentemente, maiores recursos para instalação e condução destes.

No Brasil, até o presente, existe um único artigo com informações sobre o número ótimo de repetições em ensaios com milho pipoca. Isso remete à necessidade de que para a identificação eficiente de genótipos superiores é necessário conduzir experimentos com boa precisão experimental, pois são vários os fatores que afetam essa precisão, entre eles a heterogeneidade do solo, o material genético e o manejo do experimento. Algumas estratégias como o delineamento, número de repetições e tamanho da parcela adequada podem ser trabalhadas para minimizar o erro experimental e aumentar a precisão.

Sendo assim, atenção especial deve ser dada à precisão experimental em ensaios de competição, pois esta pode causar baixa discriminação entre os tratamentos, induzindo a conclusões incorretas em relação aos genótipos que devem ser indicados aos produtores. Para discriminar melhor as diferenças entres

os genótipos avaliados, além do aumento do número de repetições, do uso de unidades experimentais mais homogêneas e de manejo adequado da cultura, o aumento do número de ambientes é também favorável para expressão da variabilidade entre os genótipos. Em milho pipoca, Rangel et al. (2007) obtiveram resultados mais fidedignos ao utilizar o dobro de ambientes empregados por Freitas Júnior et al. (2006) na avaliação dos mesmos genótipos

Cargnelutti Filho e Storck (2007) destacam a qualidade experimental como sendo importante para validação das conclusões obtidas em ensaios de avaliação de genótipos. Segundo esses autores, a cada nova média para determinada característica, possibilita a redução do coeficiente de variação experimental, vez que pela propriedade da esperança matemática, ao somar-se uma constante a uma variável, a nova média passa a ser somada a essa constante e, com isso, a variância não se altera e o coeficiente de variação se reduz.

Na concepção de Storck et al. (2007), em referência a Lin e Binns (1986), em sendo o plano experimental dependente do índice de heterogeneidade do rendimento de grãos (**b**) e do coeficiente de variação (CVe%) – obtidos numa área experimental – quando **b** for menor do que 0,2, os experimentos devem ser planejados no sentido de aumentar o número de repetições de parcelas menores e, quando **b** for maior do que 0,7, os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições.

Segundo os mesmos autores, é importante a utilização do índice de heterogeneidade, pois possibilita o acompanhamento da evolução da heterogeneidade da área experimental, em função da cultura e do manejo, sendo que isto permite que o tamanho da parcela ou o número de repetições sejam alterados em experimentos posteriores.

Têm-se, por conseguinte, fortes indícios de que a sobrelevação do número de repetições e/ou de ambientes favorecem respostas mais fidedignas nos ganhos seletivos na avaliação de programas de seleção ou na análise de ensaios de competição, sobretudo em se tratando de milho pipoca em que análises inerentes são raras. Portanto, gerar informações sobre um número adequado de repetições e verificar o efeito do número destas sobre a estimação dos componentes de variância, pode auxiliar nos programas de melhoramento.

O presente trabalho teve como objetivo, determinar o número ótimo de repetições que podem ser utilizadas em ensaios de comparação de desempenho

em milho pipoca, para características relacionadas à produção de grãos e qualidade da pipoca, sem perda de eficiência para estimação de parâmetros.

3.2.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.2.1. Obtenção dos Dados Experimentais

Os experimentos foram implementados no ano agrícola 2007/2008, no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situada a 21° 45' 32" de latitude sul e a 41° 20' 32" de longitude oeste, com altitude variando no município entre 20 e 30 m, classificado como tropical chuvoso, clima de bosque, com uma precipitação média anual de 1023 mm, e temperatura média anual de 23 °C. Na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Itaocara, Rio de Janeiro, localizada na Região Noroeste Fluminense, situada a 21° 39' 12" de latitude sul e 42° 04' 36" de longitude oeste e a 60 m de altitude, com temperatura média anual de 22,5 °C e precipitação média anual de 1041 mm. E ainda na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situada a 21°19'23" de latitude sul e 41°19'40" de longitude oeste, com altitude variando no município de 20 a 30 m, e o clima classificado com do tipo Aw de Köppen.

A distância entre o Colégio Agrícola e a PESAGRO-RIO de Campos do Goytacazes é de cerca de 8 Km; do Colégio Agrícola à PESAGRO-RIO de Itaocara é de cerca de 110 Km.

Cada ensaio foi constituído por dez tratamentos (Tabela 1), no delineamento de blocos casualizados, com sete repetições. A parcela foi composta por uma linha de 5,00 m, espaçadas a 0,90 m uma da outra e 0,02 m

entre plantas, totalizando 25 plantas por parcela. Foram utilizadas três sementes por cova, à profundidade de 0,05 m, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência, deixando-se uma planta por cova.

A adubação de plantio foi realizada aplicando-se adubo N-P-K, em conformidade com as exigências da cultura. A primeira adubação de cobertura foi realizada cerca de 30 dias após plantio, por ocasião da amontoa, sendo a segunda em torno de 45 dias após plantio. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme recomendação de Sawazaki (2001). A colheita manual das espigas foi realizada no primeiro trimestre de 2008.

Tabela 1 – Relação dos genótipos de milho pipoca utilizados e caracterização quanto à procedência, tipo de grãos e população.

Genótipo	Procedência	Cor do grão	População
BRS Angela	Embrapa	Branca	Variedade
IAC 112	IAC	Alaranjada	Híbrido Simples modificado
IAC 125	IAC	Alaranjada	Híbrido triplo
Jade	Pioneer	Alaranjada	Híbrido triplo
Zélia	Pioneer	Alaranjada	Híbrido triplo
UNB2U-C3	UENF	Amarela	População experimental
UNB2U-C4	UENF	Amarela	População experimental
Viçosa	UFV	Amarela	Variedade
Beija-flor	UFV	Amarela	Variedade
UFVM2 Barão de Viçosa	UFV	Alaranjada	Variedade

3.2.2.2. Características Avaliadas

As seguintes características foram avaliadas: a) altura média da planta, em cm (AP); b) altura média de inserção da primeira espiga, em cm (AE); c) número de espigas por parcela (NE); d) produtividade média de grãos (PG); e) número médio de dias para florescimento (FLOR); f) massa média de 100 grãos, em g (P100); e g) capacidade de expansão dos grãos (CE).

A altura média da planta (AP) foi quantificada em cm, após o pendoamento, do nível do solo à inserção da folha bandeira, em oito plantas competitivas. Já a altura média da espiga (AE) foi obtida pela quantificação da distância, em cm, do nível do solo à base de inserção da espiga superior, em oito plantas competitivas, conforme descrito por Brunson (1937), Verma e Singh (1979) e Lira (1983).

O número de espigas por parcela (NE) foi obtido pela contagem do número de espigas colhido em cada parcela. A produtividade média de grãos (PG) foi determinada por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo, sendo expressa em Kg.ha^{-1} . O número médio de dias para o florescimento (FLOR) foi obtido pela quantificação do período compreendido entre o plantio e a liberação dos estilos de 50 % das plantas da fileira.

Quanto à massa média de 100 grãos (P100), foram pesados, em balança com duas casas decimais, 100 grãos tomados aleatoriamente de plantas distintas de cada parcela (Lira, 1983). A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, sendo expressa pela relação mL.g^{-1} , ou seja, volume estourado em relação a massa de grãos submetida ao pipocamento. Para a quantificação da capacidade de expansão, foi utilizado aparelho de microondas da marca Panasonic, Modelo NN-S65B, sob potência de 1000 W, durante 3 minutos, com duas repetições por cada parcela. Para expansão dos grãos, foi utilizada uma tigela plástica especial obtida dos EUA.

3.2.2.3. Procedimento Estatístico

3.2.2.3.1. Análise de Variância

A análise de variância foi realizada considerando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ik} = \mu + R_k + G_i + \xi_{ij}$, em que μ é a média, R_k é o efeito da k-ésima

repetição, G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo, ξ_{ijk} é o erro experimental (Cruz et al., 2004). As esperanças dos quadrados médios das fontes de variação relativas ao modelo estatístico usado estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Esquema da análise de variância para o delineamento de blocos casualizados completos com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e esperança de quadrados médios (E(QM))

FV	GL	QM	E (QM) ^{1/}
Repetição (R)	(r - 1)	QMB	$\sigma^2 + g\sigma^2_R$
Genótipos (G)	(g - 1)	QMG	$\sigma^2 + r\Phi_G$
Erro	(g - 1)(r - 1)	QMR	σ^2
Total	gr - 1		

$${}^{1/}\Phi_G = \frac{\sum G_i^2}{g - 1}$$

Os estimadores dos componentes de variância para cada ambiente foram obtidos com base nas esperanças de quadrados médios apresentadas na Tabela 2, a saber:

$$\text{Variabilidade Genotípica: } \hat{\Phi}_g = \frac{QMG - QMR}{r};$$

$$\text{Variância fenotípica: } \hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{r};$$

$$\text{Variância residual: } \hat{\sigma}_r^2 = \frac{QMR}{r};$$

$$\text{Coeficiente de determinação genotípica: } \hat{H}^2 = \frac{\hat{\Phi}_g}{\hat{\sigma}_f^2};$$

$$\text{Coeficiente de variação genético: } \hat{CV}_g (\%) = \left(100 \cdot \sqrt{\hat{\Phi}_g / \bar{x}}\right); \text{ e}$$

$$\text{Índice de variação: } \hat{I}_v (\%) = 100(CV_g / CV_e),$$

em que:

QMG = quadrado médio do genótipo;

QMR = quadrado médio do resíduo; e

r = número de repetições.

O Índice de Heterogeneidade foi estimado com base no algoritmo proposto por Lin e Binns (1984). De cada combinação de blocos, foram usados a média de cada característica, o quadrado médio de erro (QME), o quadrado médio de bloco (QMB), o coeficiente de variação do erro experimental (CV) e o número de genótipos por bloco (ng). Foi estimado o coeficiente de correlação intraclasse ($\tilde{\rho}$) usando a expressão: $\tilde{\rho} = \tilde{\rho}_b^2 / (\tilde{\rho}^2 + \tilde{\rho}_b^2)$, em que $\tilde{\rho}^2$ é o QME e $\tilde{\rho}_b^2 = (\text{QMB} - \text{QME}) / \text{ng}$. O índice de heterogeneidade (b) de cada experimento foi estimado pela expressão:

$$b = 1 - \frac{\log[ng - (ng - 1)(1 - \tilde{\rho})]}{\log(ng)}$$

3.2.2.3.2. Obtenção das Amostras

A metodologia descrita a seguir foi adaptada de Leite (2007), que trabalhou na determinação do número de plantas amostradas dentro de parcelas experimentais.

A obtenção das amostras a serem comparadas, considerando como unidade básica cada bloco dos sete utilizados, se deu pela obtenção de todas as combinações possíveis entre os blocos avaliados. O procedimento empregado para simulação dos conjuntos de dados foi semelhante à técnica de reamostragem “bootstrap” (Davison e Hinkley, 1997), e se resumiu nos seguintes passos:

- (i) do conjunto de sete blocos foram retiradas amostras aleatórias de maneira que os blocos amostrados nunca fossem repetidos em uma mesma amostragem. Foram testados cinco tamanhos de amostras, sendo n igual a 2, 3, 4, 5 e 6 blocos;
- (ii) reamostragens com reposição foram realizadas, seguindo o exposto no item (i), gerando, assim, um conjunto de dados para cada valor de n em cada variável analisada; e
- (iii) para cada conjunto de dados gerado realizou-se a análise de variância segundo o modelo definido no item (3.2.4.4.1) e estimaram-se os

parâmetros de interesse, que foram armazenados em novos vetores de estimativas correspondentes.

De maneira geral, para verificar o efeito dos diferentes números de repetições, sob a estimação dos parâmetros, foram considerados os experimentos variando de dois a sete blocos. Para tanto, em cada ambiente, foram realizadas 120 análises de variância em cada variável, envolvendo todas as combinações possíveis, com dois, três... e seis blocos. A partir dessas análises foram obtidas as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, do índice de heterogeneidade e do coeficiente de variação, que posteriormente foram plotadas em gráficos.

3.2.2.3.3. Estratégias para a Estimação do Número Ideal de Blocos

Para estimação do número ideal de repetições, utilizou-se apenas alguns procedimentos que mais se adaptaram ao conjunto de dados disponível. Para tanto, foram construídos os intervalos de confiança para os valores dos parâmetros estimados no conjunto de dados original (sete blocos) de acordo com a metodologia descrita por Barbin (1993), para a variabilidade genotípica, variância fenotípica e variância ambiental. Os limites inferiores (LI) e superiores

(LS) do intervalo de confiança são dados por: $LI = \frac{GL \times \hat{\phi}_g}{X_{\alpha/2}^2}$; $LI = \frac{GL \times \hat{\phi}_g}{X_{1-\alpha/2}^2}$, sendo

que GL são os graus de liberdade associados ao componente da variância estimado, conforme Satterthwaite (Barbin, 1993), $X_{\alpha/2}^2$ e $X_{1-\alpha/2}^2$ são os quantis superiores da distribuição de qui-quadrado $\alpha/2$ e $1-\alpha/2$, com $\alpha=5\%$ de probabilidade.

O intervalo de confiança associado à estimativa do coeficiente de determinação genotípica foi calculado conforme metodologia preconizada por Knapp et al. (1985);

$$IC_{1-\alpha} = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{M_1}{M_2} \right) F_{1-\alpha/2; gl2, gl1} \right]^{-1} ; 1 - \left[\left(\frac{M_1}{M_2} \right) F_{\alpha/2; gl2, gl1} \right]^{-1} \right\},$$

em que;

M_1 e M_2 são os valores estimados para o quadrado médio do tratamento (QMT) e quadrado médio do erro (QME), respectivamente.

Para obtenção do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CVe), foi utilizado o algoritmo apresentada por Vangen (1996), a saber;

$$IC_{1-\alpha/2} = \left[\frac{CV}{\sqrt{\left(\frac{U_2+2}{v+1}-1\right)CV^2 + \frac{U_2}{v}}}; \frac{CV}{\sqrt{\left(\frac{U_1+2}{v+1}-1\right)CV^2 + \frac{U_1}{v}}} \right],$$

sendo que:

U_1 e U_2 correspondem aos quantis da distribuição de x^2 , com $v = n-1$ graus de liberdade, que proporcionam, respectivamente, uma área de $1 - \alpha/2$ e $\alpha/2$ da cauda direita da distribuição.

As variações ocorridas na dispersão das estimativas desses parâmetros foram discutidas com base nos intervalos de confiança obtidos.

O número de repetições ideal foi também estimado aplicando-se o método tradicional da máxima curvatura modificado (Meier e Lessman, 1971), que consiste em representar a relação entre coeficiente de variação experimental e tamanho da amostra, com uso de equação de regressão do tipo $y = a/x^{-b}$, em que y representa o coeficiente de variação e x o correspondente ao tamanho da amostra em unidades básicas. Para este trabalho apropriou-se dos valores da amplitude de variação, obtidos pela diferença entre a maior e a menor estimativa em cada combinação de blocos. O valor da abcissa, no ponto de máxima curvatura, é dado pela seguinte expressão apresentada por Chaves (1985), deduzida a partir de Meier e Lessman (1971):

$$X_{MC} = \left[\frac{a^2 b^2 (2b-1)}{(b-2)} \right]^{\frac{1}{(2-2b)}},$$

em que;

X_{MC} = valor da abcissa correspondente ao ponto de máxima curvatura, ou seja, o número de repetições recomendado;

a e b são os coeficientes de regressão segundo o modelo citado.

Quanto ao intervalo adotado para o índice de heterogeneidade (b), considerou-se o que é preconizado por Storck et al. (2007), em referência a Lin e Binns (1986), onde valores de $b < 0,2$, os experimentos devem ser planejados no sentido de aumentar o número de repetições de parcelas menores, quando $b > 0,7$, os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições, e quando $0,2 < b < 0,7$ poderá ser planejado uma combinação adequada entre o número de repetições e o tamanho de parcela.

3.2.2.3.4. Processamento Computacional

Para o processamento computacional, conforme Leite (2007), devido ao grande volume de dados e análises a serem realizadas, foram desenvolvidos algoritmos usando a linguagem R de programação (R Development Core Team, 2006) para automatização dos procedimentos de simulação, análise e estimação de parâmetros propostos neste trabalho, bem como para a aplicação dos métodos propostos. O programa está disponível na “internet” ([HTTP://www.r-project.org](http://www.r-project.org)).

A rotina de análise foi desenvolvida pelo Prof. Luiz Alexandre Peternelli¹,

¹ Professor do Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa.

3.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2.3.1. Estimativas dos Parâmetros no Ambiente Colégio Agrícola de Campos dos Goytacazes.

Buscou-se, com esse trabalho, gerar informações a fim de auxiliar na tomada de decisão de qual o número de blocos ideais a ser recomendado na estimação de parâmetros, de maneira a otimizar o plano experimental, identificando o número mínimo de repetições que devem ser utilizada em experimentos com milho pipoca. Desta forma, estão apresentadas nas Figuras 1 a 21 gráficos que revelam o comportamento das estimativas de alguns parâmetros mais importantes, em três ambientes distintos. As estimativas neste estudo foram a variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_r^2$), coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), coeficiente de variação experimental ($CV\hat{e}$) e o índice de heterogeneidade (b). É possível verificar, por análise visual, o impacto do número de repetições sobre as estimativas dos parâmetros genéticos, nas várias características e nos diferentes ambientes.

Nas diferentes características avaliadas, foi observada a frequente estimação de componentes de variância negativos para a variabilidade genética e para o coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), sendo que estimativas se repetiram quase sempre para dois e três blocos. Segundo Barbin (1993), a presença de estimativas negativas de componentes de variância pode indicar uso

de modelo matemático errado, pode ser devido ao método de estimação utilizado ou pode estar ligado ao tamanho da amostra.

Para Storck et al. (2000), caso o material experimental não seja homogêneo, uma certa quantidade de material, numa unidade experimental, não representa por amostragem, a mesma quantidade em outra unidade irá aumentar o erro experimental e contribuir para estimativas com menor confiabilidade

Na Figura 1 está apresentada a dispersão das estimativas dos parâmetros para a variável altura média de plantas (AP). As linhas tracejadas indicam os limites, superior e inferior, dos intervalos de confiança, construídos para os valores dos parâmetros estimados no conjunto de sete blocos. Estes valores estão evidenciados nos gráficos, nos pontos referentes às amostras com sete blocos. A tendência geral é que a variação das estimativas dos parâmetros aumente, na medida em que diminui, o número de blocos.

É de se esperar essa variação que ocorre entre as estimativas, pois à medida que se diminui o número de blocos - para todos os parâmetros em todas as características - observa-se aumento na amplitude de variação das estimativas, o que pode significar redução na eficiência experimental.

Para a variável AP (Figura 1), a média das estimativas dos parâmetros em cada tamanho de amostra tende a se situar próximo ao valor estimado em sete blocos, para a maioria dos parâmetros, exceto para o coeficiente de determinação genotípica, onde esta média tende a diminuir à medida que há a redução no número de blocos envolvidos para a sua estimação (as médias encontram-se no Apêndice A). Esse comportamento da média das estimativas dos parâmetros também é observado nas outras características avaliadas, fato que também foi observado por Leite (2007), que desenvolveu estudo visando determinar o número mínimo de plantas que deve ser amostrado em experimentos de famílias de cana-de-açúcar para estimação de parâmetros.

Apesar do intervalo de o confiança para a variabilidade genotípica e variância fenotípica terem revelado espectro abrangente, observa-se, na Figura 1, que na estimação destes parâmetros, três blocos seria o ideal, vez que as estimativas para esta condição se encontram todas dentro do intervalo de confiança. Por sua vez, para o coeficiente de determinação genotípica, quatro blocos seria o mais recomendado, visando à otimização, pois caso seja considerado três blocos, observa-se que há estimativas fora do IC, o que não

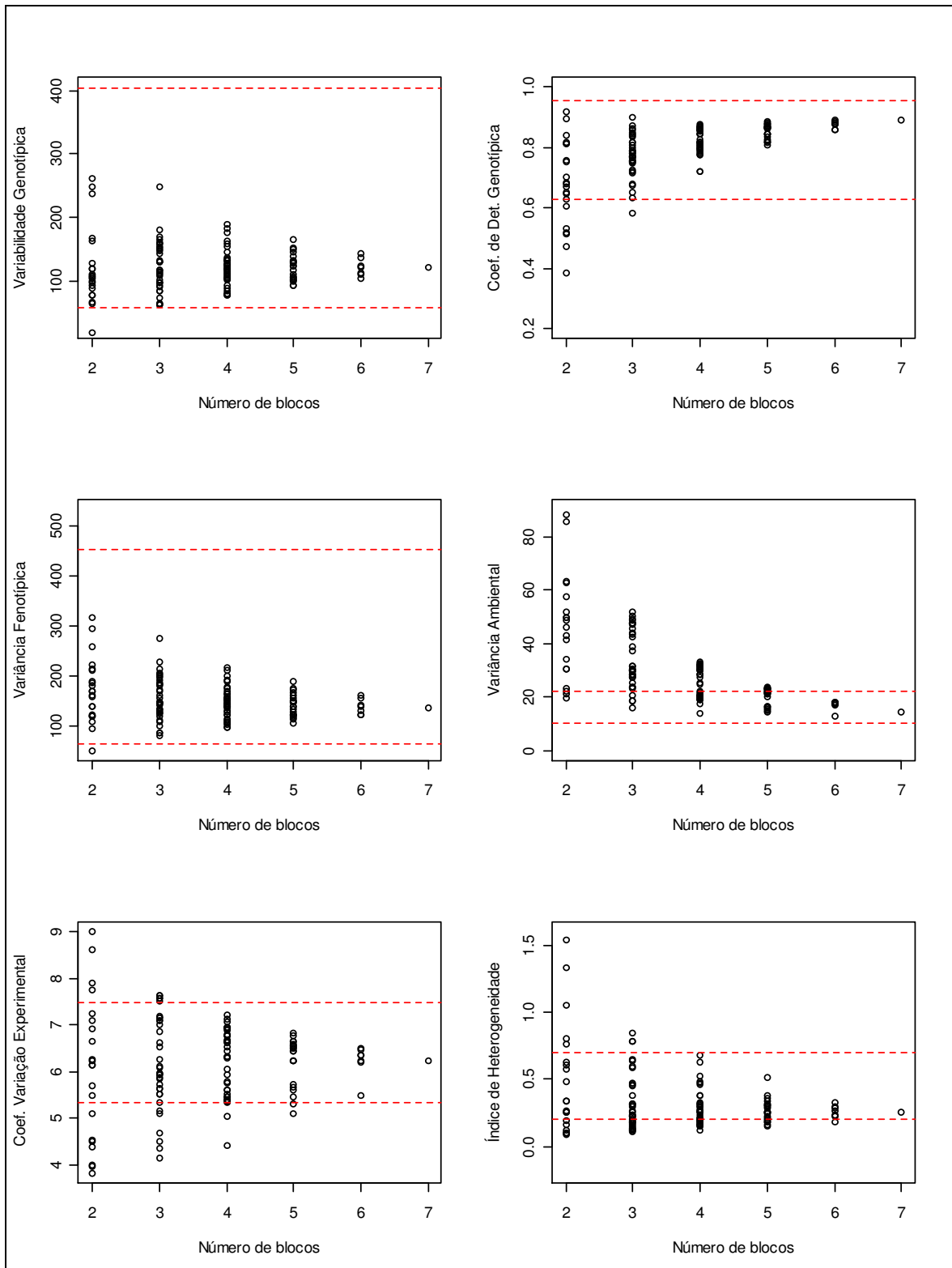


Figura 1 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para característica altura média de plantas no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

transmite confiança para estimação pelo aludido parâmetro. Se o interesse estiver na estimação da variância ambiental, observa-se, na Figura 1, que nesse caso seis blocos são necessários para a precisa estimação deste parâmetro.

O coeficiente de variação experimental (CVe) constituiu-se em estimativa do erro experimental, em relação a média geral do ensaio, e é uma estatística muito utilizada como medida de avaliação da qualidade experimental. De acordo com Ramalho et al. (2005), o CVe é um parâmetro que visa fornecer informação sobre a variabilidade da população, tendo como referência a média. Esta medida possibilita a comparação da variabilidade existente em diferentes populações, ou dentro da mesma população para diversas características. Embora seja amplamente utilizada; como todo estimador, está sujeita a erros amostrais. Para torná-las mais efetiva, é conveniente que seja utilizada quando disponível com intervalo de confiança.

Na concepção de Storck et al. (2007), em referência a Lin e Binns (1986), sendo o plano experimental dependente do índice de heterogeneidade do rendimento de grãos (**b**) e do coeficiente de variação (CVe%) – obtidos numa área experimental quando $b < 0,2$, os experimentos devem ser planejados no sentido de aumentar o número de repetições de parcelas menores e, quando $b > 0,7$, os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições.

Sendo assim, poder-se-ia adotar estes parâmetros como norteadores para indicar o número de repetições ideal, de maneira a planejar os experimentos a fim de obter estimativas bastante precisas. Neste caso, verifica-se no gráfico para as estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe), na Figura 1, que seis blocos é o ideal para a fidedigna expressão da característica altura média de plantas.

Na Figura 1, também podem ser observadas as estimativas de valores mais extremos à média do coeficiente de variação experimental. Como esperado, as maiores estimativas foram obtidas com duas repetições. Com o aumento do número de repetições, as variações vão diminuindo.

A amplitude de variação no CVe, com duas repetições, evidencia que os blocos tiveram diferentes contribuições para a precisão experimental. Isto significa que certos blocos, provavelmente, em virtude da maior heterogeneidade do solo, contribuíram para aumentar a estimativa do erro e, conseqüentemente, diminuir a

precisão experimental. Salienta-se, contudo, que a maior estimativa do CVE obtida (9,0%) ainda é de baixa magnitude, conforme classificação de Gomes (1990). Resultados semelhantes foram obtidos por Arriel et al. (1993) trabalhando com famílias de meios-irmãos em eucalipto. Estes autores constataram que o coeficiente de variação experimental, em cada combinação, foi semelhante, ou até mesmo inferior, ao obtido com oito repetições.

Extrapolando o índice de heterogeneidade para outras características, que não só o rendimento de grãos, conforme proposto por Storck et al. (2007), observa-se, na Figura 1, que nas estimativas de seis blocos aparece um valor fora do limite. Valor menor que 0,2 indica necessidade de aumento do número de repetições (Lin e Binns, 1986). Com sete blocos, observa-se que a estimativa se instalou dentro do intervalo, sendo assim, pode se planejar uma combinação ideal entre número de repetição e tamanho da parcela. Contudo, Storck et al. (2007) salientam que o tamanho da parcela não pode variar muito, para mais ou para menos do que foi usado nos experimentos em que foram estimados os valores de b .

Encontra-se, na Figura 2, a dispersão das estimativas para variável altura média de espigas. Não foram observadas estimativas negativas entre os parâmetros utilizados para esta característica.

Por serem características altamente correlacionadas, os resultados para altura média de plantas (AP) e altura média de espiga (AE), foram bastante semelhantes quanto à distribuição das estimativas e quanto à indicação do número ótimo de blocos. Apenas os parâmetros coeficiente de determinação genotípica (H^2) e índice de heterogeneidade (b) exibiram diferenças em relação à altura média de plantas; nestes, o número ótimo de blocos seria de quatro e seis, respectivamente.

Para o H^2 (Figura 2), com base na distribuição das estimativas, ponderadas pelo intervalo de confiança (IC), a utilização de quatro blocos, atende a exigência de todas as estimativas se alocarem dentro do IC. Este parâmetro, de maneira bastante simplista está associado à fórmula de ganho por seleção. Logo, o conhecimento do comportamento desta variável pode contribuir para a tomada de decisão no momento do planejamento do experimento em melhoramento para avaliação de progênies, a fim de obter maiores ganhos.

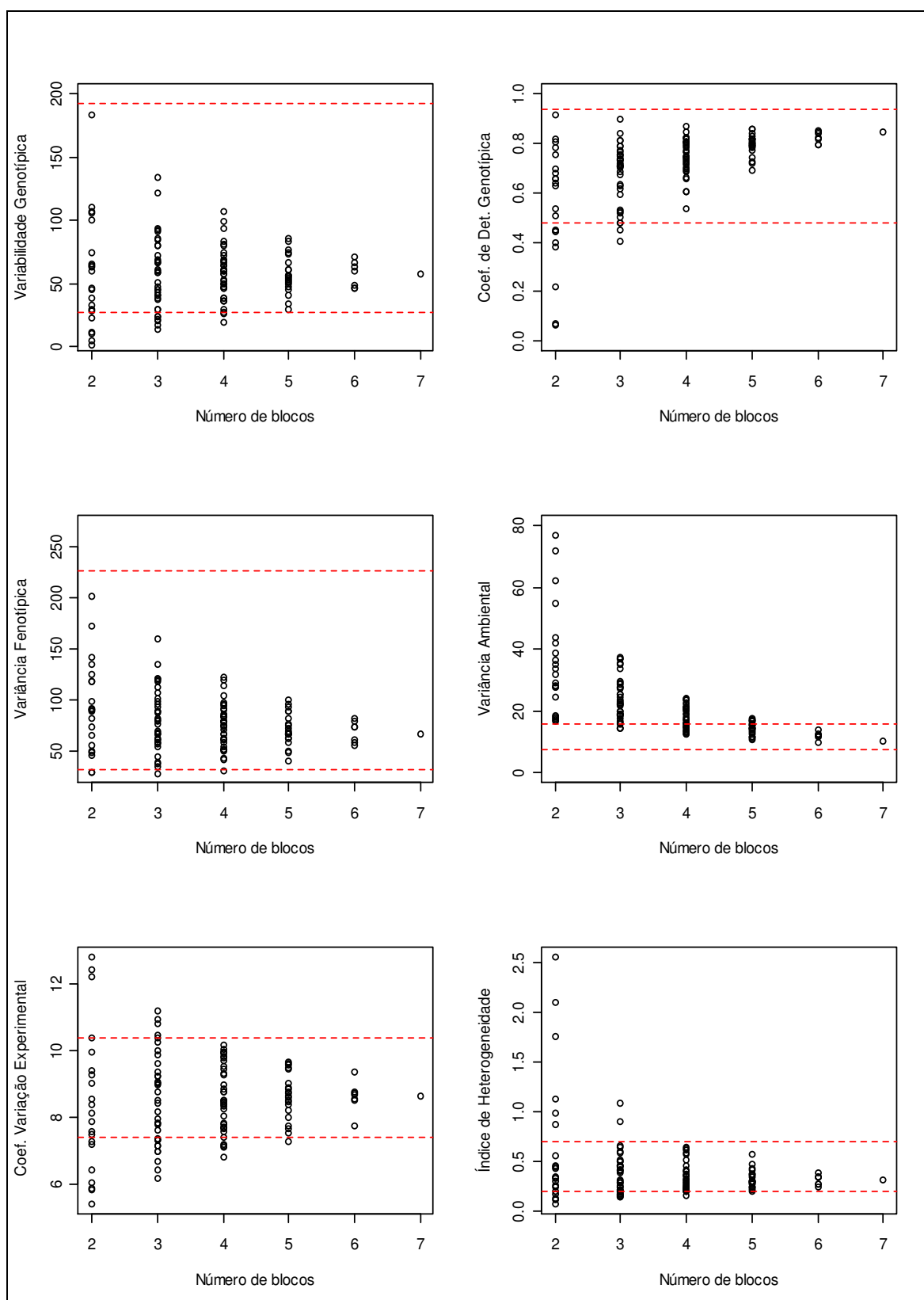


Figura 2 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para característica altura média de espigas no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

Observa-se, na Figura 2, que a variância ambiental é fortemente influenciada pela redução do número de blocos; nesta o IC se revelou mais reduzido, indicando seis blocos, com número ideal de repetições. Ao contrário, para a variabilidade genotípica e variância genética, a utilização de cinco blocos é o ideal.

Sendo o coeficiente de variação experimental (CVe) um parâmetro bastante utilizado como medida de avaliação da qualidade experimental, verifica-se (Figura 2), pela distribuição das estimativas, ponderadas pelo algoritmo de Vangen (1996), que seis blocos é o ideal.

De acordo com Storck et al. (2007), um experimento conduzido com o uso de altas tecnologias (ambiente favorável) resulta em médias altas para todos os tratamentos, implicando na redução do CVe devido ao aumento da média geral, o que não implica em melhor qualidade do experimento, porque a variância das médias estimadas não é reduzida.

Observando a Figura 3, verifica-se a dispersão das estimativas dos parâmetros para a variável número de espigas por parcela. No gráfico para variância genotípica e coeficiente de determinação genotípica, a linha horizontal contínua revela o ponto zero do eixo das ordenadas, isto é, todos os pontos situados abaixo desta linha referem-se a estimativas negativas encontradas para estes parâmetros.

Com base na Figura 3, é possível motivar que cinco blocos são suficientes para estimação da maioria os parâmetros para a variável número de espigas por parcela, exceto para o índice de heterogeneidade (b), onde se observa que as estimativas estão acima do limite de 0,7. Deste modo, segundo a premissa de Lin e Binns (1986), os experimentos neste ambiente para a característica em questão devem ser alocados com parcelas maiores.

Pode-se ainda aventar, com base no comportamento das estimativas de b, a possibilidade de se trabalhar com um menor número de blocos e com um maior tamanho de parcela, vez que, como já mencionado, os valores das estimativas se alocaram sobre o valor de 0,7.

Fundamentando-se no CVe (Figura 3), e entendendo este como importante parâmetro para se concluir sobre a precisão experimental, observa-se que na distribuição das estimativas ao longo da redução do número de blocos ocorreu um aumento na amplitude de variação da estimativa. O uso desta amplitude para se

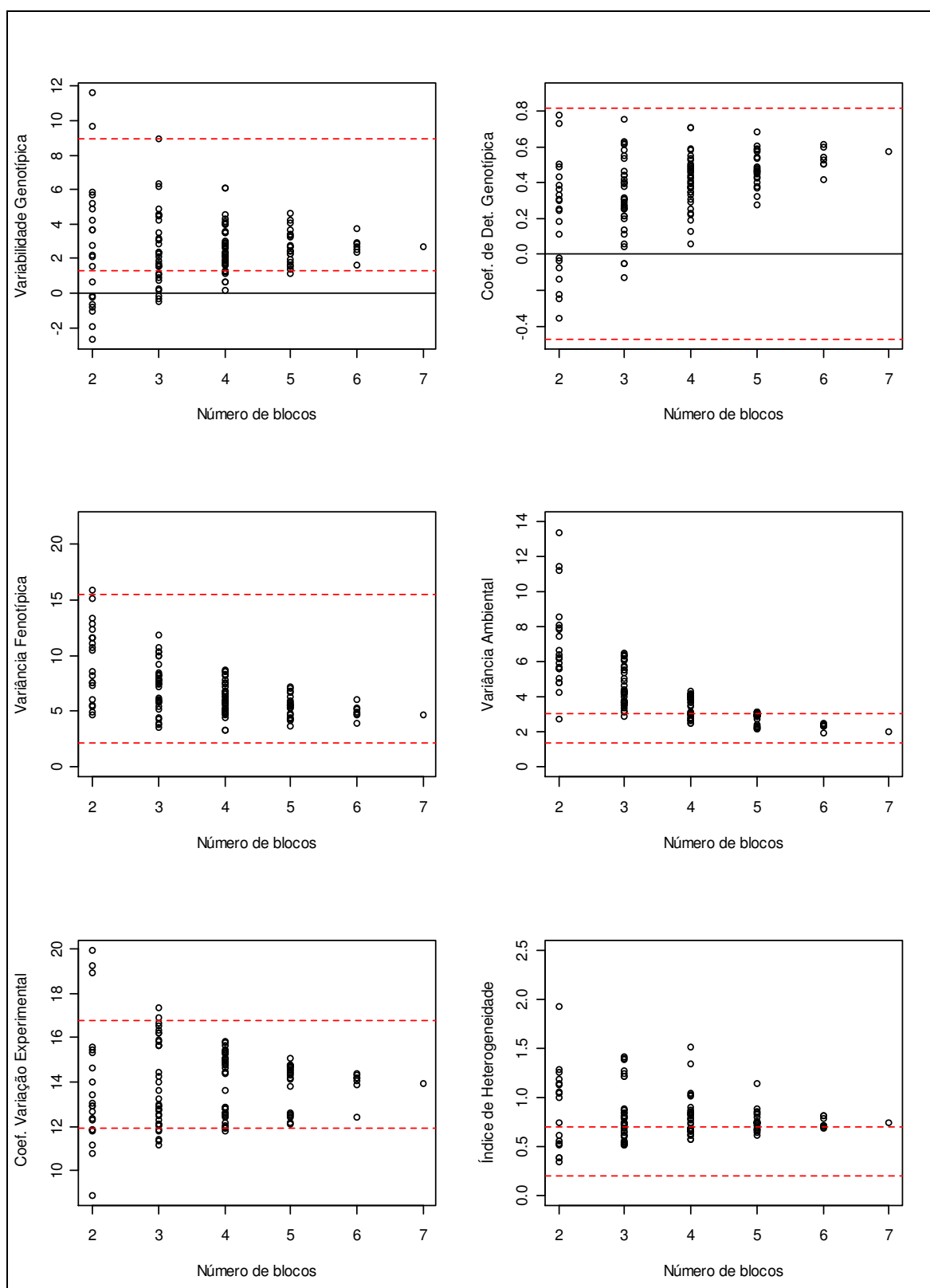


Figura 3 – Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para característica número de espigas por parcela no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

apor conclusões sobre o comportamento do C_{Ve} com a redução do número de blocos pode ser contestada, vez que o número de estimativas em cada combinação de blocos é diferente.

No entanto, apesar de diferentes, o número de estimativas em dois blocos é a mesma que em cinco blocos, desta forma, acredita ser passível de comparação. Neste caso, a amplitude de variação para dois blocos é cerca de três vezes maior do que em cinco blocos.

Quanto à indicação do número de blocos para estimação da variabilidade genotípica, variância fenotípica e coeficiente de variação experimental, seis blocos é o ideal para a fidedigna estimação para número de espigas por parcela em experimentação em milho pipoca. Destaca-se, ainda, que no caso do C_{Ve} as estimativas para cinco blocos se concentraram todas dentro do IC, assim esse poderá ser o número de repetições adequado para otimização experimental (Figura3).

Característica de grande importância em programas de melhoramento, a produtividade de grãos merece atenção especial quanto ao comportamento das estimativas dos parâmetros sobre efeito do número de blocos. A dispersão das estimativas para a variável em questão podem ser visualizadas na Figura 4.

Vê-se que houve efeito da variação do número de blocos sob os parâmetros para a variável produtividade de grãos (Figura 4), variação essa também averiguada nas demais Figuras, para as diferentes características. Assim, constata-se um substancial impacto do número de repetições na estimação dos parâmetros envolvidos no melhoramento de plantas e nas conclusões quanto à precisão experimental.

Com fundamento na variabilidade genotípica e no coeficiente de determinação genotípica, ponderados pelo intervalo de confiança, acura-se que quatro blocos se ajustam para estimativa da produtividade de grãos. Por sua vez, para a variância fenotípica com dois blocos as estimativas estiveram todas compreendidas dentro do IC, sendo este o número de repetições indicado.

Dentre os intervalos de confiança até aqui debatidos, os da variância ambiental são os que vêm apresentando uma menor amplitude; isto se deve ao maior número de graus de liberdade associados a esse parâmetro.

Conforme destacado, de acordo com Storck et al. (2007), em referência a Lin e Binns (1986), sendo o plano experimental dependente do índice de

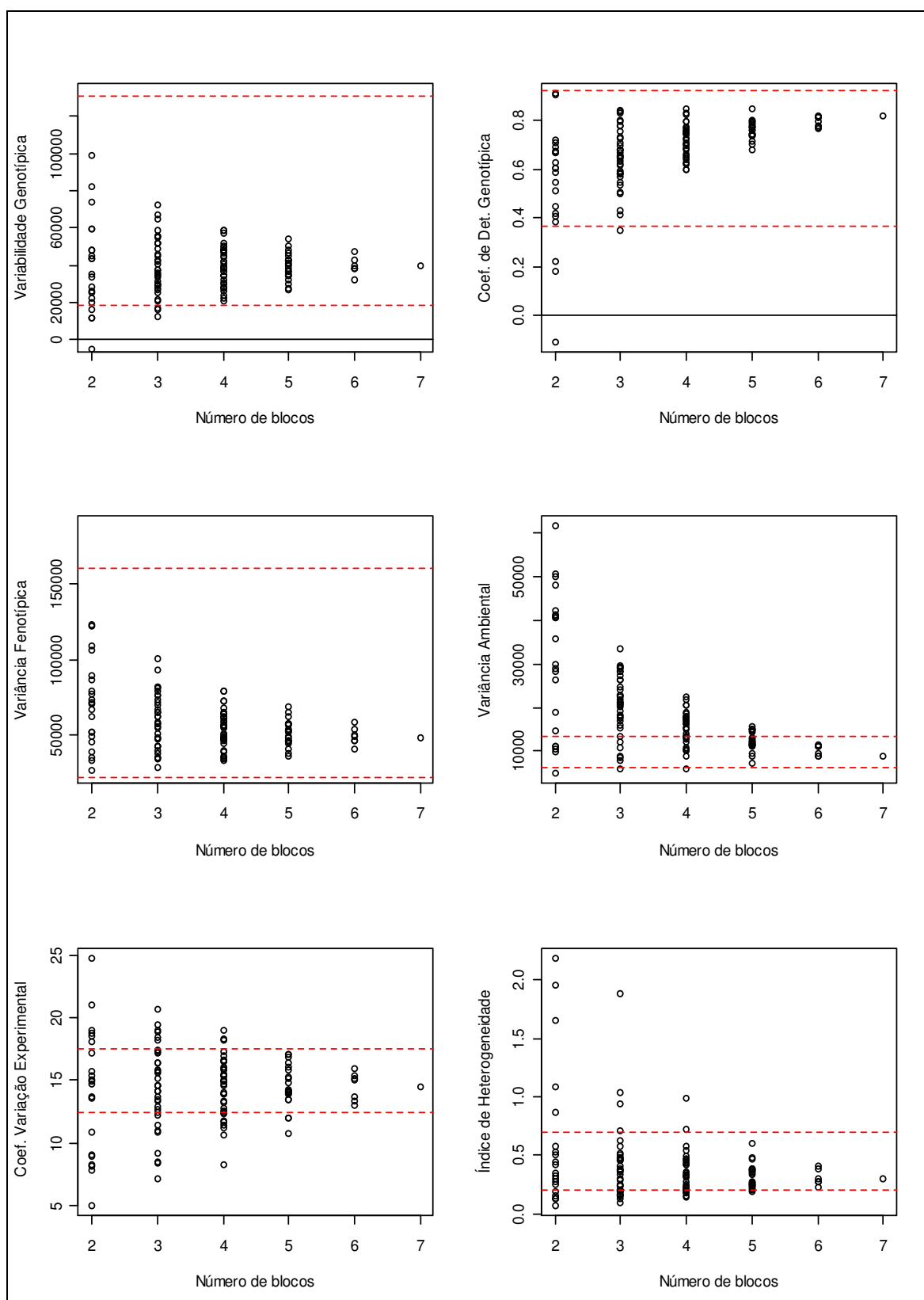


Figura 4 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a variável produtividade média de grãos no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

heterogeneidade do rendimento de grãos (**b**) e do coeficiente de variação (CVe%) – obtidos numa área experimental quando $b < 0,2$, os experimentos devem ser planejados no sentido de aumentar o número de repetições de parcelas menores e, quando $b > 0,7$, os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições.

Observando a distribuição das estimativas e os intervalos estabelecidos, tanto para CVe quanto para o índice de heterogeneidade, conclui-se que seis blocos é o número ideal, de maneira que assim há uma correta avaliação do genótipo. Porém, quanto ao coeficiente de variação, observa-se, na Figura 4, que com cinco blocos, apenas 2 das 21 estimativas estiveram fora do IC.

Para Storck et al. (2007), o aumento do número de repetições é muito mais eficiente para o aumento da precisão, quando o valor de b é menor e quando as parcelas são menores. Nesse caso, o pesquisador deve optar por planejar um experimento considerando as restrições de cada caso. Assim, podem-se considerar restrições quanto às dimensões da área disponível, quantidade de sementes, disponibilidade de recursos financeiros ou humanos e quanto à precisão desejada.

A Figura 5 contém a distribuição das estimativas para a variável número médio de dias para o florescimento. Observa-se que, para quase totalidade dos parâmetros estimados, cinco blocos atendem a estimação confiável para a característica. Observa-se, ainda, estimativas negativas para os parâmetros variabilidade genotípica e coeficiente de determinação genotípica, que conforme Barbin (1993), pode indicar uso de modelo matemático errado, pode ser devido ao método de estimação utilizado ou pode estar ligado a erros de amostragem.

Quanto ao índice de heterogeneidade até cinco blocos, não há problemas quanto ao plano experimental, vez que as estimativas de b em cinco blocos estiveram alocados entre 0,2 e 0,7.

No entanto, conforme Storck et. al. (2007), o tamanho da parcela não pode variar muito, para mais ou para menos do que foi usado nos experimentos em que foram estimados os valores de b . Ao verificar o algoritmo que estima os valores do índice de heterogeneidade, constata-se que este é fortemente influenciado pelo quadrado médio do erro; portanto, está associado à qualidade experimental.

Quanto ao tamanho das parcelas em milho comum, Storck (1979), trabalhando com milho duplo, determinou por meio de métodos de estimação, que

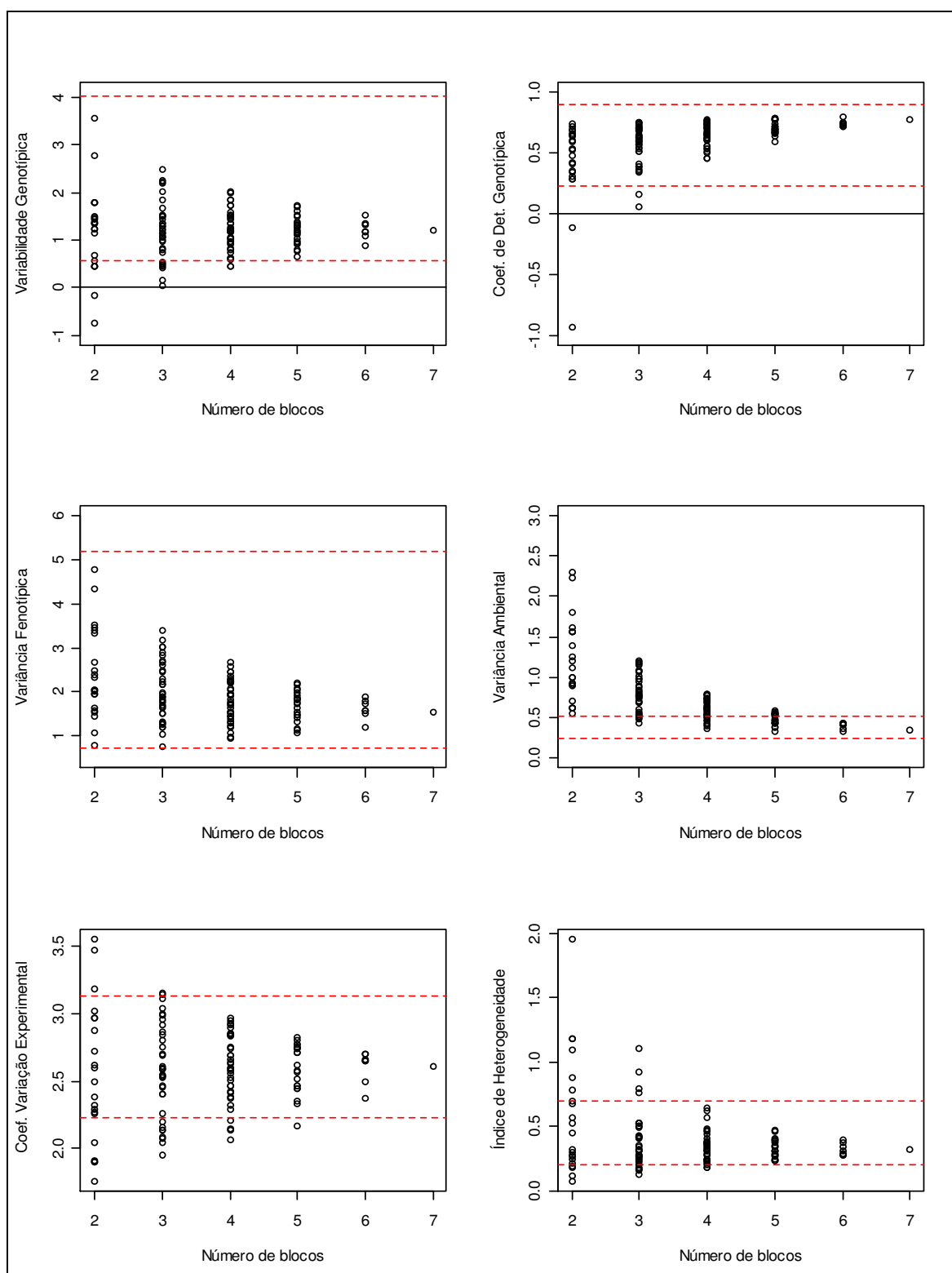


Figura 5 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica número médio de dias para o florescimento no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

o melhor tamanho de parcela constituía-se por uma fileira simples de cinco metros, ou duas de 2,5 metros. Já, em trabalho realizado por Martin et al. (2005), objetivando avaliar a influência de diferentes bases genéticas de milho, sobre a estimativa do tamanho de parcela experimental e do número de repetições, concluíram que a heterogeneidade do solo e a variabilidade genética são responsáveis pela diversidade do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições, em mesmo nível de precisão.

Os valores das estimativas do coeficiente de variação para número médio de dias para florescimento são considerados baixos pela classificação de Gomes (1990), sendo que a estimativa de maior valor foi de magnitude 3,65%, o que denota que o experimento conteve boa precisão experimental. De todo modo, para uma estimativa correta deverão ser utilizados cinco repetições (Figura 5).

Pode ser visualizado na Figura 6 a dispersão das estimativas dos parâmetros para a variável massa média de cem grãos. Para a variabilidade genotípica e coeficiente de determinação genotípica, três e quatro blocos são suficientes para estimação destes parâmetros. No caso da variância fenotípica, nenhuma das estimativas ficaram fora do intervalo de confiança; nessa, detectou-se também pequena variação entre as estimativas em cada combinação de blocos.

Quanto ao coeficiente de variação, seis blocos é o ideal, no entanto, o uso de cinco blocos não deve ser descartado, vez que a alteração entre as médias das estimativas em cada bloco foi pequena. É importante observar o índice de heterogeneidade, que para esta característica, revela a necessidade do aumento no tamanho da parcela.

Para verificar a influência do número de repetições na eficiência dos experimentos de avaliação de progênies de eucalipto, Arriel et al. (1993) simularam o efeito de diferentes números de repetições na precisão, avaliada por meio do coeficiente de variação, e nas estimativas de parâmetros genéticos. Observaram, que ao passar de duas para oito repetições, a alteração no CVe% foi muito pequena. Do mesmo modo, verificaram que a estimativa de variância genética entre progênies alterou relativamente pouco, apesar da ocorrência na redução do erro que era esperada, com o aumento do número de repetições. Já a herdabilidade em nível de média de famílias aumentou sensivelmente com o incremento do número de repetições.

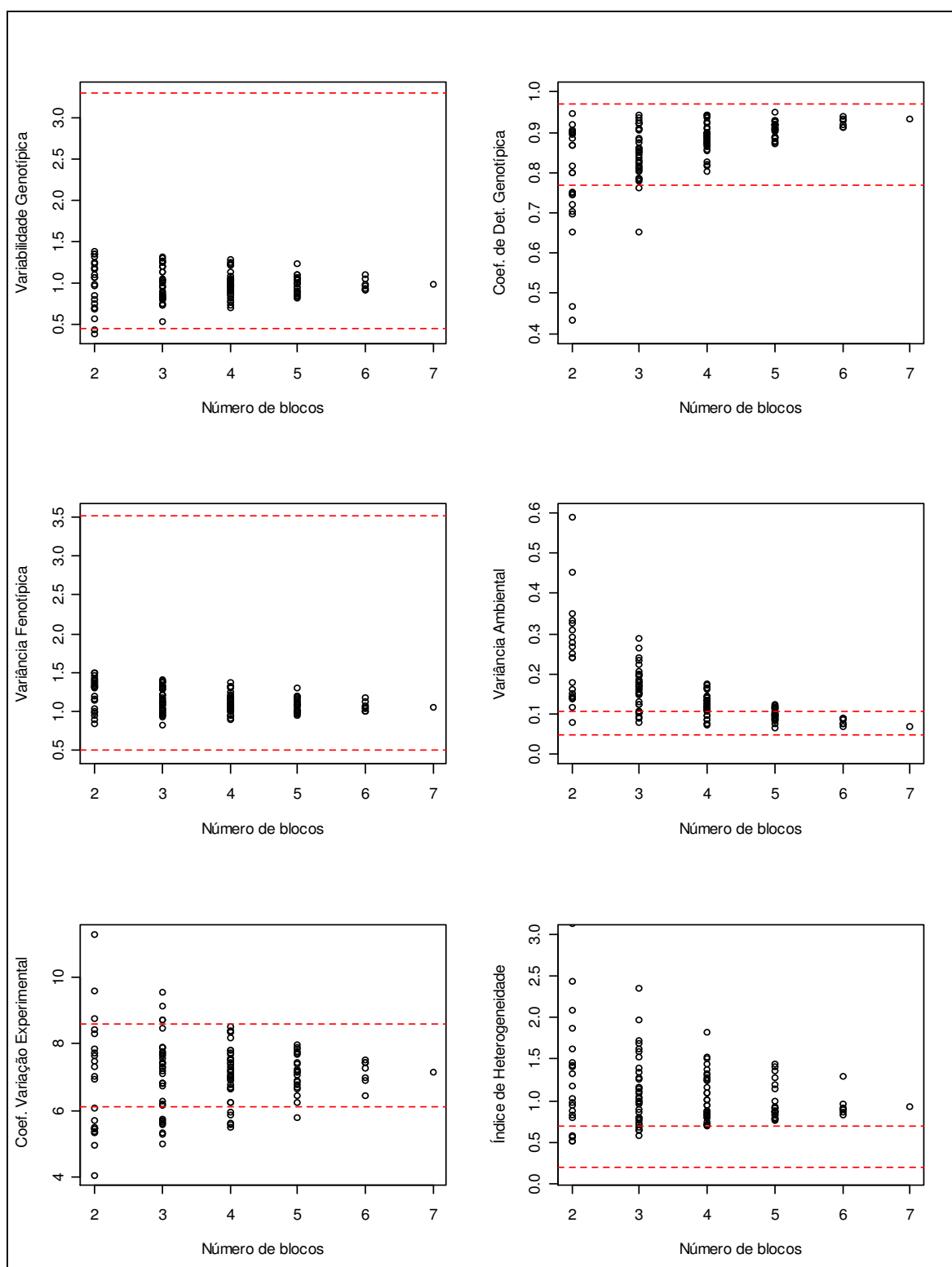


Figura 6 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica massa média de 100 grãos no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

Bertolucci et al. (1991) também avaliaram 36 genótipos em experimentos distintos com diferentes tamanho de parcelas e de número de repetições, tendo constatado que em todos os casos o aumento no número de repetições contribuiu para reduzir o coeficiente de variação, bem como aumentar a herdabilidade e melhorar a precisão das estimativas.

Observa-se que para características que apresentam alta herdabilidade o incremento no número de repetições não traz tanta vantagem ao melhorista, entretanto, em se tratando de valores de herdabilidade inferiores a 50 %, o uso de maior número de repetições aumenta o ganho esperado com a seleção (Arriel et al., 1993; Bos e Caligari, 1995; Ramalho et al., 2005)

Resende e Souza Junior (1997), no entanto, determinaram que para avaliação de progênies de milho são necessárias três repetições com 20 plantas para solo de cerrado e 15 plantas para solo fértil, estudando 200 progênies de meios-irmãos da cultivar BR 108.

Na Figura 7 seguem apresentadas as dispersões das estimativas dos parâmetros para a variável capacidade de expansão. Não se observaram estimativas negativas para esta característica em quaisquer dos parâmetros avaliados.

Observa-se que para a variabilidade genotípica e variância fenotípica, os intervalos de confiança se apresentaram bastante dilatados, de maneira que todas estimativas em todas as combinações de blocos se alocaram dentro destes, destacando-se ainda a pouca variação entre as estimativas destes parâmetros.

Observando a Figura 7, constatam-se estimativas de valores mais extremos à média do coeficiente de variação experimental, ponderado pelo intervalo de confiança proposto por Vangem (1996), consonante com o expresso pelas demais características, as maiores estimativas foram obtidas com duas repetições. Contudo, conforme observado para as demais características, verifica-se que, com o aumento do número de repetições, as variações vão diminuindo. Considerando o parâmetro em questão, o ideal é utilizar sete blocos.

No que se referem aos parâmetros variabilidade genética e variância fenotípica, o comportamento foi semelhante ao relatado para o coeficiente de variação experimental.

Quanto ao efeito do número de repetições nessas estimativas (Figura 7), percebe-se que houve uma tendência de aumento da mesma, com o incremento

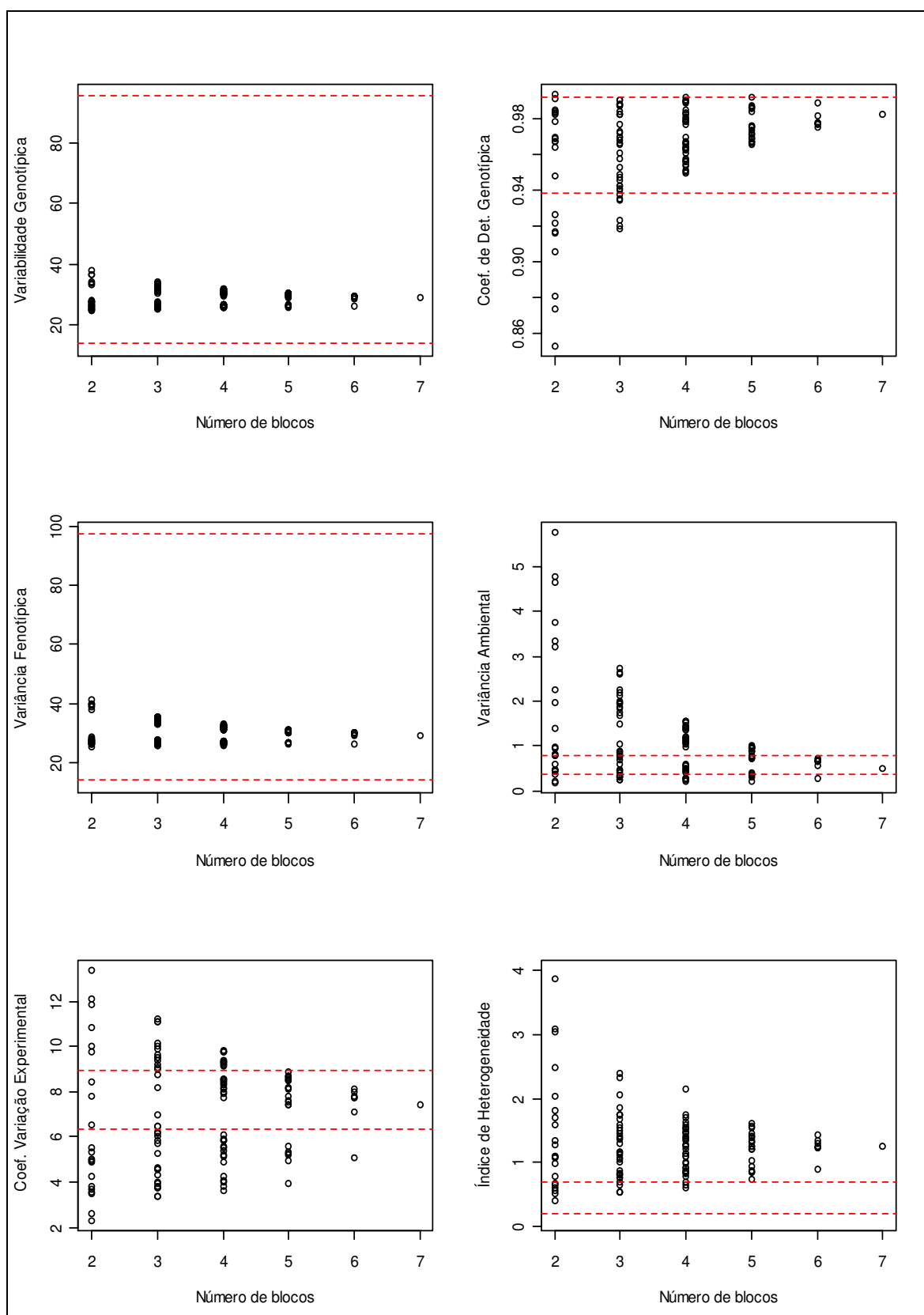


Figura 7 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genético, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica capacidade de expansão no ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes, 2008.

do número de repetições até cinco. Espera-se que quanto maior o número de repetições, menor seja o erro envolvido, situação observada nas demais características avaliadas.

Invocando os resultados aferidos pelo índice de heterogeneidade, verifica-se que maior amostra deverá ser planejada para a característica capacidade de expansão, vez que as estimativas se alocaram acima do valor de 0,7, em que, segundo Lin e Binns (1986), os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições.

De acordo com Storck et al. (2007), é importante a utilização do índice de heterogeneidade, pois possibilita o acompanhamento da evolução da heterogeneidade da área experimental, em função da cultura e do manejo, entre outros, sendo que isto permite que o tamanho da parcela ou o número de repetições sejam alterados em experimentos posteriores.

3.2.3.2. Estimativas dos Parâmetros no Ambiente PESAGRO – RIO de Itaocara.

Seguem apresentados, nas Figuras 8 a 14, gráficos que informam sobre o comportamento das estimativas dos parâmetros estudados para o ambiente PESAGRO – RIO de Itaocara, RJ.

A dispersão das estimativas dos parâmetros para a variável altura média de plantas pode ser visualizada na Figura 8. Conforme pode ser observado nos gráficos, as linhas tracejadas indicam os limites superior e inferior dos intervalos de confiança, construídos para valores dos parâmetros estimados para o conjunto de sete blocos.

Pelos gráficos da Figura 8, vê-se que a dispersão das estimativas para os diferentes parâmetros, ponderados pelo intervalo de confiança (IC), não são bastante concordantes com os resultados encontrados para o ambiente Colégio Agrícola em Campos do Goytacazes; todavia, considerando o gráfico da variabilidade genotípica, nota-se certa concordância, com diferença apenas quanto à magnitude das médias das estimativas.

Quanto à variância fenotípica (Figura 8), houve pequena variação das estimativas, sendo que todas estiveram alocadas dentro do intervalo de confiança. Sendo assim, apenas duas repetições seriam suficientes para estimação fidedigna da altura média de plantas. Em referência ao coeficiente de determinação genotípico, quatro blocos podem ser utilizados, ao passo que se utilizados três blocos, ainda assim haverá boas estimativas da altura média de plantas, vez que nesse caso apenas 5,71 % das estimativas estiveram fora do IC.

Em se tratando do coeficiente de variação e enfatizando o exposto por Ramalho et al. (2005), este é um parâmetro que visa fornecer informação sobre a variabilidade da população, tendo como referência a média. É uma medida que possibilita a comparação da variabilidade existente em diferentes populações, ou dentro da mesma população, embora amplamente utilizada, como todo estimador está sujeita a erros amostrais. Para torná-las, mais efetiva, é conveniente que seja estimado o seu intervalo de confiança. Desta forma, observando o gráfico para C_{Ve}, na Figura 8, o emprego de cinco blocos não trará problemas quanto à estimação deste parâmetro, não havendo assim maiores implicações sob a

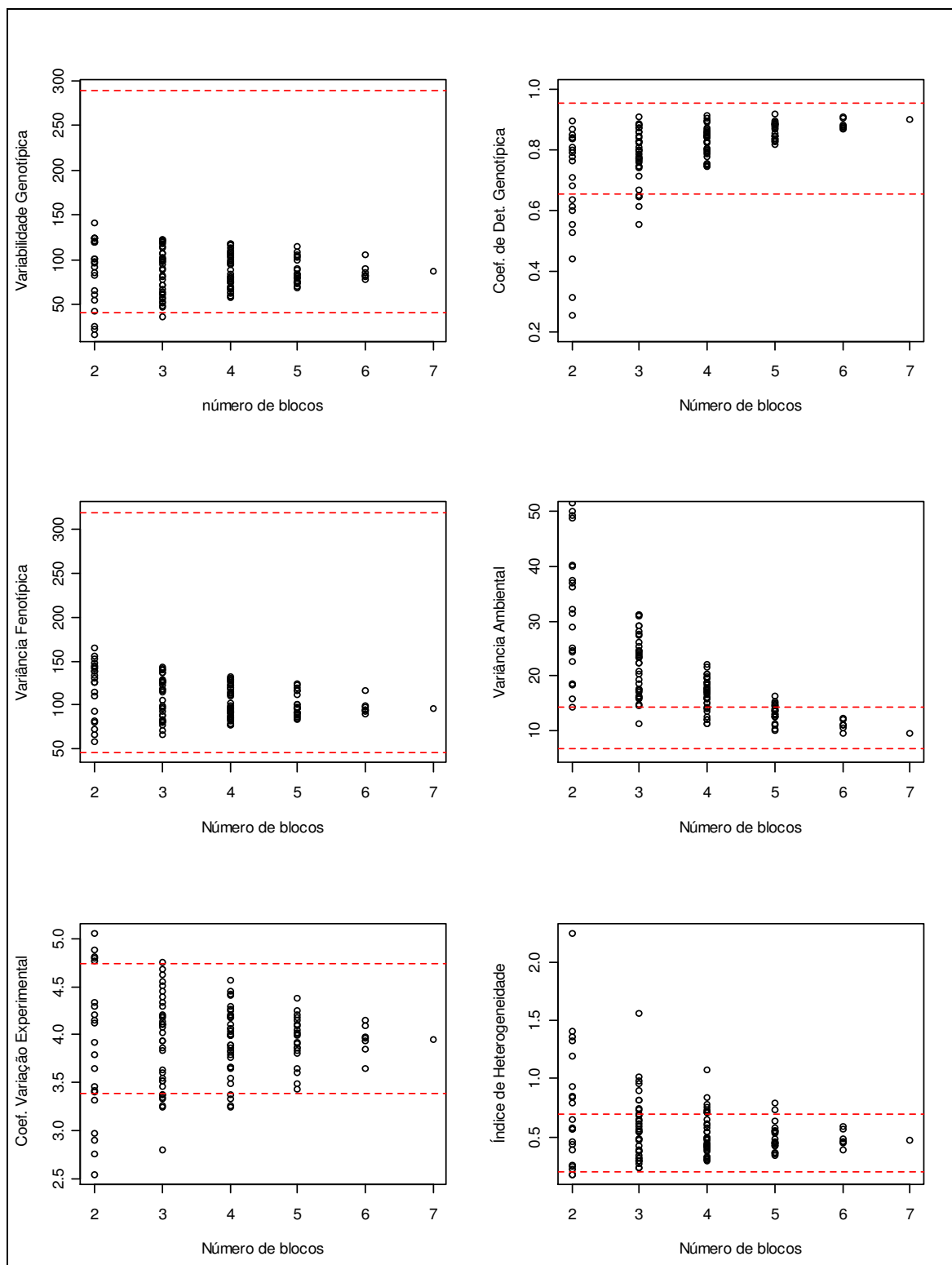


Figura 8 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica altura média de plantas no ambiente PESAGRO – RIO em Itaocara, 2008.

qualidade experimental para a quantificação adequada da característica altura média de plantas.

Para a variância ambiental (Figura 8), consonante com o constatado para o ambiente Colégio Agrícola, em Campos dos Goytacazes, houve reduzido intervalo de confiança, de maneira que para a maioria das características avaliadas, para estimação deste parâmetro o ideal é utilizar seis blocos. O pequeno intervalo de confiança pode ser atribuído ao número de graus de liberdade associados à variância ambiental.

Pelo índice de heterogeneidade (b), pode-se inferir que este ambiente mostrou-se mais homogêneo quando comparado com o Colégio Agrícola, em Campos dos Goytacazes. Caso venha utilizar cinco repetições, será necessário o emprego de parcelas maiores, uma vez que estimativas acima de 0,7 foram encontradas; no entanto, com seis repetições pode ser mantido o tamanho da parcela para adequada avaliação da característica altura média de plantas. Um menor número de repetições poderia ser utilizado fazendo pequenos ajustes no tamanho da parcela, pois, segundo Storck et al. (2007), o tamanho da parcela não pode variar muito, para mais ou para menos do que foi utilizado nos experimentos que foram estimados os valores de b.

Nos gráficos contidos na Figura 9, observam-se a dispersão das estimativas dos parâmetros estudados para a variável altura média de espigas (AE). Registra-se o aparecimento de estimativas negativas. Leite (2007), no intento de determinar o número mínimo de plantas que deve ser amostrado em experimentos de famílias de cana-de-açúcar, também verificou a frequente estimação de componentes de variância negativos para variância de blocos e variância ambiental entre as famílias, na maioria das variáveis avaliadas. O autor atribuiu, entre outros motivos, os erros de amostragem como responsável por causar estimativas negativas.

As estimativas para a variância fenotípica (Figura 9) estão compreendidas dentro do intervalo de confiança. Por conseguinte, apenas dois blocos são suficientes para uma estimativa eficiente deste parâmetro na avaliação da característica altura média de espiga. O mesmo não é observado para o coeficiente de determinação genotípica, em que o ideal é o emprego de cinco blocos. Apesar de que, como pode ser observado pela Figura 9, com aumento das repetições, constata-se um incremento substancial nos valores para o H^2 .

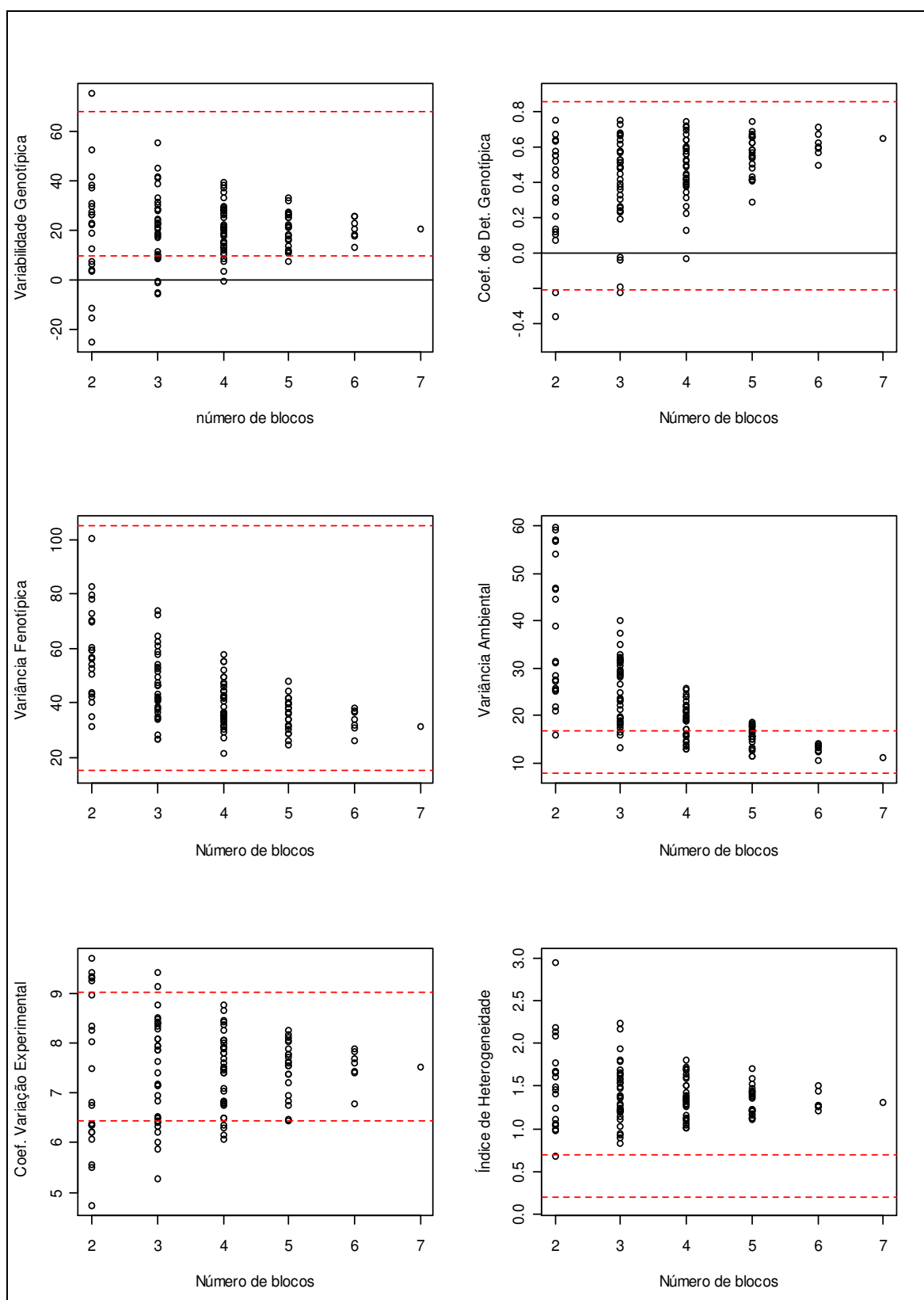


Figura 9 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica altura média de espigas no ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara, 2008.

Estimativas negativas foram expressadas para este parâmetro, até a combinação de quatro blocos, situação não observada no ambiente do Colégio Agrícola, em Campos dos Goytacazes, em que para dois blocos foram obtidas estimativas próximos de zero, porém não negativas.

Apesar de conter estimativas médias do coeficiente de variação experimental inferior ao ambiente Colégio Agrícola, de acordo com os resultados do índice de heterogeneidade, o ideal são parcelas maiores e menor número de repetições, seguindo a orientação de Lins e Binns (1986) para valores de b acima de 0,7. Para a mesma variável, mas em ambientes diferentes, o comportamento das estimativas de b não foram concordantes entre os referidos ambientes, o que é natural, uma vez que a distribuição da uniformidade dentro do experimento é diferente de um ambiente para o outro.

Para o coeficiente de variação (Figura 9), cinco seria suficiente para se obter estimativas precisas, pois em quatro blocos parte das estimativas estão fora do intervalo de confiança (IC) estabelecido conforme Vangen (1996). Para o ambiente Colégio Agrícola, em Campos dos Goytacazes, observa-se certa concordância quando se considera cinco blocos, apenas uma estimativa esteve fora do IC, desta forma, este número de repetições não deve ser descartado para o referido ambiente.

Na Figura 10 visualizam-se tendências de comportamento do número de espigas por parcela, semelhantes às características altura média de plantas e espigas. A dispersão das estimativas nos diferentes parâmetros apresentaram um comportamento semelhante ao ambiente Colégio Agrícola, com exceção do coeficiente de variação que conteve valores médios maiores, o que permite inferir sobre a precisão experimental entre ambientes.

Orientando-se pelo índice de heterogeneidade, a conclusão é a mesma conforme o ambiente Colégio Agrícola. Nesse caso, deve-se planejar o experimento na avaliação do número de espigas por parcela, com parcelas maiores e menor número de repetições, pois, conforme pode ser observado pela Figura 10, a estimativa em sete blocos é maior que 0,7.

Foram obtidas algumas estimativas negativas para variabilidade genotípica e para o coeficiente de determinação genotípica. Para estimação destes parâmetros na avaliação da característica número de espigas por parcela, podem ser considerados cinco blocos.

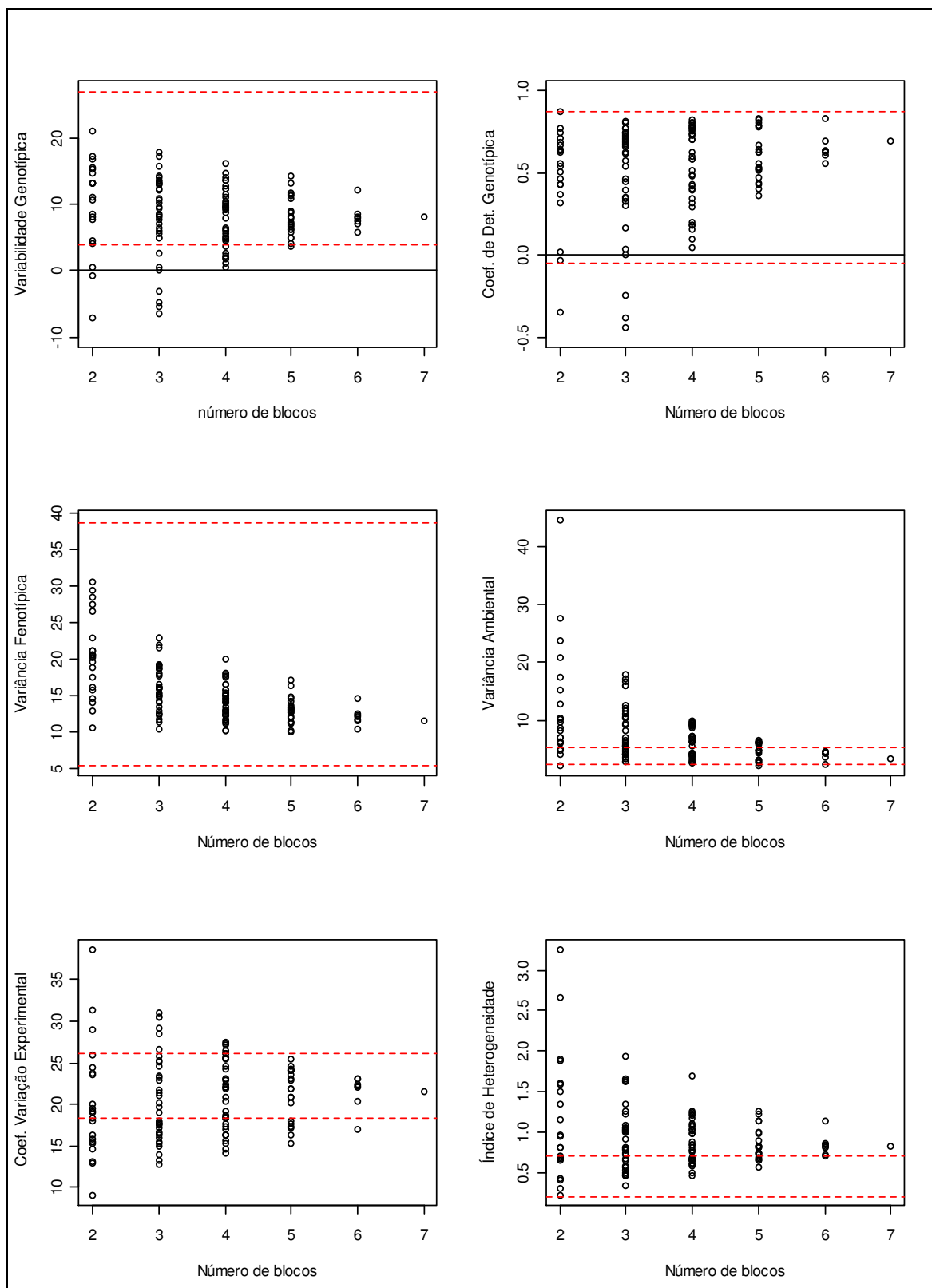


Figura 10 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica número de espigas por parcela no ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara, 2008.

Pelo gráfico da variância fenotípica (Figura 10) vê-se que todas as estimativas para todas as combinações alocaram-se dentro do intervalo de confiança; então, duas repetições já são suficientes para estimação deste parâmetro na característica número de espigas por parcela. Este comportamento das estimativas para este parâmetro apresentou certa concordância as características descritas anteriormente.

Os gráficos com a dispersão das estimativas para a produtividade média de grãos, contidos na Figura 11, revelam que seis blocos são suficientes para estimar com precisão todos os parâmetros propostos para essa característica.

De acordo com Resende e Duarte (2007), para características de produção, em geral com baixo coeficiente de determinação genotípica, os números de repetições usualmente empregados, entre dois e quatro, não são suficientes, recomendando-se ao menos seis repetições na avaliação dessas características, a fim de alcançar maior acurácia seletiva.

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2006), na região da depressão central do Estado do Rio Grande do Sul, sete experimentos no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, foram suficientes para identificar cultivares de feijoeiro superiores em relação às características de produção, fenologia e de morfologia, com 85 % de exatidão no prognóstico de seu valor real.

Estimativas negativas também foram constatadas para esta variável (Figura 11) em relação aos parâmetros variabilidade genotípica e coeficiente de determinação genotípica.

Pelo índice de heterogeneidade (b), cinco blocos podem ser utilizados, e ainda ser feito um ajuste quanto ao tamanho da parcela. De todo modo, deve se ter atenção as considerações de Storck et al. (2007), de que o tamanho da parcela não pode variar muito, para mais ou para menos do que foi usado nos experimentos em que foram estimados os valores de b .

Observando o gráfico da variância fenotípica (Figura 11), nota-se que as estimativas expressaram comportamento semelhante às variáveis altura média de plantas e espigas e número de espigas por parcela, porém, quanto ao coeficiente de variação (CVe), observa-se que entre dois e cinco blocos as estimativas dos parâmetros tendem a se posicionar fora dos limites do intervalo de confiança (IC), fato comum nos diferentes parâmetros obtidos em todas as características. Nota-se, contudo, que para o CVe, na combinação de cinco blocos, 90,04 % das

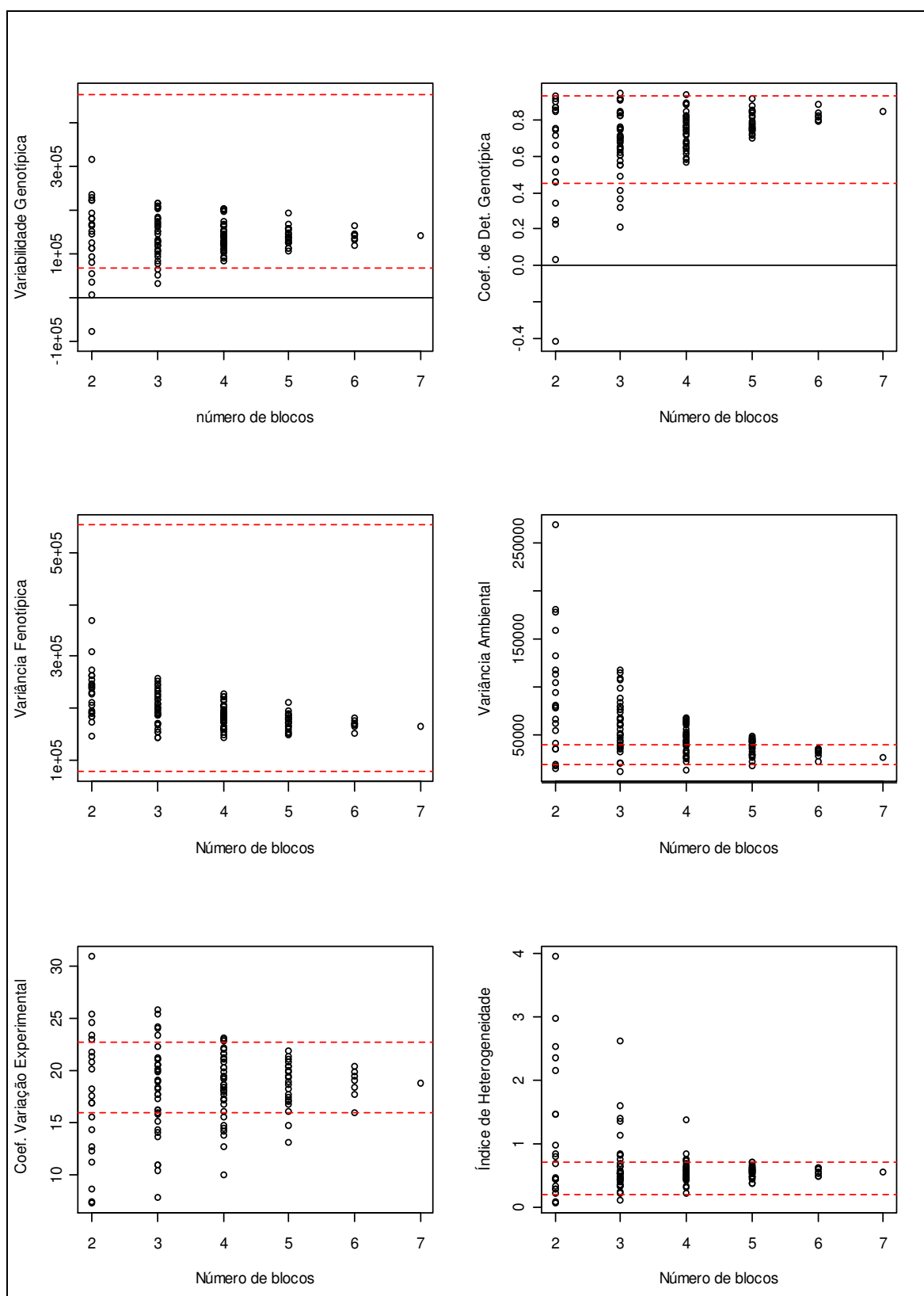


Figura 11- Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica produtividade média de grãos no ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara, 2008.

estimativas estão compreendidas entre os valores do IC; apesar disso, o ideal é a utilização de sete blocos.

O comportamento das estimativas dos parâmetros utilizados, com a variação de dois e sete blocos, pode ser observado nos gráficos na Figura 12, relativo à variável número médio de dias para o florescimento.

Não se observou estimativas negativas (Figura 12) para variabilidade genotípica e variância fenotípica, diferente do constatado para o ambiente Colégio Agrícola para essa mesma característica. A utilização de três e dois blocos, respectivamente, são suficientes para a fidedigna utilização dos parâmetros para obtenção de valores próximos ao real, para número médio de dias para o florescimento. Nota-se que as estimativas para a variância fenotípica estiveram todas compreendidas dentro do intervalo de confiança (IC), fato observado também nas características como altura média de plantas e espigas, número de espigas por parcela e produtividade média de grãos.

Com base na Figura 12, quatro blocos são suficientes para estimação do coeficiente de determinação genotípica, mas o emprego de três blocos não implica em erros para as estimativas, vez que 97,14 % destas estiveram concentradas dentro do IC.

Apesar de as estimativas do coeficiente de variação terem revelado valores considerados baixos, respeitando o IC, conforme Ramalho et al. (2005), cinco blocos é o ideal, embora não se deva desconsiderar a possibilidade de utilização de três ou quatro repetições.

Pelo índice de heterogeneidade (Figura 12), constata-se que deve ser aumentado o tamanho da parcela em detrimento da redução no número de repetições. Neste caso, não foi observado comportamento semelhante entre os demais ambientes. Essa discordância pode ser atribuída ao fato de as avaliações terem sido feitas por pessoas distintas. Este é o ambiente em que as plantas apresentaram maior desenvolvimento e, conseqüentemente, maiores produtividades, devido às condições ambientais mais favoráveis.

Trabalhando com a cultura do feijoeiro, Cargnelutti Filho et al. (2008), com o objetivo de estimar o tamanho de amostra necessário para avaliar corretamente características de produção, fenologia e morfologia, concluíram que para melhorar a precisão da avaliação, deve-se usar número maior do que três repetições e, pelo menos, dez plantas por unidade experimental.

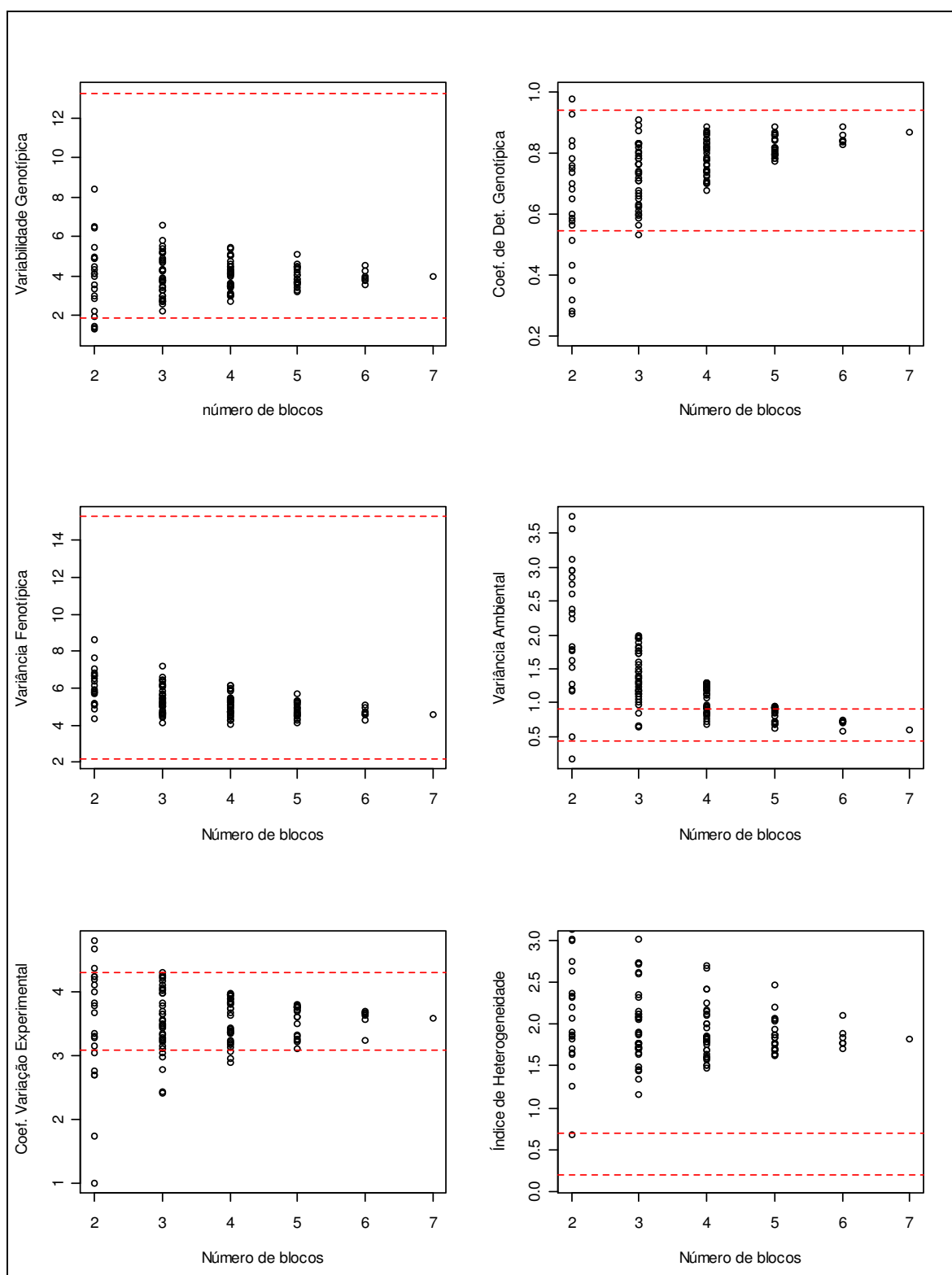


Figura 12 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica número médio de dias para o florescimento no ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara, 2008.

Para a variável massa média de 100 grãos, as dispersões de suas estimativas de parâmetros constam nos gráficos da Figura 13.

Em conformidade ao apresentado para essa mesma característica no ambiente Colégio Agrícola, maiores parcelas devem ser consideradas na avaliação desta característica quando se adota como referência o índice de heterogeneidade (Figura 13).

Para que não se cometa erros quanto à estimação mais precisa do coeficiente de variação, cinco blocos poderiam ser considerados; no entanto, não se deve desprezar o emprego de quatro blocos como número mínimo a ser utilizado na experimentação com milho pipoca para obtenção de inferência precisa para massa média de 100 grãos.

Pelo gráfico do coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2) (Figura 13), observa-se claramente uma redução na média das estimativas, quando o número de blocos decresce de sete para dois. Porém, em conformidade com o intervalo de confiança e considerando se tratar de uma característica de alta estimativa de \hat{H}^2 , três blocos já são aceitáveis.

De maneira geral, nota-se um comportamento das estimativas bastante similares ao observado para essa mesma característica no ambiente Colégio agrícola. Pequena dispersão das estimativas da variabilidade genotípica e da variância fenotípica pode ser constatada, de maneira que apenas dois blocos são suficientes, vez que todas as estimativas estiveram alocadas dentro do intervalo de confiança.

Catapatti et al. (2008), ao avaliarem o tamanho de amostra ideal para características de pré-colheita – altura média de plantas, altura média de espigas, número de espigas por parcela, diâmetro do colmo - em milho-pipoca e verificarem as implicações do número de repetições na variância residual em características de produtividade e de qualidade, concluíram que podem ser amostradas cinco plantas na parcela e utilizar quatro repetições.

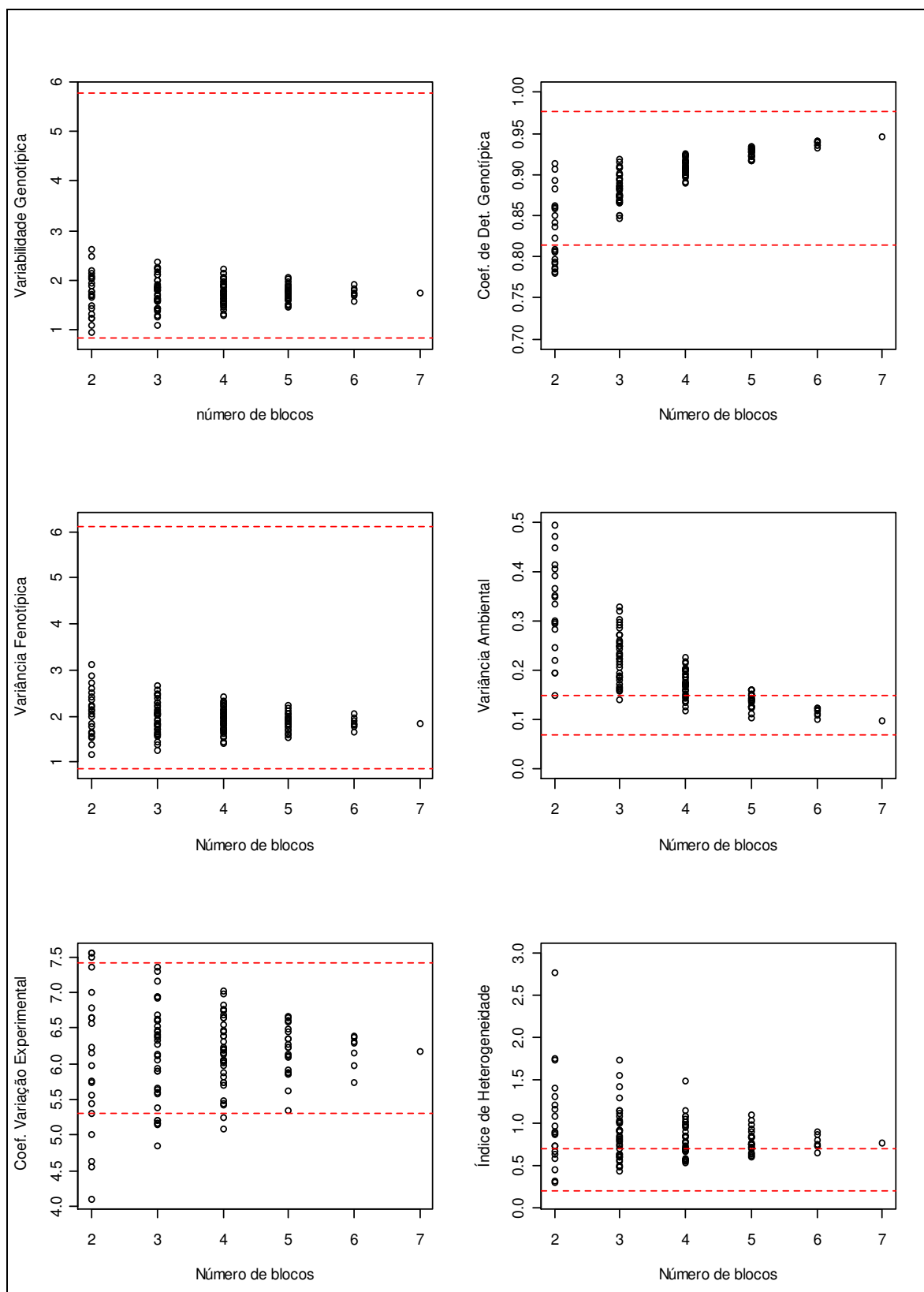


Figura 13 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica massa média de 100 grãos no ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara, 2008.

Variável de grande interesse no melhoramento de milho pipoca, por estar vinculada à qualidade, a capacidade de expansão (CE), merece especial atenção por parte do melhorista. Também a produtividade de grãos requer cuidado especial. São características que se correlacionam negativamente, portanto a seleção com base apenas em uma influenciará negativamente a outra (Brunson, 1937; Andrade et al., 2002; Pacheco et al., 1998; Daros et al., 2004).

Nesse sentido, é importante o estudo de fatores que interferem na identificação de genótipos superiores para ambas as características. Em particular à capacidade de expansão, a Figura 14 fornece resultados da dispersão das estimativas com a variação do número de repetições do plano experimental.

Nota-se, pela Figura 14, substancial semelhança aos resultados encontrados nos ambientes Colégio Agrícola e PESAGRO-RIO em Campos dos Goytacazes. Talvez por se tratar de uma variável em que as medidas são obtidas em laboratório, portanto apresenta um maior controle do erro experimental.

Também em conformidade com os demais ambientes, constatou-se para essa variável pouca dispersão das estimativas (Figura 14) para os diferentes parâmetros. Em relação à variabilidade genotípica e variância fenotípica, dois blocos são suficientes. No entanto, em se tratando do coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2), deve-se utilizar com quatro blocos. Nesse aspecto, por uma lógica mais acurada, em se tratando de característica com elevada estimativa de \hat{H}^2 , três blocos não devem ser descartados quando da aferição da capacidade de expansão.

De qualquer forma, nesse caso, a característica, por apresentar alta herdabilidade, o incremento no número de repetições não traz tanta vantagem ao melhorista; entretanto, em se tratando de valores de herdabilidade inferiores à 50 %, o uso de maior número de repetições aumenta vantajosamente o ganho esperado com a seleção (Arriel et al., 1993; Bos e Caligari, 1995; Ramalho et al., 2005), além, é claro, da precisão experimental.

De acordo o índice de heterogeneidade (Figura 14), esta característica deve ser avaliada em maiores parcelas, com redução do número de repetição, vez que as estimativas estiveram alocadas acima de 0,7.

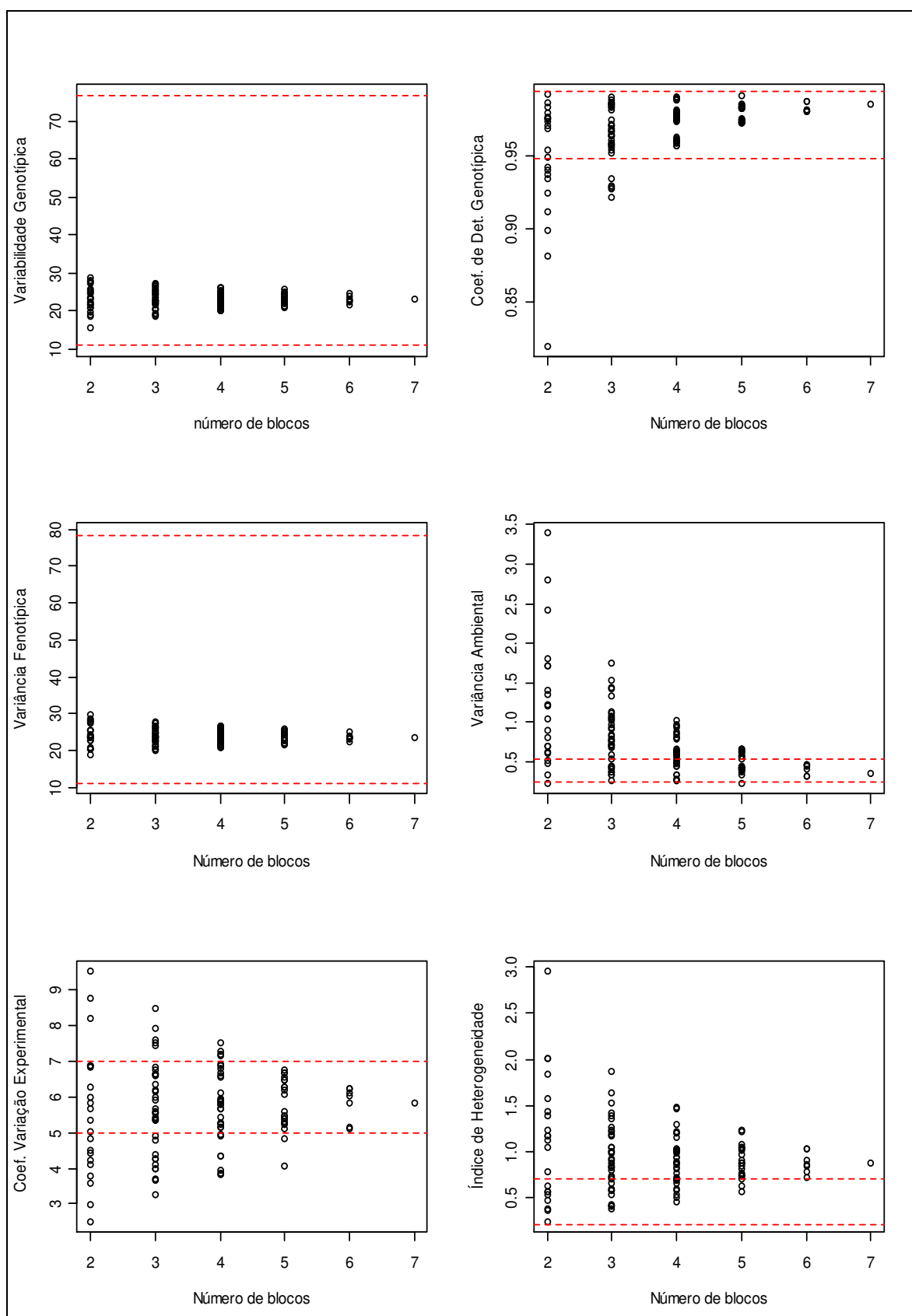


Figura 14 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica capacidade de expansão no ambiente PESAGRO - RIO em Itacara, 2008.

3.2.3.3. Estimativas dos Parâmetros PESAGRO - RIO de Campos dos Goytacazes

Os gráficos que informam sobre o comportamento das estimativas dos parâmetros estudados, para o ambiente da PESAGRO – RIO de Itaocara, estão contidos nas Figuras 15 a 21.

Verifica-se, na Figura 15, a dispersão das estimativas dos parâmetros para a variável altura média de plantas (AP). As linhas tracejadas indicam os limites superior e inferior dos intervalos de confiança, construídos para os valores dos parâmetros estimados no conjunto de sete blocos. Cumpre destacar que não foram observadas estimativas negativas para este ambiente.

A variância ambiental expressou comportamento semelhante aos demais ambientes - Colégio Agrícola e PESAGRO-RIO em Campos dos Goytacazes.

Apesar da heterogeneidade das estimativas para as repetições utilizadas, vê-se, na Figura 15, que as estimativas dos parâmetros poderiam ser obtidas de forma generalizada na quantificação da altura média de plantas utilizando o número mínimo de cinco blocos, sem grandes perdas sobre a precisão destas estimativas.

Com base no algoritmo de Vangen (1996) que diz respeito ao intervalo de confiança para o coeficiente de variação, tem-se que seis é o *quantum* ideal de repetições. Há de se clarificar, todavia, que para cinco repetições apenas duas estimativas das 21 combinações não se alocaram dentro do intervalo de confiança, demonstrando que esse número de blocos não deve ser desconsiderado em futuros trabalhos com os genótipos aqui avaliados.

Fundamentando-se no índice de heterogeneidade (b), em que é possível se fazer inferência quanto ao tamanho e ao número de repetições, o intervalo de entre 0,2 e 0,7 estabelecido por Lin e Binns (1986) revela que seis é o número ideal de blocos. Porém, cinco como magnitude de repetições não deve ser rejeitado, vez que ínfima proporção de variação esteve “fora” dos limites de confiança, o que resultará em confiáveis inferências para altura média de plantas. Resultados similares foram encontrados para esta característica nos demais ambientes.

As estimativas para os parâmetros variabilidade genotípica e variância fenotípica (Figura 15) apresentaram menor dispersão quando comparadas com os

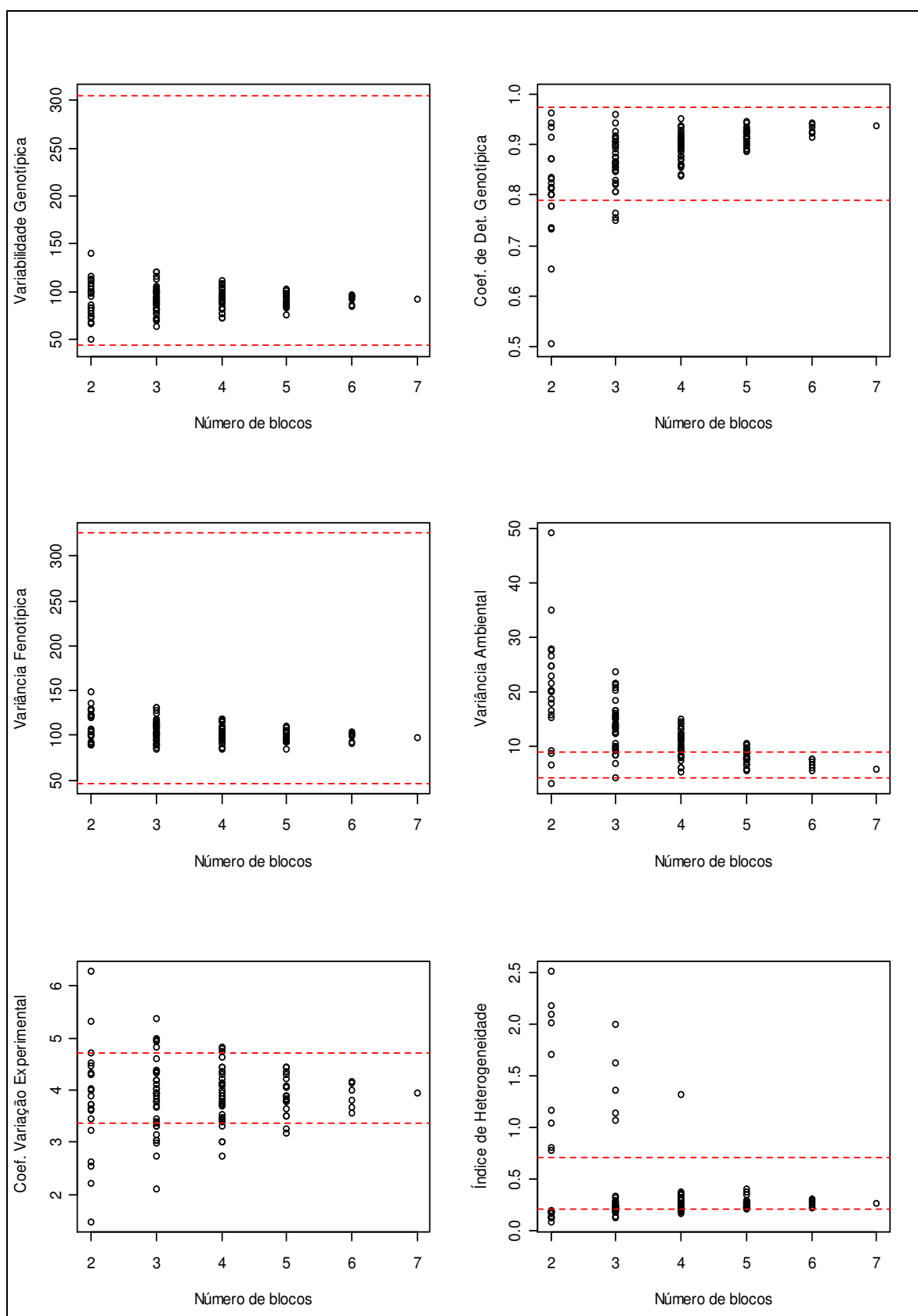


Figura 15 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica altura média de plantas no ambiente PESAGRO - RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

demais ambientes. Verifica-se, ainda, que todas as estimativas estiveram restritas ao intervalo de confiança; sendo assim, dois blocos seriam suficientes para estimação destes parâmetros em avaliações da altura média de plantas.

Observando a dispersão das estimativas do coeficiente de variação (Figura 15) ponderadas pelo intervalo de confiança proposto por Vangen (1996), detecta-se que seis é o número ideal de repetições, que coincide com o resultado do ambiente Colégio Agrícola em Campos do Goytacazes.

Quanto ao coeficiente de determinação genotípica, nota-se que quatro blocos é o ideal para inferências deste parâmetro. No entanto, por uma análise com menor acurácia, verifica-se que três blocos poderiam ser considerados.

A dispersão das estimativas dos parâmetros para a variável altura média de espiga (AE) estão contidas na Figura 16. O comportamento do coeficiente de determinação genotípica foi semelhante em todos os ambientes; no entanto, neste, a dispersão das estimativas dentro das diferentes combinações de blocos foi menor.

Para a característica AE, no ambiente PESAGRO – RIO, em Campos dos Goytacazes, constata-se menor variação na dispersão das estimativas em relação aos demais ambientes utilizados nesse estudo. Isto está relacionado à menor contribuição da variação ambiental para a variação total, podendo supor maior uniformidade na PESAGRO – RIO em Campos dos Goytacazes, contribuindo para estimação mais precisa dos parâmetros para a referida característica.

O número de blocos parece não causar maiores limitações quanto da estimação da variabilidade genotípica e variância fenotípica (Figura 16), posto que três e dois blocos seriam bastante suficientes para estimação destes parâmetros. Comparando com os demais ambientes, verificou-se que houve discordância quanto o número ideal de repetições em relação aos referidos parâmetros.

Considerando o índice de heterogeneidade (b) o experimento poderia ser planejado com cinco blocos (Figura 16). Essa indicação difere do encontrado para a mesma características nos demais ambientes, sendo que para o ambiente da PESAGRO – RIO em Itaocara, as estimativas do “b” denotam a necessidade de uso de parcelas maiores.

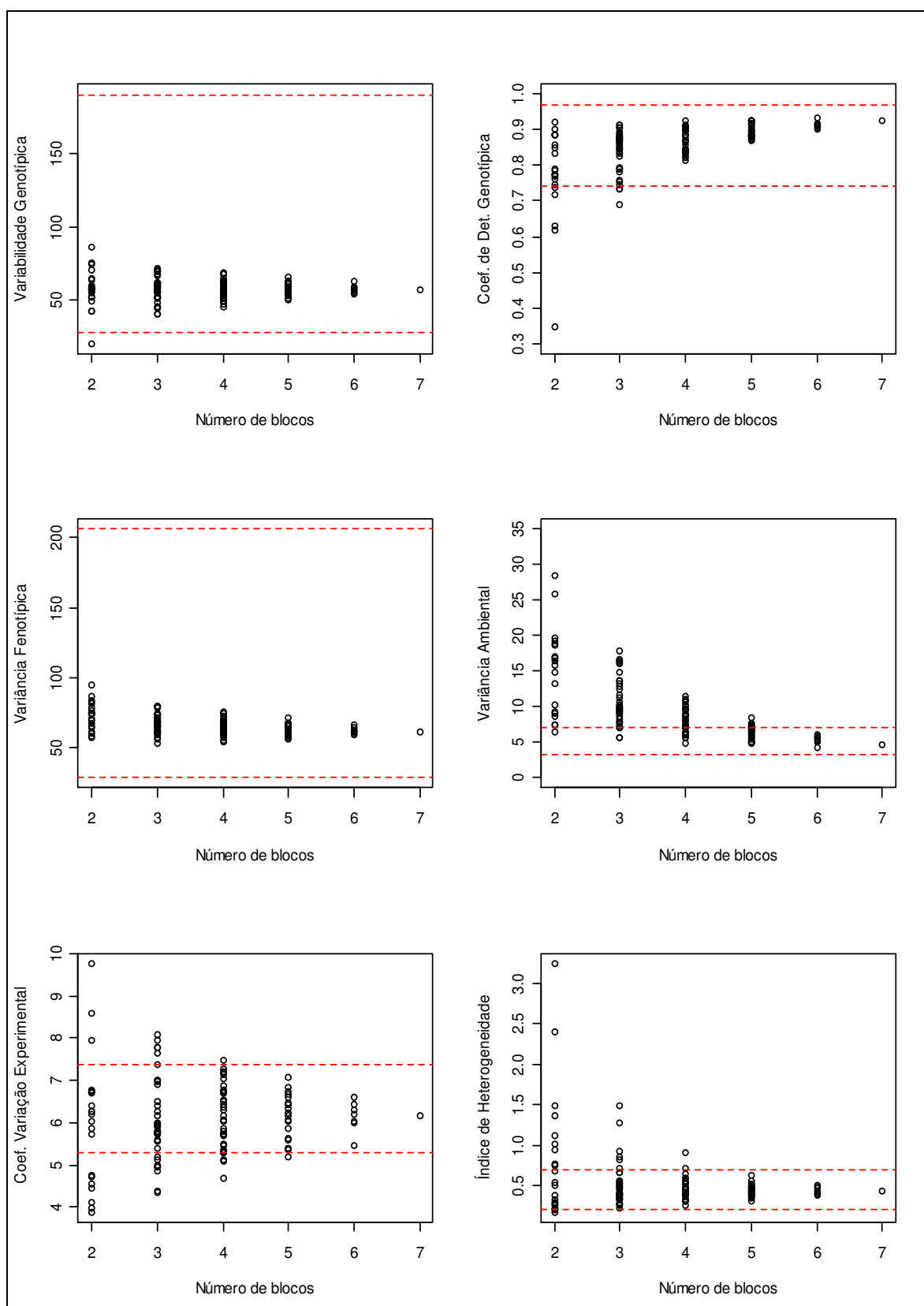


Figura 16 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica altura média de espiga no ambiente PESAGRO - RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

Quanto à dispersão das estimativas para o coeficiente de variação (Figura 16) para otimização experimental, seis blocos devem ser utilizados. Contudo, cinco blocos não podem ser ignorados, vez que dentre as 21 estimativas, apenas uma se arranhou fora do intervalo de confiança estabelecido. Este comportamento das estimativas quanto da indicação do número de repetições foi bastante similar nos demais ambientes.

A Figura 17 contém a distribuição das estimativas dos parâmetros para a característica número de espigas por parcela (NE). Detecta-se que quatro é o *quantum* ideal de blocos para inferências quanto ao coeficiente de determinação genotípica. Contudo, baseando-se no coeficiente de variação, percebe-se que cinco é o número mais adequado.

Nota-se, ainda, um comportamento de dispersão diferenciado das estimativas dos parâmetros para a característica NE em relação aos demais ambientes utilizados. Estimativas negativas não foram detectadas (Figura 17), fato observado nos demais ambientes. Ratificando, na concepção de Resende (2002), a possibilidade de obtenção de estimativas negativas de componentes de variância é fruto da utilização do método dos quadrados mínimos (LS), em caso de dados desbalanceados. Ou, ainda, para Barbin (1993), pode indicar uso de modelo matemático errado, devido ao método de estimação utilizado ou pode estar ligado a erros de amostragem.

Pelos gráficos, na Figura 17, vê-se que as estimativas dos parâmetros detiveram menor dispersão, com valores médios maiores para variabilidade genotípica, variância fenotípica e coeficiente de determinação genotípico, quando comparadas com os valores para os demais ambientes. Para a variância fenotípica, todas as estimativas se alocaram dentro do intervalo de confiança (IC), ao passo que para a variabilidade genotípica em dois blocos foi detectada uma estimativa fora do IC, em que três blocos poderiam ser remendados para estimação deste parâmetro.

Quanto ao índice de heterogeneidade (Figura 17), sete repetições são ideais. Em seis blocos, é observada uma estimativa acima de 0,7, o que sugere segundo Lin e Binns (1986), um aumento no tamanho da parcela, fato também observado para essa característica nos demais ambientes. Isso posto, para a correta avaliação e diferenciação dos genótipos se faz necessário o uso de parcelas maiores com menor número de repetição.

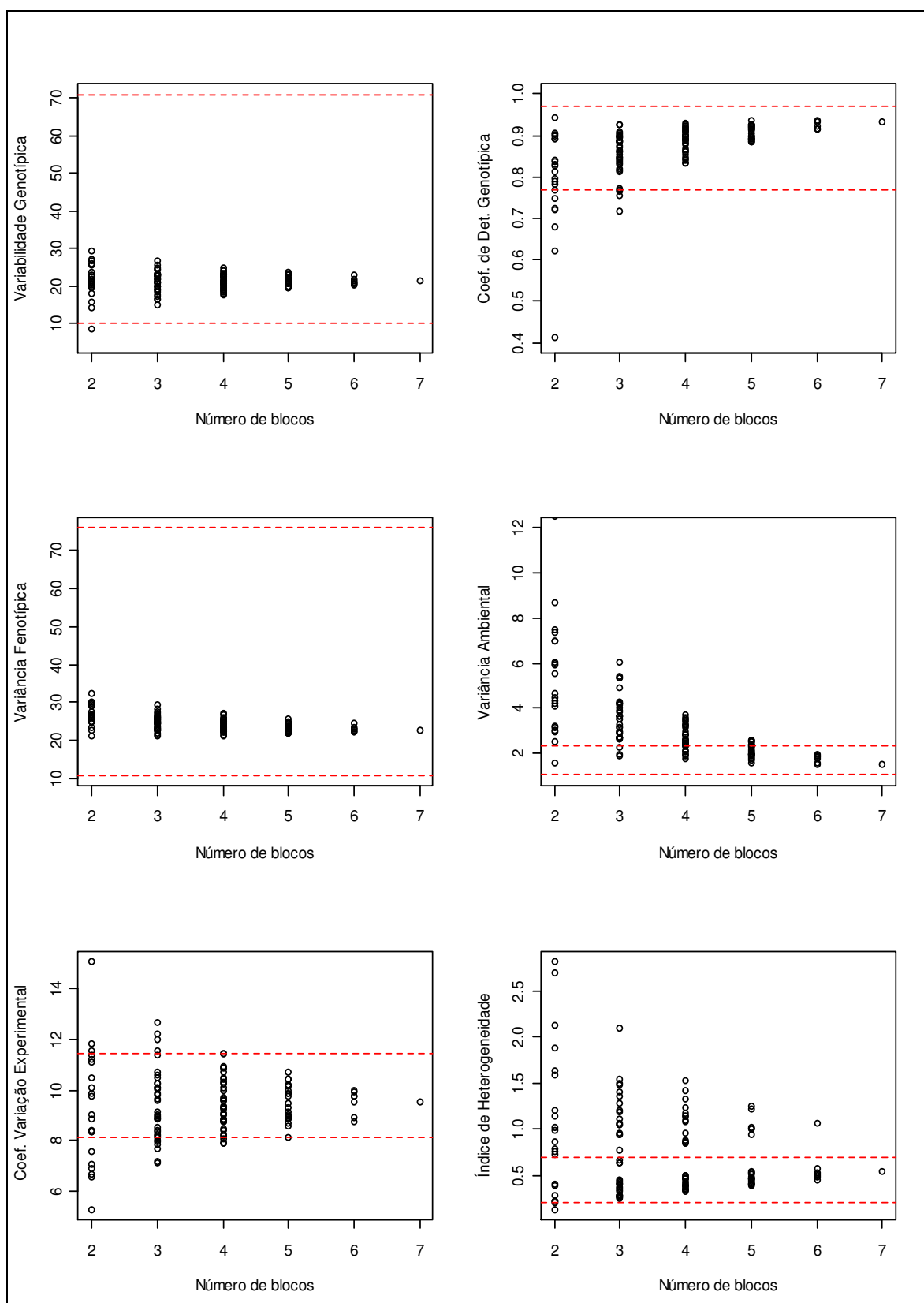


Figura 17 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica número de espigas por parcela no ambiente PESAGRO – RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

As dispersões das estimativas do coeficiente de variação (Figura 17) assemelham-se com os outros ambientes estudados; porém, valores médios das estimativas foram menores, podendo-se, então, argumentar que este ambiente é o que proporcionou estimativas mais precisas.

Na Figura 18 há a distribuição das estimativas dos parâmetros para a variável produtividade de grãos. Verifica-se que quatro é o número ideal de blocos para inferências no coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2) com base na dispersão das estimativas do parâmetro e intervalo de confiança (IC), segundo o preconizado por Knapp et al. (1985).

No entanto, para três blocos, 94,28% das estimativas se encontraram dentro do IC; portanto, o *quantum* de três repetições poderia ser considerado sem grandes perdas nas inferências em relação aos valores reais. Ainda que se utilizem três blocos, salienta-se que, conforme for incrementado o número de blocos, haverá concomitante aumento no valor de \hat{H}^2 ; desta forma, pode-se refletir sobre a influência da repetição na avaliação de famílias em milho pipoca a fim de obter maiores ganhos, porém em compatibilidade com as disponibilidades de recursos financeiros e humanos.

Apesar de o número de repetições influenciar os valores de herdabilidade e, conseqüentemente, de ganhos genéticos, Arriel et al. (1993) constataram que não há grande vantagem em utilizar maior número de repetições na avaliação de progênies de meios-irmãos de eucalipto, pois com a redução número de repetições, há condições de avaliar um maior número de progênies, o que possibilita a aplicação de maior intensidade de seleção, haja vista que sempre são mantidos um número fixo de progênies superiores.

Porém, com base no CVe , revela-se que seis é o quantitativo mínimo de blocos para inferências fidedignas quanto ao rendimento de grãos. Mas, por uma análise com menor acuidade quando utilizados para implementação do experimento para avaliação dos dez genótipos de milho pipoca no ambiente PESAGRO - RIO, em Campos dos Goytacazes, cinco blocos poderiam ser suficientes para aferição da característica rendimento de grãos, vez que apenas uma das 21 combinações não esteve alocada dentro do intervalo de confiança pelo algoritmo de Vangen (1996).

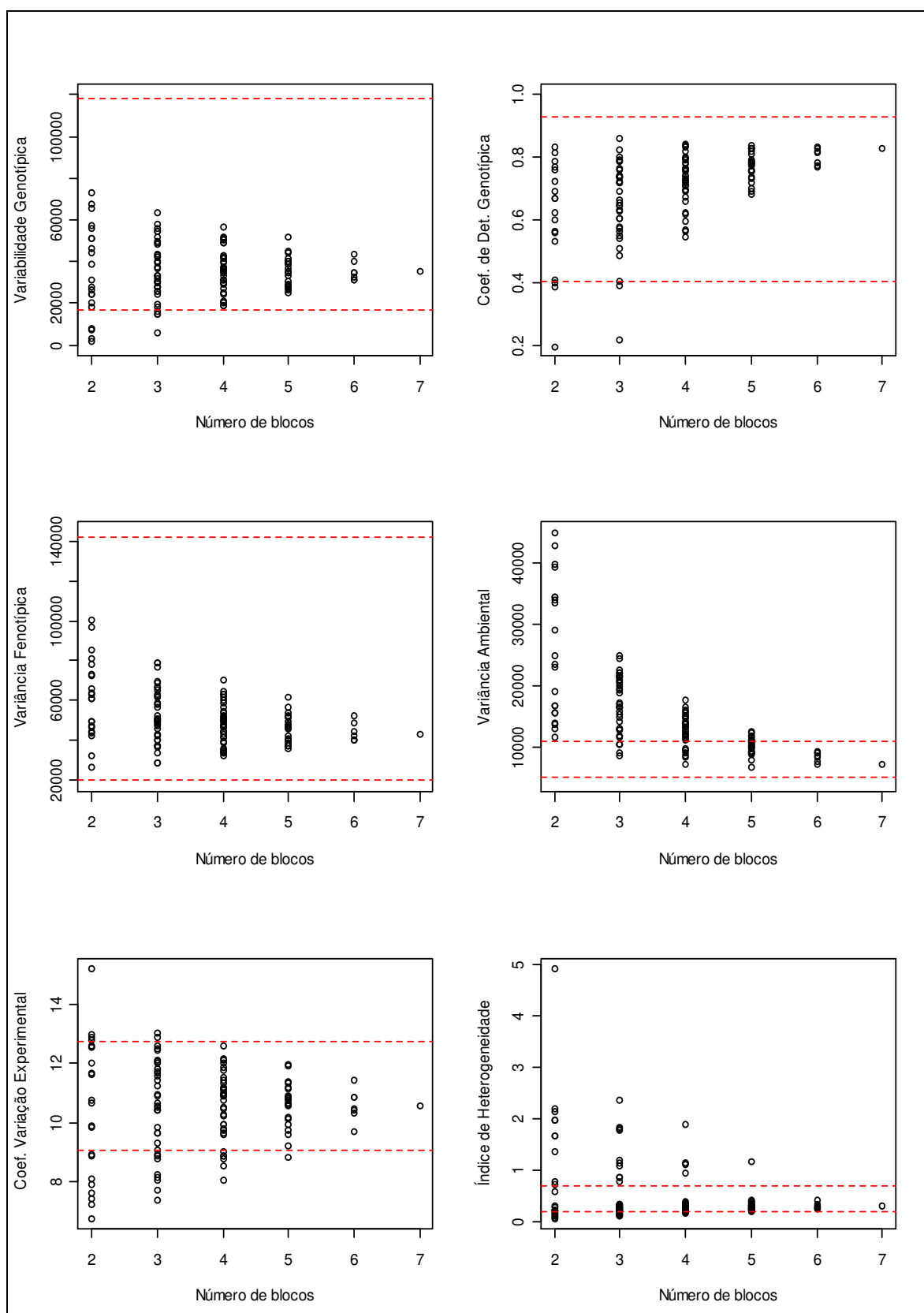


Figura 18 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica produtividade média de grãos no ambiente PESAGRO - RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

Considerado lógica a do número de combinações alocadas dentro do intervalo de confiança; na Figura 18, para o coeficiente de variação, tem-se que com cinco blocos, 95,23 % das combinações estiveram compreendidas entre os limites do intervalo de confiança. Isto posto, pode-se inferir que esse valor para número ótimo de blocos não deve ser descartado quando o interesse for quantificar o rendimento de grãos.

O mesmo não se aplica para três e quatro combinações de blocos, em que 22,85 % e 15,00 % das combinações não figuraram entre os limites do intervalo de confiança. De qualquer forma, considerando a classificação de CVe proposta por Scapim et al. (1995), a magnitude de 15,18 % sendo o maior valor dentre as demais estimativas para a referida característica, é considerada média, portanto variações desse percentual não são sobremaneira absolutos para definir, com veracidade inequívoca, o ideal do número de blocos para se implementar experimentos com milho pipoca.

Assim, desde que não haja elevada quantidade de combinações alocadas fora do IC, pode-se ajuizar que três blocos também não serão capazes de gerar estimativas confiáveis para produtividade média de grãos, com base no algoritmo de Vangen (1996), pois de 35 combinações possíveis, 22,85 % não estiveram reunidas dentro do IC.

Com relação ao parâmetro índice de heterogeneidade, na Figura 18, visualiza-se seis como o número adequado de repetições para a correta diferenciação entre os genótipos. Porém, para cinco repetições é possível que o aumento da parcela venha proporcionar valor inferior para o número adequado de repetições nas inferências estatísticas relacionadas a rendimento de grãos.

O comportamento da distribuição das estimativas dos parâmetros para a variável número médio de dias para o florescimento seguem apresentadas na Figura 19. Constata-se que quatro blocos poderiam ser utilizados para estimação do coeficiente de determinação genotípica sem grandes perdas sobre a precisão. Porém, três repetições também poderiam ser utilizadas, vez que apenas 97,14 % das estimativas alocaram-se dentro do intervalo de confiança estabelecido pela expressão por Knapp et al. (1985), o que redundava em confiança na utilização deste número de repetições a fim de estimar o referido parâmetro.

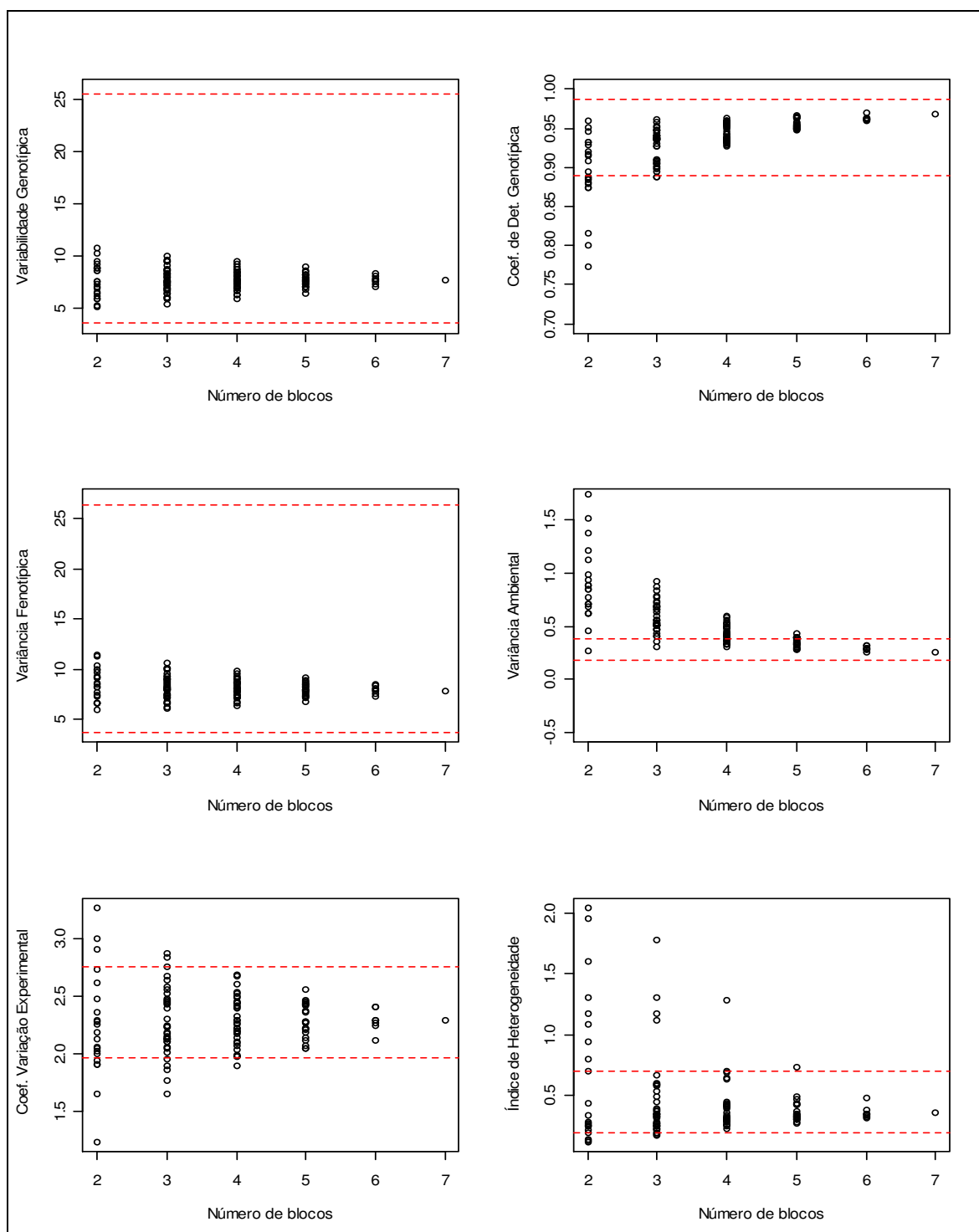


Figura 19 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica número médio de dias para o florescimento no ambiente PESAGRO - RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

As estimativas para a variabilidade genotípica e variância fenotípica estiveram todas incluídas dentro do intervalo de confiança. Desta feita, apenas duas repetições poderiam ser utilizadas para estimação destes parâmetros na avaliação confiável do número médio de dias para o florescimento.

Para o coeficiente de variação (Figura 19), caso venham ser utilizadas quatro repetições, não se teria maiores problemas quanto à precisão experimental, vez que 97,14 % das estimativas estão dentro do intervalo de confiança. Todavia, o mais correto é a utilização de cinco blocos. Isto não é observado para a mesma característica nos demais ambientes avaliados, portanto existe uma particularidade quanto ao número de blocos utilizados em cada ambiente.

Quanto ao parâmetro índice de heterogeneidade (b), nota-se que todas as estimativas de seis blocos estão posicionadas dentro do intervalo de 0,2 e 0,7 proposto por Lin e Binns (1986); desta forma, tem-se a flexibilidade de planejar uma combinação adequada entre o número de repetições e o tamanho da parcela. Ao reair de seis para quatro ou cinco blocos, o fato de serem observadas estimativas maiores que 0,7 indica a necessidade do uso de parcelas maiores.

A Figura 20 contém a distribuição das estimativas para a variável massa média de 100 grãos. Verifica-se que todas as estimativas estão compreendidas dentro do intervalo de confiança, sendo observada pequena variação no que diz respeito à dispersão das características. Este comportamento também pode ser observado para as variáveis altura média de plantas e número médio de dias para o florescimento.

Atenção especial deve ser dispensada ao índice de heterogeneidade, que infere sobre aumento no tamanho da parcela (Figura 20). Como a parcela, nesse caso, é constituída pela amostra de 100 grãos por bloco, o ideal é que se faça mais de uma amostragem. Nos demais ambientes, para a característica em questão, verifica-se um comportamento similar do índice de heterogeneidade.

De acordo com Storck et al. (2007), é importante a utilização do índice de heterogeneidade, pois possibilita o acompanhamento da evolução da heterogeneidade da área experimental, em função da cultura e do manejo, entre outros, sendo que isto permite que o tamanho da parcela ou o número de repetições sejam alterados em experimentos posteriores.

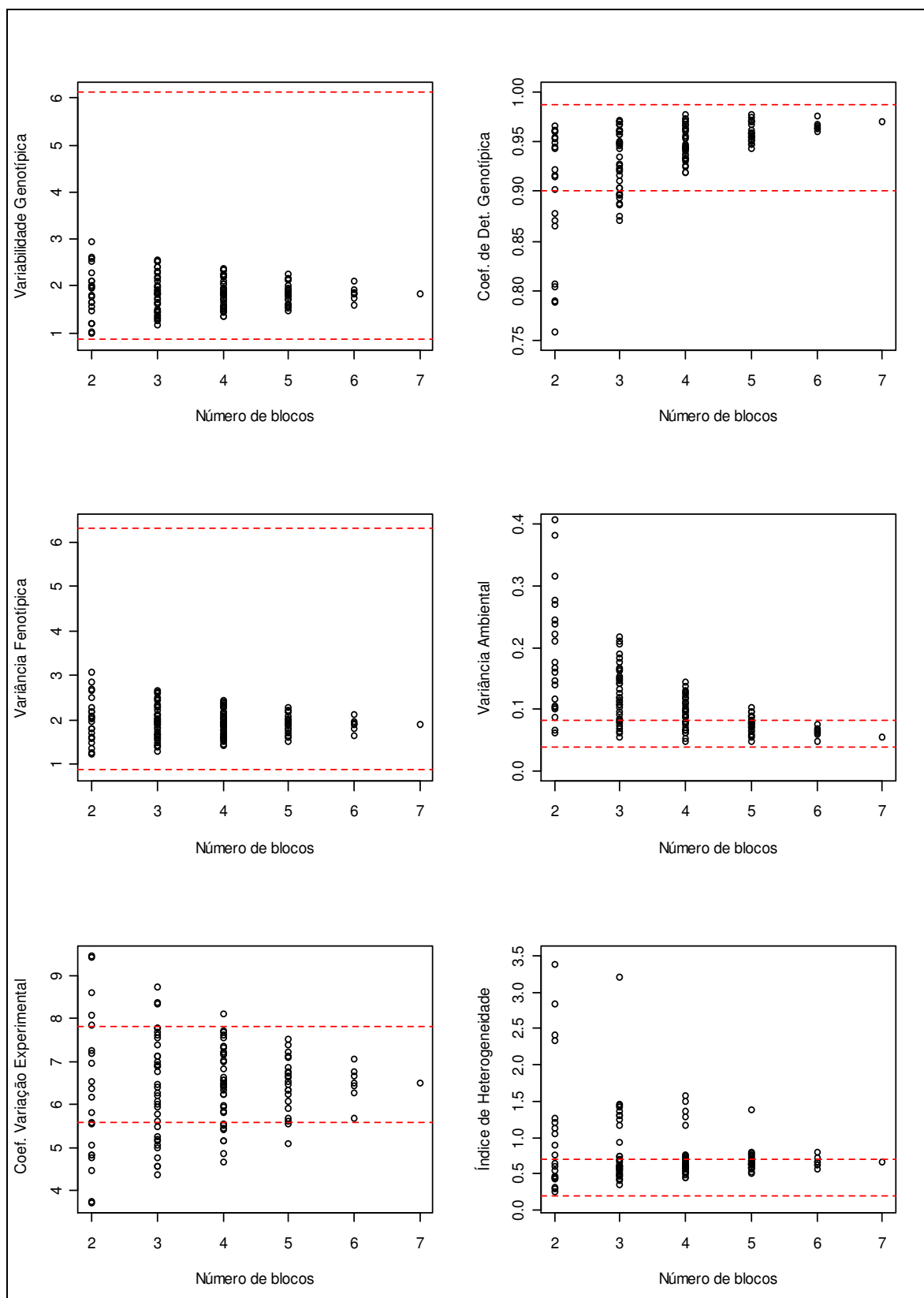


Figura 20 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica massa média de 100 grãos no ambiente PESAGRO - RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

Quando comparadas com os outros dois ambientes, registra-se que menores estimativas do coeficiente de variação foram encontradas no ambiente PESAGRO – RIO, em Itaocara (Figura 6, 13 e 20). Estimativas confiáveis podem ser obtidas com a utilização de seis blocos, mas o uso de cinco blocos não deve ser descartado, vez que apenas uma de um total de 21 estimativas esteve fora do intervalo de confiança.

No caso do coeficiente de determinação genotípica, quatro blocos são suficientes para estimação deste parâmetro sem grandes prejuízos sobre a precisão da inferência da massa média de cem grãos em relação ao valor real. A utilização de quatro blocos para este parâmetro foi repetida para a maioria das características nos diferentes ambientes, principalmente por se tratar de característica de alta herdabilidade.

A Figura 21 contém as dispersões das estimativas dos parâmetros relacionados à características capacidade de expansão. Observando o índice de heterogeneidade, onde as estimativas estiveram todas acima de 0,7, tem-se que o ideal é utilizar maior parcela e menor número de repetições. Nesse caso, como a parcela é constituída pela expansão de 30 gramas de grãos por unidade experimental, o ideal é que se faça mais de uma amostragem. Nos demais ambientes, verifica-se um comportamento similar quanto ao índice de heterogeneidade para esta característica.

Conforme observado para a maioria das características neste ambiente, no caso da capacidade de expansão (Figura 21) não foi diferente, apresentando, assim, pequena variação da dispersão das estimativas de variabilidade genotípica e variância fenotípica. Em todos os ambientes todas as estimativas para capacidade de expansão estiveram posicionadas dentro do intervalo de confiança (IC), indicando que apenas dois blocos já seriam suficientes. Deduz-se, então, que a repetição exerceu pequena influência para estimação destes parâmetros neste ambiente para a inferência da fidedigna capacidade de expansão.

Apesar de em cinco blocos, 90,47 % das estimativas serem encontradas dentro IC, verifica-se que o ideal será a utilização de seis blocos, a fim de se obter estimativas precisas quanto ao coeficiente de variação (Figura 21). No entanto, dentre todas as estimativas, a de maior valor com CVe igual 9,06 % ainda assim é classificada como de magnitude baixa segundo Gomes (1990). Sendo assim, observa-se, de maneira geral, que houve boa precisão experimental.

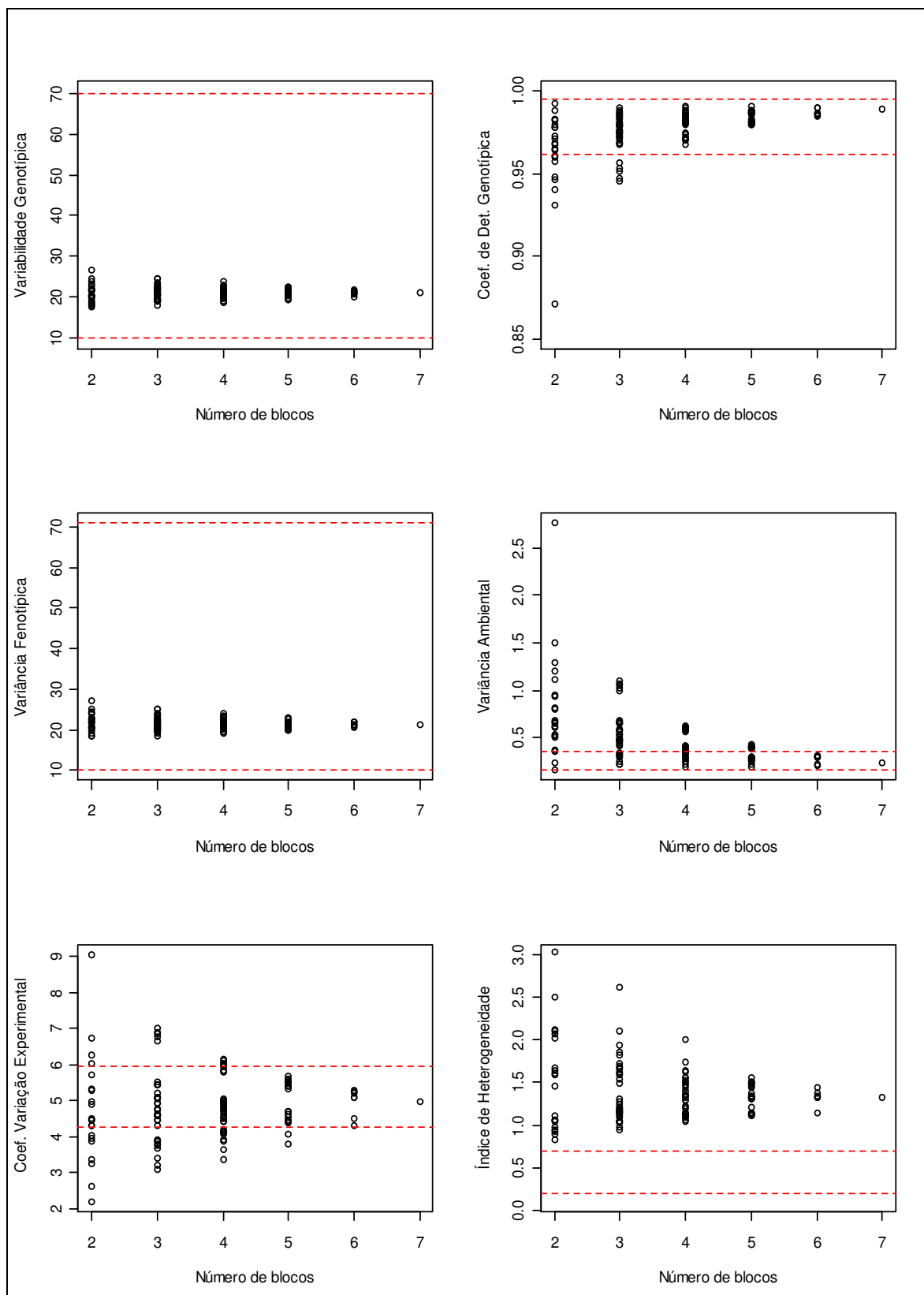


Figura 21 - Dispersão das estimativas de variabilidade genotípica, coeficiente de determinação genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, coeficiente de variação experimental e índice de heterogeneidade para a característica capacidade de expansão no ambiente PESAGRO – RIO em Campos dos Goytacazes, 2008.

Com fulcro na dispersão das estimativas para o coeficiente de variação entre os diferentes ambientes utilizados, apropriou-se da amplitude de variação desta estimativa e implementou-se a metodologia da máxima curvatura modificada, sendo os resultados encontrados na Tabela 3. De maneira geral, observa-se certa concordância entre os valores obtidos pelo método da reamostragem.

Tabela 3 - Estimativas do tamanho da amostra, em número de repetições, obtidas pelo método da máxima curvatura modificada para três ambientes avaliados no Norte e Noroeste Fluminense em relação a dez genótipos de milho pipoca.

Características ^{1/}	Ambientes		
	Colégio Agrícola	Itaocara	Pesagro/Campos
AP	3,40	2,40	3,44
AE	4,03	3,31	3,65
NE	4,79	5,50	4,58
PG	6,33	6,12	4,23
FLOR	2,09	3,22	2,43
P100	4,05	2,78	3,44
CE	4,72	3,93	3,96

^{1/} Altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de espigas (NE), produtividade de grãos (PG), número de dias para florescimento (FLOR), peso médio de cem grãos (P100), capacidade de expansão (CE).

Encontra-se na Tabela 4, o número mínimo de repetições para estimação dos parâmetros pelo o método da reamostragem. Constata-se que o comportamento das estimativas foi divergente entre as diferentes características e ambientes estudados quanto ao número mínimo de repetições a serem utilizadas. Considerando os resultados obtidos a utilização de quatro a cinco blocos atende de maneira bastante fidedigna, a estimação da maioria dos parâmetros nos distintos ambientes (Tabela 3 e 4).

Resende e Duarte (2007) verificaram que para características relacionadas à produção, em geral com baixo coeficiente de determinação genotípico, recomendam-se ao menos seis repetições na sua avaliação.

Tabela 4 - Número mínimo de repetições (blocos) para estimação de parâmetros obtidas pelo método da reamostragem, nas características altura média de planta (AP), altura média de espiga (AE), número de espigas por parcela (NE), produtividade média de grãos (PG), número médio de dias para florescimento (FLOR), massa média de cem grãos (P100), capacidade de expansão (CE) em dez genótipos de milho pipoca, nos ambientes Colégio Agrícola - Campos dos Goytacazes, PESAGRO RIO - Campos dos Goytacazes e PESAGRO RIO - Itaocara, 2008.

		Características						
		AP	AE	NE	PG	FLOR	P100	CE
Ambientes	Parâmetro							
$\hat{\phi}_g$								
Colégio Agrícola		2	4	4	3	3	2	2
Itaocara		3	5	5	4	2	2	2
Pesagro		2	2	2	3	2	2	2
\hat{H}^2								
Colégio Agrícola		3	3	4	3	3	3	3
Itaocara		3	5	4	3	3	3	4
Pesagro		2	3	3	3	3	3	3
$\hat{\sigma}_f^2$								
Colégio Agrícola		2	2	2	2	2	2	2
Itaocara		2	2	2	2	2	2	2
Pesagro		2	2	2	2	2	2	2
$\hat{\sigma}_r^2$								
Colégio Agrícola		5	5	5	5	5	5	5
Itaocara		5	5	5	5	5	5	5
Pesagro		5	5	5	5	5	5	5
$C\hat{V}_e$								
Colégio Agrícola		4	4	3	5	4	4	6
Itaocara		4	4	6	5	4	3	5
Pesagro		4	4	4	4	4	5	5
b								
Colégio Agrícola		5	3	7	3	4	7	7
Itaocara		5	7	7	5	7	7	7
Pesagro		5	4	5	4	3	7	7

3.2.4. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi determinar o número mínimo de repetições que podem ser utilizadas em ensaios de competições de milho pipoca para características relacionadas à produção e qualidade, sem perda da eficiência da estimação de parâmetros. Para tanto, foram conduzidos, em três ambientes, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, ensaio de competição, com dez materiais de milho pipoca. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com sete repetições, com a parcela contendo 25 plantas.

Foi realizado um estudo de reamostragem com reposição, com posterior estimação de alguns parâmetros genéticos e fenotípicos, além do índice de heterogeneidade. Observando a dispersão das estimativas para o coeficiente de variação nos diferentes ambientes trabalhados, apropriou-se da amplitude de variação desta estimativa e implementou-se a metodologia da máxima curvatura modificada.

Com base no conjunto de resultados, tem-se que as estimativas do número de repetições variaram de acordo com o parâmetro a ser estimado, bem como com o ambiente, com a variável e com método utilizado. O comportamento das estimativas foi divergente entre as diferentes características e ambientes estudados, quanto ao número mínimo de repetições a serem utilizadas. Considerando os resultados obtidos, a utilização de quatro a cinco blocos atende de maneira bastante fidedigna a estimação dos diferentes parâmetros nos distintos ambientes.

Para o número de dez genótipos usados nesse trabalho, conclui-se que:

- a) as estimativas do número de repetição variam de acordo com o parâmetro a ser estimado, de acordo com o ambiente, bem como com a variável a ser avaliada e com o método utilizado;
- b) o método da reamostragem permitiu comparação eficiente dos efeitos do tamanho da amostra na estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos;
- c) o índice de heterogeneidade expressou comportamento diferenciado nas distintas características e nos diversos ambientes.

3.2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, R. A.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A.; Silvério, L.; Pinto, R. J. B.; Tonet, A. (2002) Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5):1197-120.
- Arriel, N. H. C.; Ramalho, M. A. P.; Andrade, H. B. (1993) Número de repetições e influência da seleção em progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.7, n. 2, p.213-223.
- Baker, R. J. (1986) Index Selection in plant breeding. *CRC Press, Boca Raton-Florida*, 218p.
- Barbin, D. (1993) Componentes de variância: teoria e aplicações. 2. ed. Piracicaba-SP; FEALQ. 120p.
- Bertolucci, F. L. G. et al. (1991) Alternativas de tamanho e forma da parcela para avaliação de progênies de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, v.15, p. 295-305.
- Bos, I.; Caligari, P. (1995). Selection methods in plant breeding. London: Chapman & Hall. 347p.
- Brunson, A. M. (1937) Popcorn breeding. *Yearbook Agricultural*, 1:395-404.

- Cargnelutti Filho, A.; Ribeiro, N. D.; Storck, L.; Jost, E.; Poersch, N. L. (2008) Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. *Ciência Rural*, v.38, n.3, mai-jun,
- Catapatti, T. R.; Gonçalves, M. C.; Silva Neto, M. R.; Sobroza, R. (2008) Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em Milho pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v 32, n.3, p. 855-862, maio/jun.
- Chaves, L. J. (1985) Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.) Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.148p.
- Chaves, L. J. Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays*). Piracicaba : ESALQ, 1985. 148p. Tese de Doutorado.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P; Daher, R. F.; Ávila, M. R. (2004) Correlações entre caracteres agronômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, 34(5):1389-1394.
- Davison, A. C.; Hinkley, D. V. (1997) Bootstrap methods and their application. New York: Cambridge, 587p.
- Gomes, F. (1990) *Curso de estatística experimental*. 13 ed. Piracicaba: São Paulo, USP/ESALQ, 468p.
- Knapp S. J.; Stroup W. W.; Ross W. M. (1985) Exact Confidence Intervals for Heritability on a Progeny Mean Basis. *Crop Science*. V.25, 192-194.
- Leite, M. S. O. (2007) Tamanho da amostra para seleção de famílias de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. 51p.
- Lin, C. S. et al. (1996). Persistence of a field heterogeneity index. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 76, p. 245-250.

- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1984). Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. *Journal of Agricultural Science*, v.103, p.11-15.
- Lin, C. S.; Binns, M.R. (1986). Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. *Agronomy Journal*, v. 78, p. 531-534
- Lira, M. A. (1983) *Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras - MG, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 62p.
- Martin, T. N.; Storck, L.; Dal'Col Lúcio, A.; Carvalho, M. P.; Santos, P. M. (2005) Bases genéticas de milho e alterações no plano experimental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 1, Jan.
- Meier, V. D.; Lessman, K. J. (1971) Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in *Crambe abyssinica* hordnt. *Crop Science*, v.11, p. 648-650.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. P.; Guimarães, P. E. O.; Santos, M. X.; Ferreira, A. S. (1998). Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V. 33, nº12:1995-2001.
- Patterson, H. D.; Thompson, R. (1971) Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, London, v.58, p.545-554.
- R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2006. ISBN 3-900051-07-0.
- Ramalho, M. A. P.; Ferreira, D. F.; Oliveira, A. C. (2005) *Experimentação em Genética e melhoramento de plantas*. Lavras: UFLA. 2. ed. rev. 322p.
- Resende M. D. V.; Souza Júnior C. L. (1997). Número de repetições e tamanho da parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 8.

- Resende, M. D. V. (2002) *Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes*. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 975 p.
- Resende, M. D. V.; Duarte, J. B. (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 37(3): 182-194, set.
- Ribeiro, N. D. et al. Bordadura em ensaios de competição de genótipos de feijoeiro relacionados à precisão experimental. *Ciência Rural*, v. 31, n.1, p. 13-17, 2001.
- Storck, L.; Garcia, D. C.; Lopes, S. J.; Estefanel, V.(2000) *Experimentação vegetal*. Santa Maria: Ed. UFSM. 198 p.
- Storck, L.; Ribeiro, N. D.; Lopes, S. J.; Cargnelutti Filho, A.; Carvalho, M. P. (2007). Persistência do plano experimental em ensaios de avaliação de germoplasma elite de feijão. *Evandro JostII Ciência Rural*, v. 37, n. 6.
- Vangen, M. G. Confidence interval for a normal coefficient of variation. *American Statistician*, Alexandria, v. 50, n. 1, p. 21-26, Feb. 1996
- Verma, R. K.; Singh, T. P. (1979) Inter relations among certain quantitative traits in popcorn. Mysore, *Journal Agricultural Science*, 13:15-18.

3.3. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM MILHO PIPOCA COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS

RESUMO

Objetivando investigar a divergência genética em milho pipoca por meio de características morfoagronômicas, dez genótipos (UNB2U-C3, UNB2U-C4, Jade, Zélia, IAC 112, IAC 125, Viçosa, BRS Angela, Beija-flor e UFVM2 Barão de Viçosa) foram avaliados quanto a 15 características, incluindo produtividade de grãos (PG) e capacidade de expansão (CE), em delineamento em blocos ao acaso, com sete repetições, no ambiente PESAGRO – RIO em Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro. A divergência genética foi estimada por meio do agrupamento UPGMA, com base na distância generalizada de Mahalanobis e do método Tocher, além da dispersão gráfica por Variáveis Canônicas. A análise de variância revelou diferenças significativas entre as médias dos genótipos no nível de 1 % de probabilidade pelo teste F para a maioria das características avaliadas, indicando a presença de variabilidade genética entre os dez genótipos. Os genótipos mais produtivos revelaram médias próximas a $2,5 \text{ T.ha}^{-1}$, com destaque para UNB2U-C4, IAC 112 e Jade, por expressarem também valores de capacidade de expansão acima de 29 mL.g^{-1} . Pelo agrupamento UPGMA, os genótipos mais distantes geneticamente foram Viçosa, UFVM2 Barão de Viçosa e IAC 112, e os mais similares foram UNB2U-C3 com UNB2U-C4 e UFVM2 Barão de Viçosa com IAC 112. Foram identificados quatro ou cinco grupos divergentes, dependendo do método de agrupamento. Para o melhoramento de milho pipoca são indicados UNB2U-C4, IAC112 e Zélia.

ABSTRACT

With the purpose to investigate the genetic divergence in popcorn based on morph agronomic traits, ten genotypes (UNB2U-C3, UNB2U-C4, Jade, Zelia, IAC 112, IAC 125, Viçosa, BRS Angela, Beija-flor e UFVM2 Barão de Viçosa) were evaluated for fifty traits, included grain yield and popping expansion, in randomized complete block design, with seven replications in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro state. The genetic divergence was estimating by UPGMA cluster, based on distance of Mahalanobis and by tocher method as well as graphic dispersion based on Camonic Variables. The analysis of variance revealed significant differences at 1 % of probability by F test among means of genotypes for the majority of the traits evaluated. The genotypes with higher performance were UNB2U-C4, IAC 112 and Jade, with means up to 2.5 t.ha⁻¹ for grain yield and 29 mL.g⁻¹ for popping expansion. For the UPGMA clustering the genotypes more distant genetically were Viçosa, UFVM2, Barão de Viçosa with IAC 112. There were identified three or four divergent groups, depending on the cluster analysis used. For the popcorn breeding are indicates the genotypes UNB2U-C4, IAC 112 and Zelia.

3.3.1. INTRODUÇÃO

O principal objetivo dos programas de melhoramento de milho pipoca está no aumento simultâneo da produtividade de grãos e da qualidade da pipoca, para atender tanto as exigências dos produtores quanto as dos consumidores. Neste aspecto, Sawazaki (1995) salienta que o sucesso de um programa de melhoramento com milho pipoca depende, basicamente, da escolha do germoplasma, de modo que os objetivos sejam atingidos de forma mais intensa e no menor prazo possível.

Hallauer e Miranda Filho (1981) salientam ainda que em programas de melhoramento intrapopulacionais, as populações de milho com potencial para serem utilizadas como genitoras devem possuir altas médias e ampla variabilidade genética quanto às características de interesse.

Enquanto em milho pipoca a produção é dependente, sobretudo, dos efeitos de dominância; a capacidade de expansão – principal característica de qualidade dos grãos – é influenciada quase que exclusivamente por efeitos aditivos (Lyerly, 1942; Pereira e Amaral Júnior, 2001; Scapim et al., 2002; Simon et al., 2004; Rangel et al., 2008).

Informações sobre o germoplasma de milho pipoca ainda são escassas, de todo modo, acredita-se que as formas atuais derivam de seleções em germoplasma de milho comum do tipo “flint”, sendo que incorporações de genes do tipo “dent” provocam a perda da capacidade de expansão no milho pipoca,

onde se pôde inferir que a base genética em germoplasma de milho pipoca é reduzida (Kantety et al., 1995).

Por conseguinte, estudos sobre a divergência genética são fundamentais, pois visam à identificação de genitores para a formação de populações com variabilidade genética e consequente ganho genético em ciclos sucessivos de seleção. Os efeitos oriundos da heterose podem ser explorados a partir de cruzamento entre indivíduos mais contrastantes. Na concepção de Miranda et al. (2003), como a divergência genética pode estar associada à heterose, as análises de divergência genética podem ser úteis para a predição preliminar de cruzamentos que otimizem a heterose.

Nos trabalhos de melhoramento de plantas os métodos preditivos da divergência genética têm recebido considerável atenção, pois permitem a estimação da distância genética e a escolha de genitores mais promissores. Estes tomam por base diferenças entre características que possuem comportamento quantitativo, geralmente usando medidas de dissimilaridade, como as distâncias Euclidianas ou de Mahalanobis (Rao, 1952).

Segundo Moura et al. (1999), dentro deste contexto, o estudo da divergência genética é de fundamental importância. Outrossim, a estimativa da divergência genética, com o uso da análise multivariada, apresenta-se bastante vantajosa, podendo-se identificar fontes de variabilidade genética (Cruz et al., 2004).

Miranda et al. (2003), estudando nove cultivares de milho pipoca, constataram elevada divergência genética, sendo formados três a quatro grupos divergentes, dependendo do método de agrupamento utilizado. Verifica-se que existe material no país para o desenvolvimento de programas de melhoramento, visto que é altamente recomendável utilizar germoplasma distintos, a fim de aumentar o valor das características de interesse comercial.

Inobstante, Capentieri-Pípulo et al. (2003), ao avaliarem a divergência genética entre nove genótipos de milho de pipoca, detectaram, por meio de análise de agrupamento, a formação de apenas dois grupos, identificados por reunirem somente um genótipo no grupo I ou grupo II, o que proporcionaria a constituição de apenas quatro híbridos superiores, tornando sobremaneira reduzida a possibilidade de explorar a obtenção dos possíveis trinta e seis híbridos entre todos os genótipos incluídos no estudo.

Diante do exposto, no presente trabalho teve-se por objetivo estimar a divergência genética entre dez genótipos de milho pipoca para quinze características morfoagronômicas e inferir sobre a amplitude genética de materiais base, bem como melhorados e em fase de recomendação.

3.3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.4.1. Obtenção dos Dados e Detalhes Experimentais

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2007/2008, na Estação Experimental da PESAGRO - RIO, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situada a 21°19'23" de latitude sul e 41°19'40" de longitude oeste, com altitude variando no município de 20 a 30 m e clima classificado com o do tipo Aw de Köppen. Optou-se por trabalhar com o ambiente em questão por este ter apresentado maior precisão, avaliada pelo coeficiente de variação do erro e ainda devido à análise de variância revelar diferenças significativas entre as médias dos genótipos para um maior número de características.

O experimento foi constituído por dez tratamentos (Tabela 1), no delineamento de blocos casualizados, com sete repetições. A parcela foi composta por uma linha de 5 m espaçadas a 0,90 m uma da outra e 0,02 m entre plantas, totalizando 25 plantas por parcela. Foram utilizadas três sementes por cova, à profundidade de 0,05 m, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência, deixando-se uma planta por cova.

A adubação de plantio foi realizada aplicando-se adubo N-P-K, em conformidade com as exigências da cultura. A primeira adubação de cobertura foi realizada cerca de 30 dias após plantio, por ocasião da amontoa, sendo a segunda em torno de 45 dias após plantio. Os demais tratamentos culturais foram

realizados conforme recomendação de Sawazaki (2001). A colheita manual das espigas foi realizada no primeiro trimestre de 2008.

Tabela 1 – Relação dos genótipos de milho pipoca utilizados e caracterização quanto à procedência, tipo de grãos e população.

Genótipo	Procedência	Cor do grão	População
BRS Angela	Embrapa	Branca	Variedade
IAC 112	IAC	Alaranjada	Híbrido Simples modificado
IAC 125	IAC	Alaranjada	Híbrido triplo
Jade	Pioneer	Alaranjada	Híbrido triplo
Zélia	Pioneer	Alaranjada	Híbrido triplo
UNB2U-C3	UENF	Amarela	População experimental
UNB2U-C4	UENF	Amarela	População experimental
Viçosa	UFV	Amarela	Variedade
Beija-flor	UFV	Amarela	Variedade
UFVM2 Barão de Viçosa	UFV	Alaranjada	Variedade

3.3.2.2. Características Avaliadas

As seguintes características foram avaliadas: a) altura média da planta, em cm (AP); b) altura média de inserção da primeira espiga, em cm (AE); c) proporção de plantas acamadas (PPA); d) proporção de plantas quebradas (PPQ); e) estande final (EF); f) número de espigas por parcela (NE); g) produtividade de grãos (PG); h) peso médio de espiga com grãos (PE); i) proporção de espigas doentes (PED); j) proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP); l) proporção de espigas mal empalhadas (PEMP); m) número médio de dias para florescimento (FLOR); n) massa média de 100 grãos, em g (P100); e o) capacidade de expansão dos grãos (CE).

A altura da planta (AP) foi quantificada em cm, após o pendoamento, medindo-se oito plantas competitivas por parcela do nível do solo à inserção da folha bandeira. A altura média da espiga (AE) foi obtida pela quantificação da distância, em cm, do nível do solo à base de inserção da espiga superior, em oito

plantas competitivas, conforme descrito por Brunson (1937), Verma e Singh (1979) e Lira (1983).

A proporção de plantas acamadas (PPA) foi obtida pela relação entre o número de plantas que apresentavam um ângulo de inclinação superior a 45° em relação à vertical na ocasião da colheita e o número total de plantas da parcela. A proporção de plantas quebradas (PPQ) foi obtida pela relação entre o número de plantas que apresentavam o colmo quebrado abaixo da espiga superior em cada parcela na ocasião da colheita e o número de plantas da parcela.

O estande final (EF) foi obtido pelo número de plantas na parcela, na ocasião da colheita. O número médio de espiga (NE) foi obtido pela contagem do número de espigas colhidas em cada parcela. A produtividade média de grãos (PG) foi determinada por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo, sendo expressa em Kg.ha^{-1} .

O peso médio de espiga com grãos (PE) foi obtido por pesagem das espigas despalhadas após a colheita, em Kg.parcela^{-1} . A proporção de espigas doentes (PED) foi obtida pela relação entre o número de espigas doentes em cada parcela, na ocasião da colheita e o número de espigas. A proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP) foi obtida pela contagem de espigas atacadas por pragas em cada parcela na ocasião da colheita.

A proporção de espigas mal empalhadas (PEMP) foi obtida pela relação entre o número de espigas que apresentavam a ponta não coberta por palha, em cada parcela na ocasião da colheita e o número de espigas. O número médio de dias para o florescimento (FLOR) foi obtido pela quantificação do período compreendido entre o plantio e a liberação dos estilos de 50 % das plantas da fileira.

Quanto à massa média de 100 grãos (P100), foram pesados, em balança com duas casas decimais, 100 grãos tomados aleatoriamente de plantas distintas de cada parcela (Lira, 1983). A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, sendo expressa pela relação mL.g^{-1} , ou seja, volume estourado em relação a massa de 30 g de grãos submetida ao pipocamento. Para a quantificação da capacidade de expansão foi utilizado um aparelho de microondas da marca Panasonic Modelo NN-S65B, sob potência de 1000 W durante 3 minutos, com duas repetições por cada parcela. O volume de 100 grãos expandidos (V100) foi quantificado em proveta de 2000 mL pela deposição de 100

pipocas. Para expansão dos grãos foi utilizada uma tigela plástica especial obtida dos EUA.

3.3.2.3. Procedimento Estatístico

3.3.2.3.1. Análise de Variância

A análise de variância individual foi realizada considerando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ik} = \mu + R_k + G_i + \xi_{ik}$, em que μ é a média, R_k é o efeito da k -ésima repetição, G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo, ξ_{ik} é o erro experimental (Cruz et al., 2004). As esperanças dos quadrados médios das fontes de variação, relativas ao modelo estatístico usado estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Esquema da análise de variância para o delineamento de blocos casualizados completos com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e esperança de quadrados médios (E(QM))

FV	GL	QM	E (QM) ^{1/}
Repetição	(r - 1)	QMB	$\sigma^2 + g\sigma^2_R$
Genótipos (G)	(g - 1)	QMG	$\sigma^2 + r\Phi_G$
Erro	(g - 1)(r - 1)	QMR	σ^2
Total	gr - 1		

$${}^1/\Phi_G = \frac{\sum G_i^2}{g - 1}$$

3.3.2.3.2. Processamento Computacional

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo procedimento de agrupamento de Scott-Knott (Scott e Knott, 1974), em nível de 5 % de probabilidade.

Para estimar a matriz de distâncias genéticas entre os genótipos, foi empregada a distância Generalizada de Mahalanobis (D^2). Os métodos de agrupamento utilizados para agrupar os genótipos foram o hierárquico UPGMA (“*Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average*”) e Variáveis

Canônicas. O agrupamento UPGMA foi obtido de acordo com Mohammadi e Prasanna (2003) e com Cruz e Carneiro (2006). No desenvolvimento da técnica das Variáveis Canônicas utilizaram-se os conhecimentos expressos por Manly (1986) e Cruz e Carneiro (2006). Procedido o agrupamento UPGMA, calculou-se a correlação cofenética para testar a eficiência do agrupamento; e o pseudo F (Calinski e Harabasz, 1974) e o pseudo t^2 (Duda e Hart, 1973) para determinar o número ideal de grupos. Também foi realizada a análise da importância relativa das variáveis pela metodologia de Singh (1981). Por fim, a técnica das Variáveis Canônicas foi utilizada para dispersão dos genótipos em gráfico tridimensional (Manly, 1986; Cruz e Carneiro, 2006).

As análises estatísticas empregadas neste trabalho foram realizadas com o auxílio dos programas GENES (Cruz, 2006) e SAS (SAS Institute, 1988).

3.3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas entre as médias dos genótipos no nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, para a maioria das características estudadas, indicando a presença de variabilidade genética entre os dez genótipos. As variáveis proporção de espigas mal empalhadas (PEME) e proporção de espigas doentes (PED) revelaram significância no nível de 5 % de probabilidade e apenas proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP) não expressou significância (Tabela 3).

Verificou-se que as cultivares de milho pipoca avaliadas expressam resultado da estimativa do número médio de dias para florescimento característico do ciclo normal para o milho comum, apesar de normalmente as plantas de milho-pipoca florescerem antecipadamente à forma comum de *Zea mays*. Os genótipos UNB2U-C4, IAC 112 e IAC 125 foram os primeiros a florescer, o que ocorreu com estimativa de 53 a 56 dias após o plantio, sendo os mais precoces. Os demais genótipos floresceram em média aos 58 a 61 dias após o plantio. Contudo, Miranda et al. (2003), avaliando nove genótipos de milho pipoca, verificaram que a média do número de dias para o florescimento foi de 67 dias. Em geral, a ampliação do ciclo da cultura resulta em maior custo de mão-de-obra e maior consumo de defensivos, devido à maior ocorrência de pragas e doenças (Peixoto et al., 2002).

Tabela 3 – Agrupamento de Scott-Knott⁽¹⁾ para médias de altura de plantas (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), estande final (EF), número de espigas (NE) e peso de espiga (PE), produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹), proporção de espigas doentes (PED), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), número de dias para o florescimento (FLOR), massa de 100 grãos (P100), capacidade de expansão (CE, mL. g⁻¹) e volume de 100 grãos expandidos (V100) em dez genótipos de milho pipoca.

Genótipos	Características														
	AP	AE	PPQ	PPA	PEME	EF	NE	PE	PROD	PED	PEAP	FLOR	P100	CE	V100
UNB2U-C3	169,40 b	102,02 a	19,90 b	5,09 a	9,69 a	21,29 b	28,43 c	1,17 c	1907,94 b	21,87 b	17,55 a	60,00 b	10,65 b	25,41 c	342,86 a
UNB2U-C4	167,38 b	91,31 b	18,14 b	3,61 a	7,98 a	23,14 b	29,86 c	1,47 a	2376,19 a	25,95 b	23,35 a	55,71 d	11,32 a	29,10 b	351,43 a
BRS ANGELA	145,71 d	85,48 c	22,32 b	4,86 a	4,01 a	24,14 a	27,71 c	1,28 b	2026,98 b	15,50 b	25,86 a	60,29 b	10,76 b	30,00 b	381,43 a
Viçosa	168,81 b	101,79 a	23,13 b	1,96 b	6,21 a	22,29 b	31,29 c	1,50 a	2346,03 a	21,85 b	20,46 a	57,43 c	11,34 a	19,24 e	257,14 b
Beija-flor	171,91 a	99,05 a	35,59 a	0,55 b	8,84 a	24,71 a	41,29 a	1,33 b	2012,70 b	33,33 a	18,19 a	60,29 b	8,72 c	19,43 e	265,71 b
IAC 112	177,38 a	93,57 b	29,99 b	1,24 b	4,16 a	21,00 b	39,00 a	1,44 a	2373,02 a	22,20 b	17,28 a	53,71 e	7,92 d	25,29 c	268,57 b
IAC 125	161,43 b	81,43 c	44,71 a	0,65 b	11,39 a	22,29 b	34,43 b	1,29 b	2039,68 b	33,87 a	13,64 a	53,71 e	8,93 c	32,00 a	330,00 a
Zélia	158,33 c	94,29 b	39,93 a	1,14 b	9,17 a	24,71 a	38,86 a	1,32 b	2088,89 b	28,01 a	28,11 a	61,71 a	8,08 d	30,62 b	284,29 b
Jade	150,00 d	79,88 c	27,83 b	2,31 b	7,05 a	24,29 a	36,57 b	1,58 a	2390,48 a	22,50 b	15,25 a	58,86 c	9,22 c	25,02 c	291,43 b
UFVM2 Barão de Viçosa	166,43 b	92,50 b	22,49 b	4,49 a	1,36 a	22,57 b	35,57 b	1,17 c	1868,25 b	31,22 a	18,89 a	58,00 c	8,11 d	21,72 d	307,14 b
Média	163,68	92,13	28,4	2,59	6,99	23,04	34,3	1,36	2143,02	25,63	19,86	57,97	9,51	25,78	308,00
QM Tratamentos	683,88**	431,96**	568,15**	22,04**	66,11*	13,20**	159,53**	0,13**	299081,41**	246,43*	149,50ns	55,42**	13,23**	148,94**	12245,07**
CVg ⁽²⁾	5,85	8,20	28,87	55,87	31,13	5,20	13,44	9,44	8,77	16,83	4,22	4,77	14,25	17,79	12,14
CVe ⁽³⁾	3,93	6,15	34,70	104,90	82,21	7,67	9,51	9,93	10,57	42,04	89,99	2,29	6,49	4,97	16,09

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, pertence a um mesmo grupo, de acordo com o procedimento Scott-knott, em nível de 5 % de probabilidade; ⁽²⁾ CVg: coeficiente de variação genético, ⁽³⁾CVe: coeficiente de variação experimental, ns = Não significativo no nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste F; * = Significativo no nível de 5% de probabilidade; e ** = Significativo no nível de 1% de probabilidade.

A maior variabilidade entre os genótipos foi observada para as características número médio de dias para o florescimento e capacidade de expansão, que formaram quatro classes diferentes de acordo com o procedimento Scott-Knott (Tabela 3). Observou-se que os genótipos UNB2-C4, IAC 112 e Jade apresentaram as maiores produtividades de grãos, com médias de 2376, 2373 e 2390 kg.ha⁻¹. Tais produtividades estão próximas das encontradas por diversos autores, tais como Rangel et al. (2007), Freitas Júnior et al. (2006) e Coimbra et al. (2001). Segundo Miranda et al. (2003), para a agroindústria, a produtividade de grãos e outras características correlacionadas são secundárias em relação à qualidade e quantidade da pipoca.

Considerando as características relacionadas com produção (número de espiga, peso de espiga e estande final), destacaram-se os genótipos UNB2-UC4, IAC 112, Viçosa e Jade, que estiveram presentes no grupo mais produtivo, principalmente para a variável peso de espiga.

Em se tratando da altura média de plantas (AP), foram constituídos quatro grupos, ao passo que para altura média de espigas formaram-se três grupos. Para AP as médias dos genótipos avaliados variaram entre 145,71 cm e 177,38 cm, enquanto para altura média de espigas os valores estiveram compreendidos entre 79,88 cm e 102,02 cm (Tabela 3). Por estarem relacionadas à resistência ao acamamento, atenção especial também deve ser dada para estas características. Segundo Coimbra et al. (2001) em milho-pipoca, as características altura média de plantas e de espigas são altamente correlacionadas e indicadoras de grandes diferenças entre as cultivares.

Freitas Júnior (2008), trabalhando com a população UNB2U no quarto ciclo de seleção recorrente, obteve valores médios para altura média de plantas e de espigas de 195 cm e 122 cm, respectivamente. Já Rangel et al. (2008), trabalhando com dialelo circulante em milho pipoca, constataram valores de altura média para plantas de 178,68 cm e de 113,62 cm para altura média de espigas.

Para o número de espigas por parcela (NE) teve-se a formação de três grupos, sendo que os genótipos Beija-Flor e IAC112 expressaram os maiores valores para a característica, com magnitudes de 41,39 e 39,00, respectivamente. Os valores encontrados por Freitas Júnior (2008) para esta característica estiveram compreendidos entre 10 e 58, o que é bastante natural por se tratar de uma população sob seleção recorrente, no caso UNB2U-C4, demonstrando a

existência de substancial variabilidade genética a ser explorada em ciclos posteriores.

Atenção também não deve ser dispensada a características como porcentagem de plantas acamadas e quebradas, vez que estão correlacionadas com a espessura do colmo, o que implica em maiores rendimentos durante a colheita mecanizada. A cultura de milho pipoca *per se* é bastante frágil quando comparada com a do milho comum. A espessura do colmo pode ser avaliada pela porcentagem das plantas acamadas e quebradas. Destacaram-se como os colmos menos frágeis UNB2U-C4 e Viçosa. Tanto as populações quanto as cultivares melhoradas apresentaram altos valores em relação à porcentagem de plantas acamadas e quebradas. Freitas Júnior (2008) encontrou valor médio predito de 13,88% de plantas acamadas e quebradas na população UNB2U-C4.

Para característica número de espigas, constatou-se a formação de três grupos, com destaque para Beija-flor e Zélia, que contiveram as maiores médias. Os materiais com menores médias para esta característica foram Viçosa e UNB2U-C4; no entanto, para a característica produtividade grãos estão alocados no grupo de maior produtividade.

Para a proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP) houve formação de apenas um grupo, o que está em conformidade com os resultados obtidos pelo teste F. Rangel (2006), trabalhando com milho pipoca, também não constatou diferenças significativas para esta característica. Esta característica, aliada à porcentagem de espigas doentes, são características importantes do milho pipoca, pois depõem contra a qualidade da pipoca, afetando negativamente a capacidade de expansão. Os genótipos que contiveram menor porcentagem de espigas doentes foram BRS Angela, Viçosa e UNB2U-C3.

Em relação à proporção de espigas mal empalhadas (PEME), apesar de não haver diferença significativa, os materiais com as menores taxas de mal empalhamento foram UFVM2 Barão de Viçosa, BRS Angela e IAC 112. De acordo com Machado (1997), o empalhamento da espiga sem exposição do sabugo ou grãos confere maior proteção contra o ataque de carunchos e de traças no período entre a maturação e a colheita. Miranda et al. (2003) salientam ainda que a palha também protege os grãos nas horas mais quentes do dia, evitando secamento rápido e trincamento do endosperma

Entre os genótipos que se destacaram com relação à característica massa média de cem grãos (P100) como os de maiores grãos, tem-se Viçosa e UNB2U-C4, com magnitudes de 11,34 g e 11,32 g; e para os grãos menores, IAC 122 e Zélia, com sementes mais leves. Segundo Sawazaki (1995), a massa de 100 grãos é característica correlacionada positivamente com a produtividade de grãos e negativamente com a capacidade de expansão.

Para avaliação da qualidade da pipoca a principal característica considerada é a capacidade de expansão (CE). Avanços no melhoramento desta característica têm sido obtidos desde o Ensaio Nacional de Milho-Pipoca, realizado em 1991/1992, onde o índice médio era de 17,5 (v/v) e o maior de 20,8 (v/v) (Sawazaki, 1995). No presente trabalho, destacaram-se as cultivares comerciais IAC 125, Zélia, BRS Angela, além da população UNB2U-C4, com índices acima de 29 mL.g⁻¹. Galvão et al. (2000), na avaliação de híbridos de milho pipoca, obtiveram CE média de 36 mL.g⁻¹.

Considerando o conjunto de características avaliadas, constata-se o destaque da população UNB-2U sob seleção recorrente, antevendo-se resultados alvissareiros para lançamento de nova cultivar para o Norte e Noroeste Fluminense no quinto ciclo de seleção recorrente.

A Figura 1 contém o dendrograma com o agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA. O coeficiente de correlação cofenético (CCC) foi de 0,61, demonstrando pouca confiabilidade do dendrograma. De acordo Sokal e Rohlf (1962), o ideal é a obtenção de valores de CCC acima de 0,8, quando indicam bom ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o gráfico dendrogrâmico.

Porém, não se pode descartar o uso do dendrograma, pois ainda que tenha apresentado um CCC considerado baixo, a formação dos grupos se mostra bastante coerente, principalmente quanto à proximidade genética entre UNB2U-C3 com UNB2U-C4, pois são consecuições de ciclo de seleção recorrente intrapopulacional a partir da mesma população, UNB-2U.

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2008), a medida de dissimilaridade e o método de agrupamento devem garantir ao melhorista segurança na seleção de genitores para os cruzamentos. Em caso de concordância de agrupamentos, a escolha do método deve recair naquele de simples execução e de fácil interpretação. No entanto, caso haja discordância entre os métodos, a escolha de

genitores passa a depender do método utilizado, havendo a necessidade de escolha do mais eficiente.

A análise do teste de pseudo F não permitiu a determinação do número ótimo de grupos, pois se constatou que o F calculado foi crescente com o número de grupos formados, indicando a inexistência de uma “natural” partição dos dados (Tabela 4). Entretanto, ao analisar a estatística pseudo t^2 , pôde-se averiguar que o ponto de máximo (8,8) foi alcançado na formação de três grupos, indicando que este está relacionado com a menor probabilidade de significância do teste e, conseqüentemente, indicando a interrupção do processo de agrupamento. Como a metodologia permite que se considere um ponto acima do observado, quatro grupos foram considerados como ideal para análise do agrupamento por UPGMA (Figura 1).

Tabela 4 - Determinação do número de grupos pelas estatísticas pseudo F e pseudo t^2 para o método UPGMA.

Nº de grupos	Pseudo F	Pseudo t^2
9	13,4	-
8	13,1	-
7	13,4	1,6
6	9,2	3,6
5	7,4	2,3
4	8,1	-
3	4,2	8,8
2	4,4	3,0
1	-	4,4

Em programa de melhoramento recomendada-se a utilização de genitores com maior divergência possível para maximizar a probabilidade de ocorrência de segregantes superiores em gerações avançadas e ampliar a base genética. Contudo, a escolha de genótipos deve ser feita considerando também seus comportamentos *per se*. Assim, para cruzamentos, devem-se utilizar genótipos divergentes, que tenham desempenho superior para as principais características de importância agrônômica e atendam aos objetivos do programa que está sendo desenvolvido (Maluf e Ferreira, 1983; Oliveira et al., 1999; Pereira, 1999; Cruz et al., 2004).

Pelo agrupamento por UPGMA os dez genótipos foram reunidos em quatro grupos dissimilares: Grupo I (UFVM2 Barão de Viçosa, IAC 112, Jade e Beija-Flor) Grupo II (UNB2U-C3, UNB2U-C4 e BRS Angela); Grupo III (IAC 125 e Zelia) e Grupo IV (Viçosa). De acordo com a análise do dendrograma (Figura 1), verifica-se que os genótipos mais distantes geneticamente foram Viçosa com UFVM2 Barão de Viçosa e IAC 112, e os pares de genótipos mais similares foram UNB2U-C3 com UNB2U-C4 e UFVM2 Barão de Viçosa com IAC 112.

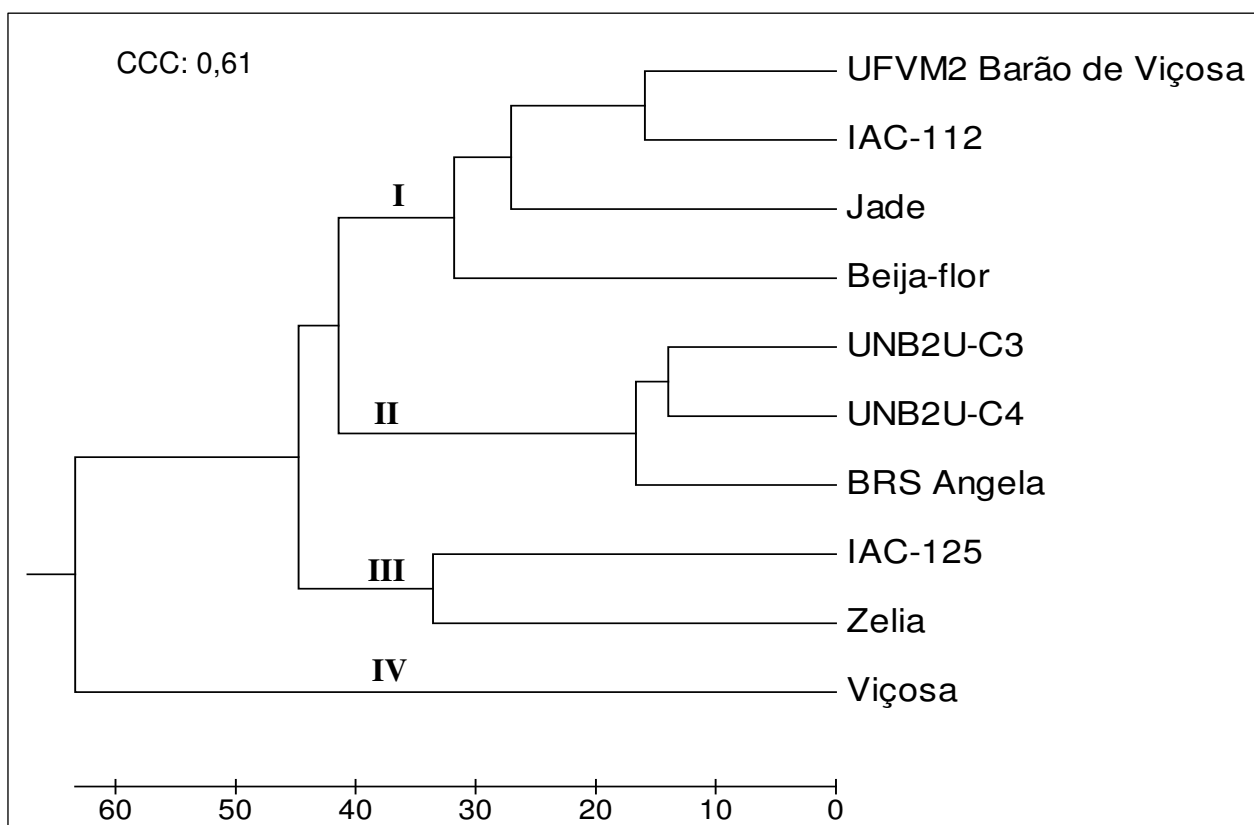


Figura 1 – Dendrograma obtido pelo método UPGMA a partir das medidas de dissimilaridade genética de Mahalanobis entre quinze características agrônômicas em relação a dez genótipos de milho pipoca.

Os genótipos oriundos de programas de melhoramento ou regiões semelhantes mostraram-se mais semelhantes, como UNB2U-C3 e UNB2U-C4, pertencente à Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro. A variedade Viçosa ficou em grupo separado, por apresentar características relacionadas às plantas bastante diferentes das demais cultivares dentre os demais avaliados. Trata-se do único material que não foi submetido a processos

de seleção oficial. Por não ter sido considerada na análise de divergência, a cor dos grãos não colaborou para destinação genotípica; por conseguinte, materiais com grãos brancos (BRS Angela) e amarelos (UNB2U-C4) estiveram presentes no mesmo grupo. Sob o aspecto comercial, estes genótipos apresentam valores distintos, sendo preferido o grão de cor amarela seguido pelo de cor branca.

Há que se destacar o fato de BRS Angela haver se aproximado dos ciclos C3 e C4 de UNB-2U, estando alocados em um mesmo grupo. Isso provoca a hipotetização de que são populações que contêm frequências alélicas parecentes. Além disso, a cultivar BRS Angela pode ter tido como genitor linhas proveniente da população UNB, uma vez que o Prof. Joaquim Von Büllow (que trouxe para a UENF a população UNB) deixou sementes de UNB na EMBRAPA Miho e Sorgo, antes do seu falecimento, em 1994.

Considerando que BRS Angela foi lançada em 2000, não é improvável que esta contenha genes de UNB. Todavia, UNB tem grãos amarelos, ao passo que BRS Angela possui grãos brancos, o que pode ser um argumento favorável à não participação de UNB na genealogia de BRS Angela. Porém, cor de grãos, embora não se tenha relatos, pode ser característica qualitativa e, por conseguinte, facilmente modificada em ciclos de seleção recorrente, que foi o procedimento utilizado pela EMBRAPA Milho e sorgo para recomendação de BRS Angela, que adveio de ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos do composto CMS 43 (Pacheco et al., 2000).

Contudo, segundo Pacheco et al. (2005), o processo de obtenção da variedade BRS Angela, desenvolvida pela EMBRAPA Milho e Sorgo, teve seu início a partir de 1979, por meio de seis ciclos de seleção recorrente intrapopulacional. Utilizou-se o composto de milho pipoca CMS 43 de grãos brancos, redondos, formado a partir de quatro ciclos de recombinação de 33 materiais (28 de grãos com endospermas predominantemente brancos e cinco amarelos) do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da EMBRAPA Milho e Sorgo, selecionados para tolerância a *Helminthosporium turcicum* e *Puccinia spp.* Em 1988, para melhorar a qualidade da pipoca, a CMS-43 foi cruzada com a população Angela (BRA 065901). A população CMS-43, em seu sexto ciclo de seleção, recebeu o nome comercial de BRS Angela e foi lançada comercialmente em 20 de outubro de 2000.

Por estarem alocados no mesmo grupo, é provável que o Zélia e IAC 125 tenham advindo de genitores semelhantes, como SAM ("South American Mushroom"), que compôs IAC 112. Esses dois híbridos foram os primeiros a serem lançados no Brasil. O IAC 112 (Híbrido Simples modificado) é uma combinação de linhagens da variedade SAM com linhagens oriundas do cruzamento Guarani x UFV Amarelo. O IAC 125, que é um híbrido *top cross* (Híbrido Simples x variedade), é uma versão de híbrido simples IAC 112, resultado do cruzamento do IAC 112 com um sintético obtido de um híbrido norte-americano, tendo sido registrado em abril de 2006 (Rangel et al., 2008). Atualmente, o IAC 112 é um híbrido que apresenta boa sanidade de espiga com grande estabilidade de produção nas semeaduras e, ainda, boa resistência às principais doenças foliares, viroses e a podridões de grãos.

As três primeiras Variáveis Canônicas explicaram aproximadamente 86 % da variação genética dos materiais avaliados (Figura 2), o que possibilitou a dispersão dos genótipos em gráfico tridimensional (Cruz et al., 2004). Assim, genótipos alocados dentro dos grupos apresentam maior similaridade do que aqueles que se encontram em diferentes regiões espaciais circulares. O agrupamento realizado pelas Variáveis Canônicas foi parcialmente concordante com a técnica de agrupamento UPGMA, permitindo também identificar quatro grupos de genótipos divergentes.

Com base nos agrupamentos, IAC 112, ao se distanciar de IAC 125, não era esperado ocorrer no dendrograma (Figura 1), uma vez que o primeiro compõe a genealogia do segundo. De qualquer forma, compartilham do mesmo grupo pelo gráfico tridimensional (Figura 2), o que torna mais coerente o agrupamento do gráfico, pelo menos quanto a esse aspecto. Ademais, pelo gráfico tridimensional (Figura 2), deve-se ter certo cuidado quanto a conclusões a respeito das genealogias comuns entre IAC 112 e IAC 125 para com Zélia, já que constituíram grupos distintos pelo dendrograma (Figura 1). Essa situação é mais clarividente para IAC 112 que, pelo dendrograma, não se reuniu no mesmo grupo que Zélia.

A proximidade genética de IAC 112 com UFVM2 Barão de Viçosa (variedade lançada recentemente), com base no dendrograma (Figura 1), além da reunião de IAC 112 com IAC 125 e UFV Barão Viçosa, pela dispersão gráfica (Figura 2) torna possível aventar que UFVM2 Barão de Viçosa pode ter tido em seu espectro genealógico IAC 112 e/ou IAC 125. No entanto, se faz necessário o

emprego de marcadores moleculares para que se possa fazer essa afirmação. Todavia, não há como negar que são geneticamente parentes, com base nos resultados do presente trabalho.

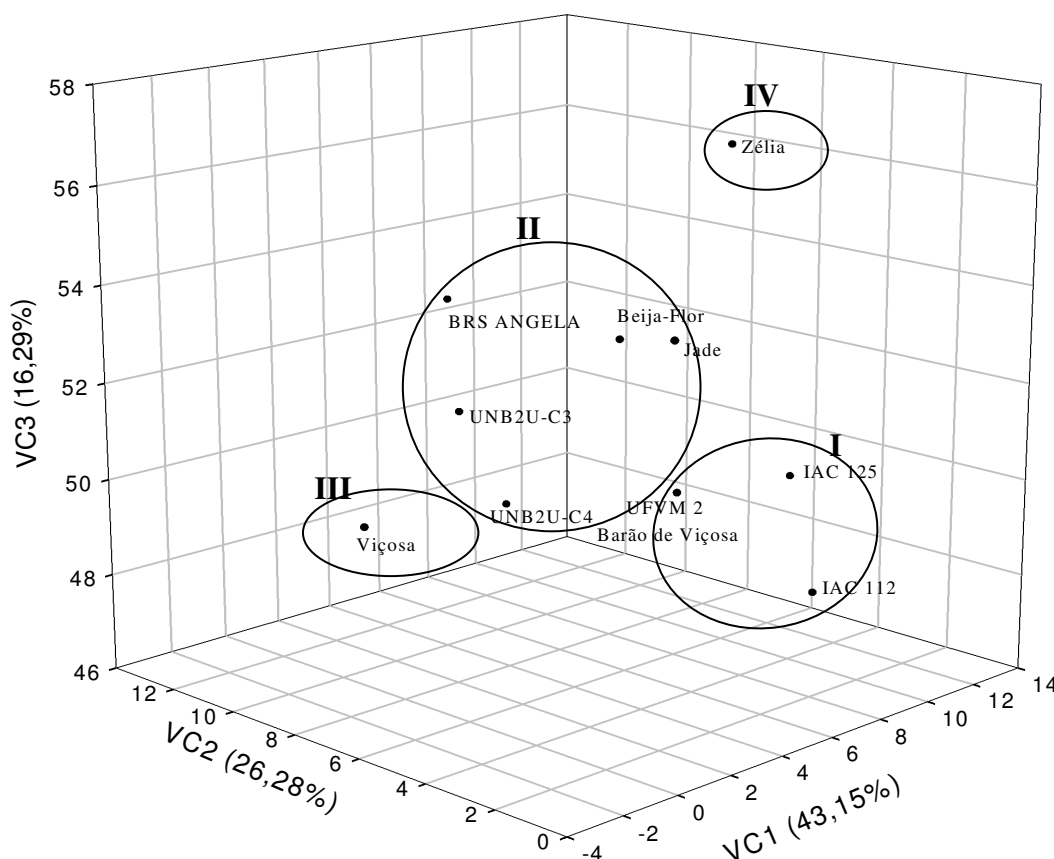


Figura 2 – Dispersão gráfica de dez genótipos de milho pipoca em relação às três primeiras Variáveis Canônicas, estabelecida pela combinação linear de quinze características agrônômicas.

Considerando que o UFVM2 Barão de Viçosa contenha em sua genealogia IAC 112 e/ou IAC 125, isso denota que os materiais recomendados no Brasil participam de "pools gênicos" muito semelhantes, o que não é interessante para a prevalência desses materiais no que se refere à resistência a pragas e doenças.

Com relação à variedade Viçosa, utilizada pela primeira vez no Brasil em dialelo por Andrade et al. (2002), é necessária verificação mais acurada, mas caso se trate do mesmo genótipo avaliado em análise de diversidade genética por Miranda et al. (2003), que constataram que "Viçosa" possui elevada proximidade genética com IAC 112, tal resultado se torna consoante, pois, conforme Sawazaki

et al. (2000) e Sawazaki (2001), propalados por Rangel et al. (2008), IAC 112 adveio de combinações de linhas da variedade SAM ("South American Mushroom") com linhas do híbrido intervarietal "Guarani x UFV Yellow", esta última, no caso, é a própria "Viçosa". De todo modo, o material Viçosa constituiu um grupo a parte em razão de suas características agrônômicas divergentes para com os demais genótipos avaliados.

As quatro variáveis principais para contribuição relativa de cada característica para a divergência genética entre os genótipos foram capacidade de expansão (CE), massa média de 100 grãos (P100), número médio de dias para florescimento (FLOR) e altura média de plantas (AP), correspondendo aos valores de 35,07%, 18,52%, 13,32% e 7,15% de retenção da variação total, respectivamente. As demais características: altura média de espigas (AE), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), estande final (EF), número de espigas por parcela (NE), produtividade média de grãos (PG), proporção de espigas doentes (PED), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP) e volume de 100 grãos expandidos (V100) apresentaram contribuição 7,08 %, 2,28 %, 2,35 %, 0,76 %, 0,73 %, 4,78 %, 4,89 %, 0,16 %, 0,16 %, 0,08 % e 2,40 %, respectivamente.

A análise da contribuição relativa das características para a divergência genética permite o descarte daquelas que pouco contribuem para a variabilidade genética entre os materiais avaliados, possibilitando economia de tempo, mão de obra e recursos financeiros em futuros estudos (Singh, 1981). Podem ser descartadas características que capitalizam um menor percentual de contribuição para divergência. As características dispensáveis em estudos de divergência genética são aquelas com poucas variações entre as cultivares ou redundantes, por estarem correlacionadas com outras características, como altura média de plantas e de espigas no presente trabalho.

Houve concordância parcial entre a dispersão gráfica (Figura 2) e o método de otimização de Tocher (Tabela 5) no agrupamento dos genótipos. A dispersão gráfica formou grupos mais consistentes com os dendogramas por UPGMA (Figura 1). Assim, crê-se que a dispersão gráfica tenha proporcionado resultados mais coerentes, o que é consentâneo com os resultados obtidos por Miranda et al. (2003), que trabalharam com nove cultivares de milho pipoca e com duas

Variáveis Canônicas, e que concluíram que a dispersão gráfica foi de mais difícil interpretação do que o agrupamento de Tocher.

Contudo, Miranda et al. (2003) encontraram expressiva diversidade genética entre nove cultivares de milho pipoca, sendo formados três a quatro grupos divergentes, dependendo do método de agrupamento utilizado. Concluiu-se, portanto, que existe material no país para o desenvolvimento de programas de melhoramento, visto que é altamente recomendável utilizar germoplasma distintos, a fim de aumentar o valor das características de interesse comercial.

Tabela 5 - Agrupamento definido pelo método de Tocher gerado a partir das estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis quanto a quinze características agrônômicas para dez cultivares milho pipoca.

Grupo	Genótipos
I	UNB2U-C3, UNB2U-C4, BRS Angela, Jade, UFVM2 Barão de Viçosa
II	IAC112 e IAC 125
III	Zélia
IV	Beija-flor
V	Viçosa

De acordo com Munn et al. (1994), independente das técnicas de classificação utilizadas, devem apresentar resultados similares se as classificações refletirem a verdadeira associação entre os valores genotípicos. Todavia, há que se refletir que as técnicas se fundamentam em algoritmos distintos para a reunião dos genótipos em grupos, o que podem gerar resultados contrastantes.

Na concepção de Hallauer & Miranda Filho (1981), deve-se preferir cruzamentos entre populações ou genitores que contenham altas médias e divergência ampla nas características de interesse. Nesse aspecto, Miranda et al. (2003) salientam que se houver a necessidade de se optar entre uma população com média de produção intermediária e ampla diversidade, ou outra com alta produção e diversidade intermediária, deve-se preferir esta última.

3.3.4. CONCLUSÕES

Objetivou-se quantificar a diversidade genética entre dez genótipos de milho pipoca (UNB2U-C3, UNB2U-C4, Jade, Zélia, IAC 112, IAC 125, Viçosa, BRS Angela, Beija-flor e UFVM2 Barão de Viçosa) pela avaliação de quinze características morfoagronômicas, incluindo produtividade de grãos (PG) e capacidade de expansão (CE), em delineamento em blocos ao acaso, com sete repetições, no ambiente de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro.

A divergência genética foi estimada por meio da técnica de análise multivariada e as cultivares foram agrupadas com base na distância generalizada de Mahalanobis, utilizando o método UPGMA e de otimização de Tocher, além da dispersão gráfica via Variáveis Canônicas. A análise de variância revelou diferenças significativas entre as médias dos genótipos no nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, para a maioria das características estudadas, indicando a presença de variabilidade genética entre os dez genótipos.

Os materiais mais produtivos apresentaram médias próximas a 2,5 t.ha⁻¹, com destaque para UNB2U-C4, IAC 112 e Jade, que também contiveram valores de capacidade de expansão acima de 29 mL.g⁻¹. Verificou-se, pelo agrupamento UPGMA, os genótipos mais distantes geneticamente, Viçosa, UFVM2 Barão de Viçosa e IAC 112, e os mais similares, UNB2U-C3 com UNB2U-C4 e UFVM2 Barão de Viçosa com IAC 112. Foram identificados quatro ou cinco grupos divergentes, dependendo do método de agrupamento.

As principais conclusões foram possíveis:

- a) os genótipos apresentaram expressiva divergência genética;
- b) não houve concordância entre os métodos para quantificação da divergência entre os genótipos avaliados;
- c) a análise por meio das Variáveis Canônicas se mostrou mais coerente na formação dos grupos; e
- d) para o melhoramento de milho pipoca os materiais com maior potencial são UNB2U-C4, IAC 112 e Zélia.

3.3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, R. A.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A.; Silvério, L.; Pinto, R. J. B.; Tonet, A. (2002) Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5):1197-120.
- Brunson, A. M.; Smith, G. M. (1945) Hybrid popcorn. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, v. 37, p. 176-183.
- Calinski T.; Harabasz J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics*. 3: 1-27.
- Cargnelutti Filho, A.; Ribeiro, N. D.; Reis, R. C. P.; Souza, J. R.; Jost, E. (2008). Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. *Ciência Rural*, v. 38, n. 8, nov.
- Coimbra, R. R.; Miranda, G. V.; Viana, J. M. S.; Cruz, C. D. (2001) Correlações entre caracteres na população de milho-pipoca DFT-1 Ribeirão. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 48, n. 278, p. 427-435.
- Cruz C. D. (2006) Programa genes: análise multivariada e simulação. Editora UFV, Viçosa, 175p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV: Imprensa Universitária, 390 p.

- Duda R. O.; Hart P. E (1973) Pattern classification and scene analysis. John Wiley & Sons: New York. pp. 189–225.
- Freitas Júnior, S. P.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A. (2006) Capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante. Brasília, DF, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41:1599-1607.
- Freitas Júnior, S. P. (2008) Seleção recorrente entre famílias de irmãos completos em geração avançada da população UNB-2U de milho pipoca. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 117p.
- Galvão, J. C. C.; Sawazaki, E.; Miranda, G. V.(2000) Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 47, n. 270, p. 201-218.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1981) Quantitative genetics in maize breeding. Ames: Iowa State University Press, 468 p.
- Kantety, R. V.; Zeng, X.; Bennetzen, J.; Zehr, B. E. (1995) Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Molecular Breeding*, 1:365-373.
- Lira, M. A. (1983). Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (*Zea mays* L.). Piracicaba. Magister Agronomy dissertation. Universidade de São Paulo.
- Lyerly, P. J. (1942) Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. *Journal American Society of Agronomy, Madison*, 34:986-995.
- Machado, P. F. Efeito das condições de colheita e secagem sobre a capacidade de expansão de milho pipoca. 1997. 41 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- Maluf, W. R.; Ferreira, P. E. Análise multivariada da divergência genética em feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). *Horticultura Brasileira*, v.1, p.31-34, 1983.

- Miranda, G. V.; Coimbra, R. R.; Godoy, C. L.; Souza, L. V.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V. (2003) Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília- DF, 38(6):681-688.
- Mohammadi, S. A. And Prasanna, B. M. (2003). Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants—Salient Statistical Tools and Considerations REVIEW & INTERPRETATION. *Crop Sci.* 43:1235–1248
- Moura, W. M.; Casali, V. W. D.; Cruz, C. D.; Lima, P. C. (1999) Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34 (2): 217-224.
- Mumm, R. H.; Hubert, L. J.; Dudley, J. W. (1994) A classification of 148 U. S. maize inbreds - II: validation of cluster analysis based on RFLPs. *Crop Science*, Madison, v. 34, p. 852-865.
- Oliveira V. R.; Casali V. W. D.; Cruz C. D.; Pereira P. R. G.; Braccini A. L. (1999) Avaliação da diversidade genética em pimentão através de análise multivariada. *Horticultura Brasileira*. 1: 19-24.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. E. G.; Parentoni, S.N.; Santos, M. X.; Guimarães, P. E. O. (2005) Avanços no processo seletivo da variedade de milho pipoca BRS Angela. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 4, n. 3, p. 436-444.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. P.; Guimarães, P. E. O.; Santos, M. X.; Ferreira, A. S. (1998) Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, dez.
- Peixoto N; Braz L. T.; Banzatto D. A.; Moraes E. A.; Moreira F. M. (2002) Características agronômicas, produtividade, qualidade de vagens e divergência genética em feijão-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*. 3: 447-451.
- Pereira J. J. (1999) Análises de agrupamento e discriminante no melhoramento genético - aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). Tese Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 191p.

- Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T. (2001) Estimation of genetic components in popcorn base on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, v. 1, p. 3-10.
- Rangel R. M.; Amaral Junior. A. T.; Scapim C. A.; Freitas Júnior S. P.; Pereira M. G. Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. (2008) *Genetics and Molecular Research* Oct 7;7 (4): 1020-1030.
- Rangel, R. M.; Amaral Júnior, A. T.; Viana, A. P.; Freitas Júnior, S. P.; Pereira, M. G. (2007) Prediction of popcorn hybrid and composites means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(3):287-295.
- Rao, C. R. (1952) *Advanced statistical methods in biometric research*. New York: J. Wiley, 390 p.
- SAS Institute (1988) *SAS/STAT: user's guide*. SAS Institute, Cary, 1028p.
- Sawazaki, E. (1995) *Melhoramento do milho-pipoca*. Campinas: Instituto Agrônomo, 21 p.
- Sawazaki, E. (2001). A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, 53 (2):11–13.
- Sawazaki, E. Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.). (1996) 157 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Sawazaki, E.; Paterniani, M. E. A. G. Z.; Castro, J. L.; Gallo, P. B.; Galvão, J. C. G.; Saes, L. A. (2000). Potencial de linhagens locais de milho-pipoca para síntese de híbridos. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, p.143-151.
- Scapim, C. A.; Pacheco, C. A.; Tonet, A.; Braccini, A. L.; Pinto, R. J. B. (2002). Análise Dialélica e Heterose de Populações de Milho-Pipoca. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 3, 219-230.
- Scott, A. J.; Knott, M. (1974) Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30 (1): 507-512.

- Simon, G. A.; Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Pinto, R. J. B.; Braccini, A. L.; Tonet, A. (2004) Depressão por endogamia em populações de milho pipoca. *Bragantia*, Campinas, 63(1):55-62.
- Singh, D. (1981). The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*. 41: 237-245.
- Tamura, K.; Dudley. J.; Nei, M.; Kumar, S. (2007) *MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0*. *Molecular Biology and Evolution* 24:1596-1599.
- Zinsly, J. R.; Machado, J. A. (1987) Milho-pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. *Melhoramento e produção do milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill. p. 413-421.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se, neste trabalho, investigar o efeito do número de repetições para a otimização de experimentações por meio de algoritmos estatísticos fundamentados em intervalo de confiança; além de avaliar as correlações genóticas, fenotípicas e de ambiente entre características de interesse agrônômico; bem como quantificar a interação genótipos por ambientes e inferir sobre a estatística P_i quanto à adaptabilidade e estabilidade entre dez genótipos de milho pipoca. Ademais, tencionou-se quantificar a diversidade entre os genótipos avaliados e obter informações mais acuradas do potencial produtivo da população UNB2U-C4 a fim de verificar o mérito para recomendação como nova cultivar.

Para tanto, foram conduzidos experimentos em três ambientes no Estado do Rio de Janeiro, nas regiões Norte e Noroeste. Dez genótipos de milho pipoca foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, com sete repetições, com a parcela contendo 25 plantas.

Constatou-se que os genótipos mais adaptados e estáveis por P_i (UNB2U-C4 e IAC112) foram também os mais produtivos. Estimativas de correlações fenotípicas e genóticas positivas e significativas foram obtidas entre produtividade de grãos e capacidade de expansão. Embora variantes para os diferentes algoritmos e suas ponderações por intervalos de confiança, a utilização de quatro a cinco blocos proporcionou a fidedigna estimação dos parâmetros na

inferência de estimativas das características nos distintos ambientes, próximas do valor em sete blocos.

Quatro ou cinco grupos divergentes foram obtidos, dependendo do método de agrupamento, sendo UNB2U-C4, IAC112 e Zélia os genótipos mais divergentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual (2002). Anuário da Agricultura Brasileira. FNP Consultoria & Comércio; M&S Mendes & Scotini. Editora Argos, 521p.
- Alexander, D. E.; Creech, R. G. Breeding special industrial and nutritional types. In Sprague, G. F. e Fuccillo, D. A. (1997) Corn and corn improvement. *Madison, American Society of Agronomy*, 363-386.
- Allard, R. W.; Bradshaw, A. D. (1964) Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, v4:503-508p.
- Andrade, R. A.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A.; Silvério, L.; Pinto, R. J. B.; Tonet, A. (2002) Análise dialélica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5):1197-120.
- Arias, C. A. A.; Souza Júnior C. L. (1998) Genetic variance and covariance components related to intra and interpopulation recurrent selection in maize. *Genetics and Molecular Biology*, 21:537-544.
- Arnhold, E. (2004) *Análise da eficiência de seleção dentro de famílias S₄, em programa de produção de linhagens com milho pipoca (Zea Mays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 95p.

- Arriel, N. H. C.; Ramalho, M. A. P.; Andrade, H. B. (1993) Número de repetições e influência da seleção em progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 213-223.
- Baker, R. J. (1986) Index Selection in plant breeding. *CRC Press, Boca Raton-Florida*, 218p.
- Barbin, D. (1993) Componentes de variância: teoria e aplicações. 2. ed. Piracicaba-SP; FEALQ. 120p.
- Benin, G.; Carvalho, F. I. F.; Oliveira, A. C.; Marchioro, Volmir, S.; Lorencetti, C.; Kurek, A. J.; Silva, J. A. G.; Cargnin, A.; Simioni, D. (2003). Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. *R. Bras. Agrocência*, v. 9, n. 1, p. 09-16.
- Bennetzen, J.; Buckler, E.; Chandler, V.; Doebley, J.; Dorweiler, J. (2001). Genetic evidence and the origin of maize. *Latin. Am. Antiq.*, 12:84-86.
- Bernardo, R. Breeding for quantitative traits in plants. (2002) Stemma Press: Woodbury Minesota, 369 p.
- Bertolucci, F. L. G. et al. (1991) Alternativas de tamanho e forma da parcela para avaliação de progênies de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, v.15, p. 295-305.
- Bos, I.; Caligari, P. (1995). Selection methods in plant breeding. London: Chapman & Hall. 347p.
- Brugnera, A.; Von Pinho, R. G.; Pacheco, C. A. P.; Alvarez, C. G. D. (2003) Resposta de cultivares de milho pipoca a doses de adubação de semeadura. *Revista Ceres*, Viçosa, 50 (290): 417-429.
- Brunson, A. M. (1937) Popcorn breeding *Yearbook Agricultural*, 1:395-404.
- Brunson, A. M.; Smith, G. M. (1945) Hybrid popcorn. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, v. 37, p. 176-183.
- Calinski T.; Harabasz J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics*. 3: 1-27.

- Carbonell, S. A. M.; Azevedo Filho, J. A.; Dias, L. A. S.; Gonçalves, C.; Antonio, C. B. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 60, p. 69-77.
- Cargnelutti Filho, A.; Perecin, D.; Malheiros, E. B.; Guadagnin, J. P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, v. 66, p. 571-578.
- Cargnelutti Filho, A.; Ribeiro, N. D.; Reis, R. C. P.; Souza, J. R.; Jost, E. (2008a). Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. *Ciência Rural*, v. 38, n. 8, nov.
- Cargnelutti Filho, A.; Ribeiro, N. D.; Storck, L.; Jost, E.; Poersch, N. L. (2008) Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. *Ciência Rural*, v. 38, n. 3, mai-jun,
- Cargnelutti Filho, A.; Storck, L. (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p.17-24.
- Carneiro, P. C. S. Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. (1998) 168f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa.
- Carpentieri-Pípolo, V.; Takahashi, H. W.; Endo, R. M.; Petek, M. R.; Seifert, A. L. (2002) Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 551-554.
- Carvalho, C. G. P.; Arias, C. A. A.; Toledo, J. F. F.; Oliveira, M. F.; Vello, N. A. (2002). Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, mar.
- Carvalho, F. I. F.; Lorencetti, C.; Benin, G. (2004) *Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal*. Pelotas: UFPel. 142p.
- Carvalho, H. W. L.; Leal, M. L. S.; Cardoso, M. J.; Santos, M. X.; Tabosa, J. N.; Santos, M. D.; Lira, M. A. (2002) Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de

milho em diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, p.75-82.

Carvalho, L. P.; Lanza, M. A.; Fallieri, J.; Santos, J. W. (2003) Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, p.1149-115.

Catapatti, T. R.; Gonçalves, M. C.; Silva Neto, M. R.; Sobroza, R. (2008) Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agrônômicos em Milho pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v. 32, n. 3, p. 855-862, maio/jun.

Chaves, L. J. (1985) Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.) Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.148 p.

Chaves, L. J. Interação de genótipos com ambientes. (2002) In: Nass, L. L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S.; Valadares-Inglis, M.C. Recursos genéticos e melhoramento – plantas. Fundação MT, Rondonópolis MT, 1.183 p.

Coimbra, R. R.; Miranda, G. V.; Viana, J. M. S.; Cruz, C. D.; Murakami, D. M.; Souza, L. V.; Fidelis, R. R. (2002) Estimation of genetic parameters and prediction of gains for DFT1-Ribeirão popcorn population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(1):33-38.

Comstock, R. E.; Robinson, H. F. (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, 4:254-266.

Cruz C. D. (2006) Programa genes: análise multivariada e simulação. Editora UFV, Viçosa, 175p.

Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2006) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2.ed. Viçosa: UFV, 586 p.

Cruz, C. D.; Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. *Revista Ceres*, 38(219):422-430.

- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV: Imprensa Universitária, 390 p.
- Cruz, C. D.; Carvalho, S. P.; Vencovsky, R. (1994) Estudos sobre a divergência genética II. Eficiência da predição do comportamento de híbridos com base na divergência de progenitores. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 41, p. 183-194.
- Cruz, C. D.; Torres, R. A.; Vencovsky, R. (1989) An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. *Rev. Bras. Genet.*, v.17, p. 69-73.
- Dalbello, O.; Previero, C. A., Alves, D. G.; Biagi, J. D. (1995). Capacidade de expansão do milho pipoca (*Zea mays* L.) em função de parâmetros de secagem, umidade e armazenamento do produto. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Viçosa - MG. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 415 p.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T. (2000) Adaptabilidade e Estabilidade de Produção de Ipomoea batatas. *Acta Scientiarum*, Maringá, PR., v. 22, n. 4, p. 911-917.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G. (2002) Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(3):339-344.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Daher, R. F.; Ávila, M. R. (2004) Correlações entre caracteres agronômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, 34(5):1389-1394.
- Davison, A. C.; Hinkley, D. V. (1997) Bootstrap methods and their application. New York: Cambridge, 587p.
- Dias L. A. S.; Kageyama P. V. (1991) Variação genética em espécies arbóreas e conseqüências para o melhoramento florestal. *Agrotópica* 3: 119-127.
- Dofing, S. M.; D`Croz-Mason, N.; Thomas-Compton, M. A. (1991). Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. *Crop Science*, Madison, 31:715–718.

- Duarte, J. B.; Vencovsky, R. (1999) Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI. Sociedade Brasileira de Genética, 60p. (Série Monografias, 9), Ribeirão Preto.
- Duda R. O.; Hart P. E (1973) Pattern classification and scene analysis. John Wiley & Sons: New York. pp. 189–225.
- Eberhart, S. A.; Russel, W. A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, v. 6, p. 36-40.
- Eberhart, S. A. (1970). Factors affecting efficiencies of breeding methods. *African Soils*, Paris, v.15, p. 669-680.
- Falconer, D. S. (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, MG: UFV. 279 p.
- Farias, F. J.; Freire, E. C.; Carvalho, L. P.; Arantes, E. M.; Oliveira, L. C. (1996) Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso. Campina Grande: Embrapa-CNPA. 4p. (Embrapa-CNPA. Pesquisa em andamento, 29).
- Ferrão, R. G.; Cruz, C. D.; Ferreira, A.; Cecon, P. R.; Ferrão, M. A. G.; Fonseca, A. F. A.; Carneiro, P. C. S.; Silva, M. F. (2008) Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, jan.
- Ferreira, P. R.; Botrel, M. A.; Ruggieri, A. C.; Pereira, A. V.; Coelho, A. D. F.; Léo, F.J. S.; Cruz, C.D. (2004) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciência Rural*, v.34, p.265-269.
- Finlay, K. W.; Wilkinson, G. N. (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 14, p. 742-754.
- Freitas Júnior, S. P. (2008) Seleção recorrente entre famílias de irmãos completos em geração avançada da população UNB-2U de milho pipoca. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 117p.

- Freitas Júnior, S. P.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A. (2006) Capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante. Brasília, DF, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41:1599-1607.
- Galinat, W. C. (1977) *The origin of corn*. In: SPRAGUE, G.F.(Ed) CORN and corn improvement. New York, Academic Press, p.1-48.
- Galvão, J. C. C.; Sawazaki, E.; Miranda, G. V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. Revista Ceres, Viçosa, 47(270):201-218.
- Gama, E. E. G. (1997). Melhoramento de milhos especiais. In: Simpósio sobre Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas, Lavras–MG. *Simpósio*. Lavras – MG: UFLA. 251-254p.
- Garcia, L. H. (1989) Tabelas para classificação do coeficiente de variação. *Circular Técnico* 171, Piracicaba-SP, IPEF.
- Gomes, F. P. (1990) Curso de estatística experimental. 13 ed. Piracicaba: São Paulo, USP/ESALQ, 468p.
- Gomez, K. A.; Gomez, A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2. ed. New York : J. Wiley, 1984. 680 p.
- Goodnam, M.M.; Smith, J.S.C. (1987). Botânica In: Paterniani, E. e Viegas, G.p. eds. Melhoramento e produção de milho. Campinas, Fundação Cargil, 1:41-78.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1981) Quantitative genetics in maize breeding. Ames: Iowa State University Press, 468 p.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28:476–490.
- Huehn, M. (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, v. 47, n. 3, p.189-194.
- Johnson, H. W.; Robinson, H. F.; Comstock, R. E. (1955) Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and these implications in selection. *Agronomy Journal*, Madison, v. 47, p. 477-83.

- Kantety, R. V.; Zeng, X.; Bennetzen, J.; Zehr, B. E. (1995) Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Molecular Breeding*, 1:365-373.
- Knapp S. J.; Stroup W. W.; Ross W. M. (1985) Exact Confidence Intervals for Heritability on a Progeny Mean Basis. *Crop Science*. V.25, 192-194.
- Lédo, F. J. S. et al. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v. 29, n. 2, p. 409-414.
- Leite, M. S. O. (2007) Tamanho da amostra para seleção de famílias de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. 51p.
- Lessman, K. J.; Atkins, R. E. (1963). Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. *Crop Science*, Madison, v. 3, p. 477-481.
- Lima, J. F.; Peixoto, C. P.; Ledo, C. A. da S.; Faria, G. A. (2007). Tamanho ótimo de parcela para experimento com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. *Ciência Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1411-1415.
- Lima, M.; Zinsly, J. R.; Vencovsky, R.; Melo, M. R. C. (1971) Resultados parciais de um programa de melhoramento do milho (*Zea mays* L.) visando o aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. In: Relatório Científico do Departamento e Instituto de Genética, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 5:84-93.
- Lin, C. S. et al. (1996). Persistence of a field heterogeneity index. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 76, p. 245-250.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1984). Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. *Journal of Agricultural Science*, v. 103, p. 11-15.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, p.193-198.

- Lin, C. S. et al. (1996). Persistence of a field heterogeneity index. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 76, p. 245-250.
- Lin, C. S.; BINNS, M. R. (1984). Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. *Journal of Agricultural Science*,
- Lin, C. S.; BINNS, M. R. (1986). Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. *Agronomy Journal*, v. 78, p. 531-534.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, p. 193-198.
- Linares, E. (1987) Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho pipoca (*Zea mays* L.). Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba - SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 78p.
- Lira, M. A. (1983) Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (*Zea mays* L.). Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras - MG, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 62p.
- Lúcio, A.D.; Storck, L.; Lorentz, L.H.; Martin, T.N.; Hinnah, T. (2004) Qualidade experimental nos ensaios de competição de cultivares em função da variabilidade de variáveis morfológicas. *Revista de la Facultad de Agrnomia, La Plata* 105 (2).
- Lyerly, P. J. (1942) Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. *Journal American Society of Agronomy, Madison*, 34:986-995.
- Machado, P. F. (1997) *Efeitos das condições de colheita e secagem sobre a capacidade de expansão de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 41p.
- Maluf, W. R.; Ferreira, P. E. (1983) Análise multivariada da divergência genética em feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). *Horticultura Brasileira*, v. 1, p. 31-34.

- Mariotti, I. A.; Oyarzabal, E. S.; Osa, J. M.; Bulacio, A. N. R.; Almada, G. H. (1976) Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronómica del Nordeste Argentino, Tucumán*, v. 13, n. 14, p. 105-127.
- Martin, T. N.; Storck, L.; Dal'Col Lúcio, A.; Carvalho, M. P.; Santos, P. M. (2005) Bases genéticas de milho e alterações no plano experimental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 40, n. 1.
- Matta, P. P.; Viana, J. M. S. (2001). Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho pipoca. *Sci. agric.* vol. 58, n. 4, p. 845-851.
- Meier, V. D.; Lessman, K. J. (1971) Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in *Crambe abyssinica* hordnt. *Crop Science*, v. 11, p. 648-650.
- Miranda, G. V.; Coimbra, R. R.; Godoy, C. L.; Souza, L. V.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V. (2003) Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília- DF*, 38(6):681-688.
- Miranda, G. V.; Souza, L. V.; Galvão, J. C. C.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V.; Santos, I. C. (2008) Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica*: DOI 10.1007/s10681-007-9598-9.
- Mohammadi, S. A.; Prasanna, B. M. (2003). Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants—Salient Statistical Tools and Considerations Review & Interpretation. *Crop Sci.* 431235–1248
- Moll, R. C.; Cockerham, C. C.; Stuber, C. W.; Williams, W. P. (1978) Selection responses, genetic- environments interaction, and heterosis with recurrent selection for yield in maize. *Crop. Sci.* v. 18, p. 641-645.
- Moura, W. M.; Casali, V. W. D.; Cruz, C. D.; Lima, P. C. (1999) Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 34 (2): 217-224.

- Mulamba, N. N.; Mock, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt J. Gen. Cytol. Alexandria*, 7:40–51.
- Mumm, R. H.; Hubert, L. J.; Dudley, J. W. (1994) A classification of 148 U. S. maize inbreds - II: validation of cluster analysis based on RFLPs. *Crop Science, Madison*, v. 34, p. 852-865.
- Nascimento Filho, F. J.; Atroch, A. L.; Sousa, N. R. De; Garcia, T. B.; Cravo, M. S.; Coutinho, E.F. (2001) Divergência genética entre clones de guaranazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, p. 501-506.
- Nascimento, W. M.; Boiteux, L. S. (1994) Influência do grau de umidade do grão na capacidade de expansão de milho pipoca. *Horticultura Brasileira*, 12 (2): 179–180.
- Nunes, H. V.; Miranda, G. V.; Souza, L. V. de; Galvão, J. C. C.; Coimbra, R. R.; Melo, A. V. de. (2003) Comportamento de cultivares de milho pipoca em diferentes épocas de semeadura. *Revista Ceres, Viçosa*, 50 (290):445-460.
- Nunes, H. V.; Miranda, G. V.; Galvão, J. C. C.; Souza, L. V.; Guimarães, L. J. M. (2002) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, p.78-88.
- Oliveira V. R.; Casali V. W. D.; Cruz C. D.; Pereira P. R. G.; Braccini A. L. (1999) Avaliação da diversidade genética em pimentão através de análise multivariada. *Horticultura Brasileira*. 1: 19-24.
- Olivera J.S. et al. (2007) adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do estado de Goiás. *Pesquisa Agropécuaria Tropical* 37(1): 45-50, mar.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. E. G.; Parentoni, S.N.; Santos, M. X.; Guimarães, P. E. O. (2005) Avanços no processo seletivo da variedade de milho pipoca BRS Angela. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 4, n. 3, p. 436-444.

- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. P.; Guimarães, P. E. O.; Santos, M. X.; Ferreira, A. S. (1998) Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1995-2001.
- Paterniani, E.; Campos, M.S. (1999). Melhoramento do milho. Borém, A. (Org.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, 429-485p.
- Patterson, H. D.; Thompson, R. (1971) Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, London, v.58, p.545-554.
- Peixoto N; Braz L. T.; Banzatto D. A.; Moraes E. A.; Moreira F. M. (2002) Características agronômicas, produtividade, qualidade de vagens e divergência genética em feijão-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*. 3: 447-451.
- Peltonen-Sainio, P. (1990). Morphological and physiological characteres behind high-yielding ability of oats (*Avena sativa* L.), and their implications for breeding. *Fields Crops Researches*, Amsterdam, v. 25, p. 247-252.
- Pereira J. J. (1999) Análises de agrupamento e discriminante no melhoramento genético - aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). Tese Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 191p.
- Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T. (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1:3-10.
- Plaisted, R. L.; Peterson, L. C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *American Potato Journal*, Orono, v.36, p.381-385.
- R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2006. ISBN 3-900051-07-0.
- Ramalho, M. A. P.; Ferreira, D. F.; Oliveira, A. C. (2005) Experimentação em Genética e melhoramento de plantas. Lavras: UFLA. 2. ed. rev. 322p.

- Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) *Genética Quantitativa em Plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia, GO, 271p.
- Rangel R. M.; Amaral Junior. A. T.; Scapim C. A.; Freitas Júnior S. P.; Pereira M. G. Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. (2008) *Genetics and Molecular Research* Oct 7;7 (4): 1020-1030.
- Rangel, R. (2006) *Dialelo circulante na avaliação de híbridos e na identificação de compostos superiores de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Campos do Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 141p.
- Rangel, R. (2006) *Dialelo circulante na avaliação de híbridos e na identificação de compostos superiores de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Campos do Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 141p.
- Rangel, R. M.; Amaral Júnior, A. T.; Viana, A. P.; Freitas Júnior, S. P.; Pereira, M. G. (2007) Prediction of popcorn hybrid and composites means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(3):287-295.
- Rao, C. R. (1952) *Advanced statistical methods in biometric research*. New York: J. Wiley, 390 p.
- Resende M. D. V.; Souza Júnior C. L. (1997). Número de repetições e tamanho da parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 8.
- Resende, M. D. V. (2002) *Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes*. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 975 p.
- Resende, M. D. V.; Duarte, J. B. (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 37(3): 182-194,set.

- Ribeiro, N. D. et al. Bordadura em ensaios de competição de genótipos de feijoeiro relacionados à precisão experimental. *Ciência Rural*, v.31, n.1, p.13-17, 2001.
- Robbins Júnior, W. A.; Ashman, R. B. (1984) Parent-offspring popping expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. *Crop Science*, 24(1):119-121.
- Robertson, A. (1959) The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics.*, v. 15, p. 469-485.
- Rocha, M. M. Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica. (2002) 174 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- Rossetti, A.G. (2002) Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.433-438.
- Santos, F S. (2005) Seleção recorrente em famílias de meios-irmãos na população UNB-2U. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes-RJ, UENF 96p.
- Santos, F. S.; Amaral Junior, A. T.; Freitas Júnior, S. P.; Rangel, R. M.; Pereira, M.G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia* (São Paulo), v. 66, p. 391-398.
- SAS Institute (1988) SAS/STAT: user's guide. SAS Institute, Cary, 1028p.
- Sawazaki, E. (1995) Melhoramento do milho-pipoca. Campinas: Instituto Agrônomo, 21 p.
- Sawazaki, E. (2001). A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, 53 (2):11–13.

- Sawazaki, E. Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.). (1996) 157 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Sawazaki, E.; Fantin, G. M.; Dudienas, C. de. (2003). Resistência de genótipos de milho pipoca a doenças. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, 78 (1): 149-164.
- Sawazaki, E.; Paterniani, M. E. A. G. Z.; Castro, J. L.; Gallo, P. B.; Galvão, J. C. G.; Saes, L. A. (2000). Potencial de linhagens locais de milho-pipoca para síntese de híbridos. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, p.143-151.
- Scapim, C. A.; Carvalho, C. G. P.; Cruz, C. D. (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 30(5):683-686.
- Scapim, C. A.; Pacheco, C. A.; Tonet, A.; Braccini, A. L.; Pinto, R. J. B. (2002) Análise Dialélica e Heterose de Populações de Milho-Pipoca. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 3, 219-230.
- Scapim, C. A.; Pinto, R. J. B.; Amaral Júnior, A. T.; Mora F.; Dandolini, T. S. (2006) Combining ability of white grain popcorn populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6:136-143.
- Scapim, C. A.; V. R. Oliveira, A. de Lucca e Braccini; C. D. Cruz, C. A. de B. Andrade e M. C. G. Vidigal. (2000) Yield stability in mayze (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russel, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23 (2): 387-393.
- Scott, A. J.; Knott, M. (1974) Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30 (1): 507-512.
- Silva, W. J. Da Vidal, B. C.; Martins, M. E. Q.; Vargas, H.; Pereira, A. C.; Zerbetto, M.; Miranda, L. C. M. (1993) What makes popcorn pop. *Nature*, 362:417.
- Simon, G. A.; Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Pinto, R. J. B.; Braccini, A. L.; Tonet, A. (2004) Depressão por endogamia em populações de milho pipoca. *Bragantia*, Campinas, 63(1):55-62.

- Singh D (1981). The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*. 41: 237-245.
- Smith, H.F. (1936). A discriminant function for planta selection. *Ann. Eugen.* 7:240–250.
- Soares, A.A.; Ramalho, M.A.P. (1993) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro, avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 17, n. 2, p. 105-112.
- Sokal R. R. e Rohlf F. J. (1962) The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*. 11: 33-40.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1980) *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach* (2nd Ed.). McGraw-Hill Inc., New York.
- Storck, L. (1979) Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho. Porto Alegre - RS. 98 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Storck, L.; Garcia, D. C.; Lopes, S. J.; et al. (2000). *Experimentação vegetal*. Santa Maria: Universitária, 198p.
- Storck, L.; Lopes, S. J. (1997) *Experimentação II*. Santa Maria: UFSM/Departamento de Fitotecnia. 197p.
- Storck, L.; Ribeiro, N D.; Lopes, S.J.; Cargnelutti Filho, A.; Carvalho, M. P. (2007). Persistência do plano experimental em ensaios de avaliação de germoplasma elite de feijão. *Evandro Jost III Ciência Rural*, v.37, n.6.
- Sudré, C. P. et al. (2005) Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, p. 22-27.
- Tamura, K.; Dudley, J.; Nei, M.; Kumar, S. (2007) *MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0*. *Molecular Biology and Evolution* 24:1596-1599.

- Vangen, M. G. (1996) Confidence interval for a normal coefficient of variation. *American Statistician*, Alexandria, v. 50, n. 1, p. 21-26.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992) *Genética Biométrica no Fitomelhoramento: Sociedade Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 496p.
- Vendruscolo, E. C. G.; Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Oliveira, V. R.; Braccini, A. de L.; Gonçalves-Vidigal, M. C. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho pipoca na região centro-sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36(1):123-130.
- Verma, M.M.; Chahal, G.S.; Murty, B.R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, v. 53, p. 89-91.
- Verma, R. K.; Singh, T. P. (1979) Inter relations among certain quantitative traits in popcorn. Mysore, *Journal Agricultural Science*, 13:15-18.
- Weatherwax, P. (1922). The popping of corn. *Ind. Acad. Sci. Proc.* 1921:149 -153.
- Whittell, G. (2002) *The Times*. Disponível em <http://www.estado.estadao.com.br/editorias/2002/05/02/ger/011.html-29k>. Acessado em 20 de Março de 2006.
- Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 20, p. 557-585.
- Ziegler, K. E.; Ashman, B. (1994) Popcorn. In: Hallauer, A. ed. *Specialty corns. Iowa: CRC Press*, 7:189-223.
- Zinsly, J. R.; Machado, J. A. (1987) Milho-pipoca. In: Paterniani, E.; Viégas, G. P. *Melhoramento e produção do milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill. p. 413-421.

6. APÊNDICES

APÉNDICE A

Quadro 1 – Média das estimativas do coeficiente de variação (CV_e), Variabilidade genotípica ($\hat{\theta}_g$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), coeficiente de variação genético (CV_g), índice de variação (\hat{I}_v) e coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2) em função do número de repetições, para altura média de plantas (AP), altura média de espigas (AE), número de espigas (NE), produtividade de grãos (PG), capacidade de expansão (CE) e massa de 100 grãos, para o ambiente Colégio Agrícola em Campos dos Goytacazes.

Repetição	Característica	CV_e	$\hat{\theta}_g$	$\hat{\sigma}_f^2$	CV_g	$\hat{\sigma}^2_r$	\hat{I}_v	\hat{H}^2
AP								
2		6,07	121,44	172,74	6,65	51,29	1,16	0,68
3		6,17	121,44	155,64	6,73	34,19	1,11	0,77
4		6,21	121,44	147,09	6,76	25,65	1,10	0,82
5		6,22	121,44	141,97	6,78	20,52	1,09	0,85
6		6,23	121,44	138,55	6,78	17,10	1,09	0,88
7		6,24	121,44	136,10	6,79	14,65	1,09	0,89
AE								
2		8,44	57,62	93,45	7,23	35,83	0,91	0,55
3		8,56	57,62	81,51	7,55	23,89	0,89	0,68
4		8,60	57,62	75,54	7,64	17,92	0,89	0,75
5		8,61	57,62	71,95	7,69	14,33	0,89	0,79
6		8,62	57,62	69,57	7,72	11,94	0,90	0,83
7		8,63	57,62	67,86	7,73	10,24	0,90	0,85
NE								
2		13,76	2,67	9,63	7,59	6,96	0,60	0,21
3		13,85	2,67	7,31	6,07	4,64	0,45	0,32
4		13,88	2,67	6,15	5,88	3,48	0,43	0,41
5		13,89	2,67	5,45	6,00	2,78	0,43	0,48
6		13,90	2,67	4,99	6,06	2,32	0,44	0,53
7		13,91	2,67	4,66	6,09	1,99	0,44	0,57
FLOR								
2		2,55	1,21	2,42	1,89	1,21	0,78	0,42
3		2,58	1,21	2,01	1,77	0,81	0,70	0,57
4		2,59	1,21	1,81	1,81	0,61	0,70	0,65
5		2,60	1,21	1,69	1,82	0,48	0,70	0,71
6		2,60	1,21	1,61	1,83	0,40	0,70	0,75
7		2,61	1,21	1,55	1,84	0,35	0,71	0,78
PG								
2		14,23	39333,02	70146,64	11,59	30813,62	0,94	0,54
3		14,43	39333,02	59875,43	11,46	20542,41	0,83	0,65
4		14,48	39333,02	54739,83	11,54	15406,81	0,81	0,71
5		14,50	39333,02	51658,47	11,57	12325,45	0,80	0,76
6		14,51	39333,02	49604,23	11,59	10271,21	0,80	0,79
7		14,52	39333,02	48136,91	11,60	8803,89	0,80	0,82
CE								
2		6,67	28,73	30,54	20,84	1,82	3,94	0,95
3		6,99	28,73	29,94	20,86	1,21	3,41	0,96
4		7,17	28,73	29,64	20,88	0,91	3,17	0,97
5		7,28	28,73	29,45	20,88	0,73	3,01	0,98
6		7,37	28,73	29,33	20,89	0,61	2,89	0,98
7		7,43	28,73	29,25	20,89	0,52	2,81	0,98
P100								
2		6,96	0,99	1,23	9,97	0,25	1,57	0,78
3		7,07	0,99	1,15	10,05	0,16	1,48	0,85
4		7,11	0,99	1,11	10,07	0,12	1,45	0,89
5		7,13	0,99	1,09	10,09	0,10	1,43	0,91
6		7,14	0,99	1,07	10,09	0,08	1,42	0,92
7		7,15	0,99	1,06	10,10	0,07	1,41	0,93

APÉNDICE B

Quadro 2 – Média das estimativas do coeficiente de variação (CV_e), Variabilidade genotípica ($\hat{\theta}_g$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), coeficiente de variação genético (CV_g), índice de variação (\hat{I}_v) e coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2) em função do número de repetições, para altura média de plantas (AP), altura média de espigas (AE), número de espigas (NE), produtividade de grãos (PG), capacidade de expansão (CE) e massa de 100 grãos, para o ambiente PESAGRO - RIO em Itaocara.

Repetição	Característica	CV_e	$\hat{\theta}_g$	$\hat{\sigma}_f^2$	CV_g	$\hat{\sigma}_r^2$	\hat{I}_v	\hat{H}^2
AP								
2		3,88	86,58	119,91	4,37	33,33	1,20	0,69
3		3,92	86,58	108,80	4,45	22,22	1,16	0,78
4		3,94	86,58	103,24	4,48	16,66	1,15	0,83
5		3,94	86,58	99,91	4,49	13,33	1,15	0,86
6		3,95	86,58	97,69	4,50	11,11	1,14	0,89
7		3,95	86,58	96,10	4,50	9,52	1,14	0,90
AE								
2		7,38	20,49	58,98	4,17	38,49	0,63	0,29
3		7,46	20,49	46,15	4,03	25,66	0,57	0,40
4		7,49	20,49	39,74	3,84	19,24	0,52	0,49
5		7,50	20,49	35,89	3,82	15,40	0,52	0,55
6		7,51	20,49	33,32	3,86	12,83	0,52	0,61
7		7,52	20,49	31,49	3,88	11,00	0,52	0,65
NE								
2		20,16	8,09	20,45	14,32	12,37	0,87	0,36
3		20,76	8,09	16,33	13,48	8,24	0,75	0,45
4		21,08	8,09	14,27	11,80	6,18	0,61	0,54
5		21,30	8,09	13,03	12,15	4,95	0,60	0,60
6		21,45	8,09	12,21	12,27	4,12	0,58	0,66
7		21,57	8,09	11,62	12,33	3,53	0,57	0,70
FLOR								
2		3,47	3,99	6,10	3,40	2,11	1,21	0,63
3		3,56	3,99	5,39	3,46	1,41	1,01	0,73
4		3,58	3,99	5,04	3,48	1,06	0,99	0,79
5		3,59	3,99	4,83	3,49	0,84	0,98	0,82
6		3,59	3,99	4,69	3,49	0,70	0,97	0,85
7		3,59	3,99	4,59	3,49	0,60	0,97	0,87
PG								
2		17,64	139611,04	231088,40	16,45	91477,37	1,18	0,58
3		18,22	139611,04	200595,95	16,17	60984,91	0,99	0,68
4		18,47	139611,04	185349,72	16,32	45738,68	0,93	0,75
5		18,60	139611,04	176201,99	16,35	36590,95	0,90	0,79
6		18,69	139611,04	170103,50	16,37	30492,45	0,88	0,82
7		18,74	139611,04	165747,40	16,37	26136,39	0,87	0,84
CE								
2		5,53	23,09	24,32	17,77	1,24	3,65	0,95
3		5,68	23,09	23,91	17,79	0,82	3,35	0,96
4		5,74	23,09	23,70	17,80	0,62	3,21	0,97
5		5,79	23,09	23,58	17,80	0,49	3,14	0,98
6		5,81	23,09	23,50	17,80	0,41	3,09	0,98
7		5,83	23,09	23,44	17,81	0,35	3,05	0,98
P100								
2		6,10	1,74	2,08	9,70	0,35	1,62	0,83
3		6,14	1,74	1,97	9,74	0,23	1,59	0,88
4		6,16	1,74	1,91	9,76	0,17	1,59	0,91
5		6,17	1,74	1,88	9,77	0,14	1,59	0,93
6		6,18	1,74	1,85	9,78	0,12	1,58	0,94
7		6,18	1,74	1,84	9,78	0,10	1,58	0,95

APÉNDICE C

Quadro 3 – Média das estimativas do coeficiente de variação (CV_e), Variabilidade genotípica ($\hat{\theta}_g$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), coeficiente de variação genético (CV_g), índice de variação (\hat{I}_v) e coeficiente de determinação genotípica (\hat{H}^2) em função do número de repetições, para altura média de plantas (AP), altura média de espigas (AE), número de espigas (NE), produtividade de grãos (PG), capacidade de expansão (CE) e massa de 100 grãos, para o ambiente PESAGRO - RIO em Campos dos Goytacazes.

Repetição	Característica	CV_e	$\hat{\theta}_g$	$\hat{\sigma}_f^2$	CV_g	$\hat{\sigma}^2_r$	\hat{I}_v	\hat{H}^2
AP								
2		3,83	91,78	112,48	5,82	20,70	1,69	0,81
3		3,89	91,78	105,58	5,84	13,80	1,56	0,86
4		3,91	91,78	102,13	5,84	10,35	1,53	0,89
5		3,92	91,78	100,06	5,84	8,28	1,51	0,91
6		3,93	91,78	98,68	5,85	6,90	1,50	0,93
7		3,93	91,78	97,70	5,85	5,91	1,49	0,94
AE								
2		6,02	57,11	73,20	8,14	16,08	1,45	0,77
3		6,10	57,11	67,84	8,18	10,73	1,38	0,84
4		6,13	57,11	65,16	8,19	8,09	1,36	0,88
5		6,14	57,11	63,55	8,20	6,44	1,35	0,90
6		6,15	57,11	62,48	8,20	5,36	1,34	0,91
7		6,16	57,11	61,71	8,20	4,60	1,33	0,92
NE								
2		9,30	21,26	26,59	13,36	5,32	1,55	0,79
3		9,43	21,26	24,82	13,42	5,55	1,46	0,85
4		9,47	21,26	23,93	13,44	2,66	1,43	0,88
5		9,49	21,26	23,40	13,44	2,12	1,42	0,90
6		9,50	21,26	23,04	13,44	1,77	1,41	0,92
7		9,51	21,26	22,79	13,44	1,52	1,41	0,93
FLOR								
2		2,25	7,66	8,55	4,75	0,88	2,20	0,89
3		2,27	7,66	8,25	4,76	0,58	2,13	0,92
4		2,28	7,66	8,10	4,77	0,44	2,10	0,94
5		2,28	7,66	8,02	4,77	0,35	2,09	0,95
6		2,28	7,66	7,96	4,77	0,29	2,08	0,96
7		2,29	7,66	7,92	4,77	0,25	2,08	0,97
PG								
2		10,40	35385,23	61077,63	8,21	25692,40	0,85	0,53
3		10,50	35385,23	52513,50	8,58	17128,27	0,84	0,65
4		10,54	35385,23	48231,43	8,68	12846,20	0,83	0,72
5		10,56	35385,23	45662,19	8,73	10276,96	0,83	0,77
6		10,57	35385,23	43949,36	8,76	8564,13	0,83	0,80
7		10,57	35385,23	42725,92	8,77	7340,68	0,83	0,83
CE								
2		4,74	21,04	21,86	17,77	0,82	4,13	0,96
3		4,85	21,04	21,59	17,78	0,54	3,82	0,97
4		4,90	21,04	21,45	17,78	0,41	3,71	0,98
5		4,93	21,04	21,37	17,78	0,32	3,65	0,98
6		4,95	21,04	21,31	17,79	0,27	3,61	0,98
7		4,97	21,04	21,27	17,79	0,23	3,57	0,98
P100								
2		6,29	1,83	2,02	14,08	0,19	2,44	0,89
3		6,40	1,83	1,96	14,16	0,12	2,31	0,93
4		6,44	1,83	1,93	14,20	0,09	2,25	0,94
5		6,47	1,83	1,91	14,22	0,07	2,22	0,95
6		6,48	1,83	1,90	14,24	0,06	2,20	0,96
7		6,49	1,83	1,89	14,25	0,05	2,19	0,97