

Melhoramento do milho para sistemas agrícolas sustentáveis

Maize breeding for sustainable agricultural systems

Matheus Lima Oliveira¹

Lucas Nunes da Luz²

RESUMO

O milho é uma das principais culturas agrícolas do mundo. No nordeste do Brasil, região caracterizada por disponibilidade irregular de água, baixa tecnologia, solos rasos e com pouca matéria orgânica, a produção agrícola está abaixo da média nacional. Neste trabalho, um programa de seleção recorrente foi desenvolvido para obter uma variedade produtiva de milho para sistemas de cultivo agroecológico. Sessenta progênies foram cultivadas e selecionadas em seleção recorrente entre e dentro de famílias de meio-irmão. Após a primeira avaliação do ciclo de seleção, foram encontrados ganhos satisfatórios para todas as características avaliadas. Há uma perspectiva de aumento da produtividade a longo prazo.

Palavras-chave: *Zea mays* L., semente crioula, segurança alimentar, seleção recorrente, agroecologia.

ABSTRACT

Maize is one of the main agricultural crops in the world. In the northeastern Brazil, a region characterized by irregular water availability, low technology and shallow soils and little amount of organic matter, crop yields are below the national average. In this work, a recurrent selection program was developed to obtain a productive maize variety for agroecological cultivation systems. Sixty progenies were cultivated and selected in recurrent selection between and within half-sib families. After the first selection cycle assessment, satisfactory gains were found for all evaluated traits. There is a prospect of increased productivity in the long run.

Key words: *Zea mays* L., landrace, food security, recurrent selection, agroecology.

Introdução

O milho é uma fonte nutricional e de segurança alimentar importantíssima para as famílias Brasileiras, em especial, para pequenos agricultores, assentados da reforma agrária e comunidades tradicionais (BECKER; ANJOS, 2010). No Brasil, o milho se destaca entre os demais grãos, ficando em segundo lugar na produção atrás somente da soja (Galvão *et al.*,

2014). A produção anual é estimada em 97 milhões de toneladas ocupando a terceira posição mundial (FAO,2018).

A região nordeste do Brasil, caracterizada principalmente por acentuada irregularidade pluviométrica e por solos fisicamente ruins, é a terceira região produtora do país (CONAB,2017), contudo, com uma produtividade baixa em relação à média nacional. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no ano de 2017, a produtividade média do milho na região foi de 3.194 kg ha⁻¹ e a média de nacional de 5.556 kg ha⁻¹. Se considerada a produtividade dos pequenos empreendimentos familiares na região da região do alto sertão a mesma não chega a 800 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Essa enorme diferença entre as produtividades nas diferentes regiões do Brasil ocorre não somente pelas especificidades climáticas locais, mas também pelo uso inadequado de tecnologias e/ou pela falta de insumos e maquinários agrícolas apropriados e consequente uso de tecnologias desenvolvidas as regiões sudeste e centro-oeste. Entre as tecnologias usadas de forma imprecisa, uma das mais perceptíveis, é o uso de uso de cultivares híbridas (transgênicas ou não) sem devido suporte tecnológico para tal.

Em relação a adubação, há um crescente incremento na difusão de tecnologias alternativas de adubação como a adubação verde (AMABILE & CARVALHO, 2006), o uso de caldas e biofertilizantes (BURG & MAYER, 2002; CÉSAR *et al.*, 2007) e adubação orgânica (BRITO *et al.*, 2005; SCHERER & NESI, 2008). Já é comprovado que o manejo agroecológico proporciona a maximização das interações que ocorrem no solo, resultando dessa forma, em sistemas de produção que incorporam um caráter mais duradouro à fertilidade, com diminuição de custo e de riscos aos agricultores (HANISCH, 2012). Esse tipo de manejo é decisivo para manter condições químicas, físicas e biológicas adequadas ao desenvolvimento vegetal a fim de elevar a produtividade das lavouras.

O uso de sementes híbridas no Brasil tem crescido de forma indiscriminada e contribuído de forma sistemática para a redução dos bancos de sementes locais e consequente redução da soberania e segurança alimentar. Contudo, é preciso clareza para enxergar que foi exatamente o milho híbrido que levou o Brasil ao posto de terceiro produtor mundial de milho (Galvão *et al.*, 2014), contudo, em um país grande e diverso como o Brasil faz-se necessário a adoção de várias estratégias para a garantia da soberania alimentar.

Neste contexto, o uso de sementes crioulas é uma importante ferramenta, pois, possuem elevado potencial de adaptação a condições ambientais específicas (Paterniani *et al.*, 2000) e por vezes são fontes importantes de variabilidade genética que podem ser exploradas na busca por genes tolerantes e/ou resistentes aos fatores bióticos e abióticos e de algum modo, já fazem parte do imaginário coletivo local. Deve-se lembrar que em geral, as populações crioulas são menos produtivas que os cultivares comerciais.

O uso das sementes crioulas como via alternativa as cultivares comerciais é limitado pela legislação vigente no Brasil, lei 10.711/2003, que proíbe sua comercialização. É permitida apenas a troca entre produtores ou livre distribuição desta sem qualquer tipo de recompensa pecuniária. Diante da impossibilidade do uso direto das sementes crioulas, é imprescindível que programas de melhoramento utilizem tal variabilidade na construção de novas cultivares levando em consideração os aspectos produtivos, a sustentabilidade do sistema agrícola e o componente social local envolvido.

Um dos princípios da seleção recorrente é a escolha de progênies superiores a cada ciclo isso é a realizado por meio de índices de seleção que permitem gerar um agregado genotípico sobre o qual se exerce a seleção e que funciona como caráter adicional, resultante da combinação de pesos econômicos escolhidos pelo melhorista e pelas covariâncias genotípicas e fenotípicas em conjunto com médias das características, esses pesos são definidos de acordo com a realidade do ambiente onde a seleção vai ser realizada e com base nos aspectos produtivos. Dessa forma, é possível separar genótipos superiores para um conjunto de caracteres, independentemente da existência ou não de correlações entre características (Vilarinho *et al.*, 2003; Amaral Júnior *et al.*, 2010; Cruz *et al.*, 2012).

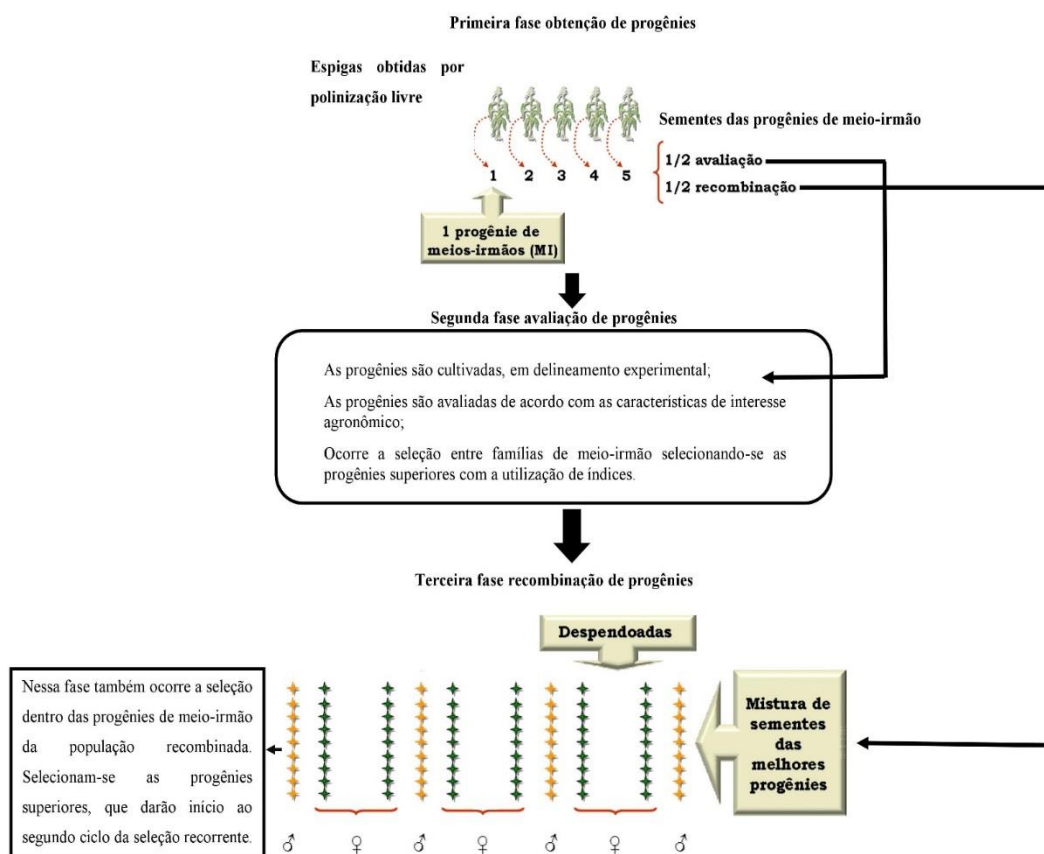
Mediante ao exposto, compreende-se que uma melhora nos níveis de produtividade da região nordeste deve considerar o uso de cultivares adaptadas as condições climáticas, melhoradas a partir de populações locais e com ampla capacidade de resposta aos sistemas alternativos de manejo, em especial, de adubação. Assim, este trabalho avalia o primeiro ciclo de um programa de seleção recorrente, entre e dentro de famílias de meios irmãos, partindo de uma população de milho crioulo. Ao fim do processo espera-se obter uma variedade de milho produtiva para sistemas de cultivo agroecológico com adaptação a Região Nordeste do Brasil.

Metodologia

O trabalho se iniciou com a formação da população base. A mesma foi constituída de uma mistura de sementes em proporções iguais de 10 acessos de milho cultivados na região

do Maciço de Baturité/CE, conjunto de municípios da região norte do estado do Ceará, estes, considerados milho crioulo. Os acessos de milho foram doados a universidade por alunos do curso de Agronomia residentes em áreas rurais. A mistura de acessos foi plantada na Fazenda Experimental Piroás sob cultivo em área adubada somente com leguminosas de adubação verde e esterco bovino curtido. Nesta etapa a seleção foram selecionadas 60 plantas com base nos caracteres morfoagronômicos porte, altura, número e tamanho das espigas e ausência de pragas e doenças. A figura 1 apresenta a ilustração do processo de seleção.

Figura 01. Esquema da seleção recorrente de progênies de meios-irmãos de milho crioulo.



Fonte: OLIVEIRA, M.L.

A fase de avaliação de progênies, que engloba a seleção entre famílias, foi instalada na safra 2017/2018, em um campo experimental na Fazenda Repouso das Águas, localizada no município de Capistrano/CE, Latitude: 4° 28' 20" S, Longitude: 38° 54' 14" O. Essa região tem seu clima caracterizado como Tropical Quente Úmido (IPECE, 2007). De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) possui uma pluviosidade média de 1087mm por ano.

O preparo do solo da área foi realizado de maneira convencional com aração, gradagem e calagem com calcário, seguindo as necessidades da área, com base na análise de solo. Quanto a adubação, área foi adubada na fundação com NPK pela recomendação da Embrapa (100,80,60kg). A semeadura foi realizada manualmente no dia 25 de março de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições. A unidade experimental foi constituída de uma linha de cinco metros, espaçadas em 0,70 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. Foram utilizadas três sementes por cova, à profundidade de 0,04 m. Aos 21 dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova. Em conjunto com as 60 progênies de meios-irmãos a variedade comercial BRS-Catingueiro foi usada como testemunha, plantada no dia 08 de março de 2017, para que evitar a contaminação via pólen das progênies em análise. Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações para a cultura (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Foram avaliadas 15 características na seleção entre famílias: **AP** (Altura da Planta); **AIPE** (Altura de inserção da primeira espiga); **N°EPL** (Número de espigas por planta); **N°EPA** (Número de espigas por parcela); **N°EPT** (Número de espigas no total); **CE** (Comprimento da espiga); **DE** (Diâmetro da espiga); **PEC** (Peso da espiga cheia); **PSA** (Peso do sabugo); **PSE** (Peso total das sementes); **PEE** (Peso da espiga empalhada); **N°LG** (Número de linhas de grão); **N°GL** (Número de grãos por linha); **PROD** (produtividade de espigas em kg ha⁻¹) e **PROG** (Produtividade de grãos em kg ha⁻¹) as produtividades foram calculadas de acordo com o método estimativo da universidade de Illinois (REETZ, 1987).

Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste F a 1 e 5% de probabilidade de erro, também foram determinadas as matrizes de covariâncias fenotípica e genotípica. A partir dessas matrizes e das médias das variáveis foram testados os índices de seleção de Smith (1936) & Hazel (1943), Williams (1962), Pešek & Baker (1969) e Mulamba & Mock (1978), visando a seleção das 20 melhores progênies.

A terceira etapa do primeiro ciclo da seleção recorrente, recombinação de progênies e seleção dentro das famílias, foi realizada no ano agrícola 2018/2019 na Fazenda Experimental Piroás (FEP), de propriedade da UNILAB situada no município de Redenção/CE, Latitude: 04° 13' 33" Sul, Longitude: 38° 43' 50" Oeste. Essa região tem seu clima caracterizado como Tropical Quente Subúmido (IPECE, 2007). De acordo com a Fundação Cearense de

Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) possui uma pluviosidade média de 1.062 mm por ano.

O preparo do solo da área foi realizado no sistema agroecológico. Três meses antes do cultivo do milho, foi realizado o plantio de um coquetel de leguminosas (Mucuná preta, mucuná cinza, labe-labe, crotalária e o feijão-de-porco) de adubação verde. Durante a fase vegetativa das leguminosas, antes da floração, realizou-se o corte do material vegetal e posterior incorporação no solo. Quarenta dias após incorporação das leguminosas ao solo, procedeu-se a semeadura das 20 progênes superiores selecionadas via índice de seleção.

Utilizou-se o delineamento experimental em set, com três repetições. Com um espaçamento de 0,70m entre fileiras e 0,30m entre plantas, com parcelas de 9 metros, semeou-se 3 sementes por cova. Após 15 dias realizou-se o desbaste ficando duas plantas por cova. A recombinação genética foi realizada no sistema irlandês 2:1, sendo respectivamente duas linhas mães e uma linha pai (Figura 1). Os pendões das plantas fêmeas foram retirados no início de suas fases reprodutivas, antes da maturidade dos grãos de pólen. Os tratos culturais foram realizados quando necessários de acordo com as recomendações para a cultura de Fancelli *et al.* (2000).

Foram avaliadas na seleção dentro das famílias 10 características: **CE** (Comprimento da espiga); **DE** (Diâmetro da espiga); **PEC** (Peso da espiga cheia); **PSA** (Peso do sabugo); **PSE** (Peso total das sementes); **PEE** (Peso da espiga empalhada); **N°LG** (Número de linhas de grão); **N°GL** (Número de grãos por linha); **PROD** (produtividade de espigas em kg ha⁻¹) e **PROG** (Produtividade de grãos em kg ha⁻¹) as produtividades foram calculadas de acordo com o método estimativo da universidade de Illinois (REETZ, 1987).

Coletou-se os dados de 200 progênes de meio-irmãos, selecionadas visualmente dentro das famílias de meios-irmãos. Estes foram submetidos a análise de variância e ao teste F a 1 e 5% de probabilidade de erro, também se determinou as matrizes de covariâncias fenotípica e genotípica. A partir dessas matrizes e das médias das variáveis foi realizado o teste por meio do índice de seleção de Mulamba & Mock que foi escolhido na fase de avaliação de progênes, visando a seleção das 60 progênes superiores, estas, darão origem ao ciclo 2 do programa de seleção recorrente.

Nas análises computacionais, tanto na seleção entre famílias como dentro de famílias, foram atribuídos pesos econômicos, por tentativas (Tabela 01), para cada

característica analisada. A análise de variância e a seleção das progênes superiores com base em índices de seleção foi realizada com uso do software Genes versão 2013.5.1 (Cruz, 2013).

Tabela 01. Pesos econômicos utilizados para estimativa de ganho genético das variáveis das etapas de avaliação e recombinação de progênes.

Característica	Peso Econômico
AP	1,80
AIPE	0,70
N°EPL	02
N°EPA	10
N°EPT	40
CE	18
DE	50
PEE	150
PEC	135
PSA	20
PSE	115
N°LG	25
N°GL	45
PROD	5000
PROG	6000

Resultados e Discussão

A partir da análise de variância da seleção entre famílias (Tabelas 02 e 03), submetida ao teste F a 1 e 5% de probabilidade de erro, constataram-se diferenças significativas entre as famílias para todas as variáveis. Esse resultado indica a presença de variabilidade genética entre os genótipos, o que é de fundamental importância para obtenção de ganhos genéticos em programas de melhoramento (VETTORAZZI, 2014). Os valores encontrados para os coeficientes de variação são classificados como bons o que demonstra uma excelente precisão experimental Fritsche-Neto *et al.* (2012).

Outro aspecto são os elevados valores de herdabilidade apresentados por todas as características avaliadas, isso segundo Bessalho *et al.* (2010) é fundamental em um programa de seleção recorrente onde as características fenotípicas são os principais parâmetros para a escolha das progênes superiores.

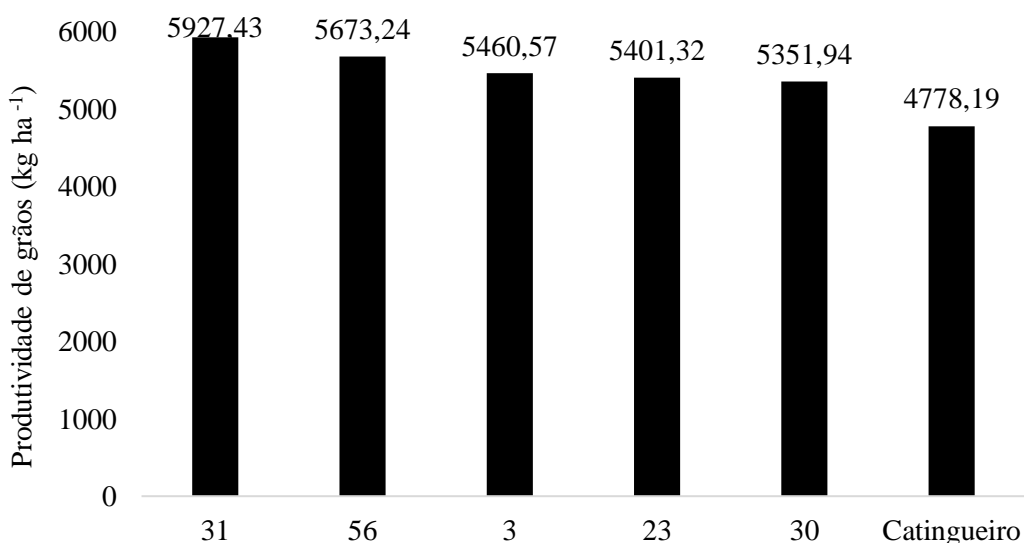
O primeiro dado a chamarmos atenção é a produtividade de grãos das progênes. A média geral dos tratamentos foi de 4.316 kg ha⁻¹, produtividade está bem acima da média da região nordeste nas últimas safras. O destaque foi a progênie 31 que obteve uma produtividade

de grãos (PROG) de 5.927,42 kg ha⁻¹, superando a testemunha BRS Caatingueiro (4.778,19 kg ha⁻¹) e a média de produtividade nacional de 5.556 kg.ha⁻¹.

Resultados similares foram obtidos por Falcão *et al.* (2017) em trabalho conduzido na região Nordeste, com as variedades crioulas Branca e Viçosense. Os autores relatam produtividades de grãos de 5.296,66 kg.ha⁻¹ e 4.249,90 kg.ha⁻¹, respectivamente. Quando em comparação entre variedades crioulas e comerciais, Coimbra *et al.* (2010) relatam situações em que as variedades crioulas tem apresentado potencial de produtividade próximo aos híbridos avaliados por eles. Já Carpentieri-Pípolo (2010), conduzindo experimento com populações crioulas e variedades comerciais em sistema de baixo nível tecnológico, concluiu que as variedades crioulas P-13, P-15 e P-05 demonstraram potencial produtivo bastante elevado.

Os resultados da avaliação destas progênes, aliado a literatura já citada, nos leva discordar do pensamento corrente e dominante de que variedades crioulas são sempre inferiores no que diz respeito à produção de grãos. Para chegar a essa conclusão, deve-se levar em conta os materiais utilizados, os locais onde são desenvolvidos os experimentos e qual o nível tecnológico empregado para que sejam tiradas as devidas conclusões. Observou-se nesse trabalho que com as mesmas condições bióticas e abióticas a testemunha apresentou produtividade inferior as progênes, e este aspecto é fundamental para se entender as produtividades na região nordeste do Brasil. Na Figura 02 apresenta-se a produtividade de grãos em quilos por hectare entre as cinco melhores progênes e a variedade comercial BRS-Catingueiro.

Figura 02. Gráfico de comparação de produtividade de grãos em kg ha⁻¹, das cinco melhores progênes avaliadas e da testemunha.



Outro fator é que a rentabilidade obtida na cultura do milho com as variedades crioulas é superior a alcançada nos sistemas convencionais empregados na agricultura brasileira, principalmente por não necessitar de elevados investimentos em insumos para alcançar elevadas produtividades como na agricultura convencional, sendo uma alternativa viável para agricultura familiar que não dispõe de recursos para investir nas lavouras (SANDRI; TOFANELLI, 2008).

Quanto aos ganhos obtidos com a seleção, a tabela 4 apresenta as contribuições de cada índice por característica avaliada.

Tabela 04. Estimativas dos ganhos percentuais com base no diferencial de seleção, por seleção simultânea em quinze características, no primeiro ciclo de seleção recorrente intrapopulacional, em progênies de meios-irmãos de milho crioulo.

Característica (*)	Índices de seleção			
	Pesek & Baker	Smith & Hazel	Mulamba & Mock	Williams
AP	0,87	- 0,58	- 1,08	-0,01
AIPE	2,66	0,37	- 0,85	2,21
N°EPL	2,67	1,87	1,87	1,66
N°EPA	2,62	1,87	1,87	1,70
N°EPT	- 0,98	2,75	4,41	2,57
CE	0,28	4,79	6,04	4,95
DE	1,35	3,14	4,41	3,65
PEE	1,91	12,12	12,81	11,60
PEC	1,82	10,65	12,89	10,47
PSA	1,98	9,90	12,51	13,26
PSE	3,03	10,52	11,67	10,79
N°LG	- 0,11	3,06	2,43	3,56
N°GL	2,71	7,15	8,50	7,77
PROD	1,67	15,73	14,93	16,09
PROG	3,72	13,89	13,15	15,08
Ganho Total	26,2	97,23	105,56	105,35

(*) AP= Altura da Planta, AIPE= Altura de inserção da primeira espiga, N°EPL= Número de espigas por planta, N°EPA= Número de espigas por parcela, N°EPT= Número de espigas no total, CE= Comprimento da espiga, DE=Diâmetro da espiga, PEC=Peso da espiga cheia, PSA=Peso do sabugo, PSE=Peso total das sementes, PEE=Peso da espiga empalhada, N°LG=Número de linhas de grão, N°GL=Número de grãos por linha, PROD= produtividade de espigas em kg ha⁻¹ e PROG=Produtividade de grãos em kg ha⁻¹.

O índice de Pesek & Baker resultou em ganhos indesejáveis para AP e AIPE, de 0,87 e 2,66%, respectivamente (Tabela 04) portanto, esse índice não é indicado, pois plantas

com maiores portes e com espigas mais altas dificultam a colheita, além de serem mais susceptíveis ao quebramento e ao acamamento. Como foi citado por Miranda *et al.* (2003) a altura de planta elevada e a alta proporção entre altura de plantas e altura de espigas podem tornar a cultivar mais suscetível ao acamamento e, conseqüentemente, não recomendada para o cultivo em locais com grande intensidade de ventos e com solos férteis, que fazem com que a planta cresça mais do que o normal.

A partir da região onde o programa de melhoramento está instalado é o índice Mulamba & Mock (1978) que melhor se enquadra para as características AP e APIE, pois apresenta valores negativos, -1,08 e -0,85% respectivamente. Isso corrobora com resultados demonstrados por Freitas *et al.* (2013), que trabalhando com seleção recorrente intrapopulacional com irmãos-completos de milho pipoca, também definiu Mulamba & Mock como o índice que melhor se adequava a realidade das regiões com riscos de acamamento das plantas.

Os índices de Smith (1936) & Hazel (1943), Mulamba & Mock (1978) e Williams (1962), apresentaram ganho de seleção positivos com relação as características voltadas para o desenvolvimento de grão, como é o caso do PSE, onde os índices apresentaram ganho genético de 10,52 11,67 e 10,79%, respectivamente. Outro carácter bastante significativo nesses índices foi o ganho na característica PROD com resultados respectivos 15,73, 14,93 e 16,09%, já para a outra variável de produtividade PROG, as estimativas medias de ganho genético foram 13,89, 13,15 e 15,08%.

Berilli *et al.* (2011) também trabalhando com milho, utilizou o índice de Smith & Hazel, em programa de seleção recorrente em progênies de irmãos-completos e obtiveram ganho de 14,26% quanto ao rendimento de grãos por hectare. Trabalhando com seleção recorrente intrapopulacional com irmãos-completos de milho pipoca, Freitas *et al.* (2013) obtiveram com o índice de Williams (1962) 16,02% de ganho genético no rendimento de grãos por hectare, corroborando assim com os resultados do trabalho.

Tomando como base os objetivos do programa de melhoramento, a região onde está instalada a seleção recorrente e os resultados alcançados pelos índices, foi determinado que a seleção das 20 progênies superiores seria efetuada por Mulamba & Mock (1978), pois esse apresentou ganho genéticos satisfatórios para a maioria das variáveis, principalmente em relação à altura da planta e de inserção da primeira espiga (ganhos negativos), para as

características da espiga como comprimento e diâmetro, e o fator primordial do sucesso da seleção que é a produtividade de grãos.

As 20 progênes superiores selecionadas na fase de seleção entre progênes foram: 31, 47, 56, 60, 24, 33, 44, 18, 30, 37, 34, 59, 28, 55, 49, 29, 23, 26, 45 e 3, que seguiram para a etapa de recombinação de progênes e para a seleção dentro das famílias.

A partir da análise de variância da seleção dentro das famílias (Tabela 04), submetida ao teste F a 1 e 5% de probabilidade de erro, constatou-se diferenças significativas dentro das famílias para todas as variáveis. Indicando a presença de variabilidade genética entre os genótipos, o que é de fundamental importância para obtenção de ganhos genéticos em programas de melhoramento (VETTORAZZI, 2014).

A recombinação genética gerou 200 progênes de meios-irmãos, dentre as características avaliadas vale-se destacar, assim como na seleção entre progênes, as características relacionadas a produção de grãos que apresentaram resultados superiores à média obtida pelos produtores da região Nordeste do Brasil, com uma produtividade média entre os tratamentos de 3.998,41 kg ha⁻¹. A progênie 54 foi a que apresentou o melhor resultado com 5.768,43 kg ha⁻¹. Um dos fatores dessa fase de recombinação foi o cultivo em sistema agroecológico que retrata bem a realidade encontrada pelos produtores nordestinos, que possuem baixa capacidade de investimento em tecnologias voltadas para o aumento de sua produtividade, com a utilização de cultivares híbridas que requerem um sistema de cultivo convencional.

Como foi citado por Hanisch *et al.* (2017) o sistema de produção de base agroecológica, com o cultivo de variedades crioulas, com correção inicial de nutrientes, manutenção da cobertura do solo e aporte de biomassa é capaz de alcançar uma produtividade grãos em torno de 6.500 kg ha⁻¹, corroborando assim com os resultados apresentados nesse trabalho. Esse sistema também foi utilizado por Guadagnin *et al.*, (2009), realizando o melhoramento participativo de variedades locais de milho, eles concluíram que os resultados demonstraram uma maior viabilidade econômica de sistemas produtivos com enfoque agroecológico utilizando as sementes crioulas de milho, além da obtenção de inegáveis vantagens socioambientais.

O fato desse tipo de cultivo não necessitar de altos níveis de investimento em insumos, para se alcançar produtividades interessantes, demonstra que o milho crioulo em

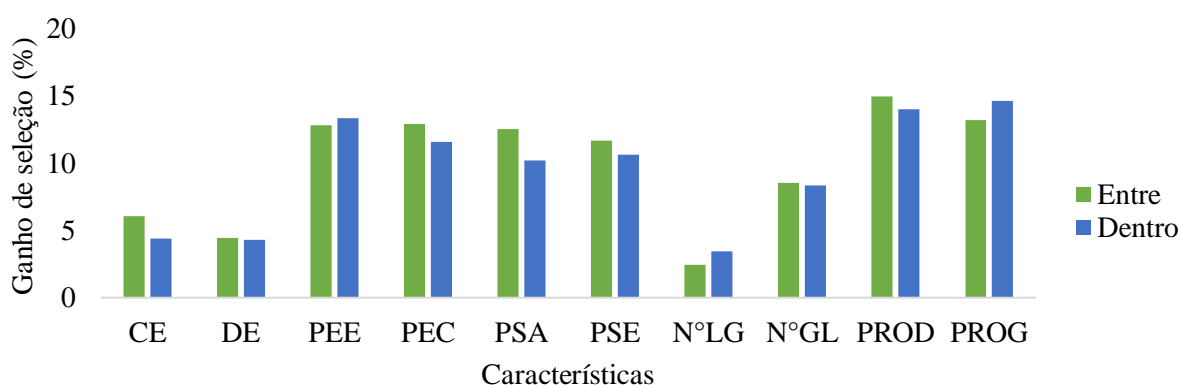
conjunto com o sistema agroecológico se apresenta como uma alternativa viável para o desenvolvimento da agricultura no Nordeste brasileiro, contribuindo assim para a segurança alimentar dos agricultores.

Utilizou-se novamente o índice de seleção de Mulamba & Mock (1978) para a escolha das 60 progênies (Tabela 05) que seguirão no programa de melhoramento. Os ganhos de seleção para as características PSE, PROD e PROG que são as determinantes para a produção de grãos apresentaram resultados de ganho genético médio satisfatórios com 10,63, 13,98 e 14,58%, respectivamente. Os bons resultados alcançados no ganho de seleção médio na seleção dentro das famílias demonstram boa adaptabilidade das progênies para o sistema de cultivo agroecológico. Tendo em vista que não houve uma redução acentuada em relação a seleção entre famílias (Figura 03) realizada em outro modelo de cultivo.

Tabela 05. Estimativas dos ganhos percentuais com base no diferencial de seleção, por seleção simultânea em dez características, no primeiro ciclo de seleção recorrente intrapopulacional, em progênies de meios-irmãos de milho crioulo.

Característica (*)	Mulamba & Mock
CE	4,38
DE	4,31
PEE	13,32
PEC	11,57
PSA	10,17
PSE	10,63
N°LG	3,44
N°GL	8,34
PROD	13,98
PROG	14,58
Ganho Total (%)	94,72

Figura 03. Gráfico de comparação do ganho genético médio em porcentagem para as características CE, DE, PEC, PSA, PSE, PEE, N°LG, N°GL, PROD e PROG, das seleções entre as famílias e dentro das famílias.



As 60 progênies selecionadas foram, respectivamente 54, 117, 103, 160, 106, 63, 116, 51, 170, 165, 126, 48, 141, 26, 96, 7, 87, 166, 68, 75, 58, 145, 112, 78, 56, 197, 155, 29, 7, 57, 17, 101, 66, 183, 186, 181, 147, 117, 157, 91, 148, 26, 32, 101, 132, 88, 7, 186, 110, 51, 67, 113, 103, 132, 19, 168, 191, 117, 67 e 180, essas seguiram para o próximo ciclo da seleção recorrente entre e dentro de famílias de meios-irmãos.

Conclusão

O primeiro ciclo de seleção recorrente entre e dentro famílias de meios-irmãos gerou ganhos para as etapas futuras de seleção. Há variabilidade na população para novos ciclos de seleção e, há perspectiva de aumento na média a longo prazo, contudo, ressalta-se que apesar das médias aqui já alcançadas, são necessários outros ciclos seletivos para que se eleve a frequência de alelos associados a rusticidade e a plasticidade fenotípica aliada a um nível elevada de produtividade com baixa dependência de pacotes tecnológicos caros e baseados na agricultura convencional. Mediante os dados aqui expostos, acredita-se que cultivo de variedades melhoradas a partir de variedades crioulas é a de grande importância para o aprimoramento da cultura do milho no Nordeste brasileiro.

Referências

AMABILE, R.F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: AMABILE, R.F.; CARVALHO, A. M. (Ed.) **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 360 p.

AMARAL JÚNIOR, A.T.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; RANGEL, R.M.; PENA, G.F.; RIBEIRO, R.M.; MORAIS, R.C.; SCHUELTER, A.R. Improvement of a popcorn population using selection indexes from a fourth cycle of recurrent selection program carried out in two different environments. **Genetics and Molecular Research**, v.9, p.340-370, 2010. DOI: 10.4238/vol9-1gmr702.

BECKER, C.; ANJOS, F. S. Segurança alimentar e desenvolvimento rural: limites e possibilidades do programa de aquisição de alimentos da agricultura familiar, em municípios do sul gaúcho. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 17, n. 1, p.61-72, 2010.

BERILLI, A.P.C.G.; PEREIRA, M.G.; GONCALVES, L.S.A.; CUNHA, K.S. da; RAMOS, H.C.C.; SOUZA FILHO, G.A.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do. Use of molecular markers in reciprocal recurrent selection of maize increases heterosis effects. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p.2589-2596, 2011. DOI: 10.4238/2011.October.25.6.

BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. Introdução ao Melhoramento de Plantas. In: BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. Disponível em www.bespa.agrarias.ufpr.br., p.11-15, 2010.

Borém, A.; Miranda, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013. 529 p.

BORGES, V.; FERREIRA, P.V.; SOARES, L.; SANTOS, G.M.; SANTOS, A.M.M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v.32, p.643-649, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i4.4837.

BRITO, O. R.; VENDRAME, P. R. S.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p.33-40, 2005.

BURG I.C.; MAYER P.H. Alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças (caldas, biofertilizantes, fitoterapia animal, formicidas, defensivos naturais e sal mineral). ed. **Grafit: Francisco Beltrão**. 16ª ed. 2002. 153p.

CARVALHO, H. W. L. *et al.* Avaliação de progênies de meios-irmãos da população de milho CMS-453 no Nordeste Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1577-1584, ago. 2000. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 19-24.

CESAR. M. N. Z; PAULA. P. D.; POLIDORO, J. C.; RIBEIRO, R.L.D.; PADOVAN, M.P. Efeito estimulante da urina de vaca sobre o crescimento de mudas de pepino, cultivadas sobre manejo orgânico. **Ensaio e Ciência**, v.11, n.1, p. 67-71, 2007.

COIMBRA, R. R.; MIRANDA, G. V.; CRUZ, C. D.; MELO, A. V.; ECKERT, F. R. Caracterização e divergência genética de populações de milho resgatadas do Sudeste de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p.159-166, 2010.

CONAB. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Décimo levantamento, julho 2018 – safra 2017/2018; Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2018.

Cruz, C.D. GENES (2013) A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, 35:271-276.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2012. 480p.

EMBRAPA. Circular técnica. Nutrição e Adubação do Milho, Sete Lagoas-MG: **Embrapa**, p. 1-10, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2019.

FALCÃO, Ruy Feitosa *et al.* AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE POLINIZAÇÃO LIVRE, VARIEDADES COMERCIAIS E CRIOULAS DE MILHO EM DOIS MUNICÍPIOS DE ALAGOAS. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 4, p.611-624, jul. 2017. Semestral.

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

FAO. Top 10 Country Production of Maize. 2018. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 07 nov. 2019.

FORSTHOFER, E. L. *et al.* Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 03, p. 399-407, 2006.

FREITAS, Ismael Lourenço de Jesus *et al.* . Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesq. agropec. Bras.** Brasília, v. 48, n. 11, p. 1464-1471, Nov. 2013. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2013001100007&lng=en&nrm=iso. Acesso em 02 de dezembro de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100007>.

Fritsche-Neto, R., Vieira, R.A., Scapim, C.A., Miranda, G.V., Rezende, L.M. (2012) Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum**, 34: 99-101.

FUNCEME. **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. 2019. Disponível em: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/media/anual>. Acesso em: 28 nov. 2019.

GALVAO, João Carlos Cardoso; MIRANDA, Glauco Vieira; TROGELLO, Emerson and FRITSCHÉ-NETO, Roberto. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Rev. Ceres** [online].2014, vol.61, suppl., pp.819-828. ISSN 0034-737X. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000007>.

HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A.; LANKEY, K. R. Corn breeding. *In*: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. **Corn and corn improvement**. Madison: ASA, 1988. p. 463-565.

HANISCH, Ana Lúcia; FONSECA, José Alfredo; VOGT, Gilcimar Adriano. Adubação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Rev. Bras. de Agroecologia**, Dois Vizinhos, v. 7, n. 1, p.176-186, set. 2012.

HAZEL, L.N. **The genetic basis for constructing selection indexes**. *Genetics*, v.28, p.476-490, 1943.

MIRANDA FILHO, J.B. Princípios de experimentação e análise estatística. *In*: PATERNIANI, E. & VIÉGAS, G.P. Melhoramento e produção de milho. Campinas, **Fundação Cargill**, 2ed, 1987, p.795.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v.7, p.40-51, 1978

PALOMINO, E. C.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meio-irmãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 07, p. 1433-1439, 2000.

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

PEŠEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Science**, v.49, p.803-804, 1969. DOI: 10.4141/cjps69-137.

PIPOLO, Valéria Carpentieri *et al.* Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 32, n. 2, p.229-233, 29 abr. 2010. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i2.430>.

REETZ, H. Here's how to estimate yields for corn and soybeans before harvest. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v. 71, p. 18-19, 1987.

RESENDE, M.D.V. de; STURION, J.A. Análise genética de dados com dependência espacial e temporal no melhoramento de plantas perenes via modelos geoestatísticos e de séries temporais empregando REML/BLUP ao nível individual. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2001. 80p. (Embrapa Florestas. Documentos, 65).

SANDRI, C. A.; TOFANELLI, M. B. D. Milho crioulo: uma alternativa para rentabilidade no campo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n. 1, p.59-61, 2008.

SANGOI, L. *et al.* Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 03, p. 747-755, 2006.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Avaliação de fontes e doses de nitrogênio na produtividade de forragem de gramíneas anuais de estação fria e quente, em sucessão. **Agropecuária Catarinense**, v. 21, p. 68-73, 2008.

SILVA, D.M.F.; KHAN, A.S.; LIMA, P.V.P.S. Produção de milho híbrido no Estado do Ceará: aspectos tecnológicos, competitivos, geração de emprego e renda. **Rev. Econ. Sociol. Rural** vol.44 no.1 Brasília Jan./mar. 2006.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, v.7, p.240-250, 1936. DOI: 10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x.

SOUZA JR, C.L. & PINTO, R.M.C. Responses to a short-term reciprocal recurrent selection procedure in maize. **Maydica**, v. 45, p.21-28, 2000.

TIPOS Climáticos do Ceará. Ceará: [s. n.], 2012. 1 atlas. Escala 1:50. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Tipos_Climaticos.pdf. Acesso em: 24 nov. 2019.

Vettorazzi, J.C.F. (2014) Obtenção e avaliação de híbridos e linhagens de milho comum via seleção recorrente recíproca entre famílias de irmãos completos. **Monografia (Agronomia)** - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 43p.

VILARINHO, A.A.; VIANA, J.M.S.; SANTOS, J.F. dos; CÂMARA, T.M.M. Eficiência da seleção de progênies S1 e S2 de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. **Bragantia**, v.6, p.9-17, 2003. DOI: 10.1590/S0006-87052003000100002.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, v.18, p.375-393, 1962. DOI: 10.2307/2527479.

Anexos:

Tabela 02. Síntese da análise de variância da seleção entre as famílias, em Capistrano/CE, para as variáveis AP, AIPE, N°EPL, N°EPA, N°EPT, PEE, CE, DE, PEC e PSA.

FV	GL	QM									
		AP	AIPE	N°EPL	N°EPA	N°EPT	PEE	CE	DE	PEC	PSA
Blocos	2	0,1562	0,0761	0,0021	0,0164	21,8087	47174,3873	134,4112	316,7445	40325,43	755,3828
Tratamentos	60	0,3439 **	0,2034 **	0,0187 **	0,4953 **	31,65 **	1905,19 **	9,0907 **	36,5155**	1315,90**	39,44 **
Resíduo	120	0,0799	0,0401	0,0069	0,2108	12,5754	531,5764	2,0763	6,5220	413,7262	11,5219
Média		2,48	1,12	1,03	5,18	18,40	134,38	14,69	38,95	116,87	18,52
CVg (%)		11,95	20,85	6,05	5,94	13,71	15,92	10,41	8,12	14,84	16,47
CVg/CVe		1,05	1,16	0,75	0,67	0,71	0,93	1,06	1,24	0,85	0,90
S ² genética		0,0880	0,0544	0,0039	0,0948	6,3594	457,87	2,34	10,00	300,73	9,31
S ² ambiental		0,0799	0,00401	0,0069	0,2108	12,5754	531,57	2,08	6,53	413,73	11,52
Herdabilidade		76,77	80,26	62,98	57,43	60,27	72,10	77,16	82,14	68,56	70,79
CV%		11,38	17,91	8,04	8,86	19,27	17,16	9,81	6,56	17,40	18,33

**Significativo a 1% pelo teste F. QM - Quadrado médio, FV – Fonte de variação, GL- Graus de liberdade, CVg - Coeficiente de variação genético, CVe - Coeficiente de variação ambiental, S² – Variância, CV- Coeficiente de Variação.

Tabela 02. Síntese da análise de variância da seleção entre as famílias, em Capistrano/CE, para as variáveis N°LG, N°GL, PSE, PROD e PROG.

FV	GL	QM				
		N°LG	N°GL	PSE	PROD	PROG
Blocos	2	16,80	403,3068	24374,59	9860079,7	10286035,76
Tratamentos	60	5,4195 **	65,9864 **	945,50 **	2200805,79 **	1578786,11 **
Resíduo	120	1,0986	19,8682	283,56	242830,885	233695,6041
Média		13,13	29,76	100,42	5033,90	4316,04
CVg (%)		9,14	13,17	14,79	16,05	15,51
CVg/CVe		1,15	0,88	0,88	1,64	1,39
S ² genética		1,44	15,37	220,65	652658,30	448363,50
S ² ambiental		1,09	19,86	283,56	242830,88	233695,60
Herdabilidade		79,73	69,89	70,01	88,97	85,20
CV%		7,99	14,98	16,77	9,79	11,20

**Significativo a 1% pelo teste F. QM - Quadrado médio, FV – Fonte de variação, GL- Graus de liberdade, CVg - Coeficiente de variação genético, CVe - Coeficiente de variação ambiental, S² – Variância, CV- Coeficiente de Variação.

Tabela 04. Síntese da análise de variância da seleção dentro das famílias, em Redenção/CE, para as variáveis CE, DE, PEC, PSA, N°LG, N°GL, PEE, PSE, PROD e PROG.

FV	GL	QM									
		CE	DE	PEC	PSA	N°LG	N°GL	PEE	PSE	PROD	PROG
Blocos	2	234,41	416,74	46325,43	955,38	29,35	508,26	58264,38	38554,79	10624068,96	17366315,83
Tratamentos	60	6,62**	32,79**	1290,05**	42,52**	4,40**	99,59**	1455,45**	915,56**	1950457,40**	1343681,57**
Resíduo	120	5,0984	10,6509	621,5482	19,6837	5,2937	25,5378	784,6536	572,44	424720,468	413475,6861
Média		12,03	38,71	74,51	11,01	11,06	21,31	83,23	65,06	4448,413	3998,41
CVg (%)		20,0534	6,2975	38,9163	41,6636	9,7197	26,2152	37,2009	38,4528	38,91	38,45
CVg/CVe		2,2414	1,2764	3,8343	1,591	1,1118	2,2984	3,4277	4,0821	3,8343	4,0821
S ² genética		5,823017	5,944737	840,9508	21,067	1,1570	31,22807	957,9728	625,99	1906918	1419498,05
S ² ambiental		0,386339	1,216374	19,0663	2,774269	0,3119	1,970468	27,17807	12,52	43234,40	28395,80
Herdabilidade		93,7781	83,0142	97,783	88,3639	78,7619	94,0646	97,2412	98,03	97,783	98,03
CV%		8,94	4,93	10,14	16,18	8,74	11,40	10,85	9,41	10,15	9,42

**Significativo a 1% pelo teste F. QM - Quadrado médio, FV – Fonte de variação, GL- Graus de liberdade, CVg - Coeficiente de variação genético, CVe -

Coeficiente de variação ambiental, S2 – Variância, CV- Coeficiente de Variação.