

PROGRESSO GENÉTICO E EFEITO AMBIENTAL NA CULTURA DO MILHO NO ESTADO DO ACRE¹

João Gomes da Costa²

Cosme Damião Cruz³

Carlos Alberto Scapim⁴

Alessandro de Lucca e Braccini⁴

1. INTRODUÇÃO

No Acre, o milho ocupa uma das maiores áreas plantadas entre as culturas anuais, devido à sua diversificada utilização, principalmente na alimentação animal.

A produtividade da cultura nesse Estado, em 1992, segundo dados da Comissão Estadual de Planejamento Agrícola (6), foi de 1.778 kg/ha. Este baixo rendimento (comparado ao potencial da cultura) deve-se, dentre outros fatores, ao baixo nível tecnológico utilizado na cultura, emprego de variedades de baixo potencial genético e má qualidade das sementes.

Com o objetivo de minimizar os problemas de baixa produtividade, a pesquisa com milho no Acre vem sendo realizada há alguns anos pela Embrapa Acre, com o apoio da Embrapa Milho e Sorgo, por meio de trabalhos de melhoramento de populações e introdução de material genético, baseados em ensaios de competições de cultivares. Como resultado desse

¹ Aceito para publicação em 31.05.1999

² Embrapa Acre. Caixa Postal 392, CEP 69980-970 Rio Branco, AC.

³ Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

⁴ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. Av. Colombo, 5790. 87020-900 Maringá, PR.

trabalho, foi lançada em 1988 a primeira variedade de milho com características de milho moderno e alto potencial de produção (4). Este trabalho permitiu, ainda, que fossem recomendadas para plantio no Estado seis híbridos e quatro variedades de polinização aberta, ampliando as opções dos agricultores da região (7).

Apesar de ser reconhecida a importância do trabalho realizado, até então, verifica-se que a quantificação do avanço tecnológico obtido para esta cultura é de grande importância, pois permite avaliar o retorno das atividades de pesquisa e fornece informações vitais para que o melhorista possa planejar futuras estratégias e resolver problemas que porventura existam.

Na Argentina, EYHÉRABIDE e DAMILANO (10) estimaram aumento de 1,1% ao ano na produtividade do milho devido ao melhoramento genético. Do mesmo modo, nos Estados Unidos, Hallauer (1981), citado por MIRANDA FILHO e VIEGAS (12), e DUVICK (9), estimaram o progresso genético realizado em 0,81% ao ano, de 1930 a 1970, e de 1,71% ao ano, de 1950 a 1980.

VENCOVSKY *et al.* (18) propuseram uma metodologia para avaliação do progresso genético, a partir de ensaios de cultivares, para fins de recomendação. Estes autores analisaram a evolução do ganho genético em populações e cultivares híbridos de milho no Brasil entre 1964 e 1984 e concluíram que o progresso foi de aproximadamente 2,0% ao ano.

Posteriormente, essa metodologia foi aprimorada introduzindo-se o método dos mínimos quadrados ponderados para o cálculo das estimativas do progresso médio, da variância e do erro dessa média, como apresentado por RODRIGUES (13). FERNANDES (11) também utilizou os mínimos quadrados ponderados para estimar o ganho genético médio anual, com bons resultados.

Utilizando-se dessa metodologia e outras adaptações, os progressos genéticos foram estimados em algumas culturas, como soja (17), sorgo (13), arroz (1, 3, 8, 15, 16) e feijão (2).

O presente trabalho tem como objetivo quantificar o ganho, em rendimento de grãos, obtido com os trabalhos de melhoramento que vêm sendo desenvolvido na cultura do milho no Acre. Para tal, utilizou-se a metodologia dos mínimos quadrados generalizados, por meio dos dados dos ensaios de competições de cultivares de milho, para avaliar o retorno das atividades de pesquisa e fornecer subsídios para futuros trabalhos de melhoramento com a cultura no Acre.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade em kg/ha dos ensaios regionais comparativos de cultivares, realizados no período de 1985/86 a 1993/94, em Rio Branco, Acre. A cidade de Rio Branco apresenta as

seguintes coordenadas geográficas: latitude 9°58'22"S, longitude 67°48'40" e altitude de 160 metros acima do nível do mar. Os ensaios foram compostos por um número variável de cultivares (entre 16 e 25). A cada ano, os cultivares (variedades de polinização aberta e híbridos) foram renovados, dando ao ensaio a característica de englobar o material genético mais recente desenvolvido para a região. A relação entre a média do número de cultivares novos e a média do número de cultivares totais multiplicada por cem corresponde à taxa ou porcentagem de substituição de cultivares.

O procedimento estatístico utilizado foi o método dos mínimos quadrados generalizados conforme descrito em CRUZ (5). A partir dos dados dos ensaios, foram feitas comparações das produtividades médias, considerando-se o conjunto de todos os anos, para cada conjunto de dois anos consecutivos. Assim, para o caso específico deste trabalho, calcularam-se oito estimativas de ganhos genéticos (DG), correspondentes às oito duplas de anos consecutivos, referentes aos nove anos do período analisado.

As estimativas dos ganhos genéticos (DG) são obtidas mediante a diferença entre a diferença bruta (DB) e o efeito ambiental (EA), ou seja, a diferença entre as médias obtidas em relação a todos os cultivares do ano i (ano analisado) em relação ao ano j (ano anterior), menos a diferença entre as médias obtidas em relação aos cultivares comuns do ano i em relação ao ano j .

Segundo ABBUD (1), essas médias estão sujeitas a erros que num grande número de anos tendem a se anular. No caso, a estimativa do ganho do ano i para o ano j será comum tanto à estimativa $j; i$ como também à estimativa $i; k$ (ano posterior). Dessa forma os erros ficam correlacionados, portanto, não independentes.

Assim, sendo Y o vetor das estimativas de DG, de cada par de anos consecutivos, β o vetor das estimativas dos parâmetros do ganho, X um vetor coluna de unidades e admitindo-se o modelo linear $Y = X\beta + \varepsilon$, tem-se que β (ganho médio anual) é estimado pelo método dos mínimos quadrados generalizados, uma vez que $\varepsilon \sim N(\phi, V\sigma^2)$. A estimativa de β é dada por:

$$\hat{\beta} = \left(X' V^{-1} X \right)^{-1} X' V^{-1} Y$$

A matriz V contém as variâncias e covariâncias dos elementos de Y , e para o conjunto de \underline{a} anos é dada por

$$V = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{dg_{21}}^2 & \hat{\sigma}_{dg_{21,32}}^2 & \dots & \hat{\sigma}_{dg_{21,aa-1}}^2 \\ & \hat{\sigma}_{dg_{32}}^2 & \dots & \hat{\sigma}_{dg_{32,aa-1}}^2 \\ & & \dots & \\ & & & \hat{\sigma}_{dg_{aa-1}}^2 \end{bmatrix}$$

em que

$$\hat{V} (DG_{ij}) = \hat{\sigma}^2 \left[\frac{2}{A_{ij}} - \frac{1}{A_{ii}} - \frac{1}{A_{jj}} \right]$$

$$\hat{Cov} (DG_{ij}, DG_{ki}) = \hat{\sigma}^2 \left(\frac{1}{A_{ii}} - \frac{A_{ijk}}{A_{ki}A_{ij}} \right)$$

$$\hat{Cov} (DG_{ij}, DG_{ki}) = 0$$

em que

A_{ii} = nº de cultivares do ano i (ano em questão);

A_{jj} = nº de cultivares do ano j (ano anterior);

A_{ij} = nº de cultivares comuns ao ano i e j ; e

A_{ijk} = nº de cultivares comuns a três anos consecutivos.

O ganho porcentual anual é calculado pela divisão do ganho médio anual pela média geral do ensaio.

De forma semelhante, calcula-se a estimativa do efeito ambiental médio anual. Assim, a matriz de variâncias e covariâncias é dada por:

$$\hat{V} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{ea_{21}}^2 & \hat{\sigma}_{ea_{21,32}}^2 & \dots & \hat{\sigma}_{ea_{21,aa-1}}^2 \\ & \hat{\sigma}_{ea_{32}}^2 & \dots & \hat{\sigma}_{ea_{32,aa-1}}^2 \\ & & \dots & \\ & & & \hat{\sigma}_{ea_{aa-1}}^2 \end{bmatrix}$$

em que

$$\hat{V} (EA_{ij}) = \frac{2}{A_{ij}} \hat{\sigma}^2$$

$$\text{Cov} (EA_{ij}, EA_{ki}) = \frac{A_{ijk}}{A_{ij}A_{ki}} \hat{\sigma}^2$$

Para realização das análises, foi utilizado o programa GENES (5).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de cultivares por ensaio, a média destes ensaios, o número de cultivares comuns a dois e três anos consecutivos e o coeficiente de variação estão apresentados no Quadro 1. A taxa de substituição de cultivares, de um ano para outro, mede a proporção de novos materiais genéticos incluídos em cada ano nos ensaios. Ela reflete o dinamismo dos programas de melhoramento, pois supõe-se que os novos materiais incluídos nos ensaios são mais produtivos e, ou, apresentam características agronômicas mais adequadas que os antigos. A taxa de substituição média foi de 46%, indicando uma atividade considerada razoável do programa, embora inferior a de milho, estimada em 61% por VENCOSKY *et al.* (18) e semelhante a de sorgo, estimada em 42% por RODRIGUES (13).

A manutenção de 54% dos cultivares, de um ano para outro, serviu como fonte segura para avaliar os efeitos ambientais, levando a maior segurança na estimativa dos ganhos genéticos, uma vez que isto reduz os confundimentos provocados pelos erros experimentais e pelas interações de tratamentos com anos.

A média geral dos ensaios foi de 4.533,37 kg/ha (em torno de 150% a mais que a média estadual) e os experimentos podem ser considerados como de média precisão, de acordo com a classificação proposta por SCAPIM *et al.* (14), haja vista que, em apenas dois anos, o coeficiente de variação ultrapassou a casa dos 20% (Quadro 1).

QUADRO 1 - Estimativas de alguns parâmetros relacionados ao ganho genético e ao efeito ambiental na cultura do milho em Rio Branco-AC, de 1985 a 1993

Anos	NC	$\hat{\mu}$	NCC 2	NCC 3	CV (%)
1985	20	4913,96	-	-	24,16
1986	19	5542,25	12	-	14,21
1987	18	5223,47	5	3	14,59
1988	17	6306,96	12	5	12,40
1989	25	3918,39	13	11	14,49
1990	25	4214,37	15	11	13,29
1991	17	2976,19	9	7	28,58
1992	23	3930,64	10	6	17,50
1993	16	3774,09	10	5	16,54

Média geral dos ensaios: 4.533,37 kg/ha.

NC = número de cultivares; $\hat{\mu}$ = Média (kg/ha); NCC 2 e NCC 3 = número de cultivares comuns a dois e três anos consecutivos, CV(%) = coeficiente de variação.

Visualiza-se, no Quadro 2, os dados referentes à variação no rendimento de grãos (kg/ha) e aos ganhos médios percentuais (sobre as respectivas médias dos ensaios) anuais de peso de grãos de milho decorrentes do melhoramento genético e efeito do ambiente. Os ganhos genéticos negativos (1986/87 e 1991/92) parecem indicar que houve inclusão de genótipos inadequados ou não adaptados para a região. Resultado semelhante foi obtido por TOLEDO *et al.* (17), que sugeriram aperfeiçoamento na seleção dos genótipos que compõem os ensaios. Os efeitos ambientais negativos em três das oito duplas de anos consecutivos de estudo devem-se provavelmente a fatores ligados ao solo e à nutrição da

planta (não se pratica a adubação nos ensaios, reproduzindo as condições de cultivo dos agricultores da região) e não a problemas climáticos como a precipitação. Estes resultados indicam que os cultivares mantidos de um ano para outro, inclusive os recomendados para plantio no Estado, não apresentaram estabilidade nas diferentes condições de solo utilizadas, uma vez que na região em estudo os solos tendem a rapidamente apresentar problemas de perda de fertilidade. Tal fato sugere a necessidade do desenvolvimento de cultivares adaptados às condições edáficas específicas da região.

O ganho genético anual médio de 1,78% indica que os trabalhos de melhoramento de milho no Acre apresentaram resultados iniciais satisfatórios nos últimos nove anos, principalmente, quando comparados com os ganhos porcentuais relatados por VENCOSKY *et al.* (18) em

QUADRO 2 - Variação no rendimento de grãos em kg/ha na cultura do milho, decorrente do melhoramento genético e do ambiente, em Rio Branco-Acre, de 1985 a 1993		
ANOS	Ganho genético (DG)	Efeito ambiental (EA)
1986/85	169,25	459,04
1987/86	-396,73	77,95
1988/87	148,23	935,25
1989/88	6,03	-2394,59
1990/89	175,18	120,80
1991/90	129,76	-1367,94
1992/91	-136,79	1091,23
1993/92	77,68	-234,22
Ganho médio anual	80,54	-204,89
Ganho médio anual (%)	1,78	-4,52
Produtividade média (kg/ha)	4.533,37	

milho no Brasil (2,0%); RODRIGUES (13), em sorgo granífero no Brasil (1,18%); TOLEDO *et al.*, (17), em soja precoce (1,8%) e semi-precoce (1,3%) no Estado do Paraná; ABBUD (1), em arroz de sequeiro, no Paraná

(1,35%); SOARES *et al.* (16), em arroz irrigado no Estado de Minas Gerais, (1,6%); BRESEGHELLO (3), em arroz irrigado na região Nordeste do Brasil (0,77%); SILVA *et al.* (15), em arroz irrigado no Estado do Espírito Santo (2,68%); e ABREU *et al.* (2), em feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba, em Minas Gerais (1,9%). Vale ressaltar que nessas regiões a pesquisa está mais desenvolvida do que no estado do Acre.

Esse valor de 1,78% pode ser questionável, em virtude da baixa representatividade ambiental, haja vista que a metodologia funciona adequadamente para um volume muito grande de dados, onde existem vários locais e anos de ensaios. Nesse sentido, essa estimativa deve ser considerada com cautela e tomada apenas como valor inicial. Dessa forma, recomenda-se novo estudo, no futuro, com mais anos e locais, para obter estimativas mais seguras.

Com base nessa estimativa inicial, verifica-se que a introdução e avaliação de cultivares pode ser estratégia eficiente para identificar cultivares superiores e adaptados, principalmente em regiões onde a agricultura é pouco desenvolvida (com pouco uso de tecnologias). Entretanto, de médio a longo prazo, espera-se que materiais mais adaptados e produtivos venham a ser desenvolvidos e que a seleção dos genótipos que compõem os ensaios regionais seja aprimorada por meio de reuniões técnicas com os pesquisadores da região. Atenção especial deve ser dada ao programa de melhoramento populacional, procurando desenvolver materiais mais adaptados aos problemas específicos do Acre, como demonstrado pelos resultados dos efeitos ambientais. Com isso, os progressos esperados com o melhoramento dessa cultura poderão alcançar níveis mais elevados, contribuindo para o aumento da produtividade do milho no Estado.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho tem como objetivo estimar o ganho genético visando conhecer a eficiência inicial do programa de melhoramento de milho do Estado do Acre, conduzido pela Embrapa Acre. Foram utilizadas as médias de rendimento de grãos dos ensaios de avaliação de cultivares de milho, no período de 1985 a 1993, empregando-se a metodologia dos mínimos quadrados generalizado. Os resultados mostraram que houve ganho genético médio anual, no período, de 1,78%, embora tenha sido detectado efeito ambiental de -4,52%, demonstrando a necessidade do

desenvolvimento de cultivares que apresentem maior estabilidade nas diversas condições ambientais da região.

5. SUMMARY

(GENETIC PROGRESS AND ENVIRONMENTAL EFFECT ON THE CORN CROP IN THE STATE OF ACRE)

Using the averages of grain yield from the corn crops evaluation essays, during the period 1985 to 1993, the present study aimed to estimate the genetic gains and the environmental effect on corn improvement in Acre. The generalized least squares method was used. The results showed that there was an annual genetic gain of 1.78%, although an environmental effect of -4.52% had been detected, showing that the development of cultivars presenting greater stability over the diverse environmental conditions of the region must be implemented.

6. LITERATURA CITADA

1. ABBUD, N.S. *Melhoramento genético do arroz de sequeiro (Oryza sativa L.) no Estado do Paraná de 1975 a 1989*. Piracicaba, ESALQ, 1991. 141p. (Tese de Doutorado).
2. ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos & MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29:105-112, 1994.
3. BRESEGHELLO, F. *Ganhos para produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil*. Goiânia, UFG, 1995. 93p. (Tese de Mestrado).
4. CAMPOS, I.S.; GAMA, E.E.G. & LODI, N.V. *BR 5109: Nova cultivar de milho para o Estado do Acre*. Rio Branco, EMBRAPA/UEPAE, 1988. 4p. (Comunicado Técnico 53).
5. CRUZ, C.D. *Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa, UFV, 1997. 442p.
6. COMISSÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA (Rio Branco, AC). *Estatísticas Agropecuárias*. Rio Branco, 1994. p.25.
7. COSTA, J.G. & CAMPOS, I.S. *Cultivares de milho recomendadas para o Estado do Acre*. Rio Branco, EMBRAPA/UEPAE de Rio Branco, 1990. 4p. (Comunicado Técnico 56).
8. CUEVAS-PEREZ, F.E.; BERRIO, L.E.; GONZALEZ, D.I.; CORREA-VICTORIA, F. & TULANDE, E. Genetic improvement in yield of semidwarf rice cultivars in Colombia. *Crop Science*, 35:725-729, 1995.
9. DUVICK, D.N. Genetic contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. In: FEHR, W.R. (ed.). *Genetic contributions of yield gains of five major crop plants*. Madison, CCSA Spec. Publ., 1984, p. 15-47.

10. EYHÉRABIDE, G.H. & DAMILANO, A.L. *Estimación de la ganancia genética en rendimiento de grano de maíz en Argentina durante el período 1979 a 1988*. Pergamino, INTA-EEA, 1992. 12p. (Informe Técnico 267).
11. FERNANDES, J.S.C. *Estabilidade ambiental de cultivares de milho (Zea mays L.) na região Centro Sul do Brasil*. Piracicaba, ESALQ, 1988. 94p. (Tese de Mestrado).
12. MIRANDA FILHO, J.B. & VIEGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P. (eds.). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1., p.275-340.
13. RODRIGUES, J.A.S. *Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) no Brasil*. Piracicaba, ESALQ, 1990. 162p. (Tese de Doutorado).
14. SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P. & CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30:683-686, 1995.
15. SILVA, A.F.; SOARES, A.A.; SOUZA, A.F. & SOARES, S.F. Contribuição do melhoramento genético do arroz irrigado por inundação para rendimento de grãos, no período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo. *Ciência e Agrotecnologia*, 21:275-285, 1997.
16. SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. & SOUSA, A.F. de. Estimativa do progresso genético obtido pelo programa de melhoramento de arroz irrigado da EPAMIG, na época de oitenta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29:97-104, 1994.
17. TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R. & MENOSSO, O.G. Ganho genético de soja no Estado do Paraná via melhoramento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25:89-90, 1990.
18. VENCOVSKY, R.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C. & TEIXEIRA, N.M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16, Belo Horizonte, 1986. *Anais...* Sete Lagoas, EMBRAPA - CNPMS, 1988, p.300-307