

# MELHORAMENTO INTRAPOPULACIONAL NO SINTÉTICO ELITE NT PARA SOLOS POBRES EM NITROGÊNIO. I. PARÂMETROS GENÉTICOS DE PRODUÇÃO<sup>1</sup>

MANOEL XAVIER DOS SANTOS<sup>2</sup>, PAULO EVARISTO DE OLIVEIRA GUIMARÃES<sup>3</sup>,  
CLESO ANTÔNIO PATTO PACHECO, GONÇALO EVANGELISTA FRANÇA<sup>2</sup>, SIDNEY NETTO  
PARENTONI<sup>3</sup>, ELTO EUGENIO GOMES E GAMA e MAURICIO ANTÔNIO LOPES<sup>2</sup>

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar a população de milho (*Zea mays* L.), Sintético Elite NT, selecionada para solos com baixa disponibilidade de nitrogênio e com sincronia de florescimento masculino e feminino (ASI), e efetuar a estimativa de parâmetros genéticos de produção. No ano agrícola de 1994/95, foram avaliadas 144 famílias de meios irmãos (FMI) em ambientes sem estresse (N+) e com estresse (N-) de nitrogênio. O delineamento utilizado foi látice simples 12 x 12, com uma densidade de 55.500 plantas/hectare. A média geral do peso de espigas em N+ foi de 4.511 kg/ha, e em N-, 3.237 kg/ha, ocorrendo redução de produtividade de 27,14% em N-, enquanto que na testemunha intercalar BR 106, selecionada em solos férteis, o decréscimo da produtividade de N+ para N- foi de 65,80%. A análise de variância mostrou significância estatística entre tratamentos em ambos ambientes ( $P < 0,01$ ). Em N-, a estimativa da variância genética aditiva foi 567,50 (g/pl)<sup>2</sup>, correspondendo a 46,62% em relação a N+. A estimativa para o progresso genético esperado em N- foi de 12,78 (g/pl), 66% em relação a N+. Detectou-se variabilidade genética para continuidade do programa de melhoramento em N-, recomendando-se selecionar plantas com a característica ASI.

Termos para indexação: *Zea mays*, seleção baixo N, variabilidade genética.

## IMPROVEMENT IN THE SYNTHETIC ELITE NT FOR SOILS WITH LOW NITROGEN CONTENT. I. GENETIC PARAMETERS FOR YIELD

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the maize (*Zea mays* L.), Elite Synthetic NT, selected in soils with low nitrogen availability (N-) and with male-female synchrony (ASI), and to make estimations of its genetic parameters for yield. During the 1994/95 season, 144 half-sib families were evaluated in environments with low (N-) and high (N+) nitrogen availability. The experimental design was a 12 x 12 lattice with 55,000 plants/hectare. The general mean to ear weight for the families in the (N+) and (N-) environments was 4,511 and 3,237 kg of ears/ha, respectively. Yield reduction between (N+) and (N-) environments was 27.14% for the half-sib families and 65.80% for the intercalar check BR 106. The analysis of variance showed significance for treatments in both environments ( $P < 0.01$ ). In (N-) the estimate for additive variance was 567.50 (g/pl)<sup>2</sup>, corresponding to 46.62% of the estimate obtained in (N+). The estimate for expected genetic progress in (N-) was of 12.78 g/pl and corresponds to 66% of the estimate found in (N+). The results indicate genetic variability and that selection in environments with nitrogen stress carried out with selection for synchrony of flowering has potential to increase efficiency in a breeding program.

Index terms: *Zea mays*, selection under low N, genetic variability.

## INTRODUÇÃO

Os fatores dos solos que podem reduzir o desenvolvimento das plantas são geralmente previsíveis e podem ser modificados por alterações químicas ou

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 10 de junho de 1997.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

<sup>3</sup> Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-CNPMS.

físicas para atender os requerimentos das culturas. Estima-se que dos 14 bilhões de hectares de terra no mundo apenas 1% é considerada como adequada para a agricultura, enquanto que 20,7% têm limitações decorrentes de problemas de estresse mineral (Dudal, 1976). De acordo com Lafitte & Edmeades (1988), a disponibilidade de N é o principal fator limitante da produção em mais de 20% da superfície arável da terra. A aplicação de fertilizantes nitrogenados pode corrigir essa limitação, mas os altos custos desse insumo e a incerteza do retorno econômico, principalmente, em regiões de clima tropical, constituem-se em fatores de alto risco para os produtores. Por outro lado, a crescente participação do preço de fertilizantes no custo final da produção tem levado a uma intensificação na busca de tecnologias que possibilitem aumentar a eficiência do uso dos nutrientes pelas plantas (Furlani et al., 1985). Essa situação torna-se mais agravante para os pequenos produtores, pela falta de recursos financeiros e dificuldades de acesso aos financiamentos do governo. A alternativa para atender essa demanda e diminuir o impacto da deficiência do N disponível no solo na produção do milho é selecionar genótipos superiores no uso desse nutriente, uma vez que há diversos relatos na literatura que mostram a existência de variabilidade genética.

Os programas tradicionais de melhoramento geralmente não efetuam seleção em ambientes pobres de N, visto que nessa situação a variação ambiental é muito alta e conseqüentemente reduz a herdabilidade do caráter produção (Blum, 1988). Essa é a principal razão pela qual a seleção tem sido efetuada em condições ótimas, mas não está claro para Clark & Duncan (1991) que esta é a melhor estratégia para selecionar materiais com especificidade para ambientes que têm limitação de N.

Segundo relatos da literatura, existe variação genética entre linhagens avaliadas sob baixas condições de N no solo (Balko & Russel, 1980), entre cultivares tropicais (Thiraporn et al., 1987) e mesmo dentro de cultivares (Lafitte & Edmeades, 1994). Há também resultados experimentais mostrando que a seleção em uma população de milho tropical foi eficiente em condições de estresse de N e ineficiente para produção de grãos em altos níveis de N (Muruli & Paulsen, 1981). Em germoplasma de clima tem-

perado, Moll et al. (1987) observaram que os materiais selecionados para eficiência no uso do N produziram bem em altos níveis, mas não podiam ser separados da parte não selecionada em baixo nível de N.

Recomendações têm sido feitas para melhorar a eficiência da seleção em ambientes com baixo N mediante uso de correlações com características secundárias, uma vez que são menos influenciadas pelo ambiente. A dificuldade em medir com rapidez e precisão essas características tem, no entanto, limitado sua utilização como rotina nos programas de melhoramento (Beauchamp et al., 1976; Clark, 1982). Assim sendo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar uma população de milho desenvolvida para solos pobres em N, procurando-se verificar seu potencial genético em dois ambientes (com e sem estresse de nitrogênio) e determinar as estimativas dos parâmetros genéticos quanto ao caráter peso de espigas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O processo de formação da população de milho Sintético Elite NT foi iniciado em 1987 com a seleção das dez melhores linhagens do programa de melhoramento do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Embrapa. Realizou-se um dialélico completo com as linhagens e na colheita foram retiradas quantidades iguais de sementes de cada cruzamento, as quais foram misturadas e plantadas para obtenção da primeira recombinação. A segunda e terceira recombinação foram realizadas em 1989 e 1990, respectivamente, plantando-se em campos isolados e tomando-se uma amostra balanceada de cada espiga selecionada. Na terceira recombinação foram escolhidas 400 progênies  $S_3$ , avaliadas em solo fértil (N+) e solo pobre em nitrogênio (N-). As 10% melhores famílias passaram por duas recombinações em solos com (N+), sendo a terceira recombinação realizada em 1993 em solo com N- e na densidade de 100.000 plantas/ha. Nessa recombinação foram selecionadas plantas competitivas e que apresentavam sincronia de florescimento masculino e feminino. Diariamente, foi tomado o pólen de 50 pendões, no mínimo, que se encontravam protegidos; misturava-se o pólen e efetuava-se a polinização nas plantas que tinham sincronia de florescimento. Foram selecionadas 144 famílias de meios irmãos (FMI), para avaliação em dois ambientes: solo fértil (N+) e solo pobre (N-), no município de Sete Lagoas, MG, (latitude 19° 28' S e longitude

44° 15' W). As características desses solos são mostradas na Tabela 1. Estes solos são classificados como Latossolos Vermelho-Escuro, distróficos e de textura argilosa.

Os experimentos foram instalados na época das chuvas e o delineamento utilizado foi o látice simples 12 x 12, tendo como testemunha intercalar a variedade comercial BR 106. No ambiente (N+), a adubação de base foi com 400 kg/ha da formulação 4-14-8 de N-P-K e a de cobertura, de 60 kg de N/ha. No ambiente (N-) não foi utilizada nenhuma adubação. A parcela experimental foi formada por uma fileira de 5 m de comprimento com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas dentro de fileiras. Ambos experimentos sofreram um estresse de água no florescimento (veranico de 10 dias), mas não foi houve suplementação com irrigação. Na colheita foi tomado o peso de espigas de cada parcela e efetuada a determinação de umidade, para posterior correção para 14,5%. Não foi efetuada a correção para estande em virtude de as parcelas mostrarem número final de plantas bem próximo do ideal. A análise de variância relativa a cada ambiente foi efetuada de acordo com a recomendação de Cochran & Cox (1957), e as estimativas dos parâmetros genéticos, em (g/pl)<sup>2</sup>, feitas segundo o método apresentado por Vencovsky (1978).

Após as análises individuais foram selecionadas, em cada ambiente, as 20% FMI mais produtivas para verificar o índice de repetibilidade entre (N+) e (N-). O critério de seleção das 20% FMI para recombinação foi baseado no índice de repetibilidade entre os dois ambientes e na média das melhores famílias no ambiente (N-), em função da produtividade média das 20% famílias selecionadas no ambiente (N+).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises dos solos em ambiente fértil (N+) e em ambiente

com deficiência de nitrogênio (N-), podendo-se constatar que todos os elementos químicos foram altos em (N+). No ambiente (N-), percebe-se que o Ca e P estão em um nível médio, o K em um nível baixo e o Mg em nível de alta fertilidade (Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais, 1989). No ambiente (N+), a cultura não sofreu estresse de nenhum elemento essencial ao seu desenvolvimento, visto que foram aplicados 76-42-32 kg/ha de N-P-K, respectivamente.

Verificando-se o teor de matéria orgânica no solo (N-) pode parecer que ele seja rico em N, mas sabe-se que a forma mais correta para se avaliar a disponibilidade de N para as plantas é pela análise do nitrato e da amônia. Efetuando-se a soma desses valores, após a devida transformação, nota-se que equivale a 25 kg/ha de N na profundidade de 0 a 40 cm, na densidade do solo de 0,98 g/cm<sup>3</sup>. Considerando que 40 kg de N/ha é tido como um valor muito baixo, em termos de suprimento para as plantas, o ambiente (N-) onde o ensaio foi instalado estava bem abaixo do valor crítico.

Na Tabela 2 são apresentados os quadrados médios obtidos na análise de variância relativa a cada ambiente, bem como o coeficiente de variação experimental. O teste F revelou significância a 1% de probabilidade nos tratamentos em ambos os ambientes (N+ e N-), indicando haver diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Os coeficientes de variação experimental foram altos nos dois ambientes. No ambiente (N+) tal fato explica-se pelo estresse de umidade ocorrido no florescimento. No (N-), valores dessa natureza são normais (Blum, 1988) e resultados similares ou mais altos têm sido

TABELA 1. Resultados das análises químicas dos solos onde foram conduzidos os experimentos em ambientes fértil (N+) e com deficiência de nitrogênio (N-). Sete Lagoas, MG, Brasil, 1994/95.

Profundidade	pH	Ca (eq.mg/100 cm <sup>3</sup> )	Mg	K ——(ppm)——	P	M.O. (%)	NH <sub>4</sub> ——(ppm)——	NO <sub>3</sub> ——
Sete Lagoas (N-)								
0-20 cm	6,2	3,69	1,04	34	7,5	3,18	1,72	3,26
20-40 cm	6,4	3,95	1,15	45	10,0	3,19	2,45	3,08
Sete Lagoas (N+)								
0-20 cm	6,4	6,65	0,63	194	42,0	2,56	-	-
20-40 cm	6,4	5,40	0,54	122	15,0	2,19	-	-

encontrados em ensaios que sofreram estresses ambientais (Machado et al., 1992; Parentoni et al., 1992; Gama et al., 1994).

No ambiente (N+), o intervalo de variação das famílias avaliadas foi de 2.380 kg/ha a 9.000 kg/ha, enquanto que no ambiente (N-) foi de 1.764 kg/ha a 5.447 kg/ha. A produtividade média do peso de espigas das 20% famílias selecionadas em cada ambiente é mostrada na Tabela 3. Observa-se que 13 famílias selecionadas são comuns aos dois ambientes, o que representa uma repetibilidade de 46%. A média geral das famílias avaliadas no ambiente (N+) foi de 4.511 kg/ha e em (N-), de 3.287 kg/ha, constatando-se uma redução de produtividade em (N-) de 27,14%. Esse valor ficou bem próximo ao encontrado por Resende (1989) em avaliações de famílias em solos contrastantes para alumínio, e bem mais baixo em relação ao encontrado por Lafitte & Edmeades (1994) em avaliações com famílias de irmãos germanos em solos com baixo e alto N. A explicação para tal pode estar relacionada ao fato de a seleção praticada ter sido feita para famílias que apresentavam sincronia de florescimento masculino e feminino, uma vez que essa característica está associada à quantidade de biomassa da espiga (Edmeades et al., 1993).

Observando-se a produtividade média da testemunha BR 106 nos dois ambientes, nota-se que em (N-) houve uma redução de produtividade de 65,8% em relação ao (N+). Verificando-se a origem dessa variedade (Santos et al., 1994), percebe-se que foi selecionada em condições ideais de cultivo sem passar por nenhum tipo de estresse. Ainda que as pro-

**TABELA 2. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) do caráter peso de espigas (g/pl) nas análises individuais, considerando os ambientes fértil (N+) e com deficiência de nitrogênio (N-). Sete Lagoas, MG, Brasil, 1994/95.**

Fonte de variação	G.L.	QM(N+)	QM(N-)
Tratamentos	143	23.091,60**	11.860,16**
Erro efetivo 1	121	8.569,41	4.888,42
CVe(%)		22,27	23,43

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

duções sejam mais baixas em (N-), conforme se observa na Tabela 3, o menor custo de produção nesse sistema pode compensar a desvantagem, tornando-se viável, principalmente, para pequenos produtores de baixo poder aquisitivo. Essa viabilidade tem sido comprovada quando a produtividade da lavoura oscila de 500 a 1.000 kg/ha (Aspectos..., 1993).

Verifica-se, por outro lado, que a seleção em ambiente de estresse de N não reduziu o potencial genético das famílias, quando avaliada em solo fértil, conforme constatado por Muruli & Paulsen (1981), mas está de acordo com os resultados obtidos por Resende (1989), Lafitte & Edmeades (1994), e confirma a suposição levantada por Clark & Duncan (1991).

**TABELA 3. Valores médios obtidos, considerando o caráter peso de espigas (kg/ha), nas 20% famílias selecionadas em Sete Lagoas, MG em solos fértil (N+) e com deficiência de nitrogênio (N-) em comparação com a testemunha BR 106. Sete Lagoas, MG, Brasil, 1994/95.**

Solo fértil		Solo com deficiência de N	
Família	Peso de espigas	Família	Peso de espigas
58	9.000	58	5.447
55	6.812	91	5.320
116	6.749	141	5.102
19	6.697	31	5.092
59	6.661	16	4.887
110	6.649	55	4.863
94	6.566	71	4.853
90	6.418	47	4.800
88	6.405	50	4.726
9	6.396	90	4.615
20	6.328	99	4.612
92	6.195	129	4.604
44	6.154	125	4.603
34	6.114	77	4.592
131	6.051	144	4.524
48	6.018	21	4.514
107	5.967	116	4.511
108	5.933	88	4.478
137	5.908	9	4.464
3	5.898	20	4.427
141	5.884	62	4.368
73	5.880	34	4.345
50	5.847	142	4.303
144	5.688	97	4.282
37	5.673	114	4.266
51	5.659	69	4.212
17	5.648	87	4.171
87	5.602	48	4.114
BR 106	5.585	BR 106	1.910

Para que um programa de melhoramento tenha sucesso é necessário, no entanto, que exista variabilidade genética na população. A Tabela 4 mostra as estimativas dos parâmetros genéticos obtidas no caráter peso de espigas, considerando os ambientes fértil (N+) e com deficiência de nitrogênio (N-). A estimativa da variância genética aditiva em (N+) foi 1.217,284 (g/pl)<sup>2</sup>, e em (N-), 567,500 (g/pl)<sup>2</sup>. Quanto ao coeficiente de herdabilidade no sentido restrito em plantas, as estimativas foram 39,42% e 33,43%, enquanto que na média de famílias as herdabilidades foram 62,89% e 58,78%, respectivamente nos ambientes (N+) e (N-). Tais estimativas podem ser consideradas de médias a altas; não foram concordantes com a hipótese de Blum (1988) e indicam que a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos é mais eficiente que a seleção massal.

As estimativas para o progresso genético esperado com seleção de 20% entre famílias e de 10% dentro de famílias foram de 19,37 (g/pl) em (N+) e de 12,78 (g/pl) para (N-). Resultados semelhantes foram observados por Resende (1989), embora com valores bem mais baixos de variância genética aditiva, herdabilidades e progresso genético. Esse fato pode ter ocorrido porque no ciclo original de seleção, como é o caso em questão, toda variabilidade genética livre é liberada (Ramalho, 1977), enquanto que a população trabalhada por Resende (1989) já havia passado por ciclos de seleção. Valores mais altos de variância genética aditiva também foram encontrados em populações com ciclos iniciais de seleção (Goodman, 1965; Subandi & Compton, 1974), mostrando a quantidade de variação genética que podia ser explorada nos programas de melhoramento.

De um modo geral as estimativas das variâncias genéticas aditivas têm sido utilizadas para comparar a variabilidade entre populações, mas as diferenças observadas entre populações com diferentes ciclos, entre densidades de plantio e entre os diferentes ambientes de avaliação, além de outros, podem ser altas ou baixas e interferir nas conclusões.

Para solucionar o problema, Vencovsky (1978) propôs o uso do índice b, que dá a proporção da variância genética em relação ao erro residual, não havendo, portanto, influência da média populacional. Observando-se a Tabela 4, pode-se notar que o va-

**TABELA 4.** Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter peso de espigas, em g/planta, considerando os ambientes fértil (N+) e com deficiência de nitrogênio (N-). Sete Lagoas, MG, Brasil, 1994/95.

Estimativa <sup>1</sup>	(N+)	(N-)
$\hat{\sigma}_p^2$	304,321	141,875
$\hat{\sigma}_A^2$	1217,284	567,500
$\hat{\sigma}_F^2$	483,898	241,354
$\hat{\sigma}_e^2$	253,084	141,406
$\hat{\sigma}_d^2$	2530,840	1414,060
$h_x^2$	39,42	33,43
$h_m^2$	62,89	58,78
b	0,92	0,84
$\Delta g$	19,37	12,78

<sup>1</sup>  $\hat{\sigma}_p^2$  = variância genética entre famílias;  $\hat{\sigma}_A^2$  = variância genética aditiva;  $\hat{\sigma}_F^2$  = variância fenotípica entre médias de famílias;  $\hat{\sigma}_e^2$  = variância ambiental entre parcelas;  $\hat{\sigma}_d^2$  = variância fenotípica dentro de famílias ( $\hat{\sigma}_d^2 = 10 \hat{\sigma}_e^2$ );  $h_x^2$  = herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas;  $h_m^2$  = herdabilidade no sentido restrito ao nível de médias; b = CVg/CVE que é um índice de variação;  $\Delta g$  = progresso genético esperado com a seleção de 20% entre famílias e 10% dentro de famílias.

lor do índice b no ambiente (N+) foi de 0,92, enquanto que em (N-) foi 0,84, indicando suficiente variabilidade genética para ser aproveitada com a continuidade do programa. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Ramalho (1977) e Carvalho et al. (1994).

De um modo geral, todas as estimativas foram mais baixas no ambiente (N-) em decorrência do estresse ambiental e menor produção das famílias avaliadas; porém, detectou-se suficiente variabilidade genética para se obter progresso nos ciclos posteriores de seleção. Os resultados obtidos confirmam a existência de variabilidade genética para o milho em condições de baixo N no solo e são coerentes com os apresentados por Balko & Russel (1980), Thiraporn et al. (1987) e Lafitte & Edmeades (1994).

## CONCLUSÕES

1. As estimativas dos parâmetros genéticos são mais baixas em solos que têm limitação de nitrogênio.

2. A seleção em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio no solo é eficiente para aumento da produtividade.

## REFERÊNCIAS

- ASPECTOS das atividades agropecuária e extração vegetal; agricultura. *Anuário Estatístico do Brasil 1993*, Rio de Janeiro, v.53, p.333-338, 1993.
- BALKO, L.G.; RUSSEL, W.A. Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrids progeny. I. Prediction of yield response. *Maydica*, v.25, p.65-79, 1980.
- BEAUCHAMP, E.G.; KANNENBERG, L.W.; HUNTER, R.B. Nitrogen accumulation and translocation in corn genotypes following silking. *Agronomy Journal*, v.68, p.418-422, 1976.
- BLUM, A. *Plant breeding for stress environments*. Boca Raton: CRC Press, 1988. 223p.
- CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R. Três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na população de milho BR 5028-São Francisco no Nordeste Brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, p.1727-1733, 1994.
- CLARK, R.B. Plant response to mineral element toxicity and deficiency. In: CHRISTIANSEN, M.N.; LEWIS, C.F. (Eds.). *Breeding plants for less favorable environments*. New York: John Wiley, 1982. p.71-142.
- CLARK, R.B.; DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. *Field Crops Research*, v.27, p.219-240, 1991.
- COCHRAN, G.W.; COX, C.M. *Experimental designs*. 2.ed. New York: J. Wile, 1957. 611p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 4 aproximação*. Lavras, 1989. 176p.
- DUDAL, R. Inventory of the major soils of the world with special reference to mineral stress hazards. In: WRIGHT, M.J.(Ed.). *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Ithaca: Cornell University Agr. Exp. Station, 1976. p.3-14.
- EDMEADES, G.O.; BOLANOS, J.; HERNANDEZ, M.; BELLO, S. Causes for silk delay in lowland tropical maize. *Crop Science*, v.33, p.1029-1035, 1993.
- FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. *Bragantia*, v.44, p.129-147, 1985.
- GAMA, E.E.G. e; BARROS, D.G.; LEITE, C.E.P.; SANTOS, M.X.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N. Avaliação do Composto CMS 54. *Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992/1993*, Sete Lagoas, v.6, p.201, 1994.
- GOODMAN, M.M. Estimates of genetic variance in adapted and exotic population of maize. *Crop Science*, v.5, p.87-90, 1965.
- LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O. An update on selection under stress: selection criteria. In: EASTERN CENTRAL AND SOUTHERN AFRICAN REGIONAL MAIZE WORKSHOP, 2., 1987, Harare, Zimbabwe. *Proceedings towards self-sufficiency*. Harare: College Press, 1988. p.309-331.
- LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria. *Field Crop Research*, v.39, p.1-14, 1994.
- MACHADO, A.T.; MAGALHÃES, J.R.; MAGNAVACA, R.; SILVA, M.R.; PESQUERO, J.L. Determinação da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo do nitrogênio em diferentes genótipos de milho. *Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991*, Sete Lagoas, v.5, p.134-135, 1992.
- MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W.A. Development of nitrogen efficient prolific hybrids of maize. *Crop Science*, v.27, p.181-186, 1987.
- MURULI, B.I.; PAULSEN, G.M. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. *Maydica*, v.26, p.63-73, 1981.
- PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R.; LOPES, M.A.L.; SANTOS, M.X.; MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E.; BAHIA FILHO, A.F.C. Melhoramento do Composto de milho CMS 54. *Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988/1991*, Sete Lagoas, v.5, p.139-140, 1992.
- RAMALHO, M.A.P. *Eficiência relativa de alguns processos de seleção intra populacional no milho baseados em famílias não endógamas*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1977. 122p. Tese de Doutorado.
- RESENDE, M.D.V. *Seleção de genótipos de milho em solos contrastantes*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1989. 212p. Tese de Mestrado.

- SANTOS, M.X.; PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G. e; GUIMARÃES, P.E.O.; SILVA, A.E.; PARENTONI, S.N. Seleção recorrente recíproca com progênies de meios irmãos interpopulacionais obtidas em plantas não endógamas e endógamas. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**, Sete Lagoas, v.6, p.194, 1994.
- SUBANDI, W.; COMPTON, W.A. Genetic studies in an exotic population of corn grown under two plant densities. I. Estimates of genetic parameters. **Theoretical and Applied Genetics**, v.44, p.153-159, 1974.
- THIRAPORN, R.; GEISLER, G.; STAMP, P. Effects of nitrogen fertilization on yield and yield components of tropical maize cultivars. **Journal Agronomy Crop Science**, v.159, p.9-14, 1987.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1978. cap.5, p.122-201.

