

ANÁLISE DIALÉLICA DO TEOR DE ÓLEO EM MILHO

DIALLEL ANALYSIS OF OIL CONTENT IN MAIZE

Andréa Mittelman¹; José Branco de Miranda Filho²; Gustavo Júlio Mello Monteiro de Lima³; Claudete Hara-Klein⁴; Ricardo Machado da Silva⁵; Ricardo Takao Tanaka⁶

RESUMO

O teor de óleo nos grãos de milho é um caráter importante para sua utilização na forma de ração, uma vez que o óleo possui maior valor calórico que o amido. Os objetivos deste trabalho foram verificar os efeitos envolvidos na determinação do teor de óleo e identificar genótipos de interesse para o melhoramento deste caráter. Foram avaliadas dez populações de milho e seus híbridos, segundo o modelo dialélico de Gardner e Eberhart. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. Foi avaliado o teor de óleo nos grãos pela metodologia de NIR (near infrared reflectance spectroscopy), além do rendimento de grãos. As médias dos genitores variaram de 4,22 a 4,94% de óleo na matéria seca, sendo esta variação independente da variação no rendimento de grãos. A heterose média foi de -0,1391 indicando dominância no sentido da redução do teor de óleo. As populações testadas diferiram entre si para o teor de óleo nos grãos, sendo de melhor desempenho o Composto GO-Flint. Houve heterose nos cruzamentos, sendo esta resultante tanto dos genitores envolvidos quanto de combinações específicas. As populações recomendadas como genitores para o melhoramento do teor de óleo são Composto GO-Dente e Composto GO-Flint.

Palavras-chave: *Zea mays*, cruzamento entre populações, qualidade nutricional.

ABSTRACT

The oil content is an important trait to be considered when using maize grains in animal feed, because oil is more caloric than starch. The objectives of this work were to verify the effects involved in the determination of the oil content and to identify genotypes that may contribute to the breeding of this trait. Ten populations and their hybrids were evaluated by the Gardner and Eberhart diallel model in a randomized block design with three replications. Grain oil content was measured by NIR (near infrared reflectance spectroscopy). Grain yield was also evaluated. The means of the populations varied from 4.22 to 4.94% oil in a dry matter basis, and this variation was independent of the variation for grain yield. Mean heterosis was -0.1391, indicating that there is dominance for low oil content. There were differences among populations, and the best population was GO-Flint Composite. There was heterosis in the crosses, and it was a function of each parent involved, and of the specific combination. The populations recommended as parents to the genetic improvement of oil content are GO-Dente Composite and GO-Flint Composite.

Key words: *Zea mays*, population cross, nutritional quality.

INTRODUÇÃO

No Brasil são comercializadas anualmente mais de 30 milhões de toneladas de ração, representando a principal utilização do milho produzido (ANUALPEC, 2000). Os animais apresentam exigências quanto ao nível de energia na dieta, as

quais variam de acordo com a espécie, idade e categoria. O teor de óleo nos grãos de milho é um caráter importante para sua utilização na forma de ração, uma vez que este possui maior valor calórico que o amido. O aumento da concentração de óleo nos grãos de milho pode representar uma redução dos custos de produção, dos quais a alimentação representa uma parte importante. Tem sido demonstrado que suínos e aves alimentados com milho com alta concentração de óleo apresentam maior ganho de peso, maior produção de ovos e menor consumo de alimento (NORDSTRON et al., 1972; HAN et al., 1987). Portanto, embora não seja um nutriente considerado deficiente, há grande interesse no desenvolvimento de variedades de milho com maior teor de óleo.

Em geral os grãos de milho apresentam de 3,5 a 5% de óleo, o qual está localizado principalmente no embrião, que é responsável por 83 a 85% do total de óleo nos grãos (ALEXANDER, 1986). Entre 56 híbridos brasileiros de milho avaliados em Chapecó, SC, na safra 1999/2000, os teores de óleo variaram de 3,6 a 6,9% (LIMA et al., 2000). PACKER (1998), analisando populações de milho previamente selecionadas para alto teor de óleo, verificou na população EMGOPA-19 C1 uma média de 7,6% de óleo nas famílias S₁ e 7,5% nas de irmãos germanos, contra 5,6% do híbrido comercial utilizado como testemunha.

De acordo com DUDLEY (1977), o teor de óleo nos grãos de milho é um caráter quantitativo, sendo controlado por um grande número de genes. A variância genética aditiva parece ser o principal componente no controle deste caráter. BERKE & ROCHEFORD (1995) detectaram 31 locos de RFLP associados ao teor de óleo em um cruzamento entre populações selecionadas de maneira divergente para teor de óleo por 90 gerações, os quais estavam agrupados em onze regiões do genoma. Destes, 22 locos apresentaram apenas efeitos aditivos, oito apresentaram efeitos aditivos e de dominância e um apenas efeito de dominância.

O efeito materno, ou seja, a influência do genótipo da planta mãe, é apontado como o efeito predominante na determinação do conteúdo de óleo nos grãos (MILLER & BRIMHALL, 1951; GARWOOD et al., 1970; BATISTA & TOSELLO, 1982). Porém, ocorre influência do genótipo paterno, devido ao efeito de xênia (MILLER & BRIMHALL, 1951; ALEXANDER & LAMBERT, 1968; LETCHWORTH & LAMBERT, 1998).

Embora a herdabilidade do teor de óleo em geral seja alta, os ganhos costumam ser lentos, pois a variabilidade intrapopulacional, na maioria das vezes, é baixa. SILVA (1990) condensou os resultados de diversos autores em relação a estimativas de parâmetros genéticos para o teor de óleo.

¹ Engenheira Agrônoma, Dra., Embrapa Gado de Leite/ Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, C.P. 403, CEP 96001-970, Pelotas - RS. andream@cnpqi.embrapa.br. *Autor para correspondência.

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Departamento de Genética - ESALQ/USP

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Embrapa Suínos e Aves

⁴ Engenheira Agrônoma, MSc., Embrapa Suínos e Aves

⁵ Engenheiro Agrônomo, Dr.

⁶ Engenheiro Agrônomo

Foram identificadas estimativas de variância aditiva, para teor de óleo em percentual, entre 0,08 e 1,55 pontos percentuais. A variância de dominância foi sempre menor que a aditiva. As estimativas de herdabilidade no sentido restrito e ao nível de planta variaram de 9,8 a 85,8%. A média dos resultados colhidos na literatura por HALLAUER & MIRANDA FILHO (1988) para a variância genética aditiva, dados em percentual, foi de 0,82; para a variância de dominância 0,09 e para a herdabilidade 76,7%.

Alguns trabalhos apontam a existência de correlações negativas entre teor de óleo e rendimento de grãos (MISEVIC & ALEXANDER, 1989; TATIS, 1990). Porém, ALEXANDER & LAMBERT (1968) concluíram que a capacidade da planta de produzir carboidratos e a de sintetizar óleo são fisiologicamente independentes no intervalo de 4 a 7% de óleo. Em duas populações brasileiras de milho, Piranão VD-2 e Piranão VF-1, foram estimadas por SILVA (1990) correlações genéticas aditivas positivas entre estes caracteres, com valores de 0,44 e 0,47, respectivamente. No Composto braquítico VD opaco, não ocorreu correlação do teor de óleo com a produtividade (ZIMBACK, 1985). LAMBERT et al. (1997) sugerem o uso de índices de seleção considerando as concentrações de proteína, óleo, amido e o tamanho de grãos para obtenção de genótipos agronomicamente superiores.

Os objetivos deste trabalho foram verificar os efeitos envolvidos na determinação do teor de óleo e identificar genótipos de interesse para o melhoramento deste caráter em um conjunto de dez populações de milho e seus híbridos.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas como genitores seis populações desenvolvidas no Programa de Melhoramento de Milho da ESALQ/USP, denominadas Composto GO Flint (F), Composto GO Dente (D), Composto GO Amarelo (A), Composto GO Branco (B), Composto GO Longo (L), Composto GO Grosso (G) e quatro sintéticos formados a partir de populações da Embrapa Milho e Sorgo denominados GN-01, GN-02, GN-03 e GN-04. As populações denominadas Compostos GO foram originadas de espigas selecionadas visualmente, em experimentos instalados na região de Rio Verde, Goiás, no ano agrícola de 1994/95, e têm apresentado alto potencial produtivo (SILVA, 2001).

Os cruzamentos foram realizados no ano agrícola de 1997/1998 na área experimental do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba, SP. Os genitores de cada cruzamento foram semeados em linhas paralelas e a polinização manual foi realizada em pelo menos 50 espigas.

A avaliação foi conduzida na Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba – SP), no ano agrícola de 1999, em safrinha. O número de populações foi de 55, incluindo os dez genitores e os 45 híbridos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. Cada parcela foi composta por duas linhas com 4 m de comprimento, sendo o espaçamento entre linhas de 0,9 m e entre plantas de 0,2 m. O híbrido triplo comercial G-85 (Novartis Seeds) foi utilizado como testemunha intercalar, sendo inserido de forma sistemática, a cada dez parcelas e no final do bloco, de forma que as parcelas de número 11, 22, 33, 44, 55 e 61 de cada bloco pertenciam à testemunha.

O rendimento de espigas foi avaliado, sendo corrigido para o estande ideal de 40 plantas por parcela pelo método da covariância RAMALHO et al. (2000). Os valores resultantes foram transformados para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

Após a colheita e debulha dos experimentos, uma amostra de grãos de cada parcela foi retirada e moída para a realização das análises químicas. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia – SC, pela metodologia de NIR (análise de refletância no infravermelho próximo), utilizando um instrumento NIRSystem 6500 com curvas de calibração desenvolvidas no próprio laboratório. A metodologia empregada para obtenção das curvas de calibração utilizou, para matéria seca, secagem em estufa a 105 °C de um dia para o outro, e para teor de óleo, extração em éter utilizando aparelho Soxhlet (AOAC, 1995). Os valores de teor de óleo foram ajustados para a matéria seca.

Foi realizada uma análise de variância preliminar para os 56 tratamentos (10 populações, 45 híbridos e a testemunha). O efeito de tratamentos foi decomposto em um efeito de populações, envolvendo os genitores e híbridos, e um contraste entre as populações e a testemunha. A seguir, o efeito de populações foi decomposto segundo o modelo de análise dialélica de GARDNER & EBERHART (1966). Além das estimativas de efeito de variedade (v_i), heterose de variedade (h_i) e heterose específica (s_{ij}) obtidas pelo modelo, foi estimada a capacidade geral de combinação (g_i) de cada genitor através da expressão: $g_i = (\frac{1}{2} v_i) + h_i$.

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade. A comparação das populações com a testemunha foi realizada pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Com base nas médias dos tratamentos foi estimada a correlação fenotípica simples entre o teor de óleo e a produtividade de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu diferença entre os tratamentos testados, segundo a análise de variância preliminar para o teor de óleo. O conjunto de populações estudadas, incluindo genitores e híbridos, diferiu significativamente da testemunha para esse caráter (Tabela 1). Houve também diferença entre as populações.

A decomposição do efeito de populações com base no modelo de análise dialélica de Gardner e Eberhart resultou na significância dos efeitos de variedades e de heterose (Tabela 1), indicando a existência de diferenças entre os genitores e de heterose em seus cruzamentos. Da mesma forma, a ocorrência de heterose nos cruzamentos foi função dos paternos envolvidos ($P>F=0,0113$) e de cada combinação específica. Em dialelos envolvendo variedades de polinização aberta, é bastante comum que não ocorra heterose específica pois, por possuírem base genética ampla, os tratamentos se tornam pouco divergentes (VENCOVSKY, 1970; HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1988). No presente trabalho, houve suficiente divergência nos genes relacionados ao teor de óleo, levando à significância do efeito de heterose específica.

Uma boa precisão experimental também contribuiu para uma maior sensibilidade dos testes estatísticos. Neste experimento o coeficiente de variação para teor de óleo foi de 5,08%. Em geral, coeficientes de variação ainda mais baixos são facilmente obtidos para caracteres de alta herdabilidade, como é o caso do teor de óleo. É possível que uma desuniformidade dentro dos blocos, devida à extensão dos mesmos para comportar o número de tratamentos, tenha causado um aumento do coeficiente de variação. Neste caso, seria aconselhável, em experimentos semelhantes, utilizar um sistema de blocos incompletos ou testemunhas intercalares que permita um melhor controle da variação de ambiente.

O efeito de variedades, ou seja, dos genitores, associado aos efeitos genéticos aditivos, foi responsável por 22,66% da soma de quadrados de populações, enquanto a heterose foi responsável pelos 77,34% restantes, indicando que os efeitos não-aditivos tiveram importância na determinação do caráter

teor de óleo. Detalhando ainda mais, 6,26% da soma de quadrados de populações foram decorrentes da heterose média, 15,02% de heterose de variedades e 56,06% de heterose específica.

Tabela 1 – Análise dialélica para teor de óleo. Piracicaba, 1998/1999.

F.V.	G.L.	Q.M.	P > F
Blocos	2	0,1207	0,0955
Tratamentos	55	0,2215	<0,0001
Populações x Testemunha	1	4,5977	<0,0001
Populações	54	0,1405	<0,0001
Variedades	9	0,191	0,0003
Heterose	45	0,1304	<0,0001
Heterose média	1	0,4752	0,0026
Heterose de variedade	9	0,1265	0,0113
Heterose específica	35	0,1215	0,0002
Erro	124	0,0504	
R ²		0,67	
C.V.		5,08	

O valor estimado da média geral (m) foi de 4,58% de óleo, com variância de 0,0017. Este valor encontra-se um pouco acima da média histórica observada no Laboratório de Análises Físico-químicas da Embrapa Suínos e Aves (EMBRAPA/CNPISA, 1991). A heterose média (\bar{h}) foi de -0,1391, com variância de 0,0021, indicando que nos cruzamentos em estudo ocorre dominância no sentido da redução do teor de óleo. Resultado semelhante foi encontrado em um dialelo entre populações selecionadas para alto teor de óleo MISEVIC et al. (1989).

As médias dos genitores variaram de 4,22 a 4,94% de óleo na matéria seca, representando 1,07 a 1,26 vezes a média da testemunha (Tabela 2). Estas médias foram significativamente superiores à da testemunha, com exceção das populações Composto GO-Branco, Composto GO-Grosso, Composto GO-Longo e Composto GO-Dente. Quanto ao rendimento de grãos, as médias das populações variaram entre 4,865 e 6,247 t ha⁻¹, sendo a média da testemunha 6,382 t ha⁻¹ (dados não mostrados). A correlação fenotípica entre as médias dos tratamentos para teor de óleo e rendimento de grãos não foi significativa (r = -0,14). Portanto, dentro do conjunto de populações estudadas, poderão ser identificadas algumas com maior rendimento de grãos e maior teor de óleo.

Superioridade em relação à testemunha foi observada para estas populações em ensaios realizados em diferentes ambientes, indicando que o conjunto de populações estudadas é geneticamente superior para o caráter teor de óleo (dados

não mostrados). Entretanto, a variação observada para as 55 populações ficou restrita a menos de um ponto percentual no teor de óleo. Variações restritas têm sido observadas para este caráter, tanto no nível interpopulacional, quando analisadas populações não selecionadas previamente para o caráter, quanto intrapopulacional, o que faz com que os ganhos de seleção sejam lentos, apesar da alta herdabilidade, sendo necessários vários ciclos de seleção (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1988).

A população Composto GO-Flint apresentou a maior média para o teor de óleo e as maiores estimativas de efeito de variedade e capacidade geral de combinação, sendo a mais indicada para uso em programas de melhoramento de milho voltados para o aumento do teor de óleo nos grãos. A população Composto GO-Dente apresentou a maior estimativa de heterose de variedade e a segunda maior capacidade geral de combinação, sendo também indicada para uso em cruzamentos e para extração de linhagens.

Dos 45 híbridos, 21 apresentaram média superior à da testemunha (Tabela 3). O cruzamento Composto GO-Amarelo x GN-01 apresentou a maior média (4,84%), embora não significativamente diferente de um grupo de populações. Este cruzamento teve a maior estimativa de heterose específica, o que explica em grande parte este desempenho. Entretanto, este cruzamento foi uma exceção, uma vez que a heterose média foi negativa.

Tabela 2 – Média, efeito de variedade (v_i), heterose de variedade (h_i) e capacidade geral de combinação (g_i) para teor de óleo de dez populações de milho. Piracicaba, 1998/1999.

População	Média	v _i	h _i	g _i
G	4,4433 b	-0,1380	0,0445	-0,0245
L	4,2200 b	-0,3613	0,1699	-0,0108
D	4,2833 b	-0,2980	0,2216	0,0726
F	4,9433 a	0,3620	-0,0956	0,0855
B	4,3333 b	-0,2480	0,0040	-0,1200
A	4,7333 a	0,1520	-0,0193	0,0567
GN-01	4,8167 a	0,2354	-0,1327	-0,0150
GN-02	4,5933 a	0,0120	-0,1095	-0,1035
GN-03	4,8700 a	0,2887	-0,1410	0,0034
GN-04	4,5767 a	-0,0046	0,0580	0,0557
Testemunha	3,9289 b			

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott e Knott a 5% envolvendo todos os tratamentos.

G=Composto GO Grosso, L=Composto GO Longo, D=Composto GO Dente, F=Composto GO Flint, B=Composto GO Branco, A=Composto GO Amarelo, Testemunha=G-85

Tabela 3 – Média e heterose específica (s_{ij}) para teor de óleo de cruzamentos de milho. Piracicaba, 1998/1999.

Tratamento	Média	s_{ij}	Tratamento	Média	s_{ij}		
G x L	4,4767	a	0,0698	D x GN-04	4,5100	a	-0,0604
G x D	4,4700	a	-0,0202	F x B	4,1733	b	-0,2344
G x F	4,5100	a	0,0069	F x A	4,5333	a	-0,0510
G x B	4,2000	b	-0,0977	F x GN-01	4,6933	a	0,1806
G x A	4,3800	b	-0,0944	F x GN-02	4,6800	a	0,2559
G x GN-01	4,1600	b	-0,2427	F x GN-03	4,2133	b	-0,3177
G x GN-02	4,4967	a	0,1826	F x GN-04	4,6200	a	0,0367
G x GN-03	4,6467	a	0,2257	B x A	4,3900	b	0,0111
G x GN-04	4,4433	b	-0,0300	B x GN-01	4,5433	a	0,2361
L x D	4,7200	a	0,2161	B x GN-02	4,0533	b	-0,1654
L x F	4,7833	a	0,2665	B x GN-03	4,4267	b	0,1011
L x B	4,1100	b	-0,2014	B x GN-04	4,3933	b	0,0154
L x A	4,4767	a	-0,0114	A x GN-01	4,8367	a	0,3528
L x GN-01	4,2033	b	-0,2131	A x GN-02	4,5333	a	0,1379
L x GN-02	4,3900	b	0,0621	A x GN-03	4,2300	b	-0,2723
L x GN-03	4,2833	b	-0,1515	A x GN-04	4,6667	a	0,1121
L x GN-04	4,4500	b	-0,0371	GN-01 x GN-02	4,2433	b	-0,0804
D x F	4,4567	b	-0,1435	GN-01 x GN-03	4,3167	b	-0,1139
D x B	4,7300	a	0,3352	GN-01 x GN-04	4,5100	a	0,0271
D x A	4,3867	b	-0,1847	GN-02 x GN-03	4,4400	b	0,0979
D x GN-01	4,3533	b	-0,1465	GN-02 x GN-04	4,1250	b	-0,2694
D x GN-02	4,1900	b	-0,2212	GN-03 x GN-04	4,7067	a	0,2055
D x GN-03	4,7433	a	0,2252	Testemunha	3,9289	b	

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott e Knott a 5% envolvendo todos os tratamentos.

G=Composto GO Grosso, L=Composto GO Longo, D=Composto GO Dente, F=Composto GO Flint, B=Composto GO Branco, A=Composto GO Amarelo, Testemunha=G-85

A ocorrência de dominância no sentido da redução do teor de óleo dificulta a utilização de estratégias de melhoramento baseadas na exploração da heterose. Portanto, deverá ser buscado o acúmulo de genes de efeito aditivo, favoráveis para o aumento do teor de óleo, por seleção recorrente.

CONCLUSÕES

As populações testadas diferem entre si para o teor de óleo nos grãos. Há heterose nos cruzamentos, sendo esta resultante tanto dos genitores envolvidos quanto de combinações específicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa e Fapesp, pelo apoio financeiro a este trabalho, e à Capes e CNPq, pelas bolsas de doutorado concedidas ao primeiro e quinto autor, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, D.E. High oil corn-breeders aim for improved quality. **Crop and Soil Magazine**, Belle Glade, v.38, n.1, p.11-12, 1986.
 ALEXANDER, D.E.; LAMBERT, R.J. Relationship of kernel oil content to yield in maize. **Crop Science**, Madison, v.8, n.3, p.273-4, 1968.
 ANUALPEC: Anuário da Pecuária Brasileira / [coordenadores Izabel Monteiro Duarte Nehmi, Victor Abou Nehmi Filho, José Vicente Ferraz]. – São Paulo : FNP Consultoria & Comércio : Editora Argos, 2000.
 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995. 1141p.

BATISTA, L.A.R.; TOSELLO, G.A. Influência da fonte polinizadora sobre o conteúdo de óleo em grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, p.1757-1762, 1982.

BERKE, T.G.; ROCHEFORD, T.R. Quantitative trait loci for flowering, plant and ear height, and kernel traits in maize. **Crop Science**, Madison, v.35, n.6, p.1542-1549, 1995.

DUDLEY, J.W. Seventy-six generations of selection for oil and protein percentage in maize. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUANTITATIVE GENETICS, 1976, Ames. **Proceedings...** Ames: Iowa State University Press, 1977. p. 459-473.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. Concórdia: Embrapa/CNPQA, 1991. 97p. (Série Documentos, 19)

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Arlington, v.22, p.439-452, 1966.

GARWOOD, D.L.; WEBER, E.J.; LAMBERT, R.J. et al. Effect of different cytoplasm on oil, fatty acids, plant height, and ear height in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v.10, n.1, p.39-41, 1970.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

HAN, Y.; PARSONS, C.M.; ALEXANDER, D.E. Nutritive value of high-oil corn for poultry. **Poultry Science**, Savoy, v.66, n.1, p.103, 1987.

LAMBERT, R.J.; ALEXANDER, D.E.; MOLLRING, E.L. et al. Selection for increased oil concentration in maize kernels and associated changes in several kernel traits. **Maydica**, Roma v.42, n.1, p.39-43, 1997.

LETCHWORTH, M.B.; LAMBERT, R.J. Pollen parent effect on oil, protein, and starch concentration in maize kernels. **Crop Science**, Madison, v.38, n.2, p.363-367, 1998.

- LIMA, G.J.M.M.; NONES, K.; KLEIN, C.H. et al. Composição química de híbridos comerciais de milho testados na safra 1999/2000. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28., REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45., 2000, Pelotas, **Resumos...** Pelotas: Embrapa/CPACT, 2000. p.83-192.
- MILLER, P.A.; BRIMHALL, B. Factors influencing the oil and protein content of corn grain. **Agronomy Journal**, Madison, v.43, n.3, p.305-311, 1951.
- MISEVIC, D.; ALEXANDER, D.E. Twenty-four cycles of phenotypic recurrent selection for percent oil in maize. I. Per se and test-cross performance. **Crop Science**, Madison, v.29, n.2, p.320-324, 1989.
- MISEVIC, D.; MARIC, A.; ALEXANDER, D.E. et al. Population cross diallel among high oil populations of maize. **Crop Science**, Madison, v.29, n.3, p.613-617, 1989.
- NORDSTROM, J.W.; BEHREND, B.R.; MEADE, R.J. et al. Effects of feeding high oil corns to grow-finishing swine. **Journal of American Science**, Lansing, v.35, n.2, p.357, 1972.
- PACKER, D. **Variabilidade e endogamia em quatro populações de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 1998. 102p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326p.
- SILVA, R.M. **Valor genético e potencial heterótico de populações de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 2001. 121p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SILVA, S.O. **Estimativas de parâmetros genéticos em populações de milho braquítico, pelo delineamento I e suas implicações no melhoramento do teor de óleo do grão**. Piracicaba, 1990. 136p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- TATIS, H.A. **Seleção para alto teor de óleo na semente de milho e seus efeitos sobre caracteres agrônômicos**. Piracicaba, 1990. 118p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. Piracicaba, 1970. 59p. Tese (“Livre docência”) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ZIMBACK, L. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em uma variedade de milho dentado braquítico opaco (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 1985. 169p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.