SELEÇÃO PARA TAMANHO DO EMBRIÃO RELACIONADA
COM O TEOR DE ÓLEO DO GRÃO DE MILHO
(*Zea mays* L.)

LUIZ ALBERTO ROCHA BATISTA

Engenheiro Agrônomo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Orientador: GERALDO ANTONIO TOSELLO

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Mestre em Genética e
Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março - 1980

À minha esposa

DEDICO

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos

OFEREÇO

BIOGRAFIA DO AUTOR

LUIZ ALBERTO ROCHA BATISTA, filho de Jocelino Batista da Silva e Rosa Rocha Batista, nasceu em Araçatuba, Estado de São Paulo, aos 14 dias do mês de agosto de 1951. Iniciou e completou seus estudos básicos em Araçatuba, SP.. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica, em dezembro de 1974, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, "Campus" de Jaboticabal, em Jaboticabal, SP.. Em 1975 ingressou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), desenvolvendo atividade de pesquisa em milho e sorgo no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), em Planaltina, DF.. Em março de 1978, iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP..

AGRADECIMENTOS

Expressamos os nossos agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho e, de maneira especial, às seguintes pessoas e instituições:

Professor Dr. GERALDO ANTONIO TOSELLO, pela orientação e amizade.

Professor Dr. ERNESTO PATERNIANI, Diretor do Instituto e Chefe do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, pelas sugestões e críticas oferecidas na elaboração deste trabalho.

Aos colegas HÉLIO WILSON LEMOS DE CARVALHO e LÁZARO JOSÉ CHAVES, pelas inúmeras sugestões sobre vários aspectos do trabalho.

Aos colegas HIROSHI (SANDRA) NODA, pela revisão do texto.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo companheirismo.

Ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, nas pessoas de seus PROFESSORES e FUNCIONÁRIOS, pelos ensinamentos, facilidades concedidas e amizade.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), pela oportunidade de treinamento a nível de pós-graduação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. Herança do conteúdo de óleo em milho	5
3.2. Fatores que afetam o conteúdo de óleo em milho	7
3.3. Seleção para aumento do conteúdo de óleo em milho	10
3.4. Conteúdo de óleo e produtividade de grãos	16
3.5. Ressonância magnética nuclear (RMN) na determina- ção do teor de óleo em grãos de milho	18
4. MATERIAL	21
5. MÉTODOS	24
5.1. Obtenção da população Original	24
5.2. Obtenção da população Alto Óleo	27
5.3. Execução experimental	29
5.4. Estimativas dos Parâmetros Estatísticos	30
5.4.1. Análise individual por população	30
5.4.2. Análise reunida por população para o caráter porcentagem de óleo	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1. Peso dos grãos	38
6.2. Volume dos grãos	40

6.3. Densidade dos grãos	41
6.4. Conteúdo de óleo	42
6.5. Estudos de correlação	45
7. CONCLUSÕES	48
8. SUMMARY	50
9. LITERATURA CITADA	52
TABELAS DE RESULTADOS	62
FIGURAS	68

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Análise da variância para porcentagem de óleo por população. Esperanças matemáticas dos quadrados médios ($E(QM)$) obtidas da análise da variância considerando-se os efeitos de espigas como aleatório	31
2	Modelo para cálculo do coeficiente de repetibilidade (r) para o caráter porcentagem de óleo dentro de cada população	34
3	Quadro da análise da variância reunida por população, para o caráter porcentagem de óleo. Considerando-se fixo o efeito de populações e aleatório os efeitos entre e dentro de espigas	35
4	Média ($\bar{x}$) e coeficiente de variação entre espigas ($C.V.E_e$) para os caracteres de peso e volume de 100 grãos, densidade e porcentagem de óleo dos grãos de milho das populações Original e Alto Óleo. Coeficiente de repetibilidade (r) para o caráter porcentagem de óleo nas populações estudadas	63
5	Progressos obtidos pela seleção dentro de família de meios irmãos para embrião grande nos caracteres de peso e volume de 100 grãos, densidade e porcentagem de óleo dos grãos	64

Tabela nº

Página

6	Análise da variância para porcentagem de óleo, relativa as determinações realizadas entre e dentro de espigas S_1 da população Original	64
7	Análise da variância para porcentagem de óleo, relativa as determinações realizadas entre e dentro de espigas S_1 da população Alto Óleo	65
8	Análise da variância reunida por populações para porcentagem de óleo realizadas entre e dentro de espigas S_1 das populações Original e Alto Óleo	66
9	Coeficientes de correlação fenotípica entre as médias dos caracteres: peso e volume de 100 grãos, densidade e porcentagem de óleo dos grãos, nas populações Original e Alto Óleo	67

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Distribuição das frequências relativas ao peso de 100 grãos das sementes S_1 do Composto ESALQ-VD-2	69
2	Distribuição das frequências relativas ao volume de 100 grãos das sementes S_1 do Composto ESALQ-VD-2 ...	70
3	Distribuição das frequências relativas a Densidade das sementes S_1 do Composto ESALQ-VD-2	71
4	Distribuição das frequências relativas à porcentagem de óleo das sementes S_1 do Composto ESALQ-VD-2 ...	72

1. RESUMO

Para a obtenção de genótipos de milho com elevada produtividade em grãos e alto conteúdo de óleo, realizou-se na população ESALQ-VD-2, seleção para produtividade entre famílias de meios irmãos e seleção para embrião grande dentro das famílias; uma vez que a porcentagem de óleo nos grãos apresenta estreita relação com o tamanho do embrião.

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência do método de seleção empregado, através da análise do teor de óleo encontrado após cinco ciclos de seleção. Além da porcentagem de óleo, analisou-se peso, volume e densidade dos grãos, utilizando-se sementes S_1 com a finalidade de evitar possíveis efeitos da fonte polinizadora.

Foram comparadas entre si a população Original, onde efetuou-se seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos para produtividade, e a população Alto Óleo, onde, além da seleção entre famílias para produtividade, efetuou-se também, seleção dentro das famílias para embrião grande. Avaliou-se noventa e seis espigas S_1 da população Original e quarenta e três da população Alto Óleo.

Os resultados obtidos permitiram concluir que o sistema seletivo usado para elevar o conteúdo de óleo nos grãos de milho foi eficiente, promovendo um ganho médio por ciclo de 1,44% em relação a população Original. Os caracteres de peso, volume e densidade dos grãos mantiveram-se semelhantes aos da população Original. Embora, houvesse uma tendência de aumento no peso e volume e, redução na densidade dos grãos na população Alto Óleo.

A população Alto Óleo, visualmente, sofreu efeitos maiores da variação ambiental nas características vegetativas, em relação à população Original. Não se obteve correlações significativas para os caracteres de peso, volume e densidade dos grãos em relação à porcentagem de óleo em ambas populações estudadas.

2. INTRODUÇÃO

Das inúmeras aplicações na alimentação humana, destacamos o milho como fonte de óleo, embora, sabendo-se que as variedades e híbridos comerciais contêm normalmente cerca de 4 a 5% de óleo em seus grãos. Nos últimos anos, o interesse pelo óleo de milho tem aumentado grandemente em virtude das suas boas qualidades dietéticas, pois apresenta elevado teor de ácidos graxos insaturados, tais como os ácidos linoléico e oléico. Essa característica torna o óleo especialmente recomendável para redução do nível de colesterol do sangue, com consequente prevenção de doenças cardiovasculares. Atualmente, sua procura no mercado interno tem atingido níveis superiores à oferta, além do mercado internacional tanto para o óleo, como para o grão com maior teor em óleo.

Para suprir essa demanda, uma possível solução seria o melhoramento visando à obtenção de genótipos para maiores teores de óleo nos grãos. Contudo, a experimentação nos tem demonstrado que o aumento no teor de óleo provoca um decréscimo na produtividade, fator esse que tem sido responsável pela não utilização de germoplasmas comerciais com

maiores teores de óleo. Tem havido, entretanto, pesquisas sobre a possibilidade de se obter genótipos para teores de óleo mais elevados, sem que a produtividade de grãos seja grandemente afetada.

O presente trabalho tem como finalidade avaliar o método de seleção visual para embrião grande aplicado dentro das famílias de meios irmãos, selecionadas entre famílias para produtividade, através da análise do conteúdo de óleo dos grãos obtidos de espigas autofecundadas de plantas das populações Original e Alto Óleo, ambas provenientes do composto ESALQ-VD-2 de milho. As características de peso, volume e densidade dos grãos foram utilizadas para estudos de correlações e estudos comparativos entre as populações, afim de verificar as alterações que este tipo de seleção possa ter provocado na população Alto Óleo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Herança do conteúdo de óleo em milho

Através da análise dos vários constituintes do grão de milho, HOPKINS et alii (1903) e LENG (1967) determinaram que cerca de 85% do total de óleo estão contidos no germe ou embrião. Correlações positivas entre o teor total de óleo e o tamanho do embrião ou mesmo entre o conteúdo de óleo no embrião, foram relatadas por BRUNSON et alii (1948), SPRAGUE e BRIMHALL (1949), MILLER e BRIMHALL (1951) e RUSCHEL (1972). MILLER e BRIMHALL (1951) concluíram que o aumento no teor de óleo dos grãos de milho depende primeiramente do aumento da proporção do embrião em relação ao grão e da sua concentração de óleo. O aumento do teor de óleo por sua maior concentração no embrião foram também relatadas por GLOVER e TOSELLO (1973).

Os estudos de BEADLE et alii (1965) sobre a composição do óleo determinaram que cerca de 86% dos ácidos graxos constituintes do óleo de milho comercial são os ácidos linoléico e oléico. O restante é representado pelos ácidos palmítico e esteárico, sendo somente 1% a contribuição dos ácidos linolênico e araquinídico. Os conteúdos dos ácidos

olêico e linolêico, foram mais extensivamente estudados por PONELEIT e ALEXANDER (1965), CURTIS et alii (1968), PONELEIT e BAUMAN (1970), JELLUM (1970), ROCHE et alii (1971) e WEBER e ALEXANDER (1975), que obtiveram correlações negativas entre esses ácidos graxos, chegando a indicar um controle monogênico, onde o baixo teor de ácido linolêico domina o alto teor e, o alto teor de ácido olêico domina o baixo teor.

O estudo da herança do conteúdo de óleo em milho foi iniciado por SPRAGUE e BRIMHALL (1949) os quais evidenciaram que o baixo teor apresenta efeitos de dominância sobre o alto teor de óleo nos grãos, sugerindo que tanto os efeitos gênicos aditivos como de dominância estavam presentes, e que cerca de vinte pares de genes estão envolvidos, podendo afetar primeiramente o tamanho do embrião. Evidências de dominância para o baixo teor em óleo foi também relatado por ELROUBY e PENNY (1967) e DUDLEY et alii (1977).

LENG (1962a) e ELROUBY e PENNY (1967) indicaram a variância genética aditiva como o principal fator afetando o controle do conteúdo de óleo em milho. MORENO - GONZALEZ et alii (1975) usando as gerações F_2 e F_6 provenientes de cruzamentos entre variedades contrastantes de milho, para o conteúdo de óleo, mostraram que a estimativa da variância genética aditiva foi cerca de oito vezes maior que a estimativa da variância dominante em F_2 , e cerca de quatro vezes maior em F_6 . A estimativa da variância aditiva em F_2 foi o dobro da estimada em F_6 ; sugerindo que muitos loci de ação aditiva controlam o conteúdo de óleo em milho, estando estes em ligação completa nos pais utilizados. A estimativa da variância dominante em F_6 não diferiu significativamente da estimada em F_2 .

indicando uma falta de efeito de ligação sobre a variância dominante, a qual foi interpretada pelos autores como indicação de que os genes com ação dominante estão distribuídos por todo genoma em distâncias tais que possam ser herdados independentemente. Alguns genes são dominantes para baixo teor de óleo e outros dominantes para alto conteúdo em óleo.

3.2. Fatores que afetam o conteúdo de óleo em milho

Os efeitos relativos ao ambiente foram estudados por HOPKINS (1899), GENTER et alii (1956), JELLUM e MARION (1966), onde mostraram que as condições ambientais provocam grandes variações no conteúdo de óleo em milho, afetando grandemente o tamanho relativo do germe. As variedades de milho com maiores teores em óleo estão sujeitas a maiores interações ambientais.

JELLUM e MARION (1966) não observaram efeito quantitativo de óleo em relação às diferentes espigas provenientes de uma mesma planta.

LAMBERT et alii (1967) determinaram o efeito da posição do grão dentro de uma mesma espiga, para o conteúdo de óleo em milho. Tomando-se como base a porcentagem de óleo dos grãos analisados individualmente, os autores obtiveram que, em média, os grãos da parte central da espiga apresentam maior porcentagem de óleo (5,3%) do que os grãos da base (5,0%) e os do ápice da espiga (4,7%). Porém, quando foi utilizado o conteúdo total de óleo dentro do grão, usando a porcentagem de óleo e o peso dos grãos; os da parte basal, devido ao seu maior peso, apresentaram uma maior quantidade de óleo (17,0mg) que os da parte central (14,0mg) e os do

ápice (13,0mg) das espigas dos híbridos analisados. O efeito da posição da semente na espiga de milho sobre a qualidade do óleo foi determinado por JELLUM (1967). A posição da semente na espiga apresentou maior influência nos ácidos oléico e linoléico, que no palmítico. De modo geral, a proporção do palmítico e linoléico aumentam e a proporção do oléico diminuem linearmente com amostras provenientes da base para o ápice das espigas.

O conteúdo de óleo no milho é também influenciado pelo genótipo maternal. WOODWORTH e MUMM (1936, apud MILLER e BRIMHALL, 1951) observaram uma influência preponderante da fonte maternal sobre a porcentagem de óleo no grão de milho. Efeito este, determinado também nos trabalhos de MILLER e BRIMHALL (1951), CURTIS et alii (1956) e GARWOOD et alii (1970). MILLER e BRIMHALL (1951) determinaram a influência relativa do efeito maternal sobre o conteúdo de óleo, utilizando cruzamentos em uma espiga por uma mistura de pólen proveniente de duas diferentes fontes. Os grãos produzidos foram identificados pela coloração do endosperma, pois as fontes polinizadoras diferenciavam quanto a esta característica. GARWOOD et alii (1970) observaram efeitos maternos sobre o conteúdo de óleo, em todas comparações realizadas em sementes F_1 provenientes de cruzamentos recíprocos. O efeito maternal foi determinado também para a porcentagem de óleo no germe e na proporção do germe em relação ao grão inteiro. Os resultados obtidos permitiram concluir que a combinação destes fatores, porcentagem de óleo no embrião e proporção do embrião em relação ao grão, são as causas do efeito maternal, sobre a porcentagem de óleo. As diferenças no conteúdo de óleo em cruzamentos recíprocos foram

também relatadas por PONELEIT e BAUMAN (1970), os quais referem que estas diferenças, que foram variáveis entre as linhagens de milho testadas, são devidas principalmente ao efeito maternal. A respeito da variação do efeito maternal, em relação ao genótipo, ROCHE et alii (1971) mostraram a existência de elevado efeito maternal nos grãos F_1 de cruzamentos recíprocos entre os genótipos C 103 e R 84. Porém, este efeito não foi detectado nos cruzamentos envolvendo os genótipos IHO (Illinois High Oil) com R 84 e C 103 com IHO.

GARWOOD et alii (1970) e RUSKOVA (1974) relataram efeitos citoplasmáticos sobre a porcentagem de óleo em alguns cruzamentos. Contudo, todos os efeitos citoplasmáticos observados foram pequenos, quando comparados com o efeito fisiológico maternal. GARWOOD et alii (1970) determinaram como sendo de 0,14% o efeito citoplasmáticos em sementes F_1 , provenientes de cruzamentos recíprocos entre variedades IHO de milho.

MILLER e BRIMHALL (1951), CURTIS et alii (1956), ALEXANDER e LAMBERT (1968), GARWOOD et alii (1970), PONELEIT e BAUMAN (1970), RUSCHEL (1972) e RUSKOVA (1974), relataram em seus trabalhos uma pequena, porém consistente influência exercida pelo grão de pólen, sendo este efeito similar ao de metaxenia. O termo metaxenia é definido em ALLARD (1971) como sendo a influência do pólen sobre tecidos maternal do fruto.

ALEXANDER e LAMBERT (1968) analisaram sementes F_1 de cruzamentos envolvendo as variedades IHO e ILO (Illinois Low Oil), com relação a produção de óleo e matéria seca, usando para tal comparação o conteúdo de calorias produzidas. O teor de óleo, de proteína e de

carboidratos foram multiplicados pelos respectivos fatores: 9,4; 5,4 e 4,2 Cal/g, segundo WESTON e TODD (1963, apud ALEXANDER e LAMBERT, 1968). Desta forma, a soma destes valores individuais, possibilita a obtenção da quantidade de calorias produzidas nos grãos de cada cruzamento analisado. Estes autores concluíram que os híbridos polinizados por pólen provenientes de plantas com baixo teor de óleo (ILO), produziram significativamente baixas calorias em óleo quando comparados com híbridos polinizados por pólen provenientes de plantas com alto teor de óleo (IHO). Contudo, em geral, a capacidade fisiológica das plantas em armazenar energia (total de calorias por planta) não foi afetada pois ocorreu um aumento na quantidade de calorias nas fontes de proteína e carboidratos, quando a quantidade de calorias do óleo era reduzida pela fonte polinizadora.

3.3. Seleção para aumento do conteúdo de óleo em milho

O teor de óleo nos grãos de milho é passível de aumentos pelo melhoramento genético e, vários métodos de seleção foram estudados. O primeiro trabalho objetivando esta elevação do conteúdo de óleo em milho foi realizado por C.G.Hopkins, iniciado em 1896, em Illinois - USA (HOPKINS, 1899). Hopkins idealizou o método espiga-por-fileira, o qual consiste essencialmente na escolha de um grupo de espigas com caracteres desejáveis, sendo as sementes dessas espigas plantadas em fileiras individuais. Deste modo obtém-se uma avaliação das progênes das espigas escolhidas. As sementes remanescentes das melhores espigas nos testes de progênie, são misturadas para obtenção da geração seguinte.

O método foi aplicado primeiramente na seleção para alto e baixo teor de óleo, e para alto e baixo teor de proteína nos grãos de milho. Esses trabalhos continuam sendo conduzidos, constituindo assim o único exemplo, em plantas, de seleção para um caráter quantitativo conduzido por mais de setenta gerações, com dados bem relatados. Os resultados obtidos com a seleção para óleo serão examinados aqui com mais detalhes.

Como material original foram analisadas 163 espigas da variedade Burr White, dando uma média de 4,7% de óleo. As 40 espigas mais ricas em óleo foram escolhidas para iniciar a seleção para alto teor. Do mesmo modo, escolheram-se as 40 com menos óleo para iniciar a seleção para baixo teor. Cada espiga foi plantada numa fileira, obtendo-se assim, uma progênie. Os lotes, para alto e baixo teor, eram plantados cada um em lotes isolados de outros milhos. Na colheita colhiam-se espigas das fileiras com melhor aspecto agrônômico. As espigas eram então individualmente analisadas, escolhendo as dez fileiras mais ricas em óleo e de cada uma destas eram tomadas quatro espigas. Obtinha-se assim um novo grupo de 40 espigas para repetir o plantio no próximo ano. Processo idêntico era usado para seleção para baixo teor. Algumas modificações têm sido introduzidas, mantendo-se entretanto o esquema básico de espiga-por-fileira.

Resultados de 50 gerações de seleção nestes materiais, foram relatados por WOODWORTH et alii (1952) salientando que a seleção para alto teor produziu aumentos regulares chegando a cerca de 15%. A seleção para baixo teor chegou a 1% de óleo nos grãos, sendo de se notar

que depois de 25 a 30 gerações não se conseguiu diminuir substancialmente o teor de óleo. Isso certamente deve-se ao fato de que o teor de óleo es tã muito relacionado com o tamanho do embrião, tendo o material de baixo teor embriões muito pequenos, aparecendo inclusive, com certa frequência, sementes sem embrião. Seguramente há um limite fisiológico, abaixo do qual o embrião não é viável. Os progressos de seleção preditos através da extrapolação da reta de regressão não foram de boa precisão, de acordo com LENG (1961). Os ganhos obtidos nas gerações avançadas tem sido concentrados em duas características morfológicas distintas: tamanho do embrião para seleção com alto teor e conteúdo de óleo no germe para baixo teor de óleo.

Muito embora a seleção tenha sido conduzida por muitas gerações, os dados indicam ainda a presença de razoável variabilidade em am bas as seleções. Com o fim de testar a variabilidade presente nesses mi lhos selecionados depois de quase 50 gerações, LENG (1962a e 1962b) iniciou no material de alto teor, uma seleção para baixo teor, e igualmente no material de baixo teor, uma seleção para alto teor, chamando essa seleção de reversa. Os resultados de vários anos de seleção reversa conduziram a progressos efetivos em ambas as direções consideradas, indicando desta maneira, que suficiente variabilidade genética estava presente nas duas amostras para permitir progresso por seleção.

A variabilidade genética nestes materiais foram também detectadas por DUDLEY e LAMBERT (1969) após sessenta e cinco gerações. DUDLEY et alii (1974) relataram com detalhes todo o processo de seleção

conduzido por setenta gerações. A porcentagem de óleo obtida nas progênies para alto teor foi em média, 16,6%. Desta forma, este tipo de seleção proporcionou um ganho médio de 0,17% por ciclo. Estes resultados são de grande interesse porque indicam que, mesmo após muitas gerações de seleção, concentrando genes desejáveis, ainda persiste apreciável reserva gênica, o que leva a concluir que pelo menos para certos casos, essa reserva gênica é praticamente inesgotável.

Os métodos de melhoramento que fazem uso efetivo da variação genética aditiva foram propostos por PONELEIT e BAUMAN (1970), como sendo os melhores para alteração do conteúdo de óleo em milho.

WEBER e ALEXANDER (1975) citam que a seleção massal tem produzido variedades com teores de óleo variando de 0,4% a 17%. ELROUBY e PENNY (1967) demonstraram que a seleção massal parece ser o método mais eficiente para elevar a porcentagem de óleo nos grãos, porém, a seleção recorrente para capacidade geral de combinação mostrou ser um método mais eficiente para produção de óleo. Procurando obter dados comparativos entre dois sistemas de seleção para o aumento no conteúdo de óleo nos grãos de milho, SPRAGUE e BRIMHALL (1950) relataram sucesso marcadamente superior da seleção recorrente, em confronto com o sistema de selecionar em linhagens autofecundadas. O material original apresentava 7,2% de óleo e a média das linhagens autofecundadas na geração S_5 foi de 7,5%, sendo que as duas melhores linhagens tinham 10,6% e 10,8% de óleo nos seus grãos. No sistema de seleção recorrente, a média da população no segundo ciclo foi de 10,5%, sendo que valores máximos de 13,5% foram obtidos. A eficiência da seleção recorrente foi estimada como sendo de 2,6 vezes

superior ao processo de autofecundação. Devemos ressaltar que esta estimativa foi subestimada, uma vez que o material de seleção recorrente continha ainda apreciável variabilidade genética para permitir progressos posteriores, o que não acontecia nas linhagens autofecundadas. SPRAGUE et alii (1952) apresentaram dados adicionais comprovando a eficiência da seleção recorrente para aumento do teor de óleo usando outros germoplasmas.

ALEXANDER et alii (1970) usaram o sistema alternado de autofecundação e de polinização aberta para seleção de óleo em dois sintéticos de milho. Obtiveram aumentos de 4,5 a 10,2% para um dos materiais e de 4,8 a 8,8% no outro sintético. Com o uso da seleção recorrente recíproca, nestes dois materiais estes autores relatam um aumento no conteúdo de óleo de 4,8 a 10,1% na variedade sintética Alexo e 5,5 a 8,7% na variedade sintética D0, após seis e oito ciclos de seleção, respectivamente.

RUSCHEL (1972) usando três métodos de seleção (progênes autofecundadas, irmãos germanos e meios irmãos) em populações opaco-2 sintético A, concluiu que os três métodos foram eficientes para o aumento na porcentagem de óleo, obtendo em média um ganho de 0,37% sobre duas gerações. MIRANDA et alii (1976) avaliaram o sistema de famílias de meios irmãos na variedade Centralmex de milho, para produção de grão e óleo. O método de seleção simultânea entre e dentro de famílias de meios irmãos demonstrou ser eficiente no melhoramento para produtividade de grão e de óleo em milho.

CURTIS et alii (1968), analisando sessenta e cinco gerações para aumento no conteúdo de óleo determinaram que a seleção para

alto teor em óleo aumentou o tamanho do germe. Isto é causado tanto pelo aumento na taxa de crescimento do germe como pelo seu maior peso final, e que a seleção para baixo teor atua no sentido contrário, ou seja, diminui o tamanho do embrião. RUSCHEL (1972) indicou com base nas correlações encontradas, que a seleção para alto teor de óleo está associada com maior embrião. RUSCHEL (1975) concluiu que o peso do embrião e a porcentagem deste com o teor de óleo da semente permite prever um aumento no tamanho absoluto do embrião em resultados de seleção para elevar o teor de óleo do grão de milho. PATERNIANI (1972) mostrou que a seleção visual dos grãos para o tamanho do embrião está correlacionada com o teor de óleo. A primeira geração de seleção para aumento do conteúdo de óleo no milho, baseada no tamanho do embrião foi satisfatória. Este tipo de seleção, por ser bastante simples, poderá possibilitar um progresso razoável pelo menos nas primeiras etapas de um programa para aumentar o conteúdo de óleo em milho.

KINOSHITA e PATERNIANI (1974a e 1974b) utilizando o sistema de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, onde a seleção dentro das famílias foi baseada no tamanho do germe, obtiveram um progresso esperado na ordem de 15% para o primeiro ciclo de seleção. Contudo, não se observou aumento no teor de óleo, concluindo que para se conseguir progressos quanto ao teor de óleo, utilizando seleção para embrião grande é necessário que o trabalho seja acompanhado de análises de laboratório para a determinação do teor de óleo das progênes.

3.4. Conteúdo de óleo e produtividade de grãos

Devido ao balanço fisiológico energético da planta, o aumento no conteúdo de óleo nos grãos de milho pode vir a provocar uma redução na quantidade de carboidrato e dando como consequência redução na produtividade de grãos. Isto é devido a relação calorífica entre o óleo e carboidrato ser de 9,4 : 4,2 Cal/g, respectivamente (WESTON e TODD, 1963 apud ALEXANDER e LAMBERT, 1968). Desta forma, vários autores tem demonstrado a redução da produtividade do milho quando se eleva o teor de óleo de seus grãos. WOODWORTH et alii (1952) analisando a produtividade de grãos na população com cinquenta gerações para alto óleo, relataram que esta possui produtividade média, aproximadamente 50% inferior aos híbridos locais. ALEXANDER (1962, apud ELROUBY e PENNY, 1967) tratando-se da possibilidade de se obter alta produtividade de grãos e alto conteúdo em óleo, considerou, em bases fisiológicas, que o aumento de 1% no conteúdo de óleo nos grãos de milho deve provocar uma redução aproximada, na produtividade de grãos, de 75Kg/ha, desde que se considere constante a quantidade de calorias produzidas.

ALEXANDER et alii (1970) comentam o programa de obtenção de híbridos para alto conteúdo de óleo desenvolvido na década de trinta por Woodworth e Jugenheimer, em Illinois - USA. Os autores usaram o sistema de autofecundação, topcróss e retrocruzamento, juntamente com seleções para alto conteúdo de óleo na variedade Illinois High Oil (IHO) de milho. Obtiveram linhagens com conteúdo de 50 a 75% superior às variedades originais. Contudo, os híbridos obtidos apresentaram baixa produtivi

dade de grãos. Esta correlação negativa entre a produtividade de grãos e o conteúdo de óleo nos grãos foi a razão principal do insucesso de tal programa. DUDLEY et alii (1977) estudando os possíveis cruzamentos entre as variedades IHO (Illinois Hig Oil), ILO (Illinois Low Oil), RHO (Reverse High Oil) e RLO (Reverse Low Oil), encontraram correlações negativas entre a produtividade de grãos e a porcentagem de óleo nos grãos.

Contrastando com os autores que determinaram que a elevação do conteúdo de óleo nos grãos afeta negativamente a produtividade de grãos, MILLER e BRIMHALL (1951) verificando a relação entre o conteúdo de óleo e a produtividade de grãos, encontraram uma correlação estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade e positiva ($r = 0,27$) entre esses caracteres, onde a produtividade variou de 2.300 a 5.000Kg/ha e o conteúdo de óleo de 2,8 a 5,04%. Num segundo ensaio esses mesmos autores usaram 118 linhagens de milho branco ceroso, isolados de uma população segregante provenientes de cruzamentos entre IHO e a linhagem cerosa OS-420 e uma dessas linhagens foi autofecundada e retrocruzada para o híbrido ceroso K55 x K67. A produtividade das progênies obtidas do retrocruzamento variou de 3.400 a 5.700Kg/ha, e o seu conteúdo de óleo variou de 5,2 a 8,0%, obtendo uma correlação positiva para essas duas variáveis de $r = 0,41$. Concluindo que um aumento de 3% no conteúdo de óleo pode ser obtido sem afetar a produtividade do material.

ALEXANDER et alii (1970) através de alguns dados empíricos sugeriram que híbridos com 7 a 8% de óleo apresentam características agrônômicas semelhantes aos híbridos comerciais. Os estudos realizados por

PATERNIANI (1972) sobre a relação entre o tamanho do embrião e o teor de óleo em milho, indicaram ser possível elevar o teor de óleo sem reduzir a produtividade de grãos.

3.5. Ressonância magnética nuclear (RMN) na determinação do teor de óleo em grãos de milho

A ressonância magnética nuclear é um fenômeno que pode ser observado em núcleos que possuem momento magnético nuclear ($\vec{\mu}$) diferente de zero. Tal fenômeno é devido à absorção de energia pelo núcleo, energia esta fornecida por uma fonte externa, e que no caso da RMN está na faixa de rádio frequência (R.F.) (BISCEGLI, 1977). O óleo nas sementes se encontram em estado líquido, micro-encapsulado dentro das paredes celulares das sementes. Pequena reação ocorre entre a parede celular e o óleo. Desta forma, estando no estado líquido, a energia absorvida estimula-o, provocando uma estreita linha de ressonância. A parede celular e o resto da semente não contribuem para esta restrita banda de ressonância, e desta forma o tamanho deste componente é proporcional somente ao conteúdo de óleo das sementes (N.I.L., 1972).

A determinação do conteúdo de óleo pelo uso da ressonância magnética nuclear, diferencia do método químico usual pelo fato de que esta medida é realizada na própria semente, livre dos erros de extração por solventes. Além de poder determinar o conteúdo de óleo de uma única semente, não a inviabiliza, pois trata-se de um método não destrutivo. Esta é uma grande vantagem para os programas de melhoramento, pois

possibilita a obtenção da progênie da própria semente analisada, obtendo desta forma maiores progressos dentro do processo seletivo.

A relação entre os métodos de extração por solvente e o uso da RMN na determinação do conteúdo de óleo em sementes de milho, foi estudado por CONWAY e EARLE (1963) onde obtiveram entre estes métodos, uma correlação de $r = 0,993$. Desta forma os dados obtidos por ambos métodos são quase que idênticos. Importantes observações sobre o uso da análise do conteúdo de óleo das sementes de milho pelo método RMN foi dada por ALEXANDER et alii (1967) onde citaram que as amostras devem ter pesos semelhantes, com um mesmo teor de umidade e a mesma variação no teor de óleo, ou seja, as sementes devem provir de uma mesma posição da espiga de preferência da parte central.

BAUMAN et alii (1963 e 1965) utilizaram o método RMN para determinar o conteúdo de óleo das sementes F_2 e F_3 provenientes do cruzamento entre os genótipos Hy x Oh45 e suas respectivas progênies. Na determinação da herança da semente com sua progênie usou a análise de sementes individuais. Correlação do conteúdo de óleo nas sementes F_2 e suas progênies foi altamente significativa com $r = 0,75$. Entre seis famílias F_3 e suas respectivas progênies as correlações foram todas altamente significativas com r variando de 0,54 a 0,85. Apesar da grande diferença no conteúdo de óleo entre sementes de uma mesma espiga, estas foram herdáveis na geração F_2 e também na geração F_3 , onde a heterozigose é consideravelmente reduzida. A variabilidade no conteúdo de óleo entre sementes F_3 dentro da família foi correlacionado com grande variabilidade em

suas progênies. Oito sementes F_2 com maior conteúdo de óleo produziram progênies com média de 4,99%. Comparando com a média de todas as progênies (4,28%), isto representa um ganho de 16% (0,71% de óleo), através de seleção de uma única semente em uma geração. A seleção de uma única semente para o conteúdo de óleo promove uma boa pressão de seleção, podendo vir a ser usado conjuntamente com outros métodos de melhoramento para aumentar a eficiência na seleção para alto conteúdo de óleo em milho.

4. MATERIAL

A população básica utilizada no presente trabalho foi a ESALQ-VD-2, sintetizada no Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), a partir de populações de milho da raça Tuxpeño obtidos do CIMMYT, além de populações desenvolvidas em programas locais (PATERNIANI, 1968 e PATERNIANI et alii, 1977).

Uma descrição sucinta, quanto às características destas populações, é dada por LIMA (1977) que assim expõe:

WP₂ : Grãos amarelos, dentados. Formada a partir de amostras coletadas no norte de Vera Cruz, México: Ver Gpo 48, Ver 168 e SLP 15.

WP₆ : Grãos brancos do tipo dentado e semi-dentado, formada a partir de uma mistura de sementes obtidas dos melhores cruzamentos intervarietais de Tuxpeño x Eto Blanco.

WP₉ : Grãos brancos do tipo meio-dente, formada a partir de uma mistura de sementes de diversas variedades de Tuxpeño de alta produtividade, como Mix e Colina Gpo₁, cruzadas com Eto Blanco.

- WP₁₀: Grãos dentados amarelos, conhecida como Composto III Centro Americano. Formada a partir de milhos duros amarelos do Grupo Cubano (Cuba 40 e Hawai 5) e de milhos dentados Tuxpeño Amarelos (SLP-164).
- WP₂₇: Grãos dentados brancos da raça Tuxpeño, cultivadas em Vera Cruz, México.
- WP₂₉: Carmem - Grãos dentados de coloração branca pertencente à raça Tuxpeño, originária de Vera Cruz, México.
- WP₃₂: Mix 1 - Grãos dentados brancos da raça Tuxpeño, formada no programa de melhoramento da Costa Rica.
- WP₃₇: Venezuela 3 - Milho dentado branco, obtido por seleção na Venezuela.
- Piramex: Milho Tuxpeño sintético amarelo, obtida pelo programa de melhoramento de milho do Instituto de Genética da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.
- América Central: Variedade de milho de grãos dentados amarelos de germoplasma predominantemente Tuxpeño, obtida pelo programa de melhoramento de milho do Instituto de Genética da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.
- Azteca: Representante da raça Tuxpeño amarelo, obtida pela Seção de Cereais do Instituto Agronômico do Estado, Campinas, SP.
- Maia: Variedade sintética com germoplasma de origem mexicana e criada pela Seção de Cereais do Instituto Agronômico do Estado, Campinas, SP.

O programa de obtenção da população de milho ESALQ - VD - 2 iniciou-se em 1965, com o cruzamento entre plantas de amostras representativas das doze populações já citadas. O material resultante desses cruzamentos foi submetido a quatro gerações de recombinação em lote isolado de despendoamento, nos anos de 1966, 1967, 1968 e 1969. A população proveniente do campo de recombinação do ano de 1968 caracterizava-se por ser altamente heterogênea, bem adaptada, de alta produtividade. A altura das plantas e a posição das espigas mostravam-se relativamente altas (2,81m e 1,71m, respectivamente) e as espigas apresentavam 14 fileiras de grãos dentados brancos e amarelos (QUEIROZ, 1969).

5. MÉTODOS

5.1. Obtenção da população Original

No ano de 1970 foi plantado um lote isolado da população ESALQ - VD - 2 Original, na qual foi aplicada seleção massal. As 700 espigas obtidas de plantas agronomicamente superiores foram selecionadas, debulhadas e as sementes mantidas separadamente, constituindo-se famílias de meios irmãos. Esta população foi chamada ESALQ-VD-2 MI e a partir dela iniciou-se a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos.

O método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos proposto por LONNQUIST (1964) e com algumas modificações, principalmente no que se refere ao emprego de semente remanescentes, foi conduzido como segue, segundo LIMA (1977).

As 700 famílias de meios irmãos selecionadas no ano agrícola de 1970/71 e correspondente à população ESALQ-VD-2 MI foram testadas em sete grupos de 100 famílias, empregando-se o delineamento látice 10 x 10 com três repetições para cada grupo. Cada parcela foi constituída

de uma fileira de 5,0m de comprimento, no espaçamento de 1,0m entre fileiras e 0,40m entre covas. Cada cova recebeu três sementes, deixando após o desbaste duas plantas.

Após o completo desenvolvimento das plantas, foram feitas observações de interesse agrônomo, em duas das três repetições utilizadas, tais como: altura média das plantas, altura média da inserção da primeira espiga na planta e acamamento. A seguir foi feita a contagem do número de plantas por parcela (stand). Na colheita foram anotados o peso das espigas despalhadas e o teor de umidade dos grãos correspondentes a cada parcela experimental. As produções observadas no campo, correspondentes a cada parcela, foram corrigidas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$PC_{15,5\%} = \frac{PC (1-U)}{0,845}$$

onde:

$PC_{15,5\%}$: peso de campo corrigido para 15,5% de umidade;

PC : peso de campo observado;

U : umidade observada em cada parcela.

A seguir foi feita correção para "stand", empregando-se a fórmula de ZUBER (1942):

$$PCC = PC_{15,5\%} \frac{T - 0,3 F}{T - F}$$

onde:

PCC : peso de campo corrigido para "stand" ideal;

$PC_{15,5\%}$: peso de campo corrigido para 15,5% de umidade;

T : número de plantas ideal por parcela;

F : número de plantas perdidas por parcela.

Este ajuste adiciona 0,7 da produção média para cada planta perdida e considera que 0,3 é recuperado pelas plantas vizinhas à falha.

Após a obtenção dos dados finais, baseando-se no comportamento médio das famílias nas três repetições quanto aos caracteres: produtividade, altura de plantas e espigas, acamamento e "stand", foram selecionadas cerca de 100 melhores famílias de meios irmãos. As sementes remanescentes dessas famílias selecionadas foram utilizadas no plantio em lote isolado de despendoamento no ano agrícola de 1972/73 com objetivo de proceder a recombinação das mesmas. De cada uma dessas famílias foram escolhidas de 4 a 5 plantas obtendo-se 500 famílias de meios irmãos. Essa nova população foi chamada de ESALQ-VD-2 MI HSI. Essas 500 famílias de meios irmãos foram avaliadas no ano agrícola de 1973/74, em cinco ensaios em látice 10 x 10 com três repetições em cada grupo. Após a condução dos ensaios e obtenção dos dados, como descrito anteriormente, as famílias selecionadas foram recombinadas no ano seguinte, permitindo a obtenção de 500 famílias correspondentes a população ESALQ-VD-2 MI HSII.

No ano agrícola 1975/76 as 500 famílias de meios irmãos foram avaliadas e as melhores famílias recombinadas no ano agrícola seguinte, permitindo dispor de 500 novas famílias correspondentes ao ESALQ-VD-2

MI HSIII que foi denominada, no presente trabalho de população Original.

5.2. Obtenção da população Alto Óleo

Com objetivo de se ter uma variedade de milho com alto teor de óleo e de boa produtividade de grãos, destinada a atender às necessidades das indústrias de óleo de milho, iniciou-se seleção para alto teor em óleo nos grãos do composto ESALQ-VD-2.

O método utilizado foi o de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, da maneira descrita a seguir (PATERNIANI, 1979)^{1/}.

Durante o ano agrícola de 1972/73, 1000 progênes meios irmãos do composto ESALQ-VD-2 MI foram testadas para produtividade e características agrônômicas em 10 ensaios látice 10 x 10 com 4 repetições cada. As repetições 1, 2 e 3 foram semeadas em outubro, com sementes normais. As parcelas compreenderam de uma fileira de 10,0m, semeando-se três sementes em cada cova espaçadas entre si de 0,40m. O espaçamento entre fileiras foi de 1,0m. Após o desbaste deixou-se duas plantas por cova. O "stand" completo teve 50 plantas por fileira. A repetição 4, foi semeada em novembro, cerca de um mês mais tarde que as repetições 1, 2 e 3, em lote isolado de despendoamento. Essa repetição foi semeada com sementes selecionadas, visualmente, para embrião grande de cada uma das progênes de meios irmãos. Semeou-se na proporção de duas fileiras femininas, que foram despendoadas, para uma fileira masculina. As sementes usadas para o plantio das fileiras masculinas foram constituídas por uma mistura, em quantidades iguais, de sementes das 1000 progênes de meios irmãos e a

^{1/} PATERNIANI (1979), comunicação pessoal.

semeadura foi realizada em duas épocas, com intervalo de 7 a 8 dias. Essas sementes, também, foram escolhidas para embrião grande.

Os tratos culturais foram os normais à cultura de milho. Pouco antes do florescimento, eliminou-se nas fileiras masculinas da quarta repetição, as plantas inferiores e fora de tipo.

Após a colheita das repetições 1, 2 e 3 identificou-se as progênes mais produtivas. Na 4a. repetição, colheu-se as 10 melhores plantas dentro das 200 progênes mais produtivas, de acordo com os resultados das três primeiras repetições. Na colheita deu-se preferência às plantas prolíficas (mais de uma espiga por planta) ou espigas grandes e bem empalhadas, plantas erectas e com inserção de espigas não muito alta. Manteve-se sempre juntas as espigas de plantas prolíficas. Após a secagem das espigas, escolheu-se as 1000 espigas melhores, considerando as espigas de plantas prolíficas como uma espiga. Debulhou-se cada espiga individualmente, constituindo a população ESALQ-VD-2 MI HSHOI (um ciclo de seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e dentro de famílias para embrião grande).

O mesmo procedimento foi realizado nos anos agrícolas de 1973/74; 1974/75; 1975/76 e 1976/77. Obteve-se desta forma no final do ano agrícola de 1976/77 a população ESALQ-VD-2 MI HSHOV, ou seja, população ESALQ-VD-2 MI com cinco ciclos de seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e dentro de famílias para embrião grande, denominada no presente trabalho de população Alto Óleo.

5.3. Execução experimental

No ano agrícola de 1978/79 uma amostra de sementes, tanto da população Original, como da Alto Óleo foram plantadas e as espigas das plantas autofecundadas, afim de se evitar possíveis efeitos de fonte polinizadora. Obtendo, desta forma, sementes S_1 . Da população Original obteve-se 96 espigas S_1 , enquanto que da população Alto Óleo foram obtidas 43 espigas. Estas espigas após serem colhidas foram debulhadas individualmente e armazenadas em câmara seca para a uniformização da umidade dos grãos, que ocorreu ao redor de 12%.

Os dados obtidos das sementes S_1 foram os seguintes:

- a) Peso de 100 grãos: sementes representativas da parte central de cada espiga foram selecionadas e obteve-se seu peso em gramas;
- b) Volume de 100 grãos: utilizou-se o método da diferença de volume medido pelo deslocamento da coluna de etanol, em mililitros;
- c) Densidade dos grãos: após a obtenção do peso e volume dos grãos, a relação entre estes caracteres forneceu a densidade, em gramas por mililitro;
- d) Porcentagem de óleo: de cada espiga foram escolhidas duas amostras de quinze grãos cada uma, os quais após sua moagem procedeu a determinação da porcentagem de óleo do modo descrito a seguir(TOSELLO,1978)^{1/}:

^{1/} TOSELLO, 1978. Comunicação pessoal.

cartuchos de papel de filtro, devidamente numerados, foram colocados a uma temperatura de 70°C durante 30 minutos para secagem, obtendo seus pesos secos (P_1). As amostras do material moído foram colocadas nesses cartuchos, tomando-se o cuidado de não compactar o material, o qual foi seco até peso constante (6 horas a 70°C), após o qual foi pesado (P_2). Depois de grampeados e secos novamente por uma hora à mesma temperatura, foram novamente pesados (P_3). Procedeu-se, a seguir, a extração do óleo das amostras usando n-hexano, durante 14 horas, em extrator de Soxhlet. Após este tempo as amostras foram secas durante 6 horas a uma temperatura de 70°C e determinado seu peso (P_4). Através da diferença entre P_2 e P_1 , obteve-se o peso seco da amostra antes da extração do óleo. Pela diferença entre P_3 e P_4 , obteve-se a quantidade de óleo contida na amostra. A porcentagem de óleo foi obtida utilizando-se a seguinte expressão:

$$PO = ((P_3 - P_4) / (P_1 - P_2)) \cdot 100$$

onde:

PO : porcentagem de óleo na amostra analisada.

5.4. Estimativas dos Parâmetros Estatísticos

5.4.1. Análise individual por população

Os dados de porcentagem de óleo obedeceram ao esquema do delineamento inteiramente casualizado. As espigas dentro de cada população foram consideradas como tratamentos, e as amostras dentro das espigas como número de determinações, segundo o modelo linear:

$$Y_{ik} = m + b_i + d_{k(i)}$$

onde:

Y_{ik} : observação da espiga i na determinação k ;

m : média geral;

b : efeito do tratamento (espiga) i ;

$d_{k(i)}$:efeito da determinação k dentro do tratamento i .

O modelo visa a diferença de teor de óleo entre as espigas obtidas. O quadro do esquema da análise da variância individual por população é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise da variância para porcentagem de óleo por população. Esperanças matemáticas dos quadrados médios (E(QM)) obtidas da análise da variância considerando-se os efeitos de espigas como aleatório

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Entre espigas	$n - 1$	Q_1	$\bar{\sigma}_{de}^2 + d\bar{\sigma}_{Ee}^2$	Q_1/Q_2
Dentro de espigas	$n(r-1)$	Q_2	$\bar{\sigma}_{de}^2$	-
Total	$nr - 1$			

onde:

n : número de espigas analisadas por população;

d : número de determinações dentro de cada espiga;

Q_1 : quadrado médio entre espigas;

Q_2 : quadrado médio dentro de espiga;

$\hat{\sigma}_{de}^2$: estimativa da esperança matemática da variância dentro de espigas = Q_2 ;

$\hat{\sigma}_{Ee}^2$: estimativa da esperança matemática da variância entre espigas = $((Q_1 - Q_2)/r)$.

Dos dados de porcentagem de óleo obtiveram-se ainda os coeficientes de variação entre e dentro de espigas pelas expressões:

$$C.V._{Ee} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{Ee}^2}}{\bar{x}} \cdot 100$$

e

$$C.V._{de} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{de}^2}}{\bar{x}} \cdot 100$$

onde:

$C.V._{Ee}$: coeficiente de variação entre espigas;

$C.V._{de}$: coeficiente de variação dentro de espigas;

$\bar{x}$: estimativa da média geral para porcentagem de óleo.

Com relação aos dados de peso, volume e densidade dos grãos, pelo fato de se ter somente uma determinação por espiga, obteve-se a média e o coeficiente de variação entre espigas.

Os dados obtidos das características estudadas foram tomados em pares para determinação das correlações entre estas, para cada população, segundo a expressão:

$$r_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\hat{\sigma}_x \cdot \hat{\sigma}_y}$$

onde:

r_{xy} : coeficiente de correlação fenotípica entre as características x e y;

Cov_{xy} : covariância entre as características x e y;

$\hat{\sigma}_x$: estimativa do erro padrão associado a característica x;

$\hat{\sigma}_y$: estimativa do erro padrão associado a característica y.

A significância dos coeficientes de correlação foram avaliadas pelo teste "t", segundo a expressão (STEEL e TORRIE, 1960):

$$t = \frac{r - \rho}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

onde:

t : estimativa de "t" para o contraste a ser testado;

r- ρ : contraste a ser testado, para uma hipótese de nulidade onde consideramos $\rho = 0$;

n-2: graus de liberdade pelos quais o contraste foi testado; onde n vem a ser o número de pares em que foi obtido o valor do coeficiente de correlação (r).

Do quadro de análise para porcentagem de óleo, obteve-se o coeficiente de repetibilidade para o caráter, em ambas as populações. Este coeficiente de repetibilidade (r) é utilizado para medir a capacidade de que os indivíduos de uma população possuem em repetir a expressão do caráter analisado. Pelo fato da variabilidade entre as espigas de uma

população conter, além da variação genética, também parte da variação ambiental, este coeficiente corresponde ao limite máximo da herdabilidade do caráter. Este coeficiente foi calculado, nas duas populações, para o caráter porcentagem de óleo, segundo o esquema de análise interpopulacional apresentado na Tabela 2 (VENCOVSKY, 1977).

Tabela 2. Modelo para cálculo do coeficiente de repetibilidade (r) para o caráter porcentagem de óleo dentro de cada população.

Fontes de Variação	Q.M.	E(Q.M.)
Entre as espigas	Q_1	$\hat{\sigma}_{de}^2 + d \hat{\sigma}_{Ee}^2$
Dentro de espigas	Q_2	$\hat{\sigma}_{de}^2$

$$r = \frac{\hat{\sigma}_{Ee}^2}{\hat{\sigma}_{de}^2 + \hat{\sigma}_{Ee}^2} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} = h^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

onde:

Q_1 : quadrado médio entre espigas;

Q_2 : quadrado médio dentro de espigas;

$\hat{\sigma}_{Ee}^2$: estimativa da esperança matemática da variância entre espigas;

$\hat{\sigma}_{de}^2$: estimativa da esperança matemática da variância dentro de espigas;

d : número de determinação dentro de espigas;

r : coeficiente de repetibilidade;

h^2 : herdabilidade do caráter analisado;

$\hat{\sigma}_e^2$: estimativa da esperança matemática da variância ambiental.

5.4.2. Análise reunida por população para o caráter porcentagem de óleo

A análise da variância reunida por população constitui a generalização das conclusões obtidas pelas análises individuais, além de permitir a distinção entre as populações, com relação ao caráter estudado. O modelo da análise reunida está apresentado na Tabela 3, onde mostra também que, pelo fato dos números de espigas serem diferentes por população, o coeficiente da variância entre populações relativo ao número de espigas (k) foi obtido por média harmônica entre os números de espigas por população.

Tabela 3. Quadro da análise da variância reunida por população, para o caráter porcentagem de óleo. Considerando-se fixo o efeito de populações e aleatório os efeitos entre e dentro de espigas

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.
Entre populações	$(p - 1)$	Q_1
Entre espigas/populações	$((n_1 - 1) + (n_2 - 1))(p - 1)$	Q_2
Dentro de espigas/populações	$((n_1 + n_2)(d - 1))(p - 1)$	Q_3
Total	$((n_1 + n_2)d) - 1$	
Fontes de Variação (Cont.)	E (Q.M.)	F
Entre populações	$\hat{\sigma}_{de}^2 + d\hat{\sigma}_{Ee}^2 + dk\Sigma E_p^2/(p-1)$	Q_1/Q_2
Entre espigas/populações	$\hat{\sigma}_{de}^2 + d\hat{\sigma}_{Ee}^2$	Q_2/Q_3
Dentro de espigas/populações	$\hat{\sigma}_{de}^2$	

$$k = 2/(1/n_1 + 1/n_2)$$

onde:

n_1 : número de espigas obtidas da população Original;

n_2 : número de espigas obtidas da população Alto Óleo;

p : número de populações estudadas;

$\Sigma E_p^2 / (p-1)$: estimativa da esperança matemática da variância entre populações.

O progresso obtido foi dado pelo contraste entre as médias das características estudadas nas duas populações e sua significância pelo teste "t", segundo as expressões:

$$\hat{y} = \hat{m}_2 - \hat{m}_1$$

$$t = \frac{\hat{y}}{\sqrt{s^2 (1/n_1 + 1/n_2)}}$$

$$s^2 = \frac{SQ_1 + SQ_2}{(n_1 + n_2) - 2}$$

onde:

t : estimativa de "t" para o contraste a ser testado, com $(n_1+n_2)-2$ graus de liberdade;

$\hat{y}$: estimativa do contraste entre médias das populações para uma determinada característica, usada na obtenção do progresso da seleção;

$\hat{m}_1$: estimativa média da característica estudada na população Original;

$\hat{m}_2$: estimativa média da característica estudada na população Alto Óleo;

SQ_1 : soma dos quadrados para característica estudada na população Original;

SQ_2 : soma dos quadrados para característica estudada na população Alto Óleo;

s^2 : estimativa da variância média das populações para a característica envolvida pelo contraste.

Na transformação destes contrastes ($\tilde{y}$) em porcentagem tomou-se como índice 100 a população Original. Os sinais + ou - em frente ao contraste indica se a seleção promoveu aumento (+) ou redução (-) para o caráter estudado, ou seja, o contraste representa o progresso obtido na seleção para embrião grande na característica estudada. A razão do progresso obtido pelo número de ciclos de seleção (5), dá-nos o progresso médio por ciclo de seleção.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mês de dezembro do ano agrícola de 1978/79 apresentou uma baixa pluviosidade. Esse período coincidiu com a época de florescimento das populações, nas quais pode-se notar uma redução na prolificidade, especialmente na população Alto Óleo. Esta população apresentou, também, um pequeno aumento na duração do seu ciclo até o florescimento, em relação à população Original.

Das espigas autofecundadas de plantas das populações Original e Alto Óleo, obteve-se sementes S_1 , das quais os dados foram obtidos.

6.1. Peso dos grãos

A média do peso de 100 grãos, em gramas, com o teor de umidade ao redor de 12% e, o coeficiente de variação entre espigas das populações Original e Alto Óleo estão apresentados na Tabela 4. A distribuição das frequências relativa à característica de peso de 100 grãos,

em ambas populações, estão representadas pela Figura 1. Os resultados mostraram que a seleção para embrião grande não proporcionou aumento significativo no peso dos grãos. Contudo, obteve-se um ganho médio por ciclo de 0,08 grama proporcionando um ganho total nos cinco ciclos de seleção de 0,42 grama, equivalente a 1,14% em relação à população Original (Tabela 5). Embora, este ganho não seja significativo estatisticamente, mostra que a seleção praticada tendeu a aumentar o peso dos grãos.

Estes resultados indicam a possibilidade de seleção para elevar o conteúdo de óleo no milho, sem afetar negativamente o peso dos grãos, em relação à população Original. Estudos sobre tal aspecto foram realizados por ALEXANDER (1962, apud ELROUBY e PENNY, 1967), que verificou a possibilidade de se obter genótipos com alta produtividade e alto conteúdo de óleo, tendo como base os limites fisiológicos. Contudo a maioria dos trabalhos visando aumento no teor de óleo em milho tem mostrado um decréscimo na produtividade de grãos (WOODWORTH et alii, 1952). Isto se deve ao fato da seleção basear-se somente no conteúdo de óleo, provocando uma redução na produção de grãos. Porém, se a seleção basear-se, primeiramente, na produtividade de grãos e dentro das famílias selecionar para embrião grande, torna-se possível a obtenção de genótipos eficientes, tanto para produção de grãos, como para óleo. Contudo, os resultados mostraram que neste tipo de seleção não houve redução quanto ao peso dos grãos. Resta saber se não ocorreu decréscimo na capacidade produtiva da planta.

O coeficiente de variação entre espigas, para peso dos grãos, mostrou que a seleção para embrião grande não alterou a variabilidade deste caráter em relação à população Original e, sim, que houve uma tendência para elevar tal variabilidade na população selecionada, indicando que este tipo de seleção não restringe a variabilidade para o peso dos grãos, proporcionando, desta forma, a possibilidade de seleção para esta característica, em programas avançados de melhoramento, já que nesta fase, a redução da produtividade de grãos parece inevitável devido a limites fisiológicos (WOODWORTH et alii, 1952; LENG, 1962a).

6.2. Volume dos grãos

A Tabela 4, apresenta os resultados obtidos para o volume de 100 grãos e o coeficiente de variação entre espigas nas populações Original e Alto Óleo. A frequência relativa deste caráter é apresentada na Figura 2. Estes resultados mostraram que a seleção para embrião grande proporcionou um aumento, embora não significativo, de 0,087ml por ciclo de seleção, dando um percentual de 0,30% em relação à população Original, sendo que o percentual dos cinco ciclos de seleção foi de 1,52% (Tabela 5). Esta tendência de acréscimo no volume dos grãos é explicado pelo fato de que a seleção dentro de famílias de meios irmãos, procurou atuar sobre o aumento do embrião, e isto resultou neste pequeno aumento no volume total do grão, pois os grãos que possuem embriões maiores tendem também a serem maiores.

A relação percentual entre o tamanho do grão e do embrião é dado por LENG (1967) onde mostrou que, a porcentagem do embrião no

grão varia de 24 a 25%, e que o embrião contém cerca de 87,9 a 94% do total de óleo contido no grão, e ainda que a porcentagem de óleo no embrião varia de 51,47 a 53,72%, mostrando a estreita relação da porcentagem de óleo com o tamanho do embrião e do grão.

O coeficiente de variação entre progênes para o volume do grão foi superior na população Alto Óleo em relação à Original. Indicando que a seleção para embrião grande pelo fato de aumentar o conteúdo do óleo na população Alto Óleo, esta passou a ser mais afetada pelo ambiente que a população Original, já que o coeficiente de variação calculado está inflacionado pela variação ambiental. Este aspecto foi discutido por JELLUM e MARION (1966) os quais mostraram que populações com maiores teores em óleo apresentam maior interação por ambiente.

6.3. Densidade dos grãos

O caráter densidade é uma relação entre o peso e o volume. Desta forma, os resultados obtidos foram interpretados como uma relação e estão apresentados na Tabela 4, juntamente com o coeficiente de variação entre espigas. A distribuição da frequência relativa à densidade dos grãos são apresentados na Figura 3. A densidade média tendeu a ser maior na população Original que na Alto Óleo, indicando que a seleção para embrião grande provocou uma redução, apesar de não significativa, neste caráter. A redução total foi da ordem de 0,26% em relação a população Original (Tabela 5).

Sendo a densidade uma relação entre o peso e volume, os resultados mostraram que a seleção para embrião grande apresentou uma tendência em aumentar esses caracteres, apesar de ter proporcionado um decrêscimo na densidade. Isto se deve ao fato da seleção ter sido mais eficiente no aumento do volume do grão do que no peso deste, em razão da seleção dentro de família ter se baseado no maior tamanho do embrião. Consequentemente, os grãos obtidos tenderam a um volume maior. A seleção não teve qualquer ação sobre o peso dos grãos, os quais tiveram uma tendência de aumento através de resposta correlacionada, devido a alta correlação entre o volume e o peso dos grãos.

O coeficiente de variação entre espigas para a população Original foi superior ao da população Alto Óleo. Este resultado deve também ser interpretado sob forma de relação entre peso e volume. No peso dos grãos, o coeficiente de variação se manteve praticamente constante em ambas as populações. No volume dos grãos, o coeficiente de variação da população Alto Óleo foi superior ao da população Original. Desta forma, uma redução do coeficiente de variação da população Alto Óleo para o caráter densidade dos grãos deve-se ao fato de ter ocorrido um aumento deste parâmetro no caráter volume dos grãos.

6.4. Conteúdo de óleo

A Tabela 4 apresenta a média, o coeficiente de variação entre espigas e o coeficiente de repetibilidade do caráter porcentagem de óleo nas populações Original e Alto Óleo. O progresso obtido, total e

por ciclo de seleção, na população Alto Óleo em porcentagem relativo à população Original estão apresentados na Tabela 5. As análises da variância referentes às determinações de porcentagem de óleo para as populações Original e Alto Óleo são apresentadas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. A Tabela 8 apresenta a análise da variância reunida por populações, as quais diferiram significativamente entre si pelo teste "F", para o caráter estudado. Isto demonstra a eficiência do método de seleção empregado para elevar o conteúdo de óleo nos grãos de milho.

A seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade, e dentro das famílias para embrião grande, proporcionou um aumento na porcentagem de óleo de 1,44% por ciclo em relação à população Original. Este aumento equivale, em valores absolutos a 0,08%. O aumento percentual dos cinco ciclos, em relação à população Original foi de 7,18%, estatisticamente significativo ao nível de 1% de probabilidade. ELROUBY e PENNY (1967) encontraram, em valores absolutos, por ciclo de seleção, ganhos de 0,53; 0,39 e 0,50%, respectivamente, para seleção massal, seleção entre famílias de irmãos germanos e seleção recorrente. Da mesma forma, WOODWORTH *et alii* (1952) haviam detectado um ganho médio de 2,75% em relação à população Original, nas cinco primeiras gerações de seleção para alto óleo, aplicando o método espiga-por-fileira.

Embora a metodologia utilizada no presente trabalho não tenha possibilitado estimar a variabilidade genética do caráter estudado, LENG (1962a) refere que esta variabilidade pode ser também medida pelo coeficiente de variação, embora este parâmetro contenha parte da

variação ambiental. Os coeficientes de variação estimados para o caráter porcentagem de óleo mostraram a presença de variabilidade entre espigas para esta característica nas populações Original e Alto Óleo. Esta variabilidade tende a ser mais acentuada na população Original. Fato semelhante e ainda mais acentuado, ocorreu com a variação dentro das espigas, como pode ser observado pelo coeficiente de variação dentro de espiga. Os valores obtidos para variação entre espigas se aproxima dos obtidos por LENG (1962a), onde o coeficiente de variação em 13 gerações de seleção para alto óleo variou de 5,4% a 14,6%. O fato da população Original ter apresentado maior variabilidade, de acordo com seu coeficiente de variação, tanto entre como dentro das espigas, se deve à constatação de que a seleção tende a diminuir a variabilidade no decorrer dos ciclos, nos caracteres selecionados. Isto é mostrado no trabalho de LIMA (1977) onde a seleção, entre e dentro de famílias de meios irmãos para produtividade de grãos, acarretou uma redução de 7,35 para 6,26% no coeficiente de variação genética, em três ciclos de seleção. A redução da variabilidade para o caráter porcentagem de óleo na população Alto Óleo, em relação a população Original é também observada na Figura 4, a qual mostra a distribuição das frequências relativas ao teor de óleo nestas populações. A constatação de variabilidade, estatisticamente significativa, na população Alto Óleo indica a possibilidade de novos progressos com a continuidade de seleção para elevar o conteúdo de óleo nessa população.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que, embora a seleção entre família tenha sido realizada com base na

produtividade de grãos, o aumento no conteúdo de óleo foi devido a seleção praticada dentro das famílias para embrião grande. Esse aumento foi bastante significativo, sendo comparáveis aos trabalhos onde se aplicou seleção visando somente a elevação do conteúdo de óleo. Isto se deve ao fato do tipo de seleção ter explorado a variância genética aditiva disponível dentro de famílias de meios irmãos para o caráter tamanho do embrião e a elevada relação existente entre o tamanho do embrião e o conteúdo de óleo no grão de milho.

O coeficiente de repetibilidade para o caráter porcentagem de óleo foi superior na população Alto Óleo, concordando com os resultados obtidos por HOPKINS (1899), GENTER et alii (1956), JELLUM e MARION (1966), os quais mostraram que populações com maior teor em óleo estão sujeitas a uma maior interação por ambiente. Estes valores do coeficiente de repetibilidade, são comparáveis com os valores da herdabilidade obtidos por DUDLEY e LAMBERT (1969) e MIRANDA et alii (1976), os quais foram da ordem de 12,5 e 15,7%, respectivamente. Pois, o coeficiente de repetibilidade representa o limite máximo da herdabilidade, já que este contém parte da variação ambiental.

6.5. Estudos de correlação

Os coeficientes de correlação fenotípica obtidos estão apresentados na Tabela 9 para as populações estudadas. A correlação entre peso e volume dos grãos foi altamente significativa e positiva para as duas populações, indicando que um maior volume de grãos está

relacionado com o aumento de seu peso. Quanto ao peso e densidade, na população Original, não se detectou significância, embora houvesse uma tendência de ser positiva. Contudo, na população Alto Óleo apresentou uma correlação estatisticamente significativa e negativa, indicando que um maior peso contribui para reduzir a densidade dos grãos, fato este explicado por ser a densidade uma relação entre peso e volume. A seleção dentro das famílias para embrião grande provocou aumento tanto no peso como no volume dos grãos, sendo este aumento mais acentuado no volume, conforme discutido anteriormente.

A correlação entre o peso dos grãos e a porcentagem de óleo em ambas as populações não apresentou significância estatística. Todavia, observa-se uma tendência desta ser positiva na população Original e negativa na população Alto Óleo. As correlações obtidas na população Original estão de acordo com os dados citados por ARNOLD e BAUMAN (1976) e ARNOLD et alii (1974).

A falta de correlação para peso de grãos e porcentagem de óleo pode ser explicada segundo os resultados obtidos por ALEXANDER e LAMBERT (1968), os quais verificaram que o conteúdo de óleo e produção de calorias por planta deve-se provavelmente a efeitos independentes. Os autores sugerem que a capacidade das plantas em produzir carboidratos e sintetizar óleo é fisiologicamente independente. Existindo, desta forma, a possibilidade de se obter genótipos com altas produtividades de carboidratos e, simultaneamente, elevado conteúdo de óleo.

As correlações entre o volume com a densidade e a porcentagem de óleo dos grãos na população Original não foram estatisticamente significativa. Resultados semelhantes foram obtidos por ARNOLD e BAUMAN (1976) e por ARNOLD et alii (1974). Entretanto, para a população Alto Óleo obteve-se significância negativa para correlação entre volume e densidade, mostrando, desta forma, que embora estas duas características não estivessem correlacionadas entre si na população Original, quando se pratica seleção para aumentar o tamanho do embrião, provoca-se um aumento no volume dos grãos, fazendo com que a densidade tenha uma dependência negativa com este caráter, embora a seleção tenha também aumentado o peso dos grãos.

Embora não tenha sido encontrado correlação significativa entre a porcentagem de óleo e volume de grãos, houve uma tendência desta ser positiva na população Original, e negativa na população Alto Óleo.

A densidade dos grãos não apresentou correlação significativa com a porcentagem de óleo, em ambas populações. Contudo, apresentou uma tendência para ser negativa na população Original e positiva na população Alto Óleo.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, permitiram chegar às seguintes conclusões:

1. A seleção massal praticada dentro das famílias de meios irmãos para embrião grande proporcionou um aumento de 7,18% na população Alto Óleo, em relação a população Original para o conteúdo de óleo nos grãos de milho.
2. O tipo de seleção empregado não conduziu a alterações significativas nas características de peso, volume e densidade dos grãos. Contudo, houve uma tendência em elevar o peso e volume e de reduzir a densidade dos grãos na população Alto Óleo em relação a população Original.
3. A população com teor de óleo mais elevado, visualmente, mostrou ser mais sensível em suas características vegetativas à variação ambiental do que a população com menor teor de óleo.

4. O método de seleção empregado proporcionou que as correlações entre porcentagem de óleo e as características de peso, volume e densidade dos grãos se mantivessem como na população Original.
5. O caráter densidade dos grãos, por ser uma relação entre o peso e o volume, apresenta restrições de interpretações para ser usado como parâmetro de seleção.

8. SUMMARY

In order to get maize corn genotypes with a higher yielding and oil content, the population ESALQ-VD-2 was submitted to a selection procedure using half sib families. Selection among families were done mainly for yielding, and within only to increase the kernel germ size, since the oil content is highly correlated with it.

The mainly goal of this research was to evaluate the selection procedure applied, and see if the oil content of the kernel increased after five cycles of selection. To avoid any pollen effect, data for 100 kernel weight, volume and density were obtained from the S_1 kernels.

Comparison between the Original and High Oil population were done. A total of ninety six S_1 ears from the Original population and forty three from the selected population were analysed.

Based on the data analyses was concluded that the selection procedure applied over the Original population was efficient and that a

progress of 1.44% per cycle was achieved.

The results obtained for 100 kernel weight, volume and density in the High Oil population remaining about the same as in the Original population.

Environmental effects over the vegetative characteristics were detected mostly for the High Oil population.

Statisticaly no correlation was detected between the oil content and 100 kernel weight, volume and density in both populations.

9. LITERATURA CITADA

ALEXANDER, D.E., 1962. Corn as an oil crop. Proceeding of the 17th. Annual Hybryd Corn Industry - Research Conference, 17:85-91. (Original não consultado; apud ELROUBY, M.M. e L.H.PENNY, 1967. Variation and covariation in high oil population of corn (Zea mays L.) and their implications in selection. Crop Science, Madison, 7(3):216-219).

ALEXANDER, D.E., L.SILVELA, F.I. COLLINS e R.C. RODGERS, 1967. Analysis of oil content of maize by wide line NMR. Journal American Oil Chemists Society, Illinois, 44(9):555-558.

ALEXANDER, D.E. e R.J. LAMBERT, 1968. Relationship of kernel oil content to yield in maize. Crop Science, Madison, 8(3):273-274.

ALEXANDER, D.E., J.W. DUDLEY e R.G. GREECH, 1970. Corn breeding and genetics. In: INGLETT, G.E. Ed. Corn: culture, processing, products. The Avi. Pub. Comp., Inc. p.6-23.

ALLARD, R.W., 1971. Princípios do melhoramento genético das plantas.

São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda. 381p.

ARNOLD, J.M., L.M. JOSEPHSON, W.L. PARKS e H.C. KINCER, 1974. Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium applications on stalk quality characteristics and yield of corn. Agronomy Journal, Madison, 66(5): 605-608.

ARNOLD, J.M. e L.F. BAUMAN, 1976. Inheritance of and interrelationship among maize kernel traits and elemental contents. Crop Science, Madison, 16(3):439-440.

BAUMAN, L.F., T.F. CONWAY e S.A. WATSON, 1963. Heritability of variations in oil content of individual corn kernels. Science, New York, 139 (3554):498-499.

BAUMAN, L.F., T.F. CONWAY e S.A. WATSON, 1965. Inheritance of variations in oil content of individual corn (Zea mays L.) kernels. Crop Science, Madison, 5(2):137-138.

BEADLE, J.B., D.E. JUST, R.E. MORGAN e R.A. REINERS, 1965. Composition of corn oil. Journal American Oil Chemists Society, Illinois, 42 (1):90-95.

BISCEGLI, C.I., 1977. Construção de um espectrômetro de ressonância magnética nuclear (RMN) de banda larga. Duas aplicações tecnológicas dessa técnica. São Carlos, IFQSC/USP. 62p. (Dissertação de Mestrado).

BRUNSON, A.M., F.R. EARLE e J.J. CURTIS, 1948. Interrelations among factors influencing the oil content of corn. Journal American Society Agronomy, Geneva, 40(2):180-185.

CONWAY, T.F. e F.R. EARLE, 1963. Nuclear magnetic resonance for determining oil content of seeds. Journal American Oil Chemists Society, Illinois, 40(2):265-268.

CURTIS, J.J., A.M. BRUNSON, J.E. HUBBARD e F.R. EARLE, 1956. Effect of the pollen parent on oil content of corn kernel. Agronomy Journal, Madison, 48(12):551-555.

CURTIS, P.E., E.R. LENG e R.H. HAGEMAN, 1968. Developmental changes in oil and fatty acid content of maize strains varying in oil content. Crop Science, Madison, 8(6):689-693.

DUDLEY, J.W. e R.J. LAMBERT, 1969. Genetic variability after 65 generations of selection in Illinois oil and protein strains of Zea mays L. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. Seventy Generations of selections for oil and protein in maize. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin. p.175-180.

- DUDLEY, J.W., R.J. LAMBERT e D.E. ALEXANDER, 1974. Seventy Generations of selection for oil and protein concentration in the maize kernel. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. Seventy generations of selection for oil and protein in maize. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.181-211.
- DUDLEY, J.W., R.J. LAMBERT e I.A. de la ROCHE, 1977. Genetic analysis of crosses among corn strains divergently selected for percent oil and protein. Crop Science, Madison, 17(1):111-117.
- ELROUBY, M.M. e L.H. PENNY, 1967. Variation and covariation in high oil population of corn (Zea mays L.) and their implications in selection. Crop Science, Madison, 7(3):216-219.
- GARWOOD, D.L., E.J. WEBER, R.J. LAMBERT e D.E. ALEXANDER, 1970. Effect of different cytoplasm on oil, fatty acids, plant height, and ear height in maize (Zea mays L.). Crop Science, Madison, 10(1):39-41.
- GENTER, C.F., J.F. EHEART e W.N. LINKOUS, 1956. Effects of location, hybrid, fertilizer, and rate of planting on the oil and protein contents of corn grain. Agronomy Journal, Madison, 48(1):63-67.
- GLOVER, D.V. e G.A. TOSELLO, 1973. Kernel characteristics, protein quality and biological value of the sugary - 2 mutation and its combination with opaque - 2 in Zea mays L.. Agronomy Abstracts, 65th Annual Meeting, Madison, p.5. (Abst.).

- HOPKINS, C.G., 1899. Improvement in the chemical composition of the corn kernel. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. Seventy generations of selection for oil and protein in maize. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin. p.1-29.
- HOPKINS, C.G., L.H. SMITH e E.M. EAST, 1903. The structure of the corn kernel and the composition of its different parts. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. Seventy generations of selection for oil and protein in maize. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin. p.33-63.
- JELLUM, M.D. e J.E. MARION, 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn (Zea mays L.) grain. Crop Science, Madison, 6 (1):41-42.
- JELLUM, M.D., 1967. Fatty acid composition of corn (Zea mays L.) oil as influenced by kernel position on ear. Crop Science, Madison, 7(6): 593-595.
- JELLUM, M.D., 1970. Developmental changes in fatty acid composition of oil in kernel fractions of corn (Zea mays L.). Journal American Oil Chemists Societs, Illinois, 47(3):245-248.
- KINOSHITA, K. e E. PATERNIANI, 1974a. Seleção para alto teor de óleo no milho Centralmex. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 7:62-67.

- KINOSHITA, K. e E. PATERNIANI, 1974b. Proporção endosperma/embrião e o seu efeito sobre o teor de óleo no milho Centralmex. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 7:68-73.
- LAMBERT, R.J., D.E. ALEXANDER e R.C. RODGERS, 1967. Effect of kernel position on oil content in corn (Zea mays L.). Crop Science, Madison, 7(2):143-144.
- LENG, E.R., 1961. Predicted and actual responses during long - term selection for chemical composition in maize. Euphytica, Wageningen, 10(3):368-378.
- LENG, E.R., 1962a. Results of long - term selection for chemical composition in maize and their significance in evaluating breeding systems. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. Seventy generations of selection for oil and protein in maize. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.149-172.
- LENG, E.R., 1962b. Selection reversal in strains of corn previously long - term selected for chemical composition. Crop Science, Madison, 2(2):167-170.
- LENG, E.R., 1967. Changes in weight, germ ratio, and oil content during kernel development in high oil corn (Zea mays L.). Crop Science, Madison, 7(4):333-334.

LIMA, M., 1977. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos na população de milho ESALQ-VD-2. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. 71p. (Dissertação de Mestrado).

LONNQUIST, J.H., 1964. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. Crop Science, Madison, 4(2): 227-228.

MILLER, P.A. e B. BRIMHALL, 1951. Factors influencing the oil and protein content of corn grain. Agronomy Journal, Madison, 43(7):305-311.

MIRANDA, P., R. RUSCHEL e E. PATERNIANI, 1976. Avaliação de famílias de meios irmãos no milho (Zea mays L.) Centralmex, para produção de grãos e óleo. Boletim Técnico Instituto Pesquisas Agronômicas, Recife, 76: 37 p..

MORENO - GONZALEZ, J., J.W. DUDLEY e R.J. LAMBERT, 1975. A design III study of linkage disequilibrium for percent oil in maize. Crop Science, Madison, 15(6):840-843.

N.I.L., 1972. Newport Instruments Limited. Use of the Newport Quantity Analyzer. Newport Pagnell, Buckinghamshire, England, 40p.

PATERNIANI, E., 1968. Formação de compostos de milho. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 2:102-108.

- PATERNIANI, E., 1972. Relação entre tamanho relativo do embrião do milho avaliado visualmente e o teor de óleo. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 6:86-90.
- PATERNIANI, E., J.R. ZINSLY e J.B. MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 11:108-114.
- PONELEIT, C.G. e D.E. ALEXANDER, 1965. Inheritance of linoleic and oleic acids in maize. Science, New York, 147(3665):1585-1586.
- PONELEIT, C.G. e L.F. BAUMAN, 1970. Diallel analyses of fatty acids in corn (Zea mays L.) oil. Crop Science, Madison, 10(4):338-341.
- QUEIROZ, M.A., 1969. Correlações genéticas e fenotípicas em progênes de meios irmãos de milho (Zea mays L.) e suas implicações com o melhoramento. Piracicaba, SP.ESALQ/USP. 71p. (Dissertação de Mestrado).
- ROCHE, I.A. de la, D.E. ALEXANDER e E.J. WEBER, 1971. Inheritance of oleic and linoleic acids in Zea mays L.. Crop Science, Madison, 11(6):856-859.
- RUSCHEL, R., 1972. Selection for oil and relationships among oil, protein and lysine in an opaque - 2 populations of maize (Zea mays L.), Purdue University, USA. (PhD Thesis).

- RUSCHEL, R., 1975. Correlações entre óleo, proteína e lisina em milho opaco - 2. Pesquisa Agropecuária Brasileira - Série Agronomia, Rio de Janeiro, 10(11):7-9.
- RUSKOVA, K., 1974. The effect of the direction of the cross on oil, protein and lysine content in the grain of maize. Genetika i Selektsiyc, Knezha, 7(5):353-360. In: Plant Breeding Abstracts, 1975. 45(7):5368. (Abst.)
- SPRAGUE, G.F. e B. BRIMHALL, 1949. Quantitative inheritance of oil in the corn kernel. Agronomy Journal, Madison, 41(1):30-33.
- SPRAGUE, G.F. e B. BRIMHALL, 1950. Relative effectiveness of two systems of selection for oil content of the corn kernel. Agronomy Journal, Madison, 42(2):83-88.
- SPRAGUE, G.F., P.A. MILLER e B. BRIMHALL, 1952. Additional studies of the relative effectiveness of two systems of selection for oil content of corn kernel. Agronomy Journal, Madison, 44(6):329-331.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. With special reference to the biological sciences. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, USA. 481p.
- VENCOVSKY, R., 1977. Princípios de genética quantitativa. Publicação didática do Departamento de Genética, Piracicaba, 16:47-56.

- WEBER, E.J. e D.E. ALEXANDER, 1975. Breeding for lipid composition in corn. Journal American Oil Chemists Society. Illinois, 52(4):370-373.
- WESTON, E.S. e W.R. TODD, 1963. Textbook of biochemistry. 3rd. Edition. The MacMillan Co., New York, 1423p. (Original não consultado; apud ALEXANDER, D.E. e R.J. LAMBERT, 1968. Relationship of kernel oil content to yield in maize. Crop Science, Madison, 8(3):273-274).
- WOODWORTH, C.M. e W.J. MUMM, 1936. New records set in altering composition of corn kernels. Illinois Agr. Exp. Sta. 48th. Annual Rpt., 1934/1935, p.47-50. (Original não consultado; apud MILLER, P.A. e B. BRIMHALL, 1951. Factors influencing the oil and protein content of corn grain. Agronomy Journal, Madison, 43(7):305-311).
- WOODWORTH, C.M., E.R. LENG e R.W. JUNGENHEIMER, 1952. Fifty generations of selection for protein and oil in corn. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. Seventy generations of selection for oil and protein in maize. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin. p.121-131.
- ZUBER, M.S., 1942. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trial data. Agronomy Journal, Madison, 34(1):30-47.

TABELAS DE RESULTADOS

Tabela 4. Média ($\bar{x}$) e coeficiente de variação entre espigas ($C.V.E_e$) para os caracteres de peso e volume de 100 grãos, densidade e porcentagem de óleo dos grãos de milho das populações Original e Alto Óleo. Coeficiente de repetibilidade (r) para o caráter porcentagem de óleo nas populações estudadas

Populações	Peso de 100 grãos(g)		Volume de 100 grãos(ml)		Densidade dos grãos		Porcentagem de Óleo		
	$\bar{x}$	C.V.Ee	$\bar{x}$	C.V.Ee	$\bar{x}$	C.V.Ee	$\bar{x}$	C.V.Ee	r
Original	36,5456	16,2	28,5417	16,5	1,2818	3,9	5,3811	7,85	41,8
Alto Óleo	36,9628	16,7	28,9767	17,9	1,2785	2,7	5,7677	7,76	57,1

Tabela 5. Progressos obtidos pela seleção dentro de famílias de meios irmãos para embrião grande nos caracteres de peso e volume de 100 grãos, densidade e porcentagem de óleo dos grãos

Caracteres	$\Delta G/\text{ciclo}$ %	$\Delta G/\text{Total}$ %(5 ciclos)
Peso de 100 grãos	0,23	1,14 ns
Volume de 100 grãos	0,30	1,52 ns
Densidade dos grãos	-0,05	-0,26 ns
Porcentagem de óleo	1,44	7,18**

ns : não significativo pelo teste "t"

** : significativo pelo teste "t" (P = 1%)

Tabela 6. Análise da variância para porcentagem de óleo, relativa as de terminações realizadas entre e dentro de espigas S_1 da população Original

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	C.V.(%)	E(Q.M.)
Entre espigas	95	0,6045**	7,85	$\sigma_{de}^2 + 2 \sigma_{Ee}^2$
Dentro de espigas	96	0,2479	9,25	σ_{de}^2
Total	191			

** significativo pelo teste "F" (P = 1%)

Tabela 7. Análise da variância para porcentagem de óleo, relativa as determinações realizadas entre e dentro de espigas S_1 da população Alto Óleo

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	C.V.(%)	E(Q.M.)
Entre espigas	42	0,5516**	7,76	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2$
Dentro de espigas	43	0,1507	6,73	$\hat{\sigma}_{de}^2$
Total	85			

** significativo pelo teste "F" ($P \leq 1\%$)

Tabela 8. Análise da variância reunida por populações para porcentagem de óleo realizadas entre e dentro de espigas S_1 das populações Original e Alto Óleo

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	C.V.(%)	E(Q.M.)
Entre populações	1	8,8786**	4,78	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2 + 2 \cdot (59,4\Sigma p^2/p-1)$
Entre espigas/pop.	137	0,6531**	9,08	$\hat{\sigma}_{de}^2 + 2\hat{\sigma}_{Ee}^2$
Dentro de espigas/pop.	139	0,1540	7,13	$\hat{\sigma}_{de}^2$
Total	277			

** significativo pelo teste "F" (P 2 1%)

Tabela 9. Coeficientes de correlação fenotípica entre as médias dos caracteres: peso e volume de 100 grãos, densidade e porcentagem de óleo dos grãos, nas populações Original e Alto Óleo

	Populações	Volume de 100 grãos	Densidade dos grãos	Porcentagem de óleo
Peso de 100 grãos	Original	0,9743**	0,0588 ns	0,0679 ns
	Alto Óleo	0,9887**	-0,3504*	-0,1193 ns
Volume de 100 grãos	Original	-	-0,1653 ns	0,0771 ns
	Alto Óleo	-	-0,4835**	-0,1295 ns
Densidade dos grãos	Original	-	-	-0,0684 ns
	Alto Óleo	-	-	0,0944 ns

** : significativo pelo teste "t" (P = 1%)

* : significativo pelo teste "t" (P = 5%)

ns : não significativo pelo teste "t".

FIGURAS

Figura 1. Distribuição das frequências relativas ao peso de 100 grãos das sementes S_1 do Composto ESALQ-VD-2

Figura 2. Distribuição das frequências relativas ao volume de 100 grãos das sementes S_1 do Composto ESALQ-VD-2

Figura 3. Distribuição das frequências relativas a Densidade das se-
 mentes S_1 do Composto ESALQ-VD-2

Fig. 4-A

Pop.Original

N = 96

 $\bar{x} = 5,38\%$

CV = 7,85%

Figura 4-B

Pop.Alto Óleo

N = 43

 $\bar{x} = 5,77\%$

CV = 7,76%

Figura 4. Distribuição das frequências relativas à porcentagem de óleo das espigas S_1 do Composto ESALQ-VD-2