

LUIZ TORRES DE MIRANDA

Engenheiro Agrônomo

Seção de Milho e Cereais Diversos

do

Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

A CARACTERÍSTICA "LATÊNCIA" DO MILHO (Zea mays L.)

E SUAS POSSIBILIDADES NO MELHORAMENTO

Tese apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da  
Universidade de São Paulo, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia.

PIRACICABA - SÃO PAULO

BRASIL - 1972

Aos que cultivam o solo, através das  
secas, calores, geadas, e outras veleidades da  
Fortuna

Homenagem

Por gratidão a  
meus pais,  
esposa e  
filhos

## A G R A D E C I M E N T O S

No decorrer da realização deste trabalho o autor recebeu a colaboração de muitas pessoas, em particular deseja agradecer aos senhores:

Prof. Ernesto Paterniani, orientador do candidato.

Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> M.S. Jairo Silva do qual recebeu o material com que foram iniciados os trabalhos.

Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> Delmo Diogo Rodrigues pela instalação de ensaios de campo em Veranópolis, Rio Grande do Sul.

Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> M.S. Eduardo Zink pela colaboração na instalação de experimentos na Seção de Sementes do Instituto Agrônomo de Campinas.

Eng.<sup>os</sup> Agr.<sup>os</sup> Fernando Antonio Soares Coelho e Luiz Eugênio Coelho de Miranda colegas de Seção pela colaboração geral neste trabalho.

Sr. Guido Pedrossantti pela colaboração nos trabalhos de campo.

Srta. Maria Aparecida do Canto Oliveira pela colaboração nos trabalhos de escritório.

No decorrer do trabalho com "latente" foi recebido auxílio para o projeto da FAPESP (agrônomicas 65/293).

A todos seu profundo reconhecimento.

## ÍNDICE

Página

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA .....	3
2.1 - O fator "latente" .....	3
2.2 - Resistência à seca, ao calor e à geada .....	9
2.2.1 - Interrelações entre resistência ao calor, à seca e à geada .....	9
2.2.2 - Estômatos e resistência ambiental ..	16
2.3 - Métodos usados em trabalhos para se testar resistência à seca e calor no milho .....	20
3 - MATERIAL E MÉTODO .....	23
3.1 - Material .....	23
3.2 - Métodos .....	26
3.2.1 - Obtenção de material com a caracte- rística latente .....	26
3.2.2 - Ensaios de famílias $F_3$ em condições de geada .....	27
3.2.3 - Obtenção de populações IAC Maya la- tente e IAC.1 latente .....	28
3.2.4 - Ensaios de tolerância ao calor em germinador .....	30
3.2.5 - Plantio em coleção de linhagens ....	31
3.2.6 - Ensaios de campo .....	32
3.2.7 - Métodos de análise dos resultados ..	32
3.2.8 - A relação de alometria .....	34
4 - RESULTADOS .....	38
4.1 - Resultados de ensaios de famílias $F_3$ para estudar resistência à geada .....	38

4.2 - Resultados de experimentos de tolerância ao calor em germinador .....	38
4.3 - Resultados da análise de alometria dos dados obtidos pelo teste de calor .....	40
4.4 - Observações na coleção de linhagens .....	42
4.5 - Experimentos de campo .....	42
5 - DISCUSSÃO .....	44
5.1 - Teste de geada .....	44
5.2 - Teste de tolerância ao calor .....	45
5.3 - Hipóteses sobre a base genética da tolerância ao calor .....	47
5.4 - Conjugação entre segregações mendelianas e a relação de alometria para tolerância ao calor .....	49
6 - SUGESTÕES .....	56
7 - RESUMO E CONCLUSÕES .....	59
8 - SUMMARY .....	61
9 - BIBLIOGRAFIA CITADA .....	63
10 - TABELAS .....	73

## 1 - INTRODUÇÃO

Os fatores climáticos, seca, calor e geada, são as principais variáveis limitantes nas culturas extensivas como é o caso do milho. É possível, por exemplo, corrigir em grande extensão as deficiências de solo por calagem e fornecer os elementos químicos essenciais as plantas até um nível ótimo em relação aos outros componentes da produção. Entretanto, a própria intensidade com que estes fatores podem ser utilizados economicamente está condicionada primariamente aos fatores climáticos. Assim, numa zona com severa limitação de água, que não suporte uma população de milho acima de 20.000 plantas por hectare não se justifica a aplicação de corretivos e fertilizantes na mesma quantidade empregada numa região que permita o cultivo de 50.000 plantas por hectare. Esta limitação de água pode ser devida à quantidade deficiente ou à distribuição irregular ou a uma combinação de ambos os fatores. Em outros casos, devido à baixa umidade relativa do ambiente, o limite de tolerância ao calor da planta é atingido. Em consequência, mesmo com emprego de irrigação a planta sofre dano devido à excessiva seca atmosférica, não conseguindo repor de maneira suficiente a água perdida. Em outras áreas, como no sul do Brasil, o período agrícola é limitado em grande parte por uma distribuição bimodal das chuvas, e por ocorrências de geada. Uma solução parcial do problema poderia consistir na obtenção de cultivares mais

precoces, que escapem ao período de geada. Isto entretanto normalmente conduz a uma diminuição do potencial de produção.

É assim altamente desejável a obtenção de cultivares de milho que possuam um maior grau de resistência ou tolerância à seca ao calor e à geada do que os disponíveis atualmente.

A resistência simultânea à seca, ao calor e à geada foi denominada de resistência protoplásmica por MAXIMOV (1929) apud LEVITT (1951). Se além desta resistência, a planta possuir também resistência a outros fatores ambientais, (radiações, salinidade etc.), o fenômeno geral seria chamado de resistência ambiental que pode ser definida como a capacidade que um organismo tem de sobreviver em um ambiente desfavorável, excluindo-se moléstias e pragas (LEVITT 1958).

Tendo em vista as considerações acima, são objetivos deste trabalho:

1 - Obtenção de cultivares de milho com maior grau de resistência protoplásmica ou ambiental;

2 - Obtenção de dados que indiquem a que categoria de resistência se enquadra o fator em estudo, latente;

3 - Estudar um método de laboratório que permita efetuar seleção para este fator, sem a necessidade de se conduzir experimentos no campo;

4 - Estudar a herança do fator latente;

5 - Em função dos dados e informações disponíveis desenvolver hipóteses que os expliquem coordenando-os em uma teoria geral.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

Este ítem está subdividido em 3 partes. A primeira trata especificamente do caráter em estudo, "latência" detectado pela antiga "Oficina de Estudios Especiales" do México, na coleção Michoacan 21, e isolada na linhagem Michoacan 21 Compuesto 1-104.

A segunda parte está subdividida em duas compreendendo a primeira uma revisão geral sobre a resistência à seca, ao calor e à geada, e outra parte sobre estômatos, e sua relação com resistência ambiental.

A terceira parte trata da metodologia empregada nos trabalhos conduzidos para se obter resistência à seca e ao calor para o milho.

### 2.1 - O fator "latente"

A primeira comunicação sobre o caráter estudado neste trabalho apareceu no relatório de 1960-61 da Fundação Rockefeller. Verificou-se que uma linhagem de Michoacan diminuía sensivelmente o crescimento em condições de seca, o qual era restabelecido com a disponibilidade de água. Este caráter recebeu o nome de "latente". Avaliação em ensaios revelou o seguinte: 1) várias linhagens de Michoacan 21 demonstraram excelente resistência à seca no sentido usual; 2) quando sujeitas à seca 45 dias após o plantio estas linhagens cessavam em grande parte seu desenvolvimento, antes da flora-



ção; 3) em cruzamentos a capacidade de combinação destas linhagens era boa; 4) terminada a seca as plantas reiniciavam seu crescimento normal; 5) foram obtidas diferenças relativas de florescimento superiores a duas semanas submetendo "latente" e milhos normais à condições de seca no campo.

No relatório da Fundação Rockefeller de 1962-63 novas observações sobre o milho latente são apresentados. Verificou-se assim, que em experimentos atingidos por geadas ligeiras, o material "latente" e o híbrido H-28 sobreviveram com muito menor dano que outros milhos. Foi sugerido que resistência à seca e à geada poderiam ser expressões fenotípicas de um mesmo complexo genético.

PALACIOS et al (1964) utilizando a linhagem Michoacan 21 Comp.1-104, analisaram pelo Esquema I, da Carolina do Norte, os componentes genéticos relativos ao consumo de água e ao número de dias de vida, de plantas submetidas ao "método dos castigos progressivos". O método foi assim denominado porque é baseado no número crescente de dias sob condições de ponto de murchamento permanente a que eram submetidas as plântulas após cada recuperação. A população considerada foi obtida dentro da linhagem sem prévios cruzamentos com outro material.

As referências seguintes foram obtidas diretamente de MUÑOZ e ANGELES (1969) que realizaram uma boa revisão dos estudos com milho latente conduzidos no México. Não se obtiveram diferenças entre plântulas latentes e normais com 4 dias de idade, quando submetidas a altas temperaturas, MUÑOZ (1958), não publicado. Testes de germinação a altas tensões osmóticas, não revelaram diferenças entre latentes e nor-

mais. SANCHEZ (1963) cultivou em condições de irrigação e sem irrigação a linhagem latente Mich.21 Comp.1-104 (L), uma linhagem aparentada susceptível à seca (S), e uma não aparentada também susceptível (S'). Após irrigação, depois de um período grande de seca utilizou os seguintes caracteres para as comparações: a) número de feixes fibrovasculares; b) área do internódio da espiga; c) altura das plantas antes e depois de irrigadas. a) A seca teve pouco efeito na linhagem (L), diminuindo muito pouco o número de feixes fibrovasculares, os quais foram amplamente recuperados após a irrigação. Por outro lado as linhagens não latentes (S e S'), sofreram grande diminuição no número de feixes fibrovasculares, os quais não foram recuperados pela irrigação. b) Com relação à área do internódio nenhuma das tres linhagens estudadas recuperou totalmente a perda, embora o material latente tenha mostrado maior recuperação. c) A altura da planta foi proporcionalmente mais recuperada no material latente. As siglas (L), (S) e (S') se referem ao mesmo material nas referências a seguir. MUÑOZ (1964) verificou a abertura e fechamento dos estômatos das linhagens latente (L) e susceptível (S') mencionadas no trabalho anterior, pelo método de infiltração modificado de ALVIM e HAVIS (1954), e a transpiração por pesagens individuais de vasos com solo e planta. Sob irrigação (L) transpirou 5% a mais que (S'), e sob seca 20% menos. A linhagem (L) reduziu significativamente a transpiração por efeito da seca. Os estômatos de (L) abriram mais cedo pela manhã, e começaram a fechar mais cedo, também, no decorrer do dia quando submetidos à seca. BERISTAIN (1965) verificou que a linhagem (L) fixou mais matéria seca por unidade de fósforo consumida.

RIVERA (1963) estudou a resistência ao dessecamento em tecidos aéreos de plântulas com 30 e 37 dias de material classificado como Latente, Tolerante, de Folhas Erectas e Susceptíveis à seca, cultivado sob seca e umidade ótima testando depois a dessecação de plantas e tecidos em estufa e ambiente comum. Os materiais testados só mostraram diferenças entre si quando comparados em ambiente comum. As plântulas mais velhas resistiram mais, assim como as desenvolvidas sob seca. Os tipos diferiram entre si em desenvolver resistência, mas o grupo latente foi intermediário na resistência ao dessecamento. Houve relação entre o secamento de uma folha, arrancada, e o resto da planta. MARTINEZ (1963), submeteu plântulas de 32 cruzamentos biparentais envolvendo cruzamentos dentro da linhagem latente (L) a castigos progressivos submetendo-os por um número crescente de dias ao ponto de murchamento permanente, P.M.P. (quando as plantas não se recuperam até o amanhecer). O material permanecia 7 dias neste estado, eliminavam-se as plantas mortas, nova irrigação era efetuada deixando-se ainda por 9, 11 e 13 dias no P.M.P. Trata-se do mesmo trabalho já citado de PALACIOS et al (1964). A correlação encontrada entre consumo de água e dias de vida foi 0.97. Concluíram que os efeitos aditivos dos genes eram 16 vezes maiores que os não aditivos para o consumo de água e 3 vezes maiores para a variável dias de vida.

Continuando a revisão, MUÑOZ e ANGELES (1969) sem identificar referências informam que utilizou-se nos trabalhos do México o método de P.M.P. em populações. Verificou-se que com dois ou tres castigos as plantas não produziam. O método foi modificado aplicando um só castigo que permi-

tisse obter 10% de sobrevivência. Aplicaram o método nas linhagens dos híbridos comerciais H-503 e H-412 sem entretanto cruzar primeiro com a fonte do fator. Conjugando ao castigo de P.M.P. a seleção massal, tem-se efetuado seleção nos sintéticos, Mich. 21 Comp. 2 T e Mex. 39 Comp. 56. Mediante cruzamento fraternais se selecionaram ambos a níveis de 5% e de 10% melhores e ainda o Mex. 39 Comp. 56 sem seleção. Sugerem que o P.M.P. constitui um método adequado para se avaliar a resistência à seca.

Um outro enfoque utilizado consistiu em submeter a geadas, material híbrido com diferentes graus de resistência à seca, e a geada tendo-se observado relação entre ambas. Foram utilizados seis híbridos normais, isto é não envolvendo material de latente. Testando plântulas pelo frio a variação dentro das variedades foi igual ou maior que entre, devido provavelmente à diferenças de microclima por terem sido testada plantas pequenas. Após estas tentativas testaram plantas maiores com melhores resultados. Nestes trabalhos não é citado se foi testado conjuntamente o "latente" original.

Concluíram que nenhum dos métodos indiretos utilizados foi completamente satisfatório (tolerância ao calor, pressão osmótica, resistência à dessecação dos tecidos). Os últimos métodos, (pressão osmótica e resistência à dessecação dos tecidos) embora não discriminem o caráter latente, parecem no entanto promissores para outros tipos de resistência. A avaliação no campo é o modo mais seguro de identificar material "latente".

Desta revisão podemos extrair as seguintes informações que convém ressaltar.

1. O milho com o caráter latente paraliza ou diminui sensivelmente o seu crescimento aguardando a disponibilidade de água, quando reinicia o seu desenvolvimento. Foi observado um retardamento de 14 dias no florescimento, após o que foram obtidas produções normais.

2. Milho latente bem como o híbrido H-28 sofreram menos com a geada do que outros cultivares em ensaios de competição.

3. Em condições de irrigação o consumo de água do milho latente em relação ao normal foi 5% maior, enquanto que em condições de seca o consumo foi 20% menor.

4. A abertura e o fechamento dos estômatos foi mais eficiente no milho latente. Este mostrou maior atividade na abertura e fechamento dos estômatos revelando maior eficiência.

5. Sob condições de seca as folhas se enrolaram, mas não se comenta se este comportamento é obrigatório para material portador do fator.

6. Cruzamentos entre milhos latente deram produções comparáveis aos milhos normais.

7. O milho latente acumulou maior quantidade de matéria seca por unidade de fósforo consumida.

8. A germinação em altas tensões osmóticas não discriminou o caráter latente.

9. A resistência à dessecação de partes das folhas e de plantas inteiras, situou o milho latente numa posição média em relação à uma coleção de milhos locais.

10. Não foram encontradas diferenças entre plântulas normais e latentes sob ação de altas temperaturas.

11. O método dos castigos progressivos por ponto de murchamento permanente (P.M.P.) foi eficiente em discriminar para o fator latente.

## 2.2 - Resistência à seca ao calor e à geada

### 2.2.1 - Interrelações entre a resistência ao calor, à seca e à geada

Extensas revisões da literatura sobre estes tópicos foram efetuadas por LEVITT (1956, 1958, 1972), MAYLAND e CARY (1970) e ALDEN e HERMANN (1971). O primeiro reviu a literatura desde a antiguidade sobre a ação da seca, do frio, do congelamento e do calor nas plantas. Os últimos tratam mais especificamente da literatura nos últimos dez anos sobre a ação do frio e do congelamento.

Inicialmente julgamos interessante definir bem a terminologia com relação a resistência à geada, a seca e ao calor. MAXIMOV (1929), in LEVITT (1951) denominou resistência protoplásmica quando há resistência simultânea aos tres fatores (geada, seca e calor). LEVITT (1958) denominou de resistência ambiental à capacidade dos organismos sobreviverem em ambientes desfavoráveis, exclusive pragas e moléstias. A resistência à paralização do crescimento pela seca pode ser prejudicial à resistência ao dano pela seca. Pelo contrário, a paralização do crescimento pode ser um sinal de re-

sistência. A resistência ambiental é definida como a capacidade da planta em resistir ao dano protoplásmico quando em ambiente desfavorável. Esta resistência não pode ser medida pela produtividade, pois esta pode ser diminuída sem que haja dano protoplásmico.

Assim definida a resistência ambiental, existem duas linhas básicas de defesa para a planta. Elas podem ser chamadas fuga ambiental e tolerância ambiental (hardiness) LEVITT (1958). Mais recentemente, LEVITT (1972) sugere o termo "tolerance" em vez de "hardiness". A resistência ambiental é expressa pela tolerância ambiental. A fuga ambiental pode se efetuar por precocidade, relação maior de raízes em relação à parte aérea, ângulo de inserção das folhas com o caule e fechamento das folhas, cerosidade, cor da planta etc.

As possíveis linhas de defesa disponíveis para as plantas podem ser classificadas como segue: LEVITT (1956)

## I - Resistência à geada

### A. Fuga

1. A planta pode evitar a geada resistindo à queda de temperatura em relação ao ambiente por tres maneiras:
  - a. Insulação contra a perda de calor;
  - b. Acumulação do calor de fusão da água em formações de gelo nas partes não vivas da planta (e. g. vasos);
  - c. Acumulação do calor produzido pela respiração.
2. A planta pode evitar a geada sem evitar a queda de

temperatura, resistindo à formação de gelo em seus tecidos pelas duas maneiras:

- a. Subresfriamento, também chamado super-resfriamento;
- b. Abaixamento do ponto de congelação.

#### B. Tolerância

1. A planta pode tolerar o congelamento desde que os cristais de gelo sejam de tamanho sub-microscópico (Estado "vitrificado" de LUYET, veja LEVITT, 1956).
2. A planta pode sobreviver a quantidades variáveis de gelo desde que este esteja confinado aos espaços intercelulares.
3. A planta pode sobreviver à formações de gelo visíveis microscopicamente no interior das células. Mais recentemente LEVITT (1969) comenta que esta tolerância existe somente na formação de gelo extracelular. Nenhuma planta pode sobreviver à formação de cristais visíveis microscopicamente dentro do protoplasma.

## II - Resistência à seca

A. Fuga. Isto pode ser conseguido somente se a planta conseguir manter uma tensão interna de vapor bem acima do seu ambiente durante a seca.

1. Por resistência à perda de água:
  - a. Devido ao fechamento estomatal. A transpiração cuticular é sempre algo mais lenta que a transpiração estomatal ainda que a diferença entre



as duas varie marcadamente de espécie para espécie;

b. Devido à transpiração cuticular reduzida. Uma cutícula menos permeável que a encontrada comumente é necessária para obter o máximo benefício do fechamento estomatal;

c. Outras modificações da folha, e.g. superfície reduzida.

2. Aumento da absorção de água. Muitas maneiras de conseguir isto estão abertas às plantas:

a. Do solo, isto é, removendo uma maior fração da água do solo. Isto teoricamente poderia ser devido a: (1) redução da pressão de vapor do solo a um nível mais baixo, (2) extensão do sistema radicular através de um maior volume de solo, (3) um sistema radicular suficientemente profundo para alcançar o lençol freático;

b. Do ar por absorção periódica através das folhas. Isto poderia ocorrer durante períodos de orvalho, neblina, ou chuva ligeira.

3. Por maior velocidade de translocação da água absorvida. Isto poderia permitir a taxa de absorção manter-se a par com taxas altas de perda de água.

B. Tolerância. Isto é possível somente se o protoplasma da planta é capaz de sobreviver à redução em sua pressão de vapor.

### III - Resistência ao calor

#### A. Fuga.

1. Por analogia com resistência à geada a planta pode evitar dano mantendo sua temperatura inferior a do ambiente. Diferentemente do problema de geada, contudo, neste caso a temperatura da planta é quase sempre mais severa do que aquela do ambiente atmosférico. Consequentemente devemos considerar qualquer mecanismo como de defesa quando ele abaixa a temperatura da planta em relação a que teria na ausência do fator, mesmo se a temperatura da planta for ainda superior a do ambiente atmosférico. Os quatro métodos seguintes devem ser considerados:

- a. Insulação contra a absorção de calor;
- b. Perda de calor devido a vaporização da água. Este valor é cerca de sete vezes mais alto que o calor de fusão e pode portanto ter efeito considerável;
- c. Perda de calor produzido pela respiração. A altas temperaturas pode ser esperado que isto alcance efeito considerável. Qualquer redução na taxa de respiração pode desta maneira ter efeito protetor;
- d. Redução da absorção da radiação. É esta absorção da radiação que é responsável pela elevação da temperatura da planta acima da do seu ambiente. Isto pode ser prevenido ou reduzido.

- (1) Por aumento de reflexão da radiação incidente;
- (2) Por aumento de transmissão da radiação incidente.

B. Tolerância. Isto significa que a temperatura real do protoplasma pode ser elevada sem dano.

Na tabela 1 estão representados esquematicamente os mecanismos de defesa teoricamente possíveis (LEVITT 1958). LEVITT (1972) ampliou esta classificação tornando-a bem mais complexa.

Usualmente resistência ao calor e à geada é devida à tolerância, enquanto que a resistência à seca é comumente obtida por fuga. Portanto, resistência à seca muitas vezes não significa resistência aos dois outros fatores, mas a recíproca é mais comum. Para determinar se há ou não relação entre os tres fatores LEVITT (1958) recomenda utilizar o seguinte procedimento:

1. Uma determinação quantitativa sob condição padronizada do número de graus de geada, do déficit da porcentagem de umidade relativa ou do número de graus de calor, respectivamente que mate 50% da planta;

2. Controle das condições para assegurar que tolerância e não fuga está envolvida. Isto pode ser feito (a) inoculando a planta com cristal de gelo quando ela está pouco abaixo do ponto de congelamento; (b) expondo pedaços não protegidos da planta a atmosferas de umidade relativa conhecida; ou (c) mergulhando seções dos tecidos na água a temperaturas conhecidas, ou no caso de plantas inteiras, expondo-as à temperaturas conhecidas em uma atmosfera saturada.

Só quando tais testes provarem que a tolerância é a causa da resistência pode ser esperada qualquer relação entre os tres tipos de resistência.

LEVITT (1956) mostrou forte correlação entre a tolerância das plantas à geada, seca e remoção osmótica da água. Desde que as tres envolvem desidratação, a tolerância a elas pode ser chamada de tolerância à desidratação. As relações entre estas tolerâncias e a tolerância ao calor não muitas.

1. As condições ambientais que induzem tolerância à desidratação, ao frio, à seca, ao baixo teor de nitrogênio e as vezes outros nutrientes, também aumentam-se para o calor. Em ambas, ao frio e a seca, é sazonal ILLERT (1924). A luz pode ter o mesmo efeito em ambas, e.g. Quando induz abertura estomatal, WEBER (1926).

2. Fatores correlacionados com tolerância à desidratação como umidade baixa e alto teor de açúcar também induzem tolerância ao calor.

3. A ordem da tolerância das diferentes células ao frio e a seca é paralela WEBER (1926).

Com base nestas e em outras similaridades conclui que os mesmos fatores previnem a desnaturação das proteínas protoplásmicas sejam estas expostas à desidratação ou ao calor. O denominador comum seria a coesão protoplásmica, i.e. a resistência dos ligamentos da proteína às forças que tendem a quebrá-las levando ao desdobramento e desnaturação das moléculas. Uma teoria geral capaz de explicar isto é a proteção dos ligamentos talvez por água ligada no protoplasma tolerante. Esta teoria foi proposta por GORTNER, in LEVITT

(1956). LEVITT (1962) propôs para explicar a resistência protoplásmica o que chamou de hipótese SH (sulfidrilo), pela qual a tolerância seria devida a prevenção de ligamentos SS (disulfido) intermoleculares os quais levam a desnaturação das proteínas.

Em plantas agrícolas, um exemplo da ação dos mecanismos de resistência descritos acima, é relatado no trabalho de COFFMAN (1957) que achou estreita relação entre sobrevivência no inverno (winter hardiness) e resistência ao calor, no verão em aveias de inverno, intermediárias e de primavera. Obteve segregações em  $F_3$ , provenientes do cruzamento entre variedade resistente e variedade susceptível ao frio e ao calor, que indicaram que três pares de alelos seriam responsáveis pelas diferenças.

### 2.2.2 - Estômatos e resistência ambiental

Das revisões de LEVITT (1956, 1958) extraímos as seguintes referências sobre estômatos e resistência ambiental. ILJIN (1923) indicou que o primeiro efeito da redução da água nas folhas é o fechamento estomatal. LINSBAUER (1926), observou dano mais rápido nas células guarda fechadas do que quando os estômatos estavam abertos, quando colocadas em uma solução de corante leuco. WEBER (1926) verificou que a luz teve o mesmo efeito no aumento de tolerância para a desidratação e para o calor, e.g. quando induziu abertura estomatal, a tolerância das células guarda, tanto à geada quanto ao calor aumentou. WEBER (1926 a) notou que quando os estômatos estão abertos à luz, as células guarda são mais tolerantes

que as células subsidiárias, quando eles estão fechados no escuro as células subsidiárias é que são mais tolerantes. HUBER (1931) relatou que em Teucrium montanum, a espécie mais resistente à seca que estudou, reduziu grandemente a respiração durante a seca, mas mesmo assim os estômatos estavam abertos nas primeiras horas de manhã, e esta espécie era a última a fechar os estômatos na manhã, às 7-8 horas. Isto permitiria que a fotossíntese continuasse por tempo mais longo do que em espécies menos resistentes à seca. MAXIMOV (1931) chama a atenção para o fato da transpiração cuticular ser apenas 2 a 5 vezes mais baixa que a estomatal nas mesófitas, mas nos casos de plantas com cutículas mais grossas é até 25 vezes menor. LEPESCHKIN (1937) apontou que a tolerância à geada dos estômatos abertos é pelo menos em parte devida à concentração mais alta do suco celular.

PISEK e WINKLER (1953) verificaram em coníferas que quanto mais baixa fosse a respiração cuticular tanto mais tempo as folhas tolerariam a seca. Sabe-se há muito tempo que algumas plantas resistentes à seca possuem taxas da transpiração cuticular muito baixas LEVITT (1958). FERRI (1955) cita que nas plantas da caatinga sem água, em contraposição às de cerrado (que dispõem de água mas sofrem de seca atmosférica) a ação estomatal é muito mais rápida. LEVITT (1956) cita MOLISCH (1897), RIKHTER (1927), e STARKOV (1931) que indicaram ser as células estomatais as mais tolerantes à geada e também as mais permeáveis de todas as células foliares (WEBER) 1930. STOCKER (1956) relatou que entre duas variedades de aveia a mais resistente delas mostrava maior grau de fechamento estomatal ao meio dia, quando ocorria a seca máxima.

Um resumo das revisões de LEVITT (1972) relacionada a uma única substância parece dar uma indicação promissora sobre o controle dos estômatos; a dormina, abscisina II ou ácido abscísico.

IRVING (1969) verificou que em Acer negundo, dias longos não favoráveis ao aumento de tolerância induziram à máxima atividade de substâncias semelhantes à giberelina. Dias curtos que produzem aumento de tolerância, ou dias longos com noites com 5°C que aumentam a tolerância, induziram aos mais altos níveis de ácido abscísico ou substâncias similares. Desde que os dias longos com noites de 5°C são os mais favoráveis ao aumento de tolerância, este processo pareceu estar mais estreitamente ligado à formação de ácido abscísico do que a redução dos níveis de giberelina.

Segundo STOCKER (1956) mesmo as variedades mesofíticas mais resistentes à seca podem mostrar um maior grau de fechamento estomatal que as variedades menos resistentes, como verificou em aveia. ALLAWAY e MANSFIELD (1970) indicaram que o mecanismo de controle parece depender de um inibidor da abertura estomatal que se acumula nas folhas após um período de castigo por falta de água, ou alternativamente pela deficiência de uma substância que promove a abertura dos estômatos. As duas substâncias poderiam ser ácido abscísico e citoquinina respectivamente. Segundo ITAI e VAADIA (1965) VAADIA e ITAI (1965) a citoquinina decresce em quantidade em plantas sob castigo, e estimula a transpiração, LIVNE e VAADIA (1965).

O ácido abscísico reduz a transpiração, LITTLE e EIDT (1968), e produz fechamento estomatal MITTELHEUSER e VAN STEVENINCK (1969). Além disso seu teor aumenta marcada-

mente, até 40 vezes, 4 horas após o murchamento, WRIGHT e HIRON (1969) por causa da síntese de um precursor, MILBORROW e NODDIE (1970), e continua a aumentar em folhas de plantas sob tensão osmótica por pelo menos 48 horas, MIZRAHI et al (1970). Da mesma maneira em um mutante causador de murchamento em tomate, cujos estômatos resistem ao fechamento, evitou-se o murchamento e diminuiu a resistência ao fechamento estomatal por tratamento com ácido abscísico, IMBER e TAL (1970). ITAI e VAADIA (1968) sugeriram que o declínio na produção de proteína nas folhas sujeitas a castigo era devida à deficiência de citoquinina. A exposição das raízes a um meio nutriente com tensão osmótica aumentada até tensão resultava em diminuição da translocação de citoquinina das raízes, sendo que esta diminuição era reversível.

STEPONKUS e LANPHEAR (1967 b), STEPONKUS (1968) acharam que uma substância que promove o endurecimento ao frio foi sintetizada pela planta sempreverde hera inglesa Hedera helix, na presença da luz era translocada principalmente acropetalamente através do floema. A translocação do promotor de aumento de tolerancia ao frio foi estimulada por 6 N - benziladenina um agente mobilizador de citoquinina.

VASIL'YEV (1956) conclui que virtualmente todos os trabalhos tem confirmado que as plantas resistentes à geada possuem maior energia enzimática que as plantas não resistentes, e desta maneira as reações catalizadas enzimaticamente não diminuem tão rapidamente quando a temperatura cai.



### 2.3 - Métodos usados em trabalhos para se testar resistência à seca e calor no milho

TATUM (1954) salientou que os cultivares de milho norte americanos adaptados às áreas marginais do Corn Belt e Sul e Sudeste dos USA produzem plantas relativamente pequenas, perfilham muito em condições favoráveis e podem espigar antes que os pendões emerjam e produzam pólen. O tipo de endosperma é dentado duro (hard dent), os grãos são curtos e dispostos num sabugo grande. Estas características seriam indicações para seleção visual. Estes cultivares não são tão produtivos quanto outros adaptados quando plantados em boas condições. CAMP (1954) por sua vez comenta que embora sob condições de seca os cultivares baixos, de colmo curto, e profundamente enraizados sejam os melhores, em alguns casos contudo certas variedades mais tardias tendem a crescer mais lentamente, aguardando o término do período de seca, continuando o seu desenvolvimento após a vinda das chuvas.

TATUM (1954) cita o movimento do corante eosina na base da bainha de folhas novas cortadas como um método para discriminar sob castigo, material resistente de susceptível. As linhagens notáveis pela resistência à seca apesar de todos os métodos sugeridos, foram obtidas por seleção para resistência à seca no campo. Recomenda o plantio de linhagens  $S_1$  em duas ou mais áreas separadas onde haja probabilidade de ocorrer seca, para que se possa selecionar material resistente à seca.

Grande parte dos trabalhos inclui o milho doce. O milho doce nos USA pode ser originário tanto de variedades duras como de variedades dentadas. A maioria é de origem

dentada, mas algumas variedades como Golden Bantam são originárias de tipos duros GIENN in SPRAGUE (1955).

WILLIAMS, SNELL e ELLIS (1967) estudaram tres métodos para medir tolerância à seca em milho comum e doce: a) exposição das plântulas com 20 dias a uma temperatura de 52°C por seis horas, sem controle de umidade, seguida de contagem das plantas recuperadas; b) germinação das sementes de milho em solução de manitol a uma pressão osmótica de 15 atmosferas e posterior seleção dos fenótipos mostrando maior porcentagem de germinação; c) submetendo plântulas de milho por 14 dias ao ponto de murchamento permanente (P.M.P.) numa estufa sem controle de umidade, seguido de notas de recuperação das plantas ao murchamento 7 dias após o fornecimento de umidade. Os resultados foram comparados com a observação de plantios de campo sucessivos, um sujeito à seca, outro recebendo chuva normal. Concluíram que quaisquer dos métodos seria útil para selecionar para resistência à seca, recomendando comprovação no campo. Curiosamente tanto as linhagens quanto os híbridos simples apresentaram o mesmo grau de variação. Não notaram efeitos associados ao vigor. O milho doce em relação ao normal, em geral, foi mais sensível. só nos testes com manitol.

WILLIAMS, SNELL e CRESS (1969) concluíram que a herança para resistência à seca é quantitativa. Com os dados de um ensaio dialélico 6 x 6 com milho doce, utilizando os métodos descritos acima, analisaram a herança da resistência à seca. Concluíram que dentro da amostra estudada por regressões de variância - covariância, a herança da tolerância à seca em milho doce seguiu um padrão de dominância parcial a quase completa. Estimativas da capacidade de combinação

indicaram que as linhagens que exibiram maior capacidade geral de combinação para a tolerância à seca produziram o maior número de híbridos tolerantes à seca. A distribuição das frequências das porcentagens de germinação para os  $F_2$  e ambos os retrocruzamentos germinados em solução de manitol sugeriu que a tolerância à seca estava sob o controle genético de não menos do que tres pares de alelos, ainda que em algumas famílias apenas um gene maior estivesse segregando ou ainda que poderia ser um gene de ação pleiotrópica. O delineamento não permite a detecção de efeitos epistáticos.

KILEN e ANDREW (1969) em doze linhagens de milho dentado e milho doce exibindo uma grande amplitude de resposta fenotípica à seca no campo estudaram o efeito de: 1) um teste de calor, e de seca atmosférica de plântulas, submetidas a  $54,5^{\circ}\text{C}$  por 5 horas e 15-20% de U.R.; 2) um teste de estabilidade de clorofila do tecido da folha e 3) um teste de inibição de condução pelos tecidos de folhas cortadas. Em duas localidades por dois anos, as linhagens foram avaliadas no campo pela queima das folhas e através da área da lâmina foliar, perfilhamento, altura de planta, número de folhas, número de estômatos e número de fibras vasculares. Os resultados foram positivamente e altamente correlacionados entre os tres testes. Os resultados obtidos em cada teste, foram também correlacionados com a queima das folhas no campo. Dentre as demais apenas a altura da planta foi negativa e significativamente correlacionada com os resultados dos testes e com a queima das folhas no campo.

KRAMER e BRIX (1965) sugeriram que o método ideal para se avaliar a tolerância ambiental deveria satisfazer as cinco condições: a) permitir o estabelecimento de relações

entre os resultados obtidos e a velocidade dos processos fisiológicos; b) ser de aplicação ampla obtendo-se níveis comparáveis de significância; c) ser de execução relativamente simples; d) ser de custo baixo e e) que utilize a menor quantidade possível de tecido.

SULLIVAN e BLUM (1970) compararam as causas das diferentes origens da resistência entre sorgo e milho. Concluíram que os estômatos de milho são mais sensíveis, fechando-se mais precocemente. As folhas do milho são mais tolerantes ao calor. O sorgo seria mais resistente a seca por diferenças no sistema radicular, tendo também maior potencial osmótico nas raízes. SULLIVAN (1971) resumiu uma série de técnicas para medir castigo sob seca, (drought stress) chegando à conclusão que tres tipos de medidas seriam as mais interessantes: 1) tolerância à dessecação ou tolerância ao calor que daria informação de quanta dessecação do tecido pode ser tolerada antes que ocorra dano; 2) medidas no campo do potencial de água, ou conteúdo relativo de água que mostrem quanto o estado interno da água está acima do ponto crítico durante a seca; 3) resistência à difusão ou observação dos estômatos que indicariam se o potencial interno de água é mantido por transpiração retardada, ou se um sistema radicular e condutor eficiente está mantendo a planta suprida com água.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Material

O material portador de "latência" foi recebido em 1963 (<sup>1</sup>), com a identificação de tratar-se de "maiz latente", e adaptado a "grande altitude". Trata-se provavelmente de material da coleção Michoacan 21, talvez a Michoacan 21 Comp.1-104 já citada. Na literatura consultada em nenhum lugar é mencionada a raça a que pertence a amostra empregada. Pelo local de origem a características do material recebido deve tratar-se de uma amostra da raça Cônico descrita por WELLHAUSEN (1952), como apresentando plantas baixas, pubescentes, coloridas, com panículas de poucas ramificações e alto índice de condensação, espigas com alto número de fileiras, sabugo fino com grãos profundos e de cor branca. Todos estes caracteres são mais ou menos contrastantes com as variedades comerciais da nossa região (SP). Este material de Mesa Central do México embora de latitude semelhante provém de regiões entre 1800-2800 metros de altitude sendo portanto muito mal adaptado às nossas condições.

As linhagens locais adaptadas empregadas nos cruzamentos com o material latente compreendem: 3 de endosperma duro e 5 de endosperma dentado e assim como outros cultiva-

---

(<sup>1</sup>) Enviado pelo Eng.º Agr.º Jairo Silva, de Sete Lagoas, do IPEACO, que por sua vez o recebeu diretamente do México.

res utilizados no transcorrer deste trabalho são relacionados a seguir:

Linhagens duras. Grupo Cateto ou introgressões desta raça

- 1) Ip 365-4-1. Linhagem obtida por autofecundação da raça Cateto. Talvez originária da variedade Assis Brasil. Entra na constituição dos híbridos duplos semidentados comerciais da Secretaria da Agricultura de São Paulo Hmd 6999 B e Hmd 7974.
- 2) Ip 48-5-3. Origem a características semelhantes à anterior. Também entra na formação dos híbridos Hmd 6999 B e Hmd 7974.
- 3) Línea 1 da Colômbia, sigla de (Ven.lx Urrao-5-etc.). Cateto da Colômbia. É realmente mais pipoca que Cateto. As espigas são extremamente semelhantes à Pira Laranja, veja ROBERTS et al (1957). Em Nariño, departamento do sul da Colômbia, é adaptada de 980 a 1800 m. Ocorre também no Equador e no Chile. A tradução do nome é Pipoca Laranja. As espigas são longas com grãos de cores variegadas limão e laranja, embora pura. Provavelmente é introdução proveniente do Sul na Colômbia.

Linhagens dentadas. Grupo Tuxpenho, ou introgressões desta raça

- 4) PD (MS) 6. Foi obtida por autofecundação da variedade do mesmo nome. A sigla corresponde a Pozo Dulce (Mass Selection). Embora a variedade original seja quase dura, com traços de dentada, a linhagem obtida aqui é dentada.

- 5) SLP 103. Trata-se de linhagem obtida por autofecundação da coleção 103 coletada no Estado de San Luis Potosí no México de altitude até 200 m. Tuxpenho amarelo talvez originado de introgressão em Tuxpenhos brancos típicos de germoplasma da raça Nal-Tel.
- 6) Tehua x T 303<sub>(3)</sub>. Linhagem obtida por 3 retrocruzamentos da linhagem Tx 303 à raça Tehua, descrita por WELLHAUSEN et al (1952). Tx 303 é linhagem comercial tardia, no Texas. Tx 303 foi obtida de Yellow Surecropper, HENDERSON (1968).
- 7) Ip 701. Linhagem obtida por autofecundação de Tuxpan. Esta variedade é originária do Texas, e foi selecionada de cruzamento de Tuxpenho branco com Creole Yellow Flint, sendo mais precoce, mais baixa e de endosperma amarelo em contraposição ao Tuxpenho tipo. Entra na composição dos híbridos comerciais Hmd 6999 B e Hmd 7974.
- 8) Ip 723. Linhagem da mesma origem da anterior. Entra na composição dos híbridos comerciais Hmd 6999 B e Hmd 7974.

Variedades de polinização aberta incluídas nos trabalhos:

- 9) IAC Maya. Variedade sintética de grãos dentados, amarelos, obtido da combinação de 14 linhagens originárias de Asteca que é um composto de coleções de San Luis Potosí, mais as linhagens Ip 701, Tx 303, PD (MS) 6, uma linhagem de Llera III branca, e Vera Cruz 226 e 227 que são variedades de Tuxpenho brancas, típicas, muito tardias, e altas e de espigas grandes. A variedade sintética foi obtida por cruzamentos em cadeia dos itens relacionados. Está em produção comercial desde 1965/66.

- 10) IAC.1. Variedade sintética cujos grãos variando tipo dentado a semi-dentado, composta das linhagens Ip 48-5-3, Ip 365-4-1, Ip 398, Línea 1 da Colômbia, Ip 701, Ip 723, SLP 103, Tx 303, PD (MS) 6. Está em produção comercial desde 1966/67.

### 3.2 - Métodos

#### 3.2.1 - Obtenção de material com a característica latente

O material portador do caráter latente foi cruzado com as 8 linhagens adaptadas, mencionadas no item anterior. As plantas  $F_1$  resultantes foram autofecundadas por duas gerações obtendo-se assim as gerações  $F_2$  e  $F_3$ . Sendo a geração  $F_3$  constituída por famílias, estas podem ser avaliadas com repetições. Isto é, se o "latente" fosse devido a um fator "lt" recessivo, e o normal ao alelo Lt teríamos: 1º) LtLt x ltlt dando Ltlt; 2º) Ltlt autofecundado segregaria na espiga grãos nas proporções  $1/4$  ltlt +  $2/4$  Ltlt +  $1/4$  LtLt; 3º) os grãos desta espiga novamente autofecundados dariam  $1/4$  de plantas com espigas puras ltlt para o fator latente,  $2/4$  de plantas com espigas segregando grãos  $1/4$  ltlt +  $2/4$  Ltlt +  $1/4$  LtLt, e  $1/4$  de plantas com espigas puras LtLt sem o fator latente. Foram selecionadas para testes de resistência à geada de 8 a 25 famílias  $F_3$  provenientes do cruzamento com cada linhagem. Supondo-se segregação monofatorial, espera-se  $1/4$  de famílias com a combinação gênica desejada. Nestas condições, deve-se contar com 11 ou 16 famílias para se obter uma segurança de 95% ou 99% de se obter pelo menos uma famí-



lia homozigota para o gene considerado (MATHER 1949). Se estivessem envolvidos 2 fatores gênicos espera-se que 1/16 das famílias tenham a combinação desejada. Neste caso, o número de progênies necessárias para as probabilidades dadas acima seria 47 e 72. Mesmo com esta segregação bifatorial seria bem provável a obtenção de famílias puras recombinantes desejadas do conjunto delas, pois no total, foram testadas 106 famílias  $F_3$ .

As famílias obtidas não constituem uma amostra ao acaso, pois por ocasião das duas gerações de autofecundação foram selecionadas as plantas, que fenotipicamente mais se assemelhavam às linhagens locais, sobretudo para os caracteres: cor e tipo de grão, ciclo, sanidade, boa cobertura de palha, etc..

A tabela 2, mostra esquematicamente o desenrolar do trabalho executado.

### 3.2.2 - Ensaio de famílias $F_2$ em condições de geada

Pela experiência obtida trabalhando com o material, dadas as grandes diferenças de ciclo, vigor, susceptibilidade às moléstias, e número limitado de sementes de cada espiga restringindo o número de repetições chegou-se à conclusão de que o teste de seleção para o fator latente não deveria envolver vigor e produção, devendo ser o mais independente possível destas variáveis. Resolveu-se então submeter o material à geada desde que como já citamos na literatura, no Relatório da Fundação Rockefeller (1963) "latente" deveria se mostrar mais resistente que o milho normal. Desta maneira seria atenuado o problema de diferenças de ciclo e vigor, controle de

umidade etc.. Desde que é difícil em São Paulo nas nossas estações experimentais, obter com segurança as condições desejadas, isto é, ocorrência de geada, o material foi testado na Estação Experimental Fitotécnica de Veranópolis, da Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul em colaboração com seus técnicos. Foi plantada uma coleção na época normal para manutenção e duas repetições para testes, pela geada.

As repetições foram plantadas em duas épocas, no fim da estação de cultivo, em 17 de março e 17 de abril, de 1967 para testar o comportamento do material à geada. Em 24 e 25 de abril (38 e 8 dias após os plantios ocorreram duas fortes geadas que castigaram bastante o material.

A avaliação de cada família  $F_3$  foi feita por meio de notas, segundo uma escala de zero a cinco, onde zero corresponde à nenhuma sobrevivência de plantas, (susceptibilidade máxima), e cinco a total sobrevivência (resistência máxima).

Novas geadas ocorreram a parte de 7 de junho, (83 e 53 dias após os plantios). Após a terceira geada deste período, todas as plantas morreram.

- Obtenção de populações IAC Maya latente e IAC.1 latente

Com a melhor progênie  $F_3$  obtida de cada linhagem selecionada pelos testes de geada em Veranópolis foram sintetizadas duas populações, IAC Maya latente, e IAC.1 latente, como descrito a seguir:

As melhores progênies  $F_3$  derivadas de linhagens dentadas PD (MS) 6, SLP 103, Tehua x Tx 303<sub>(3)</sub>, Ip 701, e Ip 723 com a melhor nota de resistência à geada foram cruzadas com a variedade IAC Maya, uma a uma, e em seguida foram novamente cruzados entre si estes cruzamentos. A este composto denominamos IAC Maya latente. Se a expressão do caráter dependesse de um fator  $lt_1$  e as linhagens recuperadas após a seleção pela geada fossem puras, para o fator, a frequência  $p$  do gene na população resultante dos cruzamentos com IAC Maya seria 0,5 e  $Lt_1$   $1-p=0,5$ . A frequência do genótipo  $lt_1lt_1$  seria 0,25. Se devida a 2 pares de alelos seria 0,0625.

Por outro lado com as mesmas 5 linhagens selecionadas, mais as 2 melhores linhagens duras, de Cateto, Ip 48-5-3, e Línea 1, foram recombinadas entre si também em dois ciclos mas de maneira apresentada na tabela 2, obtendo-se um composto de híbridos duplos a que chamamos IAC.1 latente. Uma das linhagens duras, a Ip 365-4-1 foi eliminada dado os resultados negativos no teste de geada. Se as linhagens duras fossem deficientes para a expressão de latência em dois pares de alelos,  $Lt_1Lt_1$ ,  $Lt_2Lt_2$  a frequência da combinação favorável  $lt_1lt_1lt_2lt_2$  seria 0,3125, se tres pares 0,2531. As linhagens duras obtidas não foram retrocruzadas para o IAC.1 normal dado o insucesso no teste das progênies das linhagens duras indicando neste caso, talvez herança mais complexa. Por outro lado seria provável que alguns modificadores favoráveis tivessem sido transferidos a elas. Tanto as populações "latentes" quanto suas versões "normais" foram obtidas em parcelas adjacentes por polinização a mão para se obterem sementes em igualdade de condições.

### 3.2.4 - Ensaio de tolerância ao calor em germinador

Com ambas as populações "latentes" obtidas conforme descrito no ítem anterior e mais os cultivares IAC Maya e IAC.1, totalizando quatro tratamentos, foram conduzidos testes para a resistência ao calor, desde que pela literatura citada, se a população selecionada para resistência à geada for também resistente ao calor, a resistência seria protoplásmica, LEVITT (1956, 1958, 1969, 1972).

Os ensaios de tolerância ao calor com as sementes de progênies selecionadas pela geada foram instalados no laboratório da Seção de Sementes do IAC, iniciando-se os testes em março de 1969. Foi utilizado um germinador comum de madeira com tampa de vidro, com controle de temperatura por termostato, do tipo utilizado nos laboratórios de análise de semente comercial.

Cada tratamento constou de 100 sementes com duas repetições em blocos casualizados. As sementes foram envolvidas por um pano úmido da mesma maneira como se procede rotineiramente para contagem de germinação e colocadas dentro de dessecadores feitos de vidro para não enxarcarem excessivamente, constituindo cada dessecador uma das duas repetições utilizadas. Os resultados foram medidos pelo número de sementes germinadas, após um pré-condicionamento que oscilou entre extremos de 45°C por 5 dias até 50°C por 7 dias. A umidade relativa foi constante para todos os experimentos, 100%. Para cada temperatura constante utilizada foi variado o número de dias. Foram efetuados cinco experimentos com temperatura constante, na ordem: 45°C, 50°C, 48°C e 46°C por número variável de 4 a 7 dias. Iniciou-se pelo tratamento a

45°C por 5, 6 e 7 dias por ter ZINK (1968) determinado ser esta uma boa temperatura para prever a duração de vida das sementes de milho pré-condicionado por 5 dias para provocar o envelhecimento rápido (rapid aging). As alterações processaram-se estocasticamente, dependendo dos resultados já obtidos. Com isso tentou-se abranger a maior faixa de variação possível. Esquemáticamente a relação dos tratamentos pode ser melhor visualizada pela tabela 5. Após o pré-condicionamento as sementes eram colocadas para germinar em um outro germinador a 20°-30°C também com 100% de umidade relativa. Foi anotada a germinação de sementes normais e de sementes anormais segundo as normas usuais vigentes nos laboratórios oficiais de análise de sementes. A germinação das sementes normais, mais as anormais, dá a germinação total. Foi obtida também a germinação dos quatro cultivares sem pré-condicionamento.

Foi conduzido um experimento com técnica idêntica à descrita acima, usando as sementes dos híbridos duplos componentes do IAC.1 latente testados isoladamente.

### 3.2.5 - Plantio em coleção de linhagens

Como parte dos trabalhos usuais do programa de melhoramento de milho híbrido, as sub-progênes de cada linhagem que se comportaram melhor nos testes de geada foram plantados nas coleções de linhagens. Nestes plantios fez-se o seu aumento e seleção visando recuperar as linhagens originais com o fator latente, selecionando-se para o fenótipo das linhagens originais, para o ciclo vegetativo desejável, resistência ao acamamento, às pragas e moléstias.

### 3.2.6 - Ensaio de campo

Para verificar o nível de produção do material sintetizado, conforme descrição em 3.2.3, foram eles incluídos em ensaios de competição juntamente com híbridos e variedades comerciais. Foi utilizado o delineamento experimental reticulado triplo 6 x 6, com tres repetições por local. Os ensaios foram conduzidos em 7 localidades no Estado de São Paulo no ano agrícola de 1969/70. As parcelas experimentais constaram de uma linha de 10 m, espaçadas 1 metro entre si contendo cada parcela 25 covas distanciadas entre si por 40 cm. Semearam-se tres sementes por cova, desbastando-se depois para duas plantas por cova.

### 3.2.7 - Métodos de análise dos resultados

Os dados obtidos relativos à sobrevivência de plantas das famílias  $F_3$  testadas em Veranópolis para resistência à geada foram analisados pelo teste de  $\chi^2$ . Efetuou-se um teste de contingência, comparando-se as frequências de plantas mortas e sobreviventes nos grupos duro e dentado.

Os dados de porcentagem de germinação obtidos dos ensaios de tolerância do calor em germinador foram inicialmente transformados de acordo com a fórmula de transformação  $\text{arc sen } \sqrt{P\%/100}$ , SNEDECOR (1946). Admitindo-se a distribuição binomial, a variância teórica  $V(\phi)$  quando medida em graus, tem o valor, (FISHER 1953)

$$V(\phi) = \frac{820,7}{n}$$

onde  $\underline{n}$  é o tamanho de cada população utilizada como uma repetição. Segundo ARRUDA (1971) os valores reais se aproximam bastante dos valores teóricos, quando o tamanho da amostra  $\underline{n}$  for igual ou superior a 20. Como o tamanho de cada amostra utilizada foi de 100 sementes, podemos utilizar o teste seguinte para testar se a distribuição observada é binomial

$$\chi^2 = \frac{(G.L.) (Q.M.) n}{820,7}$$

onde:

(G.L.) é o número de graus de liberdade do resíduo

(Q.M.) corresponde ao quadrado médio do resíduo da análise da variância

e  $\underline{n}$  é o número de indivíduos por unidade experimental.

Se o valor de  $\chi^2$  for significativo a distribuição não é binomial.

Com estes valores foram testadas as variâncias residuais de cada experimento enumerados de 1 a 14 nas tabelas 5 e 6 analisados isoladamente com uma combinação de temperatura e tempo de pré-condicionamento, e com duas repetições. Com os experimentos onde o teste de  $\chi^2$  foi não significativo, indicando distribuição binomial, foi feita uma análise conjunta dos dados transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{P\%/100}$ . O conjunto dos dados foi também analisado utilizando a transformação logarítmica. Como a transformação logarítmica foi mais eficiente e pode assumir um significado biológico, as análises seguintes foram efetuadas com logaritmos.

### 3.2.8 - A relação de alometria

HUXLEY (1924) apud HUXLEY (1932) propôs para relacionar o crescimento entre duas partes de um organismo o que chamou de lei da razão de constância de crescimentos diferentes, atualmente mais conhecida como relação de alometria. Se Y representa o tamanho de um organismo, seja medido linearmente, ou por seu peso, menos o tamanho de um órgão ou caráter, e X representando o tamanho do órgão ou caráter, a relação entre elas é dada pela expressão:  $X = AY^\alpha$ , onde A e  $\alpha$  são constantes durante toda vida do organismo. A constante A não tem aqui significado biológico. Apenas denota o valor de X quando Y é igual a 1.  $\alpha$  indica a razão de crescimento entre as duas variáveis expressas em logaritmos HUXLEY (1932). Uma vez que os dados sejam transformados em logaritmos, o procedimento é idêntico ao utilizado para o estudo de regressão.

Se substituirmos os nossos dados de porcentagem de germinação obtidos nos ensaios de tolerância ao calor em germinador, na expressão

$$X = AY^\alpha$$

onde:

Y = porcentagem de germinação da variedade IAC Maya normal

X = porcentagem de germinação de variedade IAC Maya latente

A = constante que corresponde a porcentagem de germinação de IAC Maya latente quando a germinação de IAC Maya normal for 1, ou em logaritmos for zero

$\alpha$  = coeficiente de regressão



A adquire significado biológico importante, pois denota a porcentagem de população original, X, sobrevivendo ainda quando Y é igual a 1, ou em logaritmos 0. A constante  $\alpha$  seria uma razão de sobrevivência constante. A qualquer instante a razão de sobrevivência entre as duas populações é constante, quando expressa em logaritmos.

A expressão  $X = AY^\alpha$  corresponde em sua forma logarítmica à:

$$\log X = \log A + \alpha \log Y$$

No presente trabalho as porcentagens de germinação obtidas nos ensaios de tolerância ao calor em germinador, foram empregadas na expressão de alometria  $X = AY^\alpha$ , para várias comparações. A título de exemplo, podemos comparar IAC Maya normal com IAC Maya latente. Assim substituindo X pelas porcentagens de germinação em logaritmos de Maya latente, Y pelas correspondentes porcentagens de germinação em logaritmos de Maya normal, obtém-se pelo método dos quadrados mínimos o valor de  $\alpha$  que corresponde ao coeficiente de regressão da relação de sobrevivências constantes de Maya latente em relação à Maya normal e o valor do logaritmo de A.

Por outro lado, para testar a diferença entre dois coeficientes de regressão quando dois conjuntos de dados dependem da mesma variável independente, o método mais simples e mais direto consiste em se analisar uma nova variável obtida pela diferença entre cada par dos dois conjuntos de dados. Calcula-se um novo coeficiente de regressão das diferenças entre os pares dos dois conjuntos de dados em função

da mesma variável independente. Esta nova regressão pode ser testada da maneira usual GOULDEN (1930). Assim podemos testar diferenças que não foram significativas pelas análises de variância, que testam médias.

Se X e Z correspondem as porcentagens de germinação das duas variáveis (variedades), e Y a variável independente (IAC Maya), a expressão seria dada por  $\frac{X}{Z} = AY^\alpha$ , que na sua expressão logarítmica seria

$$\log X - \log Z = \log A + \alpha \log Y$$

que corresponde ao método normal para testar a diferença entre dois coeficientes de regressão que dependem de uma mesma variável independente.

A relação proposta por HUXLEY (1932), corresponderia a

$$\log (X-Y) = \log A + \alpha \log Y, \text{ que expressa como } X = AY^\alpha$$

quando realmente é  $X-Y = AY^\alpha$

e se refere à duas medidas de um mesmo organismo, enquanto no presente trabalho estamos tentando relacionar duas populações diferentes. O método para a obtenção da nova variável a ser testada se transformada em logaritmos corresponde a:

$$\log X - \log Y = \log A' + \alpha' \log Y$$

que corresponde a

$$\frac{X}{Y} = AY^{\alpha} \quad \text{ou} \quad X = AY^{\alpha+1}$$

Lembramos que HUXLEY (1932) subtrai uma variável de outra e exprime a diferença em logaritmos, enquanto que no presente caso trata-se da diferença entre os logaritmos das variáveis. Em outras palavras a relação  $X = AY^{\alpha}$  corresponde a  $X = AY^{\alpha+1}$ .

#### 4 - RESULTADOS

##### 4.1 - Resultados de ensaios de família F<sub>3</sub> para estudar resistência à geada

Observaram-se grande diferenças quanto à resistência à geada entre as famílias F<sub>3</sub> testadas em Veranópolis. As observações indicaram que o vigor da planta foi um fator importante no grau de resposta apresentada. Após as duas geadas a temperatura elevou-se novamente e passados alguns dias notou-se grande diferença de desenvolvimento entre as linhagens que tinham sido mais e menos castigadas. Os resultados obtidos em notas de recuperação de 0 a 5, são apresentados na tabela 3. Cada nota corresponde à média de duas repetições. O teste de contingência para se comparar as sobrevivências nos dois tipos de materiais, duro e dentado, é apresentado na tabela 4.

##### 4.2 - Resultados de experimentos de tolerância ao calor em germinador

Os resultados dos experimentos descritos em 3.2.4, são apresentados nas tabelas 5 e 6. Houve uma boa amostragem da amplitude de variação total possível. Obteve-se desde tratamentos com morte de todas as variedades, até aqueles onde a viabilidade das sementes foi elevada. Verificou-se

também que certas condições de temperatura determinaram a morte quase total das variedades "normais" enquanto se observa ainda germinação ponderável das variedades mais resistentes. Os dados das tabelas 5 e 6 que se referem a germinação com plantas normais, e normais mais anormais respectivamente, foram analisados após transformação angular. Pela análise de transformação angular dos dados em porcentagens das tabelas 5 e 6 apresentados nas tabelas 7 e 8 verificamos que os experimentos 8, 11 e 12 deram F significativos para tratamentos em ambas as contagens. Assim, nas condições dos experimentos a 100% U.R. e enroladas em pano úmido, os pré-condicionamentos, mais eficientes para discriminar os diferentes materiais foram os experimentos (8) 48°C por 4 dias, (11) 47°C por 5 dias e (12) 47°C por 6 dias. Podemos concluir com alguma segurança que o pré-condicionamento mais adequado deve estar ao redor de 47°C ou 48°C por 5 ou 6 dias.

Os testes das variâncias residuais em relação à variância teórica esperada que é  $\frac{820}{n}; 7$  após a transformação angular e a observação dos dados, permitiram eliminar das análises os experimentos 5, 6 e 7, por não corresponderem a distribuição binomial. Os resultados constam das tabelas 7 e 8. A seguir foi efetuada uma análise conjunta da variância dos dados da tabela 5, tanto pela transformação angular, como pela transformação logarítmica, os quais são apresentados nas tabelas 9 e 10. Nestas duas análises verificou-se que as análises pela transformação logarítmica tiveram coeficiente de variação C.V. dentro de 5,5%, e C.V. entre 14,7% versus C.V. dentro, de 5,7% e C.V. entre de 15,4%, respectivamente.

As tabelas 11 e 12 apresentam os dados obtidos de um experimento relativo aos híbridos duplos constituintes do IAC.1 latente, testados em separado.

#### 4.3 - Resultados da análise de alometria dos dados obtidos pelo teste de calor.

Nas tabelas 13 e 14 estão apresentadas as análises pela relação  $X = AY^\alpha$ , obtidos dos dados das tabelas 5 e 6, tomando sempre  $Y$  como IAC Maya normal aqui considerada como variável independente e as outras variedades como variáveis dependentes. Foi feita a análise tanto para germinação apenas das sementes normais, como para a germinação total (normais mais anormais). Todas as regressões foram significativas ao nível de 0,001 de probabilidade. Os desvios com os dados de germinação total foram menores.

Para testar diferenças entre as variedades que não foram significativas pelo teste de Duncan, apresentado na tabela 10, utilizamos a expressão  $\frac{X}{Z} = AY^\alpha$  que em logaritmos corresponde à diferença entre a variedade X, e a variedade Z, em função da sobrevivência da variedade padrão Y, (IAC. Maya). Os resultados estão nas tabelas 15 e 16, para a germinação das normais, e a germinação total respectivamente. A diferença entre IAC.l latente, IAC.l foi significativa a P 0,001 no primeiro caso, e a P 0,01 no segundo. A diferença IAC.l latente menos IAC Maya latente foi significativa a P 0,01 no primeiro caso e a P 0,05 no segundo caso. A diferença entre IAC.l menos Maya latente não chegou a atingir os limites de significância em nenhum dos dois testes. Como se ve, os erros residuais diminuíram em relação às análises anteriores das tabelas 13 e 14. Na ordem decrescente de tolerância os cultivares foram IAC.l latente, IAC Maya latente, IAC.l e IAC.Maya.

Nas tabelas 17 e 18 são apresentadas as análises correspondentes às tabelas 13 e 14, só que em vez da expressão  $X = AY^\alpha$ , usamos a expressão:

$$\frac{X}{Y} = AY^{\alpha'} \text{ ou } X = AY^{\alpha'+1}.$$

Que pelos resultados demonstra ser, se identificarmos  $\log X - \log Y$  como  $\log X'$

$$X' = AY^{\alpha-1}$$

Em seu significado biológico a equação expressa que a diferença entre as sobrevivências em logaritmos de duas populações é retilínea, e inversamente proporcional à fração sobrevivente da população base.  $\alpha$  corresponde à relação de germinação em logaritmos entre uma dada população, e a população base.  $A$  corresponde ao valor de germinação obtido quando a população tomada como referência  $Y$  é igual 1, ou em logaritmos, igual a 0. As equações diferem apenas pela constante -1, tendo os mesmos erros residuais. As correlações obtidas são diferentes.

Um significado biológico importante, é que as diferenças entre duas variedades seriam proporcionais às diferenças entre logaritmos, ou seja nesta escala os efeitos ficam aditivos. Os efeitos estudados podem então ser descritos por regressões lineares. No nosso caso estas regressões indicam sobrevivências. Pode-se portanto conjugar segregações mendelianas e as sobrevivências para descrever os dados obtidos.

Como se ve pelos cálculos os erros residuais são idênticos. Os expoentes diferem apenas pela constante -1. En-

tretanto obteve-se correlações muito mais altas do que utilizando o coeficiente de regressão  $\alpha$ , calculado da maneira original, indicando que a expressão se ajusta melhor aos dados. Os erros residuais ficaram inversamente proporcionais aos coeficientes de correlação. Estes resultados são particularmente evidentes no caso dos dados de germinação total.

#### 4.4 - Observações na coleção de linhagens

Numa coleção de linhagens incluindo a coleção de sub-linhagens  $F_3$  derivadas de "latente", efetuada em janeiro de 1969 nas 42 sub-linhagens  $F_3$  de Línea 1 x "latente" incluídas verificou-se um ataque muito intenso de "broca de cana" Diatraea saccharalis (F.), e de Pythium aphanidermatum (Edson) Fitz quando as plantas se encontravam na fase de granação. A Línea 1, plantada nas extremidades da coleção de progênies foi menos atacada. Das progênies da Línea 1 derivadas do cruzamento com "latente" praticamente todas as plantas sofreram quebraimento do colmo devido ao ataque da "broca" e do Pythium. No restante da coleção, envolvendo mais 1165 linhagens e variedades das mais diversas origens não se verificou tal ataque.

#### 4.5 - Experimentos de campo

Os resultados dos experimentos de campo estão apresentados na tabela 19. As condições climáticas favoreceram



o bom desenvolvimento das plantas obtendo-se a produção média do controle Hmd 6999 B de 6448 kg/ha. Foi portanto um ano pouco favorável para verificar diferenças de resistência à seca. Comparando-se os cruzamentos entre si, verifica-se que a população mais limitante é a IAC.1 "latente", pois nos cruzamentos em que entrou limitou a produção à um máximo de 87% em relação ao controle.

## 5 - DISCUSSÃO

### 5.1 - Teste de geada

Os resultados obtidos no experimento conduzido em Veranópolis, onde famílias  $F_3$  provenientes do cruzamento de Mich.21 Comp.1-104 com linhagens locais, indicam claramente que esta linhagem transferiu um fator ou fatores de tolerância à geada aos milhos dentados adaptados. Assim um teste de contingência de  $\chi^2$  das notas de resistência do grupo duro contrastadas com o grupo dentado mostra significância estatística. A linhagem dura mais resistente, como está exposto em 4.4 teve um melhor comportamento dentro do grupo Cateto provavelmente a outro mecanismo de resistência, possivelmente a um maior teor de açúcares. Dado o número de progênies utilizadas os dados segerem o seguinte:

1) Nos cruzamentos com material dentado a herança na resistência à geada poderia ser devida a um simples par de alelos;

2) A linhagem original tem sementes brancas ( $y_1y_1$ ) e as adaptadas sementes amarelas ( $Y_1Y_1$ ), e foi feita seleção para sementes amarelas e para o fenótipo das linhagens adaptadas. Não deve haver ligação muito forte do fator para resistência com o locus deste gene do cromossoma 6, ou com outros genes que condicionam as características raciais do grupo (Tuxpenho), em oposição às de Mich. 21 Comp.1-104 (Cônico);

3) Nos cruzamentos com material de Cateto, ou a herança depende de mais de dois pares de alelos, ou o gene ou genes que lhe faltam para expressar a resistência estão ligados a genes que constituem suas características raciais (Cateto) em oposição as de Mich, 21 Comp. 1-104 (Cônico).

4) O material de Cateto não possui um mecanismo marcante de resistência à geada.

## 5.2 - Teste de tolerância ao calor

Os dados dos experimentos apresentados nas tabelas 5 e 6 pelo pré-condicionamento por calor indicam primariamente que a seleção em condições naturais de geada foi eficiente para aumentar a tolerância ao calor, indicando resistência ambiental ou protoplásmica. Este resultado de tolerância ao calor é muito importante, pois está em contradição com os resultados de MUÑOZ (1958) que não encontrou diferenças sob altas temperaturas entre plântulas latentes e normais com 4 dias de idade. Uma possível causa dos seus resultados negativos pode ser encontrada na idade das plantas utilizadas no teste e pelo fato de ter trabalhado com linhagens. HEYNE e LAUDE (1940) verificaram que apenas após 14 dias esgotava-se a reserva das sementes. Portanto tamanhos diferentes de sementes também podem mascarar o resultado. Por outro lado nossos dados foram obtidos com sementes de híbridos duplos. Comparamos material com vigor não muito diferente conforme mostram dados experimentais no campo cujos resultados estão na tabela 19. As sementes testadas de híbridos duplos, ainda que com certa desvantagem para o "la-

tente", que foi menos produtivo no campo mostraram com pouca margem de dúvida que a linhagem original Mich. 21 Comp.1-104 transferiu genes que conferem tolerância ao calor.

A relação das razões de crescimento constante,  $X = AY^\alpha$  extensivamente discutida por HUXLEY (1932) é uma observação a posteriori sobre dados observados. A relação

$$\frac{X}{Y} = AY^{\alpha-1}, \text{ que verifica-se ser equivalente a } X' = AY^{\alpha-1},$$

sendo  $\log X' = \log X - \log Y$

quando comparada com a relação original  $X = AY^\alpha$ , deve ser encarada sob o mesmo prisma. As vantagens desta transformação a julgar pelos dados apresentados aqui podem ser resumidos nos itens:

1) Mantém o significado biológico do fenômeno observado estabelecendo uma relação simples com uma lei biológica conhecida;

2) Descreve com mais precisão o fenômeno observado, conforme medido pelos coeficientes de correlação dos dados observados;

3) Os dados transformados adquirem uma distribuição mais próxima da normal, conforme mostra a associação inversa entre os erros e os coeficientes de correlação calculados a partir dos dados observados, e a análise da variância;

4) Os efeitos se tornam aditivos após a transformação logarítmica;

5) Os erros são idênticos aos da transformação original  $X = AY^\alpha$ ;

6) Racionaliza sob o ponto de vista biológico um

método estabelecido de teste entre dois coeficientes de regressão, quando ambos são dependentes de uma mesma variável independente.

Portanto, os métodos utilizados atingem em grande parte as condições de KRAMER e BRIX (1965). LEPESCHKIN (1912) mostrou que a mesma relação logarítmica em relação à temperatura foi encontrada tanto para o tempo de morte por calor, como para o tempo de coagulação de proteínas em soluções, ainda que o primeiro seja mais rápido.

Chamamos a atenção para a relação entre a expressão  $X' = AY^{\alpha - 1}$  utilizada e o trabalho de GRIDI-PAPP (1970) sobre a interpretação da relação de alometria.

### 5.3 - Hipóteses sobre a base genética da tolerância ao calor

Com os híbridos isolados componentes do que chamamos de IAC.1 "lt" foi conseguido apenas um experimento, cujos dados estão nas tabelas 11 e 12. Os resultados sugerem que as seguintes hipóteses de trabalho podem ser consideradas:

Hipótese I. São considerados dois loci para explicar a tolerância ao calor, sendo um locus com tres alelos e o outro com dois. Considerando na série de tres alelos do mesmo locus como sendo  $Lt_1^+$  proveniente do Cateto,  $Lt_1$  o alelo normal do milho dentado, e  $lt_1$  o alelo de "latente", sendo a ordem de dominância  $Lt_1^+ \triangleright Lt_1 \triangleright lt_1$ . Além desta série alélica existiria mais um locus,  $lt_2$  necessário para o efeito de  $lt_1$  (ação complementar). Com relação a este locus, o "latente" e os milhos dentados seriam  $lt_2 lt_2$ , e os milhos duros (Cateto) seriam  $Lt_2 Lt_2$ , que não permite a expressão do fator la-

tente,  $lt_1 lt_1$ . Em cruzamentos de latente com dentados, na geração  $F_2$  segregaria 1/4 de genótipos latentes, para 3/4 não latentes. Em cruzamentos de latentes com Cateto segregaria 1/16 latentes para 15/16 não latentes.

As composições genéticas do material utilizado seriam:

Latente	$lt_1 lt_1, lt_2 lt_2$
Dentado	$Lt_1 Lt_1, lt_2 lt_2$
Cateto	$Lt_1^+ Lt_1^+, Lt_2 Lt_2$

Nesta hipótese com os dados disponíveis podem ser consideradas duas alternativas: a) com dominância completa de  $Lt_1^+$ , sendo  $Lt_1^+$  - igual a  $Lt_1^+ Lt_1^+$ , a que chamaremos de alternativa I-a; b) com efeito de sobredominância de  $Lt_1^+$ , a que chamaremos de alternativa I-b.

Hipótese II. São considerados tres loci para explicar a tolerância ao calor, sendo um locus com tres alelos e os demais com dois. Supomos neste caso que falta no Cateto mais um gene ( $lt_3$ ) para a expressão do carater.

As composições genéticas seriam:

Latente	$lt_1 lt_1, lt_2 lt_2, lt_3 lt_3$
Dentado	$Lt_1 Lt_1, lt_2 lt_2, lt_3 lt_3$
Cateto	$Lt_1^+ Lt_1^+, Lt_2 Lt_2, Lt_3 Lt_3$

Nesta hipótese também, com os dados disponíveis podem ser consideradas duas alternativas: a) com dominância completa de  $Lt_1^+$  e que chamaremos de alternativa II-a; e b) com efeito de sobredominância de  $Lt_1^+$ , a que chamaremos de alternativa II-b.

Com os dados de germinação apresentados na tabela 11, e as hipóteses sugeridas calculamos pelo método dos quadrados mínimos os valores esperados dos genótipos. Os resultados estão apresentados na tabela 12, juntamente com os testes de  $\chi^2$  para os desvios. Os resultados favoreceram as alternativas I-a e II-b.

#### 5.4 - Conjugação entre segregações mendelianas e a relação de alometria para tolerância ao calor

De acordo com as hipóteses apresentadas em 5.3, poderíamos descrever a composição genética hipotética do IAC Maya, IAC.1, IAC Maya "lt" e IAC.1 "lt". Pelos testes apresentados na tabela 12, só foram testados para  $Lt_1^+$ , as hipóteses de dominância e sobredominância por causa da limitação dos dados. Entretanto  $Lt_1^+$  pode possuir algum outro grau de dominância. Como IAC.1 normal se originou de uma mistura de linhagens Cateto com linhagens dentados, deve possuir uma frequência intermediária dos alelos  $Lt_1^+$  e  $Lt_1$  e que seria próxima de 0,5 se  $Lt_1^+$  fosse de efeito sobredominante, FALCONER (1961) de valor seletivo e a população estivesse em equilíbrio de HARDY-WEINBERG. Outros efeitos heteróticos, que existam no cruzamento de Cateto com dentado levariam ao mesmo resultado. Com esse raciocínio testaremos algumas alternativas das hipóteses básicas expostas em 5.3, e que são apresentadas nas tabelas das páginas 50 e 51.

Foram organizadas equações para cada variedade igualando-se a porcentagem de germinação, (após pré-condicionamento) com a frequência dos genótipos hipotéticos correspondente a cada cultivar. Obteve-se assim um sistema de equações, cada

Frequências dos genótipos para o locus  $lt_1$ , efetivos, dos diferentes materiais segundo tres alternativas da hipótese I.

População	Frequência dos genótipos			
	$Lt_1Lt_1$	$Lt_1^+$	$Lt_1lt_1$	$lt_1lt_1$
I - Dois loci				
a) Dominância completa de $Lt_1^+$				
IAC Maya .....	100	0	0	0
IAC.1 .....	25	75	0	0
IAC Maya "lt" ...	25	0	50	25
IAC.1 "lt" .....	13,75	55	0	31,25
c-1) Recessividade completa de $lt_1$ , frequência de $Lt_1^+$ igual a 0,5				
IAC Maya .....	100	0	0	0
IAC.1 .....	25	50	25	0
IAC Maya "lt" ...	75	0	0	25
IAC.1 "lt" .....	13,75	55	0	31,25
c-2) Recessividade completa de $lt_1$ , frequência de $Lt_1^+$ igual a 0,6				
IAC Maya .....	100.	0	0	0
IAC.1 .....	16	48	36	0
IAC.Maya "lt" ...	75	0	0	25
IAC.1 "lt" .....	13,75	55	0	31,25



Frequências dos genótipos para o locus  $lt_1$ , efetivos, dos diferentes materiais segundo tres alternativas da hipótese II.

População	Frequência dos genótipos			
	$Lt_1 Lt_1$	$Lt_1^+ -$	$Lt_1 lt_1$	$lt_1 lt_1$
II - Tres loci				
a) Dominância completa de $Lt_1^+$				
IAC Maya .....	100	0	0	0
IAC.1 .....	25	75	0	0
IAC.Maya "lt" ...	25	0	50	25
IAC.1 "lt" .....	19,69	55	0	25,31
c-1) Recessividade completa de $lt_1$ , frequência de $Lt_1^+$ igual a 0,5				
IAC Maya .....	100	0	0	0
IAC.1 .....	25	50	25	0
IAC.Maya "lt" ...	75	0	0	25
IAC.1 "lt" .....	19,69	55	0	25,31
c-2) Recessividade completa de $lt_1$ , frequência de $Lt_1^+$ igual a 0,6				
IAC Maya .....	100	0	0	0
IAC.1 .....	14	48	36	0
IAC.Maya "lt" ...	75	0	0	25
IAC.1 "lt" .....	19,69	55	0	25,31

um deles correspondente a um dos onze experimentos utilizados. Com os onze valores estimados de  $Lt_1^+Lt_1^+$ ,  $Lt_1Lt_1$ ,  $Lt_1^+-$ , e  $lt_1lt_1$ , que representam a sobrevivência dos genótipos, testou-se seu ajustamento após transformação em logaritmos, as relações de sobrevivência propostas  $X = AY^\alpha$  e  $X' = AY^{\alpha-1}$ , que são apresentadas nas tabelas de 20 a 23. Supos-se que as hipóteses cujos dados melhor se ajustem as relações  $X = AY^\alpha$  e  $X' = AY^{\alpha-1}$ , com menor erro, desvios em relação a equação de regressão e maior correlação sejam as hipóteses mais prováveis.

A germinação inicial, sem pré-condicionamento foi 95%.

Para a relação  $X = AY^\alpha$ , um genótipo que não fosse em nada afetado pelos pré-condicionamentos daria  $X = 95 Y^0$ , e se fosse afetado da mesma maneira que o genótipo padrão  $Lt_1Lt_1$  seria  $X = 1 Y^1$ .

Para a relação  $X' = AY^{\alpha-1}$  um alelo que não fosse em nada afetado pelos pré-condicionamentos daria  $X' = 95 Y^{-1}$ , e se fosse afetado da mesma maneira do que o alelo padrão seria  $X' = 1 Y^0$ .

Nas tabelas 21 e 22 pelas hipóteses I-a a II-a, para  $lt_1lt_1$  os altos valores de A, 68,7 e 101,7 respectivamente, e os valores de  $\alpha$ , 0,049 e -0,027 próximos de 0 indicam que o genótipo hipotético  $lt_1lt_1$  foi pouco afetado pelos pré-condicionamentos por calor em relação a  $Lt_1Lt_1$  o genótipo hipotético, do dentado. Nota-se que a precisão do ajustamento, medido por r, coeficiente de correlação devem ser vistos na tabela 21 e 23 para  $X' = AY^{\alpha-1}$  e não na equação  $X = AY^\alpha$  da tabela 20 e 22.

Para o valor de  $Lt_1lt_1$ , os valores de A, 5,5 e -3 respectivamente e de  $\alpha$ , 0,599 e 0,823 indicam que este valor está muito próximo do de  $Lt_1Lt_1$ . Em outras palavras o

alelo  $lt_1$  seria completamente recessivo ou quase em relação a  $Lt_1$ .

Os valores de A e  $\alpha$  para  $Lt_1^+ -$ , indicam para a soma de  $Lt_1^+ -$  e  $Lt_1^+Lt_1^+$ , valores médios acima dos de  $Lt_1Lt_1$  indicando um efeito favorável do gene proveniente do Cateto.

Como o resíduo,  $s^2$  para  $lt_1Lt_1$  na hipótese I-c é 0,0825 quando comparado com 0,1654 de hipótese II-a, e a correlação é maior a hipótese I-a pelo conjunto dos resultados se ajusta muito melhor aos dados do que a segunda hipótese II-a.

Uma vez que ambas as hipóteses apontaram para  $Lt_1lt_1$  um valor semelhante ao de  $Lt_1Lt_1$ , estes dois valores foram englobados em um só e desdobrados os genótipos de  $Lt_1^+ -$  em dois  $Lt_1^+ -$  e  $Lt_1^+Lt_1^+$ , que para 2 e 3 loci respectivamente constituem as hipóteses I-c-1, e II-c-1. Comparando estas últimas hipóteses I-c-1 se ajusta mais aos dados, sendo todas as correlações de  $X^* = AY^{\alpha-1}$  maiores e o erro de  $Lt_1^+Lt_1^+$  a metade do de II-c-1. A hipótese I-c-1 resulta em um valor para A de  $Lt_1^+Lt_1^+$  de 34,6 e de  $Lt_1^+ -$  de -5,3 indicando dominância parcial, com o valor de  $Lt_1Lt_1$  maior do que  $Lt_1^+ -$ . O valor de  $Lt_1^+ -$  inferior a  $Lt_1Lt_1$  não está coerente e deve ser atribuído a erro de amostragem.

•Pelas hipóteses I-c-2 e II-c-2 com a frequência de  $Lt_1^+$  igual a 0,6 em vez de 0,5 ambos os resultados pioram em relação a I-c-1, e II-c-1. Poderíamos apenas concluir que  $Lt_1^+$  apresenta um certo grau de dominância, que os dados disponíveis não permitem aferir de que grau. O melhor ajustamento dos dados às frequências intermediárias apontaria para efeitos heteróticos.

As melhores estimativas dos efeitos estudados são dadas pela hipótese I-a, da tabela 20. Para o latente é dada

por  $lt_1lt_1 = 68,7 Y^{0,049}$ , isto é quando o dentado normal germina só 1%, o latente germinaria 68,7% que é o valor de A.

Para o caso do fator do Cateto,  $Lt_1^+$  os homozigotos e heterozigos em conjunto com um valor de A de 13,3 indicam um efeito positivo deste fator. Naturalmente estes valores são em relação ao cultivar IAC Maya normal, pressuposto ser  $Lt_1Lt_1$ .

Os dados disponíveis não permitem uma decisão crítica sobre a natureza gênica do caráter aqui estudado. Além das hipóteses apresentadas, outras modificações, como presença de poligenes podem ser consideradas.

Dados interessantes para comparação dos resultados obtidos são apresentados na tabela 24, tirados da tabela 11 de MIRANDA (1966). Por estes dados parece que interação variedades x anos, ou seja no caso (IAC 6999 B - IAC Asteca) x anos, (heterozigoto de Cateto - dentado) x anos é em grande parte explicada pelas relações apresentadas,  $X = AY^\alpha$  e  $X' = AY^{\alpha-1}$ .

Com os dados de produção em kg/ha do Hmd 6999 B-IAC Asteca o coeficiente de correlação,  $r = +0,523$ . Para a relação de alometria  $X = AY^\alpha$  passa a  $r = +0,593$ . Para a relação de razão de sobrevivência constante proposta,  $X' = AY^{\alpha-1}$ ,  $r = -0,878$ . Grande parte da diferença de comportamento pode ser devida à diferente resistência à seca, seguindo uma relação biológica simples  $X' = AY^{\alpha-1}$ , onde X = produção do IAC 6999 B, e Y = produção do IAC Asteca.

Com referência a este efeito do Cateto, parece que em grande parte sua ação é em conferir resistência ambiental, pois por outro lado limita a produção. PATERNIANI (1961) concluiu que os dentados (variedades) tendem a aumentar a produção dos híbridos intersetivos, em contraposição aos milhos duros que tendem a diminuí-la. Pelos seus dados no local em

que o nível de produção foi menor, (local 1) Cateto x Itaici (dentado) foi bem superior aos cruzamentos dentados. Também, nos locais mais desfavoráveis os híbridos duplos semidentados controles foram relativamente mais produtivos. Cremos que seria útil a análise de muitos dados de produção já existentes em relação as hipóteses sugeridas, efetuando agora testes semelhantes aos apresentados aqui para um dialelo do tipo do trabalho citado, o que junto com dados de vigor, produção, com e sem castigo, ocasionado pela seca, permitiria um estudo interessante.

Aparentemente "latente" nos oferece a oportunidade de obter cultivares dentados com maior resistência ambiental do que o Cateto, sem os inconvenientes que esta raça de milho apresenta.

## 6 - SUGESTÕES

1. Um bom delineamento para testar sementes ou plantas, para tolerâncias deveria incluir nos testes os dois cultivares contrastantes, o  $F_1$  e  $F_2$  entre eles, e o retrocruzamento para cada progenitor. Não se deveria utilizar material endocriado, a não ser que se quizesse medir especificamente o efeito da perda de vigor, pois o vigor parece ter um efeito importante. No caso de teste de sementes deveriam ser produzidas nas mesmas condições. Para o caso do Cateto desejando-se obter o homocigoto para o fator dever-se-ia usar o híbrido simples Cateto utilizados na obtenção dos híbridos duplos comerciais reconhecidamente resistentes. Poder-se-ia eventualmente comparar paralelamente este híbrido simples e populações de Cateto nos cruzamentos acima. O teste de tolerância ao calor provocando envelhecimento rápido das sementes parece ser o mais fácil de ser utilizado na maioria das condições de trabalho locais.

2. Utilizando o delineamento acima ou parte do mesmo pode-se estudar o efeito do armazenamento de sementes com condições diferentes, por exemplo em embalagens permeáveis e hermeticamente fechadas com diferentes umidades relativas e temperaturas e ambientes. O ideal seria medir a absorção de  $O_2$  (respiração), a produção de  $CO_2$ , teor de ácido abscísico, e o teste de tetrazolium etc., a intervalos de períodos de castigos. Seria interessante a condução de ensaios de campo com sementes do material armazenado, em diferentes estágios de envelhecimento, comparado com o material de semente nova, ou bem conservada em câmaras apropriadas.

3. Estudos sobre a abertura e fechamentos dos estômatos nos genótipos acima seriam dos mais interessantes. As condições anteriores aos testes, com endurecimento ou não, devem ser bem definidas. Desde que as folhas do milho são homobásicas, folhas cujas nervuras não interceptam o mesófilo, não impedindo o fluxo de ar, deveria ser usado o método do porômetro (\*), (ALVIM 1965, 1968).

Para estudar diferenças de potencial hídrico ALVIM recomenda o uso do método de SHARDAKOV (1948) (dye method) in KNIPLING (1967), ou a câmara de pressão de SCHOLANDER et al (1965) veja KAUFMANN (1968). Para o estudo da tolerância a desidratação uma técnica que permite determinar a porcentagem de desidratação que paraliza o mecanismo de fotossíntese "aparente" (ALVIM 1967).

4. Para efeito de melhoramento, uma possibilidade interessante após a introdução do fator poderia ser a de selecionar para cutículas mais impermeáveis, por exemplo com uma camada de cera mais espessa, como acontece no sorgo, o que aumentaria a potencialidade da tolerância à seca. Isto no caso de se confirmar a existência de um mecanismo estomatal mais eficiente.

5. No plano bioquímico seria interessante estudar o efeito do ácido absícico. Verificar por exemplo se o ácido absícico induz endurecimento, super resfriamento etc., de maneira mais eficiente. O ácido absícico em si ou precursores de sua síntese o que levaria a determinar exatamente a mutação de ponto responsável pela diferença.

---

(\*) Dr. Paulo de T. Alvim. Diretor. CEPLAC. Itabuna Ba, comunicação pessoal.

No caso das gramíneas tropicais, (assim como algumas dicotiledôneas), existe uma etapa de síntese especial, a do C<sub>4</sub>-ácido dicarboxílico para fixação do CO<sub>2</sub>. Acredita-se que esta é uma adaptação para uma fixação rápida do carbono. em ambientes onde ocorre frequentemente falta de água limitando a fotossíntese, LAETSCH (1968) in LEVITT (1972). O fechamento estomatal evita a seca, mas não há fotossíntese e a planta pode sofrer desnutrição. Talvez o sistema fotossintético seja mais eficiente. Segundo LEVITT (\*) seria interessante investigar também a carboxilose do ácido fosfoenolpirúvico, desde que o milho é uma planta do tipo C<sub>4</sub>-ácido dicarboxílico.

---

(\*) Dr. J. Levitt. Professor. College of Arts and Science. Division of Biological Science. University of Missouri. Columbia. Comunicação pessoal.



## 7 RESUMO E CONCLUSÕES

Foi estudado o comportamento de cruzamentos de milhos locais com o milho "latente" relatado em trabalho efetuados no México. Testaram-se populações segregantes provenientes destes cruzamentos, à geada. Com material proveniente de seleção por meio de geada, testou-se em sementes, sua tolerância a calor. Tentou-se mostrar pela revisão bibliográfica que a ampla faixa de efeito fisiológicos exibidos pelo milho "latente" pode ser devida a um ou dois loci diferentes neste cultivar em relação ao material testado, dentado e cateto, respectivamente.

A produção mais rápida de uma antiauxina como a abscissina ou substância similar poderia explicar grande parte a multiplicidade de efeitos observada neste cultivar, "latente".

1. Populações provenientes de cruzamentos com milho latente e selecionadas por meio de geada, quando testadas sob calor na forma de sementes nas condições estudadas revelaram maior tolerância ao calor do que as populações originais.
2. O mecanismo envolvido, portanto, é o de resistência ambiental ou protoplásmica, (incluindo resistência à seca, calor, geada e armazenamento).
3. Os tratamentos, mais eficientes para discriminar diferenças de tolerância ao calor nas condições do experimento, foram pré-condicionamentos das sementes a 47°C-48°C, por cinco ou seis dias, antes de serem postas a germinar.

4. A transformação logarítmica dos dados de porcentagem de germinação foi mais eficiente em normalizar o conjunto dos dados do que a transformação angular.
5. Os dados de germinação total, incluindo-se os normais e anormais, se ajustaram mais às transformações propostas do que as contagens só de germinação normal.
6. A expressão  $X' = AY^{\alpha-1}$ , onde  $\log X' = \log X - \log Y$  relacionando diferentes populações, derivada da relação de alo-metria  $X = AY^{\alpha}$  parece descrever melhor a relação entre as sobrevivências relativas de diferentes populações quando calculados os coeficientes de correlação.
7. Em cruzamento de "latente" com os Tuxpenhos ou derivados destes, dentados, a segregação parece ser devido a um simples par de alelos, segregando em  $F_2$  3 normais para um "latente".
8. Em cruzamento de "latente" com Cateto a segregação seria devida a dois pares de alelos dando em  $F_2$  15 normais para 1 "latente", ou seja, em Cateto faltariam 2 genes para a expressão do caráter.
9. O Cateto parece possuir um gene dominante para tolerância que seria alélico ao gene principal de "latente", o único que falta no Tuxpenho. As composições genéticas seriam: Latente  $lt_1lt_1$ ,  $lt_2lt_2$ ; Dentado  $Lt_1Lt_1$ ,  $Lt_2Lt_2$ ; Cateto (as linhagens testadas),  $Lt_1^+Lt_1^+$ ,  $Lt_2Lt_2$ . Sendo a ordem de dominância  $Lt_1^+ \succ Lt_1 \succ lt_1$  e  $Lt_2 \succ lt_2$ .
10. As populações selecionadas devem possuir maior tolerância à seca, calor, geada e armazenamento.

8 - SUMMARY

Crosses of local maize with the "latente" maize reported from Mexico were studied. Segregating populations of the crosses were selected by frost. Seeds of frost selected populations were tested in their tolerance to heat. It was tried by the bibliographic revision to show that the wide range of physiological effects of "latent" maize could be due to one or two different loci in this cultivar, in relation to tested dent, and flint types respectively. Faster production of an anti auxin, like abscisin or a similar substance could explain a great part of the multiple effects exhibited by the "latent" maize.

1. Seeds obtained from populations derived from crosses to latent maize and selected under frost conditions revealed greater heat tolerance than the original populations.
2. The mechanism involved is environmental or protoplasmic resistance (simultaneous tolerance to heat, frost, drought, and storage).
3. To discriminate differences regarding heat tolerance, the most efficient pre-conditioning seed treatments were  $47^{\circ}\text{C}$ - $-48^{\circ}\text{C}$  for five to six days.
4. The logarithm transformation of the value of germination in percent fitted better the normal distribution than the angular transformation.

5. Total germination values, including normals plus abnormal seeds, fitted better the proposed transformations than values of normal germination only.

6. The expression  $X' = AY^{\alpha-1}$ , where  $\log X' = \log X - \log Y$ , relating different populations, derived from the allometry expression  $X = AY^{\alpha}$  seems to describe better the relative survival of different populations, once the correlation coefficients are calculated.

7. In crosses of "latent" with Tuxpeños, the segregation seems to be due to only a pair of alleles in a single locus, giving in  $F_2$ , three normals to one latent.

8. In crosses with the flint maize Cateto, the segregation seems to be due to two loci giving in  $F_2$  fifteen normals to one latent. Cateto lacks two genes for the character's expression.

9. Cateto seems to possess one dominant gene for tolerance which would be allelic to the "latent" gene, the only one which Tuxpeño lacks. The following genetic compositions are proposed: "latente" maize,  $lt_1lt_1$ ,  $lt_2lt_2$ ; dent maize (Tuxpeños)  $Lt_1Lt_1$ ,  $lt_2lt_2$ ; Cateto, (the lines tested so far)  $Lt_1^+Lt_1^+$ ,  $Lt_2Lt_2$ . The following order of dominance is assumed  $Lt_1^+ \succ Lt_1 \succ lt_1$  and  $Lt_2 \succ lt_2$ .

10. The selected populations must possess greater tolerance to drought, heat, frost, and storage.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALDEN, J. & HERMANN, R. K. 1971. Aspects of the cold-hardiness mechanism in plants. The Botanical Review. Vol. 37. fac. 1.
- ALLAWAY, W. G. & MANSFIELD, T. A. 1970. Experiments and observations on the after effect of wilting on stomata of Rumex sanguineus. Can. J. Bot. 48:513-521.
- ALVIM, P. T. & HAVIS, R. J. P. 1954. An improved infiltration series for studying stomatal opening as illustrated with coffee. Plant Physiology 29:97-98.
- \_\_\_\_\_ 1965. A new type of porometer for measuring stomatal opening and its use in irrigation studies. Methodology of plant Eco-physiology. Proceedings of the Montpellier Symposium. 1965.
- \_\_\_\_\_ 1967. Eco-physiologie of the cocoaoyer. Conference internationale sur les recherches agronomiques cocoaoyeres, Abidjan. 15-20. November 1965. Paris (1967), p.23-35.
- \_\_\_\_\_ 1968. Some factors to be considered in diagnosing moisture deficiency by stomatal opening. Ciencia e Cultura. Vol. 20, N.º 4:725-732.
- ARRUDA, H. V. de. 1971. Transformação angular de dados de porcentagens, em face da distribuição normal. Tese de M.S. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

- BERISTAIN, J. M. 1963. Influencia del fosforo en el desarrollo de tres lineas de maíz a diferentes condiciones de humedad. Tesis E.N.A. Chapingo. México.
- CAMP, L. M. 1954. Observations on heat and drought damage-ninth Hybrid Corn Industry Research Conference. (Report) American Seed Trade Association. Chicago. Illinois.
- COFFMAN, Fr. A. 1957. Cold resistant oat varieties also resistant to heat. Science 125:1298-1299.
- FALCONER, D. S. 1961. Introduction to quantitative genetics. The Ronald Press Company. New York. 365 pp.
- FERRI, M. 1955. Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado e da Caatinga. Univers. São Paulo. Fac. Fil. Cien. Let. Bol. 195, Bot. 12. 170 pp.
- FISHER, R.A. & YATES, F. 1953. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Hafner Publishing Company Inc. New York. 126 pp. Fourth Edition. 1953.
- GORTNER, R. A. 1929, 1939. "Outlines of Biochemistry" . Wisley New York.
- GOULDEN, C.H. 1939. Methods of Statistical Analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York. 277p.
- GRIDI-PAPP, I. L. 1970. Índice morfológico baseado na variação relativa das dimensões em Gossypium tetraploide. Tese de doutoramento. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. São Paulo.
- HARDY, G. H. 1908. Mendelian proportions in a mixed population. Science, 28:49-50.

- HENDERSON, C. B. 1968. Maize Research and breeders manual N.° VI Inbreds, breeding stocks, maize investigation and academic research personnel. Illinois Foundation Seeds, Inc. Box 722. Champaign Illinois. 61820. April 1, 1968.
- HEYNE, E. C. & Laude, H. H. 1940. Resistance of corn seedlings to high temperatures in laboratory tests. J. Am. Soc. Agron. 32:116-126.
- HUBER, B. 1931. Die Trockenanpassungen in der Wipfelregion der Bäume und ihre Bedeutung für das Xerophytenproblem. J. Ecol. 19, 283-291.
- ILLERT, H. 1924. Botanische Untersuchungen über Hitzetod und Stoffwechselgifte. Bot. Arch. 7, 133-141.
- HUXLEY, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. Nature 114:895.
- \_\_\_\_\_ 1932. Problems of relative growth. Methuen and Co. Ltd. London.
- ILJIN, W. S. 1923. Der Einfluss des Wassermangels auf die Kohlenstoffassimilation durch die Pflanzen. Flora 116: 360-378.
- IMBER, D. & TAL, M. 1970. Phenotypic reversion of Flacca, a wilted mutant of tomato, by abscisic acid. Science 169: 592-593.
- IRVING, R. M. 1969. Characterization and role of an endogenous inhibitor in the induction of cold hardiness in Acer negundo. Plant Physiol. 44:801-805.
- ITAI, C. & VAADIA, Y. 1965. Kinetin-like activity in root exudate of water stressed sunflower. Physiol. Plant. 18: 941-944.

- ITAI, C. & VAADIA, Y. 1968. The role of root cytokinins during water and salinity stress. *Isr. J. Bot.* 17:187-195.
- KAUFMAN, M. R. 1968. Evaluation of the pressure chamber technique for estimating plant water potential of forest tree species. *Forest Science*, Vol. 14, N.<sup>o</sup> 4, December 1968. 369-374.
- KILLEN, T. C. & ANDREW, R. H. 1969. Measurement of drought resistance in corn. *Agronomy Journal* 61:669-572.
- KNIPLING, E. B. 1967. Measurement of leaf water potential by the dye method. *Ecology*, Vol. 48, N.<sup>o</sup> 6, Autumn 1967. 1038-1041.
- KRAMER, P. T. & BRIX, H. 1965. Measurement of water stress in plants. *UNESCO Arid Zone Res.* 25:343-351. In *Drought injure and resistance in crops*. K. L. LASSON, and J. D. EASTIM, (ed.), p. 1-18, *Crop. Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin. U.S.A.*
- LAETSCH, W. M. 1968. Chloroplast specialization in dicotyledons possessing the C<sup>4</sup>-dicarboxylic acid pathway of photosynthetic CO<sub>2</sub> fixation. *Amer. J. Bot.* 55:875-883.
- LEPESCHKIN, W. W. 1912. Zur Kenntnis der Einwirkung supra-maximaler Temperaturen auf die Pflanze. *Ber. Dent. Bot. Ges.* 30:703-714.
- \_\_\_\_\_ 1937. Zell-Necrobiose und Protoplasma Tod. *Protoplasma Monogr N.<sup>o</sup> 12.*
- LEVITT, H. 1951. Frost, Drought, and heat resistance. *Ann. Rev. Plant Physiology* 2:245-268.
- \_\_\_\_\_ 1956. *The hardiness of plants.* Academic Press Inc., Publisher. New York, N.Y.



- LEVITT, H. 1958. Frost, drought, and heat resistance. Protoplasmatologia. Handbuch der Protoplasmaforschung. Herausgegeben von L.V. Heilbrunn und F. Weber. Band VIII. 6. Wien. Springer-Verlag.
- \_\_\_\_\_ 1962. A sulfhydryl-disulfide hypothesis of frost injury and resistance in plants. J. Theor. Biol. 3:355-391.
- \_\_\_\_\_ 1969. Introduction to plant physiology. The C.V. Mosby Company.
- \_\_\_\_\_ 1972. Responses of plants to environmental stresses. Physiological Ecology. Edited by T.T. Kozlowski. Academic Press. New York and London, 1972.
- LINSBAUER, K. 1926. Beobachtungen an Spaltöffnungen. Plant 2:530-536.
- LITTLE, C. H. A. & EIDT, D. C. 1968. Effect of abscisic acid on budbreak and transpiration in woody species. Nature (London) 220:498-499.
- LIVNE, A. & VAADIA, Y. 1965. Stimulation of transpiration rate in barley leaves by kinetin and gibberellic acid. Physiol. Plant. 18:658-664.
- MARTINEZ, V. L. 1963. Resistencia a sequia: Avaluación de varianzas genéticas de la línea Latente sometida al método de castigos progresivos. Tesis E.N.A. Chapingo. Mex.: 19-30.
- MATHER, R. 1949. Biometrical Genetics London: Methuen & Co., Ltd. 162pp.
- MAXIMOV, N. A. 1929. The plant in relation to water. Allen and Unwin. London.

- MAXIMOV, N. A. 1931. The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. *J. Ecol.* 19:273-282.
- LAYLAND, H. F. & CARY, J. W. 1970. Frost and chilling injury to growing plants. Snake River Conservation Research Center. Soil and Water Conservation Research Division, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- MILLBORROW, B. V. & NODDIE, R. C. 1970. Conversion of 5-(1,2 Epoxy-2,6,6,trimethylciclohexyl)-3-methylpenta-cis-2-trans-4 dienic acid into abscisic acid in plants. *Biochem. J.* 119: 727-734.
- MIRANDA, L. T. de. 1966. V - Híbridos e variedades, in Cultura e Adubação do Milho. Editor, Instituto Brasileiro de Potassa. São Paulo. 1966.
- MITTELHEUSER, C. J. & STEVENINCK, R. F. M. 1969. Stomatal closure and inhibition of transpiration induced by (RS)-abscisic acid *Nature (London)* 221:281-282.
- MIZRAHI, I., BLUMENFELD, A. & RICHMOND, A. E. 1970. Abscisic acid and transpiration in leaves in relation to osmotic root stress. *Plant Physiol.* 46:169-171.
- MOLISCH, H. 1897. Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen, pp.1-73. Fischer. Jena.
- MUÑOZ, O. A. 1964. Observaciones de la apertura estomatal y de la transpiración en tres líneas de maíz sometidas a sequía. Tesis E.N.A. Chapingo, Méx.
- \_\_\_\_\_ & H. H. ANGELES, A. 1969. Investigaciones sobre resistencia a la sequía en el mejoramiento del maíz en México. *Agronomía Tropical Revista del Centro de Investiga-*

- ciones Agronómicas. Vol. XIX. Octubre-Diciembre 1969. N.º 4: 319-333. Minist. Agric. Y Cria. Maracay. Venezuela.
- PALACIOS, DE LA ROSA, F. MARTINEZ, V. L. & AGUADO, T. A. 1964. Cruzas biparentales de la línea "latente" de maíz sometidas a castigos progresivos. I.N.I.A. Agricultura técnica en México. Invierno, 63-64. Vol. II N.º 3:98-102.
- PATERNIANI, E. 1961. Cruzamentos interraciais de milho. Tese para livre docência. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". U.S.P. Piracicaba. São Paulo.
- PISEK, A., WINKLER, E. 1953. Die Schließbewegung der Stomata bei ökologisch verschiedenen Pflanzentypen in Abhängigkeit vom Wassersättigungszustand der Blätter und vom Licht. Planta 42:253-278.
- RIKHTER, A. A. 1927. Cold resistance of plants. I. Dynamics of soluble carbohydrates in wheat and rye during the winter. J. Exptl. Landwirtschaft. Südosten Eur. Russl. 4:326-345. (Biol. Abstr. 3:17818, 1929).
- RIVERA, M. J. 1963. Pérdida de humedad de los tejidos en plántulas de maíz sometidas a condiciones de Riego y Sequía. Tesis E.N.A. Chapingo, México.
- ROBERTS, L. N., GRANT, U. J., RAMIREZ, R. E., HATHEWAY, W. H., SMITH, P. L. & MANGELSDORF, P. C. 1957. Races of maize in Colombia. Publication 510. National Academy of Sciences. National Research Council. Washington. D.C.
- ROCKEFELLER FOUNDATION THE. 1961. Program in Agricultural Sciences. Annual Report 1960-1961. Mexican Agricultural Program. Corn. Results in 1960. 40-41.
- \_\_\_\_\_ 1963. Program in Agricultural Sciences. Annual report 1962-1963. Mexican Agricultural Program. Corn. El Horno. 32.

SANCHEZ, S. C. 1963. Algunas diferencias morfológicas en los entrenudos del maíz latente y maíces susceptibles sometidos a sequía. Tesis. E.N.A.

SCHOLANDER, P. F., et al, 1965. Sap pressure in vascular plants. Science 148:339-46.

SNEDECOR, G. W. 1946. Statistical Methods. Applied to experiments in Agriculture and Biology. The Iowa State College Press. The Collegiate Press, Inc.

SPRAGUE, G. F. 1955 (Editor). Corn and corn improvement. pp.441-461. Edited by. Academic Press Inc., Publishers. New York, N.Y.

STARKOV, P. A. 1931. Cold resistance of winter wheat. (Izdatie Sortsemtresta) Stavropol. Kavkaskis, 16pp. (Biol. Abstr. 8:11718, 1934).

STEPONKUS, P. L. & LANPHEAR, F. O. 1967 b. Light stimulation of cold acclimation: production of a translocable promoter. Pl. Physiol. 42:1673-1679.

\_\_\_\_\_ 1968. Cold acclimation of Hedera helix - A two step process. Abstr., Fifth Ann. Meeting, Soc. Cryobiol, 1968. Cryobiology 4:276.

STOCKER, O. 1956. Die Dürrenresistenz. Handb. Pflanzenphysiol. 3:696-741.

SULLIVAN, C. Y. & BLUM, A. 1970. Drought and Heat resistance of sorghum and corn. Proceedings of the twenty-fifth annual corn and sorghum research conference. Publication N.º 25. American Seed Trade Association Executive Building. Suite 964. Washington. D.C. 20005.

SULLIVAN, C. Y. 1971. Techniques for measuring plant drought stress. Reprinted from Drought Injury and Resistance in Crops. Crop Science Society Publication N.° 2, 677S. Segoe Rd., Madison, Wisconsin 53711. 18p.

TATUM, L. A. 1954. Breeding for drought and heat tolerance. Ninth Hybrid corn Industry Research Conference (Report). American Seed Trade Association. Room 1107, 30 North LaSalle Street. Chicago. Illinois.

VAADIA, Y. & ITAI, C. 1969. Interrelationships of growth with reference to the distribution of growth substances. In "Root Growth". W. J. Whittington, ed. pp.65-79. Butterworths, London.

VASIL'YEV, I. M. 1956. Wintering of plants. Am. Inst. Biol. Sci., English transl. J. Levitt, ed. Washington 1961. 300pp.

WEBER, F. 1926. Hitzresistenz funktionierender Schliesszellen. Plant 1:553-557.

\_\_\_\_\_ 1926 a. Hitzresistenz funktionieren der Stomata-Nebenzellen. Planta 2:669-677.

\_\_\_\_\_ 1930. Permeabilitat der Stomata-Zellen. Protoplasma 10:608-612.

WELHAUSEN, E. J., ROBERTS, L. M. & HERNANDES, E. X. 1952. Races of maize in México. Their origin, characteristics and distribution. The Bussey Institution of Harvard University.

WILLIAMS, T. V., SNELL, R. S. & ELLIS, J. F. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. Crop. Science 7: 179-182.

\_\_\_\_\_ & CRESS, C. E. 1969. Inheritance of drought tolerance in sweet corn. Crop Science.9:19-23.

WRIGHT, S. T. C. & HIRON, R. W. P. 1969. (+)-Abscisic acid, the growth inhibitor induced in detached wheat leaves by a period of wilting. Nature (London) 224:719-720.

ZINK, E. 1968. Vigor de sementes de milho (Zea mays L.). II Seminário brasileiro de sementes. I - Encontro nacional de analistas de sementes. Pelotas, R.G.S.

TABELA 1. - Tipos de resistência ambientais possíveis teoricamente (LEVITT 1958).

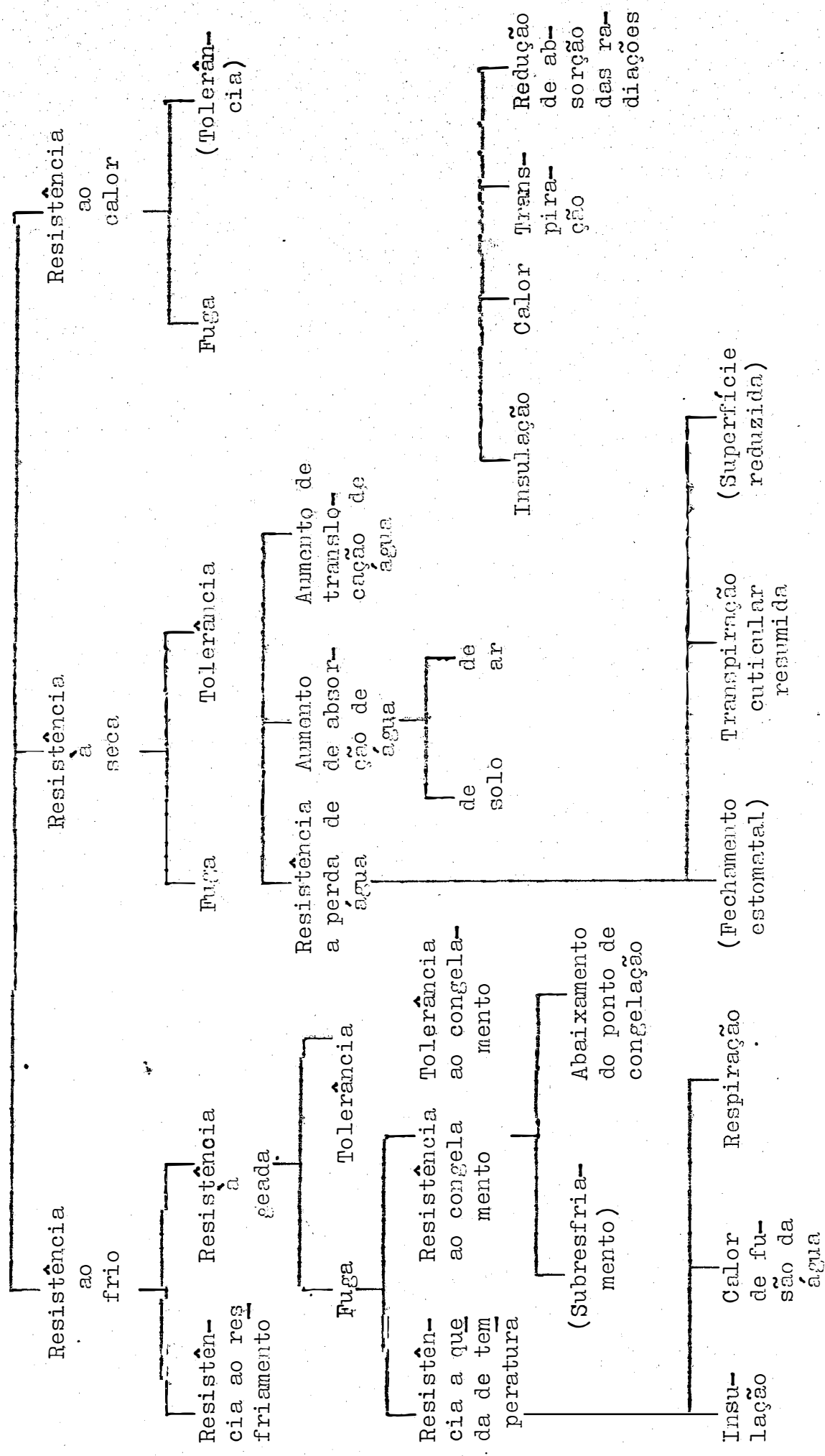


TABELA 2. - Etapas seguidas durante o desenrolar do trabalho

Geração	Procedimento
1	latente x linhagens
2	$F_1$ - autofecundado para a obtenção do $F_2$
3	$F_2$ autofecundado para a obtenção de famílias $F_3$
4	Avaliação de resistência à geada em famílias $F_3$
Obtenção do IAC Maya "latente"      Obtenção do IAC.1 "latente"	
5a	$F_3$ dentados melhores de cada linhagem foram cruzados com IAC Maya ( $F_3$ x M) uma a uma
5b	Cruzamento entre si das mesmas famílias $F_3$ dentados melhores, e mais as duas duras melhores, incluindo dentadas x dentadas, dentadas x duras, e duras x duras. (dxd), (dxD), (DxD)
6a	Os cruzamentos obtidos foram novamente cruzados entre si ( $F_3 \times M$ ) x ( $F_3 \times M$ ). A população fica em equilíbrio de Hardy-Weinberg para um gene isolado. Esta mistura foi denominada IAC Maya latente.
6b	Com os cruzamento simples acima foram obtidos híbridos duplos de composição e proporção relacionada abaixo cuja mistura denominada IAC.1 latente foi: (dxd) x (DxD) (dxd) x (dxD) (dxd) x (dxD) (dxD) x (dxD) (dxD) x (DxD)
7.	Ambas as populações obtidas por mistura dentro de 6a, e dentro de 6b mais as versões "normais" obtidas todas nas mesmas condições foram testadas por meio de calor em germinador.



TABELA 3. - Observações expressas em notas relativas à sobrevivência de famílias  $F_3$  provenientes de cruzamentos entre linhagens locais com Mich. 21 Comp. 1-104 sujeitas à geadas. Veranópolis, RGS, 1967.

Material (Famílias $F_3$ )	N.º de famí- lias	Notas (*)						Total (frequên- cia x notas)
		0	1	2	3	4	5	
<u>Grupo Cateto (Duro)</u>								
Ip 365-4-1	10	10	0	0	0	0	0	0
Ip 48-5-3	9	8	0	1	0	0	0	2
Línea 1	13	9	1	2	1	0	0	8
<u>Grupo Tuxpenho (Dentados)</u>								
PD(MS) 6	16	9	1	0	6	0	0	19
SLP 103-1	25	17	4	1	1	1	1	18
Tehua x Tx 303 (3)	8	4	3	0	0	1	0	7
Ip 701	16	11	3	0	2	0	0	9
Ip 723	9	5	1	1	2	0	0	9
Total	106	73	13	5	12	2	1	72

(\*) = 0 = nenhuma sobrevivência  
 5 = sobrevivência máxima

TABELA 4. - Teste de contingência relativo à comparação entre o grupo Cateto e o Dentado, das sobrevivências de famílias F<sub>3</sub> sujeitas à geada em Veranópolis.

Material	Notas (*)		Total
	0	1 a 5	
<u>Grupo Cateto (Duras)</u>			
Frequência observada	27	5	32
Frequência esperada	(22,03)	(9,97)	
<u>Grupo Tuxpenho (Dentadas)</u>			
Frequência observada	46	28	74
Frequência esperada	(50,97)	(23,03)	
Total	73	33	106

$$\chi^2 = 5,25^+ \quad 1. G.L.$$

(\*) = 0 = nenhuma sobrevivência  
 5 = sobrevivência máxima

TABELA 5. - Porcentagem de germinação de sementes normais após os pré-condicionamentos indicados. Contagem após 7 dias de colocadas as sementes a 20°C-30°C. Foram utilizadas 2 repetições de 100 sementes cada uma. Umidade relativa constante 100%.

Temperatura	P R É C O N D I C I O N A M E N T O S														
	45°C			50°C			48°C			47°C			46°C		
Número de dias	5	6	7	5	6	7	4	5	6	5	6	7	4	5	6
Experimentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Teste- munha															
Maya Rep. 1	96	81	90	84	15	4	0	90	41	4	22	2	78	50	
Rep. 2	92	89	92	85	7	0	0	85	13	0	22	4	86	40	
Média	94	85	91	84,5	11	2	0	87,5	27	2	22	3	82	45	
Maya "lt" Rep. 1	94	88	87	85	50	4	0	98	54	12	54	39	70	43	
Rep. 2	94	91	89	83	14	0	0	94	20	0	52	29	77	56	
Média	94	89,5	88	84	32	2	0	96	37	6	53	34	73,5	49,5	
IAC.1 Rep. 1	95	90	88	85	21,5	0	0	73	20,5	5	56	26	82,5	58	
Rep. 2	95	91	84	86	8	0	0	63	6	3	54	27	79	59	
Média	95	90	88	85	21,5	0	0	73	20,5	5	56	26	82,5	58	
IAC.1 "lt" Rep. 1	92	88	84	91	41	0	0	87	51	17	58	32	81	63	
Rep. 2	97	93	86	87	4	0	9	77	26	2	54	44	72	58	
Média	94,5	90,5	85	89	22,5	0	0	82	38,5	9,5	56	38	76,5	60,5	

TABELA 6. - Porcentagem total de sementes germinadas (normais + anormais) após os pré-condicionamentos indicados. Contagem após 7 dias de colocadas as sementes a 20°C-30°C. Foram utilizadas 2 repetições de 100 sementes cada uma. Umidade relativa constante, 100%.

	P · R · É · C · O · N · D · I · C · I · O · N · A · M · E · N · T · O · S														
	45°C			50°C			48°C			47°C			46°C		
Temperatura	Teste- munha														
Número de dias	5	6	7	5	6	7	4	5	6	4	5	6	5	6	5
Experimentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Maya Rep. 1	98	92	93	86	32	7	0	97	62	17	33	3	87	70	
Rep. 2	95	93	94	89	19	0	0	91	33	0	37	6	96	62	
Média	96,5	92,5	93,5	87,5	25,5	3,5	0	94	47,5	8,5	35	4,5	91,5	66	
Maya "lt" Rep. 1	95	90	93	92	67	5	0	99	78	41	59	48	80	64	
Rep. 2	96	93	93	91	43	3	0	96	34	2	58	38	77	76	
Média	95,5	91,5	93	91,5	55	4	0	97,5	56	21,5	58,5	43	78,5	70	
IAC.1 Rep. 1	90	90	93	91	51	1	0	86	49	19	68	27	88	63	
Rep. 2	96	92	88	87	21	1	0	70	18	14	66	31	85	79	
Média	93	91	90,5	89	36	1	0	78,0	33,5	16,5	67	29	86,5	71	
IAC.1 "lt" Rep. 1	93	90	85	91	71	8	0	88	70	42	67	43	87	82	
Rep. 2	98	94	89	89	18	1	0	79	57	25	64	56	88	58	
Média	95,5	92	87,0	90	44,5	4,5	0	83,5	63,5	33,5	65,5	49,5	87,5	70	

TABELA 7. - Quadrados médios obtidos das análises de variância dos experimentos de tolerância ao calor, em germinador juntamente com os valores de  $\chi^2$  para testar a distribuição binomial. Dados de germinação de plantas normais, transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{P\%/100}$ .

Expe- rimen- tos N.º	Quadrados médios			$\chi^2$
	Tratamentos G.L. = 3	Repetições G.L. = 1	Erro G.L. = 3	G.L. = 3
1	0,7334n.s.	0,3042	10,8177	3,954
2	9,3803*	32,4818*	2,0944	0,766
3	9,5255n.s.	0,3916	10,0115	3,660
4	7,7444n.s.	1,0011	2,8528	1,042
5	69,3756*	771,8512*	39,2608	14,351**
8	138,1708*	120,5128*	7,2225	2,640
9	71,9988*	730,0020**	4,8869	1,786
10	36,3533n.s.	241,2578*	19,6222	7,173
11	199,3275***	4,1472	0,6129	0,224
12	329,2645*	4,1328	15,3889	5,625
13	18,8861n.s.	0,0926	20,3403	7,435
14	32,0424n.s.	10,2831	4,1663	1,523

\* = significativo a 5% .

\*\* = significativo a 1%

\*\*\* = significativo a 0,1%

TABELA 8. - Quadrados médios obtidos das análises de variância dos experimentos de tolerância ao calor, em germinador juntamente com os valores de  $\chi^2$  para testar a distribuição binomial. Dados de germinação de plantas normais mais anormais, transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{P\%/100}$ .

Expe- rimen- tos N.º	Quadrados médios			$\chi^2$ G.L. = 3
	Tratamentos G.L. = 3	Repetições G.L. = 1	Erro G.L. = 3	
1	7,1275	14,3112	15,9700	5,838
2	0,9154	13,6764*	0,9388	0,343
3	16,5500	0,0153	6,2194	2,273
4	4,8848	2,0100	3,4863	1,274
5	113,6132	669,4141*	51,5487	18,843**
8	153,6685**	124,2676**	2,7555	1,007
9	122,8778	618,4644*	29,4795	10,776*
10	172,3786	607,9584	79,4948	29,059**
11	148,9453**	0,1800	1,7582	0,643
12	425,0993*	8,8200	15,9459	5,829
13	43,0950	4,2486	15,8285	5,786
14	4,3610	0,7320	69,4727	25,395*

\* = significativo a 5% .

\*\* = significativo a 1%

TABELA 9. - Análise conjunta relativa a 11 experimentos de tolerância ao calor nos germinadores dos dados de germinação de plantas normais, transformados por arc sen  $\sqrt{P\%/100}$  constantes da tabela 3.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F ( <sup>*</sup> )
<b>Populações</b>				
Normal vs latente	3	577,20	192,40	2,91
Maya vs IAC.1	1	404,59	404,59	6,12*
Maya vs IAC.1	1	106,19	106,19	1,61
Interação	1	66,41	66,41	1,00
<b>Repetições</b>	<b>21</b>	<b>37.687,97</b>	<b>1.647,46</b>	<b>24,92***</b>
Tratamentos	10	36.443,37	3.644,34	55,13***
Reps.dentro trat.	11	1.244,61	113,15	1,71
Popul.x experimento	30	1.983,08	66,10	7,42***
Erro dentro dos exper.	33	294,05	8,91	
<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>40.542,40</b>		

Média geral = 52,63

C.V. (dentro dos experimentos) = 5,7%

C.V. (entre os experimentos) = 15,4%

Variância dentro dos experimentos  $X^2 = 35,829$  0,10 P 0,20

F ( <sup>\*</sup> ) Utilizando a variância populações x experimentos.

TABELA 10. - Análise conjunta dos dados de germinação relativos à plantas normais transformados em logaritmos dos dados da tabela 3.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F (*)
Populações	3	0,4968	0,1656	2,79
Normal vs latente	1	0,3063	0,3063	5,16*
Maya vs IAC.1	1	0,1272	0,1272	2,14
Interação	1	0,0632	0,0632	1,06
Repetições	21	15,1748	0,7226	12,16***
Tratamentos	10	13,9526	1,3952	23,49***
Reps.dentro trat.	11	1,2222	0,1111	1,87
Populações x exp.	30	1,7821	0,0594	7,22***
Erro dentro dos exp.	33	0,2716	0,0082	
Total	87	17,7260	0,2037	

C.V. (erro dentro dos experimentos) = 5,5%

C.V. (erro entre os experimentos) = 14,7%

Teste de Duncan. Com a variância populações x experimentos:

Cultivar	Médias
IAC.1 "lt"	1,73063 .
IAC. Maya "lt"	1,70819 . .
IAC.1	1,66725 . . .
IAC. Maya	1,53658 .



TABELA 11. - Tipo de híbrido, sendo d linhagem F<sub>3</sub> recuperada de cruzamento de latente com linhagem dentada. D idem de latente com linhagem dura. Valores observados relativos a germinação de sementes normais e germinação total.

Tipo do híbrido	Germinação normal	Germinação total
(dxd) x (DxD)	14	45
(dxd) x (dxD)	11	37
(dxd) x (dxd)	49	79
(dxD) x (dxD)	9	29
(dxd) x (dxD)	20	21

TABELA 12. - Valores de germinação total dos genótipos indicados calculados pelos dados da tabela 11, de acordo com as hipóteses explanadas em 5.3 e respectivos testes de  $\chi^2$  dos desvios.

Alternativas testadas	$Lt_1^+ - Lt_1^+ + Lt_1^+$	$Lt_1^+ - Lt_1^+ + Lt_1^+$	$Lt_1^+ - Lt_1^+ + Lt_1^+$	$Lt_1^+ - Lt_1^+ + Lt_1^+$	$Lt_1^+ - Lt_1^+ + Lt_1^+$	$Lt_1^+ - Lt_1^+ + Lt_1^+$	$\chi^2$	P
Hipótese I a ..	44	--	--	-1	78	0,366	0,50 < P < 0,70	
b ..	--	43	--	-17	80	0,641	0,30 < P < 0,50	
Hipótese II a ..	50	--	--	-17	81	3,910	0,02 < P < 0,05	
b ..	--	45	--	14	79	0,193	0,50 < P < 0,70	

TABELA 13. - Análise de regressão e correlação dos dados de germinação normal dos testes de tolerância ao calor transformados em logaritmos para as comparações indicadas, juntamente com a relação de alometria, coeficientes de correlação, variâncias residuais e coeficiente de variação.

Comparação	$X = AY^\alpha$	r	$s_x^2$	C.V. %
Maya "lt" & Maya	$X = 8,5 Y^{0,518}$	0,892***	0,0284	9,8
IAC.l & Maya	$X = 6,3 Y^{0,579}$	0,890***	0,0363	11,3
IAC.l"lt" & Maya	$X = 12,2 Y^{0,435}$	0,899***	0,0184	7,7

TABELA 14. - Análise da regressão e correlação dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor transformados em logaritmos para as comparações indicadas, juntamente com a expressão de alometria, coeficientes de correlação, variâncias residuais e coeficiente de variação.

Comparação	$X = AY^\alpha$	r	$s_x^2$	C.V. %
Maya "lt" & Maya	$X = 15,7 Y^{0,376}$	0,870***	0,0109	5,7
IAC.l & Maya	$X = 9,3 Y^{0,481}$	0,872***	0,0174	7,4
IAC.l "lt" & Maya	$X = 25,2 Y^{0,270}$	0,896***	0,0043	3,4

TABELA 15. - Análise de regressão e correlação dos dados de germinação normal dos testes de tolerância ao calor transformados em logaritmos para as comparações indicadas, juntamente com a relação de alometria, coeficientes de correlação e as variâncias residuais.

Comparação	$\frac{X}{Z} = AY^\alpha$	r	$s_x^2$
(IAC.1 "lt" - IAC.1) & Maya	$X = (2,1 Y^{-0,171}) - 10$	-0,906***	0,0026
(IAC.1 "lt" - Maya "lt") & Maya	$X = (14,4 Y^{-0,083}) - 10$	-0,747***	0,0022
(IAC.1 - Maya "lt") & Maya	$X = (7,4 Y^{+0,061}) - 10$	+0,387 n.s.	0,0087

TABELA 16. - Análise de regressão e correlação dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor transformados em logaritmos para as comparações indicadas, juntamente com a relação de alometria, coeficientes de correlação e as variâncias residuais.

Comparação	$\frac{X}{Z} = AY^\alpha$	r	$s_x^2$
(IAC.1 "lt" - IAC.1) & Maya	$X = (26,9 Y^{-0,211}) - 10$	-0,767**	0,0075
(IAC.1 "lt" - Maya "lt") & Maya	$X = (16,1 Y^{-0,106}) - 10$	+0,751*	0,0024
(IAC.1 - Maya "lt") & Maya	$X = (6,0 Y^{-0,108}) - 10$	+0,540 n.s.	0,0064

TABELA 17. - Análise de regressão e correlação dos dados de germinação normal dos testes de tolerância ao calor transformados em logaritmos para as comparações indicadas, juntamente com a relação de alometria, coeficientes de correlação e as variâncias residuais.

Comparação	$X' = AY^{\alpha} - 1$	r	$s_x^2$
(Maya "lt" - Maya) & Maya.	$X' = (8,5 Y^{-0,482})$	-0,878***	0,0284
(IAC.1 - Maya) & Maya	$X' = (6,3 Y^{-0,421})$	-0,817**	0,0363
(IAC.1 "lt" - Maya) & Maya	$X' = (12,2 Y^{-0,565})$	-0,937***	0,0184

TABELA 18. - Análise de regressão e correlação dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor transformados em logaritmos para as comparações indicadas, juntamente com a relação de alometria, coeficientes de correlação e as variâncias residuais.

Comparação	$X' = AY^{\alpha} - 1$	r	$s_x^2$
(Maya "lt" - Maya) & Maya	$X' = (15,7 Y^{-0,624})$	-0,946***	0,0109
(IAC.1 - Maya) & Maya	$X' = (9,3 Y^{-0,519})$	-0,887***	0,0174
(IAC.1 "lt" - Maya) & Maya	$X' = (25,2 Y^{-0,730})$	-0,984***	0,0043

TABELA 19. - Produções expressas em relação ao Hmd 6999 B das populações e seus cruzamentos obtidos em ensaios conduzidos em 1969-70. Média de 7 localidades e três repetições por localidade.

Material	Produtividade	
	kg/ha	Em relação ao Hmd 6999 B=100
IAC.1 latente .....	4514	70
IAC.1 .....	6384	99
IAC. Maya latente .....	5481	85
IAC. Maya .....	6641	103
IAC.1 latente x IAC Maya latente.	5223	81
IAC.1 latente x IAC. Maya .....	5610	87
IAC.1 x IAC. Maya latente .....	6383	99
IAC.1 x IAC Maya .....	6835	106
Hmd 7974 .....	6964	108
Hmd 6999 B .....	6448	100

TABELA 20. - Análise de regressão entre o genótipo padrão  $Lt_1Lt_1$  e os genótipos pressupostos dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor com os dados transformados em logaritmos para as hipóteses indicadas, I-a, I-c-1 e I-c-2. Para a transformação  $X = AY^\alpha$  estão apresentadas as composições genéticas, os valores da equação, os coeficientes de correlação, as variâncias residuais e os coeficientes de variação.

Genótipo	$X = AY^\alpha$	r	$s^2$	C.V. %
<u>Hipótese I-a</u>				
$lt_1lt_1$	$X = 68,7 Y^{0,049}$	0,231 n.s.	0,0103	5,3
$Lt_1^+ -$	$X = 13,3 Y^{0,397}$	0,774**	0,0252	8,9
$lt_1Lt_1$	$X = 5,5 Y^{0,599}$	0,713*	0,0825	16,4
<u>Hipótese I-c-1</u>				
$lt_1lt_1$	$X = 129,1 Y^{-0,097}$	-0,281	0,0260	8,3
$Lt_1^+ -$	$X = (4,7 Y^{0,676})-10$	0,953**	0,0114	5,9
$Lt_1^+Lt_1^+$	$X = (70,6 Y^{0,054})-36$	0,065	0,1662	21,0
<u>Hipótese I-c-2</u>				
$lt_1lt_1$	$X = 129,8 Y^{-0,099}$	-0,287 n.s.	0,0261	8,3
$Lt_1^+ -$	$X = (1,3 Y^{0,935})-7$	0,888***	0,0557	14,0
$Lt_1^+Lt_1^+$	$X = (21,5 Y^{0,241})-4$	0,208 n.s.	0,3057	31,9

TABELA 21. - Análise de regressão dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor com os dados transformados em logaritmos para a hipóteses indicadas, I-a, I-c-1 e I-c-2. Para a transformação  $X' = AY^{\alpha-1}$  estão apresentadas as composições genéticas, os valores da equação, os coeficientes de correlação e as variâncias residuais.

Genótipo	$X' = AY^{\alpha-1}$	r	s <sup>2</sup>
<u>Hipótese I-a</u>			
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X' = 68,8 Y^{-0,951}$	-0,977***	0,0103
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X' = 13,3 Y^{-0,602}$	-0,882***	0,0254
lt <sub>1</sub> Lt <sub>1</sub>	$X' = 5,5 Y^{-0,400}$	-0,561 n.s.	0,0831
<u>Hipótese I-c-1</u>			
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X' = 129,1 Y^{-1,097}$	-0,959***	0,0260
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X' = (4,7 Y^{-0,323})-10$	-0,990**	0,0113
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup>	$X' = (70,6 Y^{-0,946})-36$	-0,750**	0,1662
<u>Hipótese I-c-2</u>			
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X' = 129,7 Y^{-1,099}$	-0,959***	0,0261
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X' = (1,3 Y^{-0,064})-7$	-0,132 n.s.	0,0558
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup>	$X' = (21,5 Y^{-0,759})-4$	-0,556 n.s.	0,3066



TABELA 22. - Análise de regressão dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor com os dados transformados em logaritmos para as hipóteses indicadas, II-a, II-c-1 e II-c-2. Para a transformação  $X = AY^\alpha$  estão apresentadas as composições genéticas, os valores da equação, os coeficientes de correlação, as variâncias residuais e os coeficientes de variação.

Genótipo	$X = AY^\alpha$	r	s <sup>2</sup>	C.V. %
<u>Hipótese II-a</u>				
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X = 101,7 Y^{-0,027}$	0,119 n.s.	0,0123	5,6
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X = 12,9 Y^{0,409}$	0,776**	0,0263	9,0
lt <sub>1</sub> Lt <sub>1</sub>	$X = (2,0 Y^{0,823})_{-5}$	0,703**	0,1654	24,1
<u>Hipótese II-c-1</u>				
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X = 128,6 Y^{-0,097}$	-0,281 n.s.	0,0262	8,3
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X = 7,8 Y^{+0,530}$	0,970***	0,0043	3,7
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup>	$X = (38,9 Y^{+0,172})_{-36}$	0,150 n.s.	0,2970	29,0
<u>Hipótese II-c-2</u>				
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X = 125,0 Y^{-0,083}$	-0,231 n.s.	0,0292	8,7
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X = 8,5 Y^{0,495}$	0,924***	0,0100	5,7
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup>	$X = (14,6 Y^{0,355})_{-12}$	0,309 n.s.	0,2854	30,4

TABELA 23. - Análise de regressão dos dados de germinação total dos testes de tolerância ao calor com os dados transformados em logaritmos para as hipóteses indicadas, II-a, II-c-1 e II-c-2. Para a transformação  $X' = AY^{\alpha} - 1$  estão apresentadas as composições genéticas, os valores da equação, os coeficientes de correlação e as variâncias residuais.

Genótipo	$X' = AY^{\alpha} - 1$	r	s <sup>2</sup>
<u>Hipótese II-a</u>			
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X' = 100,0 Y^{-1,023}$	-0,976***	0,0122
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X' = 12,9 Y^{-0,591}$	-0,871***	0,0263
lt <sub>1</sub> Lt <sub>1</sub>	$X' = (2,0 Y^{-0,177})_{-5}$	-0,207 n.s.	0,1653
<u>Hipótese II-c-1</u>			
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X' = 129,1 Y^{-1,097}$	-0,957***	0,0262
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X' = 7,8 Y^{-0,470}$	-0,962***	0,0043
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup>	$X' = (39,0 Y^{-0,828})_{-36}$	-0,590 n.s.	0,3061
<u>Hipótese II-c-2</u>			
lt <sub>1</sub> lt <sub>1</sub>	$X' = 125,0 Y^{-1,083}$	-0,952***	0,0292
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> -	$X' = 8,5 Y^{-0,504}$	-0,927***	0,0101
Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup> Lt <sub>1</sub> <sup>+</sup>	$X' = (14,7 Y^{-0,647})_{-12}$	-0,509 n.s.	0,2859

TABELA 24. - Comportamento de cultivares de milho dentado e Cateto x Dentado testados no Estado de São Paulo, de 60/61 a 64/65. A variação de produção é devida em sua maior parte a fatores climáticos. Produção em kg/ha. MIRANDA (1966).

Ano	Cultivar		Diferença kg/ha	Índice Y = 100
	IAC Asteca (Y)	IAC 6999 B (X)		
64/65 (1) ....	4251	4852	601	114
61/62 (2) ....	4189	4281	92	102
60/61 (1) ....	3644	4488	844	123
62/63 (1) ....	3324	4975	1651	150
63/64 (2) ....	2521	3846	1325	153

Para  $X = A + BY$  ,  $r = 0,523$  n.s.

Para  $X = AY^\alpha$  ,  $r = 0,593$  n.s.

Para  $X' = AY^{\alpha - 1}$  ,  $r = 0,878$  n.s.

(1) = 12 localidades

(2) = 10 localidades