

ESTUDO DA RESISTÊNCIA À SECA EM CULTIVARES DE  
FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

MILCÍADES GADELHA DE LIMA

Engenheiro-Agrônomo  
Pesquisador da EMBRAPA

Orientador: Antonio Fernando L. Olitta

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-  
dade de São Paulo, para obtenção do título  
de Mestre em Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Março, 1978

DEDICO

AOS

meus pais

e

meus irmãos

### AGRADECIMENTOS

1) Ao Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO L. OLITTA, pela sua dedicação e orientação constante no desenvolvimento deste trabalho;

2) Ao Prof. Dr. JESUS MARDEN DOS SANTOS, pela sua dedicação junto à Coordenação do Curso de Agrometeorologia e pelas críticas e sugestões apresentadas;

3) Ao Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP, através de seus professores Dr. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA, Dr. AFONSO DECICO, Dr. JOSÉ CARLOS OMETTO e Dr. KLAUS REICHARDT, pelo apoio e orientação profissional;

4) À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade e apoio financeiro recebidos;

5) À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelas facilidades oferecidas e doação dos equipamentos de medida;

6) Ao Dr. HERMANO VAZ DE ARRUDA e Dr. DÉCIO BARBIN pela orientação nos testes estatísticos;

7) Ao Dr. JÚLIO MARCOS FILHO e Dr. HENRIQUE V. AMORIM pela colaboração nos trabalhos realizados em laboratório;

8) Ao Dr. AUGUSTO TULMANN NETO pelas sugestões apresentadas relativas ao estudo da cultura;

9) Aos amigos PAULO LEONEL LIBARDI, LUIZ CARLOS UCHOA SANDERS e JOSÉ HOLANDA CAMPELO JÚNIOR pelo incentivo e compreensão recebidos no decorrer do curso;

10) Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Agrometeorologia, pela simpatia com que sempre apoiaram os nossos trabalhos;

11) Aos funcionários do Departamento de Física e Meteorologia pelo desempenho de suas funções durante o curso.

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. RESUMO .....	1
2. INTRODUÇÃO .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4.1. Material .....	12
4.1.1. Generalidades .....	12
4.1.2. Cultivares .....	13
4.1.3. Estufa .....	13
4.1.4. Vasos .....	14
4.1.5. Solo .....	16
4.1.6. Laboratório .....	17
4.1.7. Observações fenológicas .....	17
4.1.8. Observações meteorológicas .....	18
4.2. Métodos .....	19
4.2.1. Delineamento experimental .....	19
4.2.2. Variação do potencial matricial da água do solo .....	19
4.2.3. Soluções de manitol .....	20
4.2.4. Índice de Estabilidade Clorofílica .....	21
4.2.5. Observações meteorológicas .....	22
5. RESULTADOS .....	23
6. DISCUSSÃO .....	33
6.1. Variação do potencial matricial da água do solo .....	33
6.2. Estudo com soluções de manitol .....	34
6.3. Índice de Estabilidade Clorofílica .....	36

Página

7. CONCLUSÕES .....	37
8. SUMMARY .....	39
9. LITERATURA CITADA .....	41
10. APÊNDICE .....	46

LISTA DE TABELAS

	<u>Página</u>
TABELAS	
1 Características morfológicas das cultivares...	13
2 Altura média(mm) das quatro cultivares de feijão submetidas a três níveis de tensão da água do solo.....	24
3 Área foliar média(dm <sup>2</sup> /plantas) das quatro cultivares de feijão submetidas a três níveis de tensão da água do solo.....	25
4 Produção média por planta(g) das quatro cultivares de feijão submetidas a três níveis de tensão da água do solo.....	26
5 Valores médios dos quatro tratamentos 0, 1, 3 e 5 atmosferas no estudo do manitol.....	31
6 Transmissão média de luz para clorofila extraída de folhas de feijão, com seus índices de estabilidade clorofílica.....	32
7 Valores de radiação solar global(K <sub>G</sub> ↓) em cal/cm <sup>2</sup> min <sup>-1</sup> e as percentagens que atingiram cada uma das posições.....	53
8 Valores estimados da fração "PHAR" em cal/cm <sup>2</sup> min e as percentagens que atingiram cada uma das posições.....	54

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
FIGURAS	
1 Ilustração esquemática dos materiais dentro da estufa.....	15
2 Curva característica da Terra Roxa Estruturada para a profundidade de 30 cm.....	16
3 Efeito de tensão da água do solo sobre o número de vagens em quatro cultivares de feijão.....	27
4 Efeito de tensão da água pelo estudo do manitol na germinação de sementes, após seis dias.....	28
5 Efeito de tensão da água pelo estudo do manitol no comprimento das plântulas, após seis dias(média aritmética).....	29
6 Efeito de tensão da água pelo estudo do manitol no comprimento das plântulas, após seis dias(sementes não germinadas - valor "0").....	30
7 Radiação solar global fora e em três posições dentro da estufa.....	55
8 Valores estimadas da fração "PHAR" recebida fora e em três posições dentro da estufa.....	56
9 Transmissividade do plástico antes e depois de usado.....	57

FIGURAS

10	Relação entre a temperatura mínima na estufa e a temperatura mínima no abrigo( 17 a 26/05/77).....	58
11	Relação entre a temperatura máxima na estufa e a temperatura máxima no abrigo( 17 a 26/05/77).....	58



## 1. RESUMO

O presente trabalho foi realizado na estufa existente no Campo Experimental do Departamento de Física e Meteorologia e nos Laboratórios de Sementes e Bioquímica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Estudou-se o comportamento de quatro cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) identificadas por Carioca, P 748-A, P 749-A e P 750-A, onde utilizou-se três métodos de medir resistência à seca, empregando-se dois métodos de estresse de umidade que foram a variação do potencial matricial da água do solo e o uso de soluções de manitol e o outro método através do índice de estabilidade clorofílica. No método da variação do potencial matricial da água do solo adotou-se três tratamentos correspondentes às tensões de 1, 3 e 5 atm; no método usando soluções de manitol empregou-se quatro tratamentos, com pressões de 0, 1, 3 e 5 atm e no método do índice de estabilidade clorofílica realizou-se dois tratamentos: aquecido e não aquecido.

Com base nos resultados encontrados concluiu-se que: o crescimento vegetativo das cultivares estudadas foi inversamente proporcional à tensão da água do solo; o método do manitol foi o que apresentou melhores resultados para o estudo de resistência à seca; o método do índice de es

tabilidade clorofílica não apresentou resultados satisfatórios para este estudo; as cultivares Carioca, P 748-A e P 750-A quando submetidas à tensão de 3 atm, apresentaram uma redução na percentagem de germinação, enquanto que a cultivar P 749-A não foi afetada pelo estresse de umidade, mesmo para a tensão de 5 atm, em ambos os métodos.

## 2. INTRODUÇÃO

Nos estudos que permitem estabelecer as inter-relações solo-planta-atmosfera, o conhecimento do comportamento vegetal sob condições de estresse de umidade é de grande importância, especialmente no que diz respeito a resistência à seca.

O estudo da fisiologia das plantas, quando sob o efeito da tensão da água do solo é um requisito para se entender a capacidade que certas plantas possuem de crescer e completar seu desenvolvimento antes, durante e após a seca e a dificuldade encontrada para solucionar tal objetivo reside no fato da pouca ênfase que se tem dado a este assunto, principalmente, no Brasil.

O interesse do governo federal é bastante grande naquilo que se refere ao melhor conhecimento da cultura do feijão dentro dos vários sistemas de exploração utilizados desde o Sul até o Norte brasileiro, e também considerando o que se determinou chamar de preferências regionais.

Na região Nordeste, onde a distribuição ou insuficiência das chuvas impedem a produção regular e racional do feijão, é que se torna necessário procurar fazer com que essa produção seja menos dependente dos elementos do clima. Para alcançar isto, precisa-se obter a máxima eficiência do uso de recursos, especialmente hídricos, e a introdução de cultivares mais adaptadas e resistentes à seca.

Considerando que o déficit de água em regiões áridas e semi-áridas acarreta prejuízos consideráveis à agricultura, o emprego de métodos que avaliem as respostas de resistência à seca pelas várias cultivares de feijão poderá constituir a base para a obtenção de conhecimentos que, aplicados àquelas, permitam o aumento da produtividade.

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em investigar o grau de resistência à seca de quatro cultivares de feijão(*Phaseolus vulgaris* L.) identificadas por Carioca, P 748-A, P 749-A, P 750-A, utilizando-se três métodos: 1) variação do potencial matricial da água do solo, 2) soluções de manitol e 3) Índice de Estabilidade Clorofílica.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

LEVITT(1951), definiu resistência à seca como a relação do rendimento sob condições deficitárias de água e aquele sob condições ótimas de irrigação. Entretanto, o mesmo admite esta definição apenas de valor prático, pois não tem significado fisiológico específico, uma vez que a resistência à seca pode ser devido a outros fatores tais como: protoplasmático - capacidade da planta permanecer viva com baixo potencial da água do solo e constitucional - capacidade que a planta tem de manter o protoplasma em um potencial de água maior que o da atmosfera.

Segundo vários autores, entre eles LEVITT (1956) e ILJIN(1957), a tolerância à seca é uma propriedade formada e desenvolvida no processo da ontogênese e está baseada em toda a ascendência anterior.

De acordo com LEVITT et alii(1960), seca é a potencialidade do ambiente para influenciar a perda d'água da planta. Segundo esses autores as plantas podem tolerar e ou

evitar a seca e estas duas características podem ser consideradas como medidas de resistência à seca. Posteriormente, LEVITT(1964) considerou como resistência à seca condições adversas do ambiente que são capazes de promover 50% de murcha permanente nas plantas. Admitiu como unidade de medida desta resistência a energia livre da água do solo em termos de umidade relativa, pressão de vapor ou potencial de água. Ainda LEVITT(1972) afirma que o déficit de água ao qual uma planta está exposta na natureza é chamado de estresse de seca. Este déficit de água ou estresse de seca pode ser medido pelo déficit de pressão de vapor(d.p.v.) :

$$S_d = p_o - p$$

onde  $S_d$  = estresse de seca:  $p_o$  = pressão de vapor da água pura à temperatura do ambiente:  $p$  = pressão de vapor do ambiente. Na prática, o uso desta medida para esta conceituação de resistência à seca torna-se complexo, devido a não definição das condições em que as medidas deverão ser feitas.

WRIGHT(1964) definiu plantas tolerantes à seca como sendo aquelas que são capazes de manter o seu metabolismo por elas mesmas, durante períodos secos, pelo uso eficiente da água do solo.

HENCKEL(1964) conceituou plantas tolerantes à seca como sendo aquelas que, no processo da ontogênese, são capazes de adaptar-se ao efeito da seca, crescendo normalmente, desenvolvendo-se e reproduzindo-se em condições deficitárias de água. Isto se deve a um número de propriedades adquiridas no processo de evolução, sob a influência das condições ambientes e seleção natural. Este conceito mostra a importância do melhoramento de plantas resistentes à seca, visando a uma exploração mais racional destas.

Trabalhos desenvolvidos por DENMEAD e SHAW (1962) com a cultura do milho em experimentos de vaso e campo

sob diferentes condições de irrigação e evaporação mostraram que: 1) sob condições de evapotranspiração potencial( $E_p$ ) de 3 e 4 mm/dia a taxa de evapotranspiração atual( $E_a$ ) caiu abaixo da  $E_p$  para valores médios da tensão da água do solo de aproximadamente 2 atm; para uma  $E_p$  de 6 e 7 mm/dia a queda da  $E_a$  verificou-se para uma tensão de apenas 0,3 atm e 3) para uma  $E_p$  inferior a 1,5 mm/dia a queda da  $E_a$  ocorreu somente para tensões superiores a 12 atmosferas. Do exposto pode-se constatar que embora a produção da cultura esteja estritamente correlacionada com a tensão da água do solo, o efeito desta por conseguinte, está relacionado com as condições atmosféricas.

Posteriormente KRAMER(1963) estudando o comportamento do crescimento das culturas em relação à tensão da água do solo e da planta confirma a validade do trabalho de DENMEAD e SHAW(1962), entretanto, afirma que não é seguro assumir que uma certa tensão da água do solo acompanha um grau equivalente de tensão de água da planta. Esses trabalhos vem comprovar os experimentos de LETEY e PETERS (1957) desenvolvidos também com a cultura do milho.

Experimento realizado por McGINNIES(1960) sobre germinação de espécies forrageiras, empregando seis diferentes níveis de tensão da água do solo, a três temperaturas mostrou que uma espécie que apresenta alto poder germinativo sob uma elevada tensão, não é necessariamente aquela que resistirá à seca quando adulta, e uma espécie com baixo poder germinativo, nestas condições, poderá resistir perfeitamente bem a uma seca severa.

Diversos trabalhos visando a determinação da tensão máxima que as cultivares suportam e apresentam ótimo rendimento econômico foram desenvolvidos por vários autores tais como: VAN BAVEL(1953), cultura do fumo; GOODE(1956), cultura da maçã; BENNETT et alii(1964) e FANOUS(1967), culturas forrageiras; HETH e KRAMER(1975), espécies florestais, entre outros.

Dreibrodt, citado por STOCKER(1974), em experimento com a cultura do feijão, em vasos, observou as condições de solo seco impostas em diferentes estágios de crescimento, encontrando baixos rendimentos quando as plantas sofreram seca no início do estágio de crescimento, mesmo fornecendo água mais tarde. Ainda DREIBRODT(1953) verificou um aumento do rendimento quando essa cultura foi submetida a irrigações no período do florescimento e formação das vagens.

GABELMAN e WILLIAMS(1960) fizeram um estudo sobre o amadurecimento e desenvolvimento das vagens do feijoeiro e constataram que o rendimento foi reduzido quando pouca ou nenhuma irrigação foi aplicada entre a semeadura e o início do florescimento.

A produção do feijoeiro apresentou um aumento significativo da ordem de 34% quando o reinício das irrigações ocorriam sempre que o conteúdo de água disponível remanescente no solo era de 75%(GODOY et alii, 1960).

AGUIAR(1975) submetendo a cultura do feijão a vários tratamentos, irrigados e não irrigados, observou que mantendo-se o conteúdo de água do solo até um valor correspondente a 50% da capacidade de retenção, o feijoeiro se desenvolveu satisfatoriamente.

Dois experimentos de campo conduzidos por EL NADI(1975) sobre frequência de irrigação na cultura do feijão, empregando dois e quatro tratamentos nos respectivos experimentos, permitiram constatar que o melhor tratamento correspondia a uma frequência de 10 dias aplicando-se uma lâmina de água de 60 mm.

BABB et alii(1941) estudando a tolerância à seca em feijão de ciclo curto, fizeram uma comparação dos efeitos de temperaturas máxima e mínima, evaporação e precipitação sobre o tamanho das vagens e verificaram que a chuva foi



mais importante do que os demais elementos.

DAKER(1970) verificou uma queda de 46% na produção de grãos de feijão quando o potencial matricial da água do solo atingiu 2,4 atm, podendo cair drasticamente para 0% se o potencial matricial da água do solo atingir 4,4 atmosferas.

Estudando o efeito de tensões da água do solo (8 atm) em três estágios de crescimento do feijoeiro, DUBETZ e MAHALLE(1969) verificaram uma diminuição no peso total das vagens verdes da ordem de 35 a 71% quando comparada com as plantas que estavam sob o efeito de baixa tensão da água do solo. Em trabalho semelhante com essa cultura STOCKER (1974) concluiu que o efeito da tensão da água do solo em diferentes fases do crescimento provocou uma redução no rendimento da cultura do feijão nas fases inicial e final do ciclo vegetativo, tendo sido mais pronunciada nesta última.

HELMERICK e PFEIFER(1954) obtiveram êxito usando soluções de manitol para estudo de resistência à seca em trigo. O produto químico é solúvel em água e facilmente se consegue soluções com este produto que sejam capaz de exibir pressão osmótica de até 15 atmosferas.

THIMANN(1954) admite que o d-manitol, um álcool hexanhídrico que não é tóxico para as sementes, é o melhor produto químico para controlar as pressões osmóticas ou limitar a água usada pelas plantas sem afetar a ação metabólica.

POWELL e PFEIFER(1956) submeteram 670 seleções de plantas de trigo a tensões de 7 a 11 atmosferas para determinar suas respostas em condições de umidade controlada e concluíram que o uso de soluções de d-manitol para testar a resistência à seca permite uma medida relativa de qualquer diferença entre seleções para este caráter da plântula.

Trabalhos semelhantes foram realizados por FANOUS(1967) com cinco variedades de painço(Pennisetum typhoides). Soluções de 3, 6, 8, 10 e 12 atmosferas de pressão osmótica foram preparadas com d-manitol e os resultados mostraram que os efeitos de tratamentos foram altamente significativos ao nível de 1% de probabilidade para as sementes germinadas.

É possível que uma grande quantidade de água evaporada das placas ou bandejas colocadas no germinador alterem os resultados dos testes com soluções de manitol. Assim, UHVITS(1946), testando a germinação de sementes de alfalfa em placa de petri, encontrou que a quantidade de água evaporada não foi significativa. Resultados semelhantes foram encontrados por HELMERICK e PFEIFER(1954). Verificaram que a evaporação foi de 1,56% quando 50 ml de água foram colocados em placas no germinador. Esta pequena quantidade de água evaporada pode não afetar os resultados do teste.

O método do Índice de Estabilidade Clorofílica para medir resistência à seca em arroz foi descrito por KALOYEREAS(1958), que é a diferença entre as leituras colorimétricas do extrato de clorofila extraído de amostras de folhas aquecidas e não aquecidas, O mesmo afirma que o teste é digno de confiança para resistência à seca e é mais viável do que o método que media água ligada ou grupos sulfidrílicos extraíveis. MURTY E MAJUMDER(1962) sugeriram modificação da técnica para determinar o índice de estabilidade clorofílica em plântulas de arroz pela redução do peso das amostras e aumento do tempo de aquecimento.

FANOUS(1967) testou cinco variedades de painço (Pennisetum typhoideum) por esse método e concluiu que um maior progresso poderia ser feito através da seleção por maturação precoce para evitar à seca em relação a seleção para resistência à seca fisiológica.

KILEN e ANDREW(1969) também utilizaram esse método para medir a resistência à seca em milho e obtiveram resultados satisfatórios. A diferença de transmissão de luz entre as amostras foi altamente significativa para todas as linhagens susceptíveis comparadas com as linhagens resistentes. A análise de variância mostrou-se altamente significativa entre os tratamentos aquecidos e a interação linhagens x tratamento aquecido, em ambos os testes. O coeficiente de correlação obtido foi de 0,97 entre as linhagens nos dois testes o que é altamente significativo.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. Material

##### 4.1.1. Generalidades

O presente estudo foi conduzido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas são:

latitude: 22° 42'S

longitude: 47° 38'W

Altitude: 576 metros

A pesquisa foi realizada no Campo Experimental do Departamento de Física e Meteorologia(em estufa), no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura e Horticultura e no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química.

## 4.1.2. Cultivares

A cultura estudada foi o feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.), cultivares P 748-A, P 749-A, procedentes do CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali-Colômbia, que se apresentavam como tolerantes à seca. A cultivar Carioca, normalmente cultivada no Brasil, também foi usada para este estudo. As características dessas cultivares se encontram detalhadas na tabela 1.

Tabela 1. Características morfológicas das cultivares.

Cultivares	hábito de cresc.	cor da pubescência	cor da flor	cor da semente	cor do hilo	ciclo em dias
Carioca	indet.	cinza	branca	marrom	branca	± 90
P 748-A	"	marrom	roxa	preta	"	90 a 120
P 749-A	"	cinza	branca	amarela	"	" " "
P 750-A	"	marrom	roxa	preta	"	" " "

## 4.1.3. Estufa

Para a realização de um dos testes do presente trabalho utilizou-se de uma estufa de 10 metros de comprimento, 5 metros de largura e 2 metros de altura, sendo que o

teto da mesma possuía uma inclinação de 9° com a horizontal, orientada no seu maior comprimento na direção Norte-Sul. A ventilação da estufa consistiu de uma tela de nylon colocada nas duas faces correspondentes à largura e o restante revestido com plástico transparente.

#### 4.1.4. Vasos

Foram utilizados vasos de barro de 25 cm de altura, comportando aproximadamente 10 Kg de solo. Os vasos eram colocados em posição simétrica dentro da estufa sobre uma armação de madeira a 1 metro de altura do solo (figura 1).

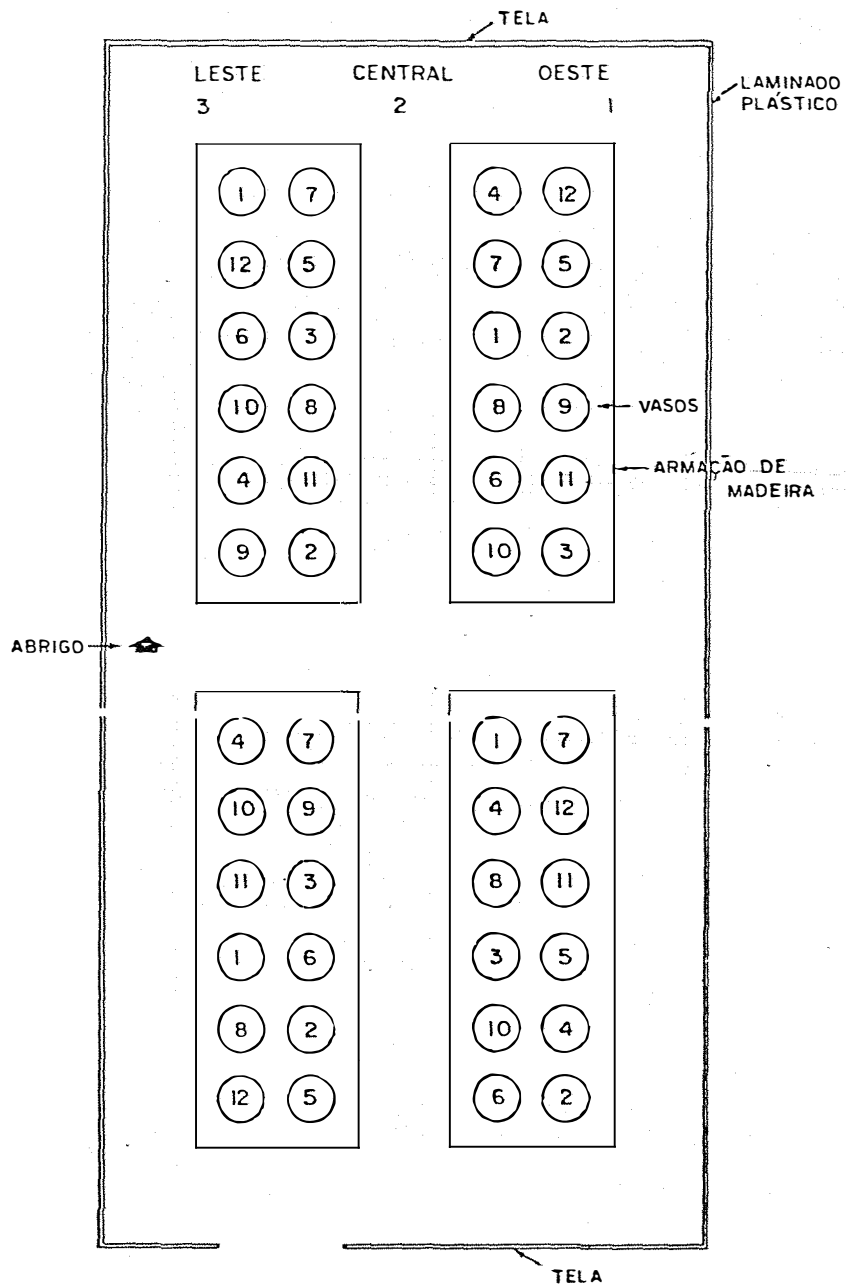


Fig. 1. Ilustração esquemática dos materiais dentro da estufa.

#### 4.1.5. Solo

O solo utilizado no estudo foi extraído da camada superficial do próprio Campo Experimental até a profundidade de 30 cm, tendo sido classificado por RANZANI et alii (1966) como pertencente à série "Luiz de Queiroz" e ao nível de grande grupo como Terra Roxa Estruturada. A curva característica de água deste solo, que se encontra na figura 2, foi obtida por CAVALCANTE(1978).

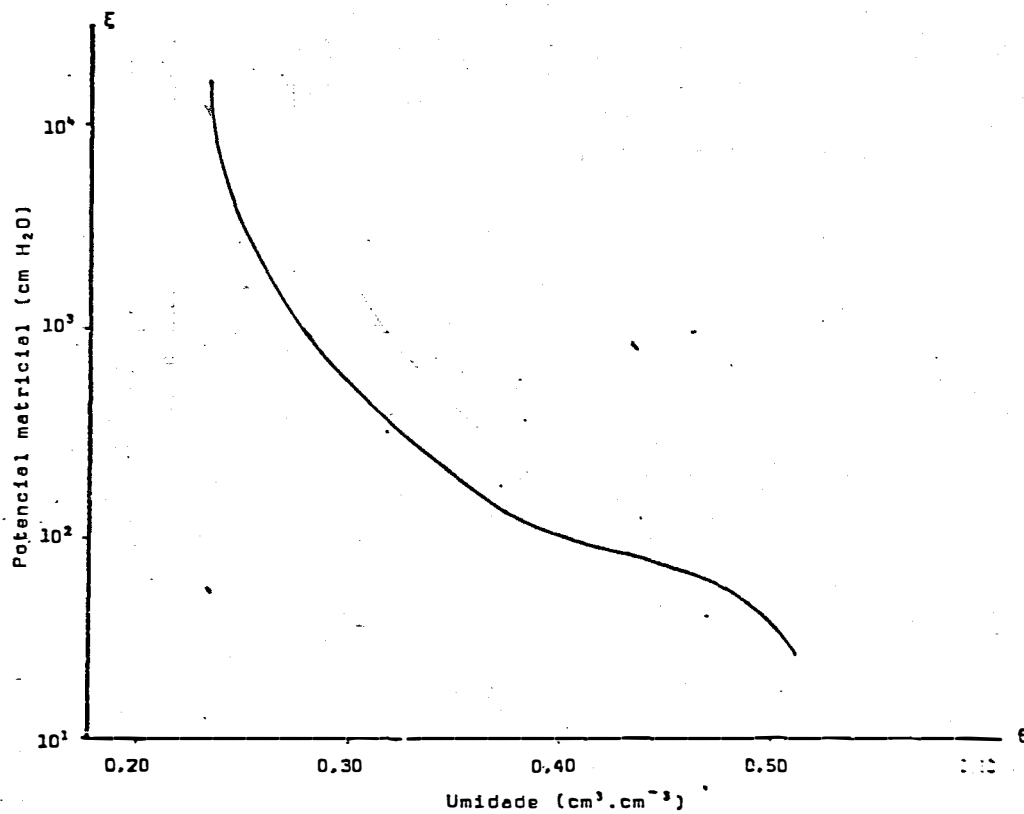


Fig. 2. Curva característica da Terra Roxa Estruturada para a profundidade de 0 - 30 cm.



O solo contido nos vasos foi preparado de acordo com as técnicas normais para esse tipo de estudo, tendo recebido uma adubação inicial de 0,44 , 0,71 e 0,23 gramas de N, P, K por vaso na forma de Sulfato de Amônio, Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio.

#### 4.1.6. Laboratório

No Laboratório de Sementes foi realizado o teste de resistência à seca pelo feijoeiro, utilizando-se soluções de manitol. O experimento foi conduzido em um germinador e as soluções foram preparadas usando d-manitol, um álcool hexanhídrico não tóxico para as sementes (UHIVITS, 1966). As sementes foram semeadas em bandejas usando-se papel KIMPACK como substrato.

No laboratório de Bioquímica foi realizado o teste para Índice de Estabilidade Clorofílica, usando-se para isso, amostras de plantas, conduzidas anteriormente na estufa, em vasos de barro de 15cm de altura, contendo aproximadamente 2 kg de solo.

#### 4.1.7. Observações fenológicas

O desenvolvimento das plantas foi acompanhado em seus diversos estágios fenológicos que foram estabelecidos através dos seguintes critérios:

a) Emergência: quando mais de 50% das plantas emergiram do solo - 5 dias após o plantio;

b) Primeiro par de folhas secundárias: em mais de 50% das plantas - 11 dias após o plantio;

c) Senescência das folhas primárias: em mais de

50% das folhas - 25 dias após o plantio;

d) Início da floração: quando 10% das plantas apresentaram pelo menos uma flor - 35 dias após o plantio;

e) Início da formação de vagens: quando 10% das plantas possuíam vagens com mais de 2cm - 46 dias após o plantio;

f) Maturação fisiológica: quando 75% das folhas amadureceram e caíram - 90 dias após o plantio;

g) Colheita: quando todas as vagens secaram - 114 dias após o plantio.

#### 4.1.8. Observações meteorológicas

Para as medidas de radiação solar global foram utilizados dois piranômetros espectrais Eppley, sendo um deles modelo 8-48A, série N<sup>o</sup> 13741 com sensibilidade de 2,71 mV por  $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$  e o outro tipo superfície horizontal, modelo 2, N<sup>o</sup> 11936F3 com sensibilidade de 6,89 mV por  $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ . O sensor de ambos era protegido com dois hemisférios de vidro. A cúpula interior em ambos foi de vidro WG7 transparente para comprimentos de onda de 300 - 3.000  $\mu$ . No primeiro deles a cúpula exterior era do mesmo tipo da interior. No segundo, a cúpula exterior era de vidro RG8 transparente para comprimentos de onda acima de 700  $\mu$ . O sistema de aquisição de dados foi feito com o auxílio de um potenciômetro fabricado pela Leeds e Northrup - USA.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos com um termohigrógrafo marca FUESS, modelo 159R, de rotação semanal com variação de temperatura de -15 a +65<sup>o</sup>C e variação de umidade relativa de 0 a 100%, com divisões de escala de percentagem de 5 em 5% e de graus de 1 em 1<sup>o</sup>C.

O instrumento foi instalado em abrigo padrão no

interior da estufa a 1,5 m de altura do solo.

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Delineamento experimental

Para a aplicação de cada um dos métodos empregou-se esquemas diferentes.

No estudo da variação do potencial matricial da água do solo, em estufa, os tratamentos foram montados segundo um esquema fatorial 4 x 3 (4 cultivares x 3 potenciais matriciais da água do solo) com 4 repetições, dentro de um delineamento em blocos ao acaso.

No estudo do manitol foi adotado um esquema fatorial 4 x 4 (4 cultivares x 4 pressões osmóticas), com 4 repetições, em um delineamento também em blocos ao acaso. Para a análise estatística dos dados referentes ao comprimento das plântulas foram usados os critérios adotados por FANOUS (1967) os quais consistem de: a) análise baseada na média aritmética isto é, a média do comprimento de uma unidade experimental determinada pelo número de sementes germinadas; e b) considerando as sementes não germinadas, atribuindo um valor "0" para o comprimento.

No método do Índice de Estabilidade Clorofílica foi usado um delineamento em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 3 repetições. Esse experimento foi repetido duas vezes.

### 4.2.2. Variação do potencial matricial da água do solo

A variação do potencial matricial da água do solo foi um dos métodos usados para testar a resistência à seca nas quatro cultivares de feijão. Foi estabelecido

que os níveis mínimos de potencial matricial da água seriam 1, 3 e 5 atmosferas, sendo que os tratamentos foram impostos somente após as plantas atingirem o estágio de senescência das folhas primárias que ocorreu 25 dias após o plantio. O controle da irrigação foi realizado através de pesagens diárias dos vasos durante todo o desenvolvimento da cultura.

Durante o ciclo vegetativo das plantas foram feitas as seguintes observações relativas ao desenvolvimento e produção: 3 medições de altura e área foliar no 12º, 27º e 42º dias após o plantio; número de vagens por planta sendo feita a primeira contagem 65 dias após o plantio e as demais 7, 14 e 21 dias após a primeira e a última por ocasião da colheita quando todas as vagens estavam maduras; peso dos grãos após a colheita quando todas as vagens permaneceram 15 dias em ambiente fechado.

#### 4.2.3. Soluções de manitol

No Laboratório de Sementes quatro cultivares de feijão foram submetidas à germinação em condições controladas de umidade. Isto foi possível utilizando-se de soluções de manitol com 1, 3 e 5 atmosferas de pressão osmótica.

O cálculo da quantidade de manitol necessário para preparar as diferentes soluções foi obtido através da equação geral dos gases onde:

$$\text{Pressão osmótica (P)} = \frac{g R T}{m V}$$

$$\text{Gramas de manitol (g)} = \frac{P V m}{R T}$$

V = volume em litros, m = peso molecular do manitol, R = 0,0825 atm·l/mol °K, T = temperatura (°K).

O experimento foi conduzido em um germinador, o qual foi mantido a uma temperatura de 30°C e umidade relativa de 90 a 95%. Para a germinação foram usadas bandejas contendo um substrato de papel KIMPACK. Foram colocados 150 ml da solução em cada bandeja antes da semeadura e para manter o substrato sempre úmido era adicionado mais solução sempre que necessário. Seis dias após a semeadura, as bandejas foram retiradas do germinador para se determinar a percentagem de germinação de sementes e efetuar as medidas do comprimento das plântulas (hipocótilo).

O método utilizado para essas medidas encontra-se nas Regras para Análise de Sementes, BRASIL, M.A., 1967.

#### 4.2.4. Índice de estabilidade clorofílica

As folhas das plantas, sem a nervura principal, foram cortadas em amostras de 250mg e colocadas em dois backers de 125ml com 25ml de água destilada. Um dos backers foi aquecido em banho-maria a temperatura de  $56 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 60 minutos. O outro backer permaneceu à temperatura ambiente também por 60 minutos. As folhas depois de secas foram transferidas para um almofariz contendo 0,2g de areia lavada e 30ml de etanol 95. Depois de muito bem trituradas, as soluções foram filtradas sendo que o filtrado foi recebido em balões volumétricos de 100ml. O pistilo e o almofariz foram lavados até remover toda a clorofila e as soluções filtradas para os mesmos balões. Os 100ml dos balões foram completados com água destilada. Em seguida foi feita a leitura da absorbância em Fotocolorímetro Klett Summerson com filtro vermelho N° 66 dos dois tratamentos, aquecido e não aquecido. A diferença entre as duas leituras foi definida como Índice de Estabilidade Clorofílica.

Foram realizados dois testes com três repetições para cada cultivar.

#### 4.2.5. Observações meteorológicas

No presente estudo foram efetuadas medidas de radiação solar global próximo à estufa e nas posições 1 (Oeste), 2 (Central) e 3 (Leste) em seu interior. Para efetuar tais medidas utilizou-se dois Piranômetros Espectrais Eppley com filtros WG7 ( $K\downarrow$ ) e RG8 ( $K_{R-8}\downarrow$ ). Para estimativa da PHAR (radiação fotossinteticamente ativa) calculou-se a diferença entre ( $K\downarrow$ ) - ( $K_{R-8}\downarrow$ ).

Foram coletadas amostras de plástico, antes e depois de usado e analisadas na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) para se obter a transmissividade do mesmo em diversos comprimentos de onda.

Com os valores de temperaturas máxima e mínima dentro da estufa e no abrigo meteorológico, calculou-se uma equação de regressão para o período de 17 a 26 de maio de 1977.

## 5. RESULTADOS

Nas tabelas de 2 a 4 são apresentados os valores de altura das plantas, área foliar e peso dos grãos para cada cultivar, obtidos no estudo em estufa. A figura 3 mostra os efeitos do potencial matricial da água do solo sobre o número de vagens das quatro cultivares de feijão.

Os valores obtidos no estudo do manitol são apresentados nas figuras 4, 5 e 6. Na tabela 5 encontram-se os valores médios de quatro tratamentos para percentagem de sementes germinadas, comprimento das plântulas (média aritmética) e para comprimento das plântulas onde sementes não germinadas foi atribuído um valor "0".

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos no teste de Índice de Estabilidade Clorofílica.

No apêndice encontram-se: as tabelas 7 e 8 onde estão contidos os valores de radiação solar global e fração PHAR (radiação fotossinteticamente ativa) com as respectivas percentagens recebidas em cada uma das posições dentro da estufa; as figuras 7 e 8 que apresentam a variação da radiação solar global e "PHAR" em  $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}$  durante o dia; a figura 9 que ilustra a transmissividade do plástico (antes e depois de usado) na faixa de 400 a 700  $\text{m}\mu$  e as figuras 10 e 11 que foram construídas com os resultados das regressões obtidas entre as temperaturas na estufa e no abrigo meteorológico.

Tabela 2. Altura média (mm) das quatro cultivares de feijão submetidas a três níveis de tensão da água do solo.

Cultivares	Tensão da água do solo (atm)																	
	1		3		5		12		27		42							
	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio	Dias após o plantio						
Carioca	115,4	233,1	420,4	127,8	245,0	520,0	126,2	242,5	289,3	110,9	240,6	370,4	118,7	202,7	311,8	122,5	216,8	251,8
P 748-A	156,8	243,1	798,7	155,9	250,6	851,2	156,8	278,1	808,7	127,9	231,8	595,0	103,4	200,3	485,0	108,1	205,9	340,6



Figura 3. Área foliar média (dm<sup>2</sup>/plantas) das quatro cultivares de feijão submetidas a três níveis de tensão da água do solo.

Cultivares	Tensão da água do solo (atm)										
	1			3			5				
	Dias após o plantio		Dias após o plantio	Dias após o plantio		Dias após o plantio	Dias após o plantio		Dias após o plantio	Dias após o plantio	
12	27	42	12	27	42	12	27	42	12	27	42
Carioca	0,61	2,45	4,5	0,64	2,54	6,09	0,63	2,0	0,63	2,0	3,09
P 748-A	0,65	2,73	6,83	0,56	2,70	5,42	0,50	2,22	0,50	2,22	3,75
P 749-A	0,67	2,05	4,25	0,65	2,18	4,79	0,63	2,28	0,63	2,28	4,78
P 750-A	0,56	2,62	6,0	0,45	1,82	4,43	0,47	2,18	0,47	2,18	3,83

Tabela 4. Produção média por planta (g) das quatro cultivares de feijão submetidas a 3 níveis de tensão da água do solo.

Cultivares	Tensão da água do solo (atm)				
	1	3	5	Média	
Carioca	4,02	3,58	2,62	3,4	
P 748-A	4,48	3,26	2,43	3,39	
P 749-A	4,31	1,56	3,27	3,04	
P 750-A	3,94	2,18	1,95	2,69	

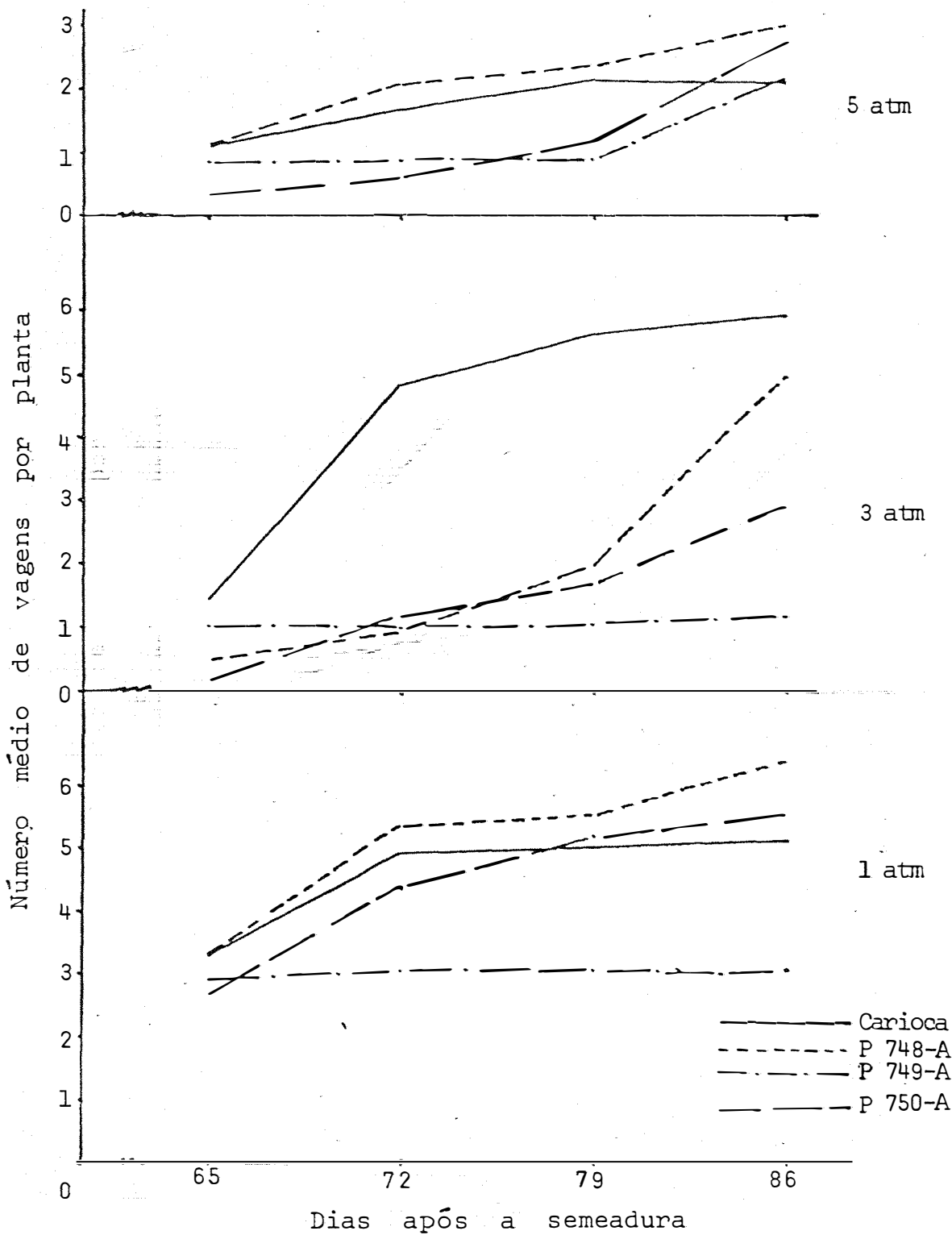


Fig. 3. Efeito de tensão da água do solo sobre o número de vagens em quatro cultivares de feijão.

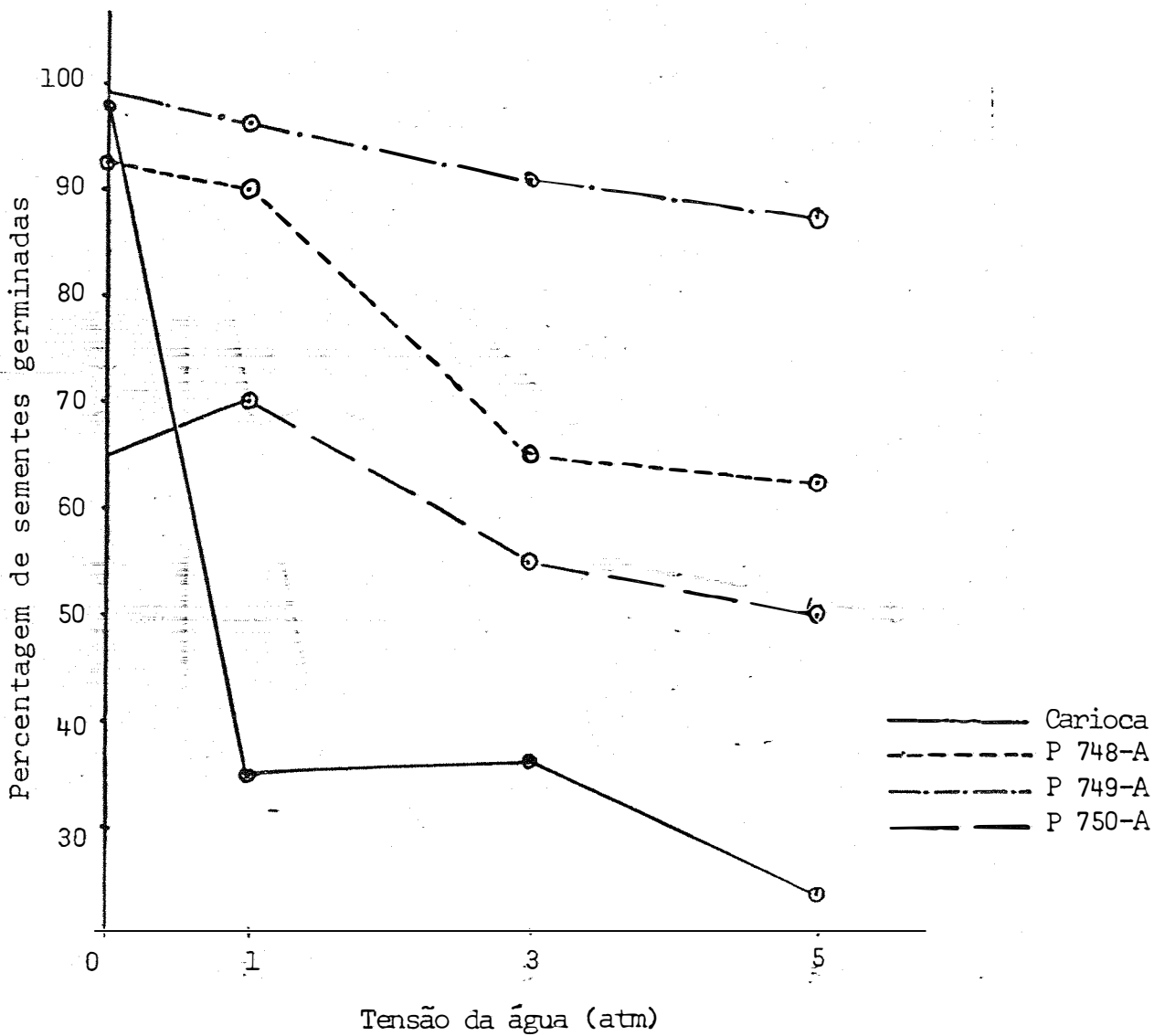


Fig. 4. Efeito de tensão da água pelo estudo do manitol na germinação de sementes, após seis dias.

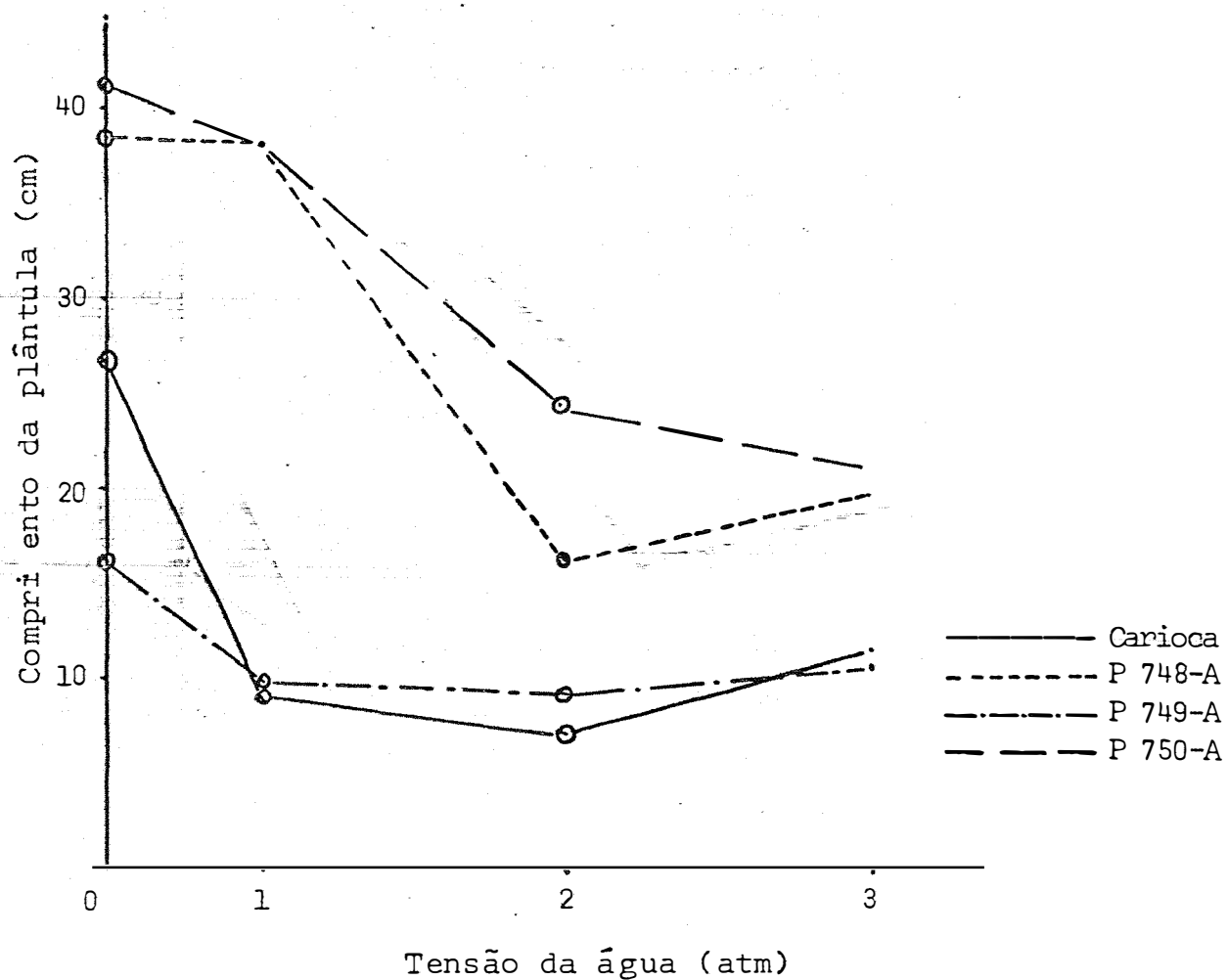


Fig. 5. Efeito de tensão da água pelo estudo do manitol no comprimento das plântulas, após seis dias (média aritmética).

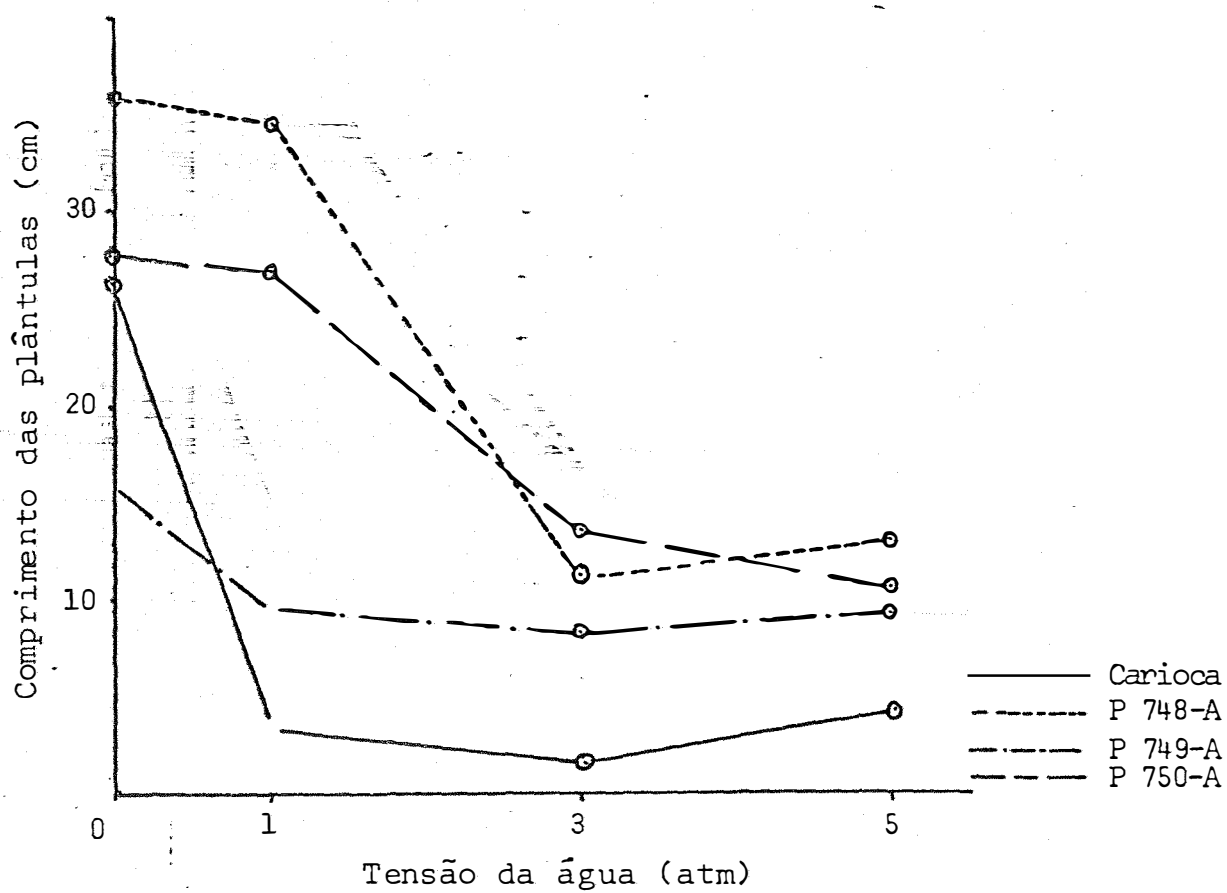


Fig. 6. Efeito de tensão da água pelo estudo do manitol no comprimento das plântulas, após seis dias (sementes não germinadas - valor "0").

Tabela 5. Valores médios dos quatro tratamentos 0, 1, 3 e 5 atmosferas no estudo do manitol.

Cultivares	Porcentagem de germinação	Comprimento das plântulas (mm) Média aritmética	Comprimento das plântulas (mm) sendo atribuído valor "0" para sementes n/ germinadas
Carioca	48,12	13,56	8,80
P 748-A	77,50	28,04	23,49
P 749-A	93,43	11,29	10,63
P 750-A	60,00	31,13	19,57

Tabela 6. Transmissão média de luz para clorofila extraída de folhas de feijão, com seus índices de estabilidade clorofílica.

Cultivares	Transmissão de luz (%)					
	Teste 1			Teste 2		
Cultivares	Não aquecido	Aquecido	I.E.C.	Não aquecido	Aquecido	I.E.C.
Carioca	84,0	74,33	9,67	72,33	61,33	11,0
P 748-A	82,66	72,0	10,66	63,33	53,0	10,33
P 749-A	77,33	68,0	9,33	74,66	67,33	7,33
P 750-A	84,33	74,66	9,67	82,33	71,66	10,67
Média	89,58	79,74	9,84	73,16	63,33	9,83



## 6. DISCUSSÃO

### 6.1. Variação do potencial matricial da água do solo

O comportamento das cultivares de feijão quando sujeitas a tensões da água do solo indica a capacidade destas para sobreviver àquelas condições adversas. Com base nos resultados dos testes estatísticos os efeitos de tensões da água do solo foram altamente significativos ao nível de 1% de probabilidade considerando altura das plantas, área foliar e peso dos grãos (tabelas 2, 3 e 4).

Observando-se o quadro de análise de variância pode-se constatar que o tratamento correspondente a 1 atm foi significativamente diferente do tratamento a 5 atm ao nível de 5% de probabilidade para altura das plantas e peso dos grãos. Esses resultados fornecem uma informação adequada sobre os efeitos de tensões da água do solo no desenvolvimento das plantas. O crescimento é particularmente sensível ao déficit de água pois o crescimento está estritamente relacionado à turgescência e a perda desta reduz a multiplicação e o alongamento das células, resultando em plantas menores.

O mesmo quadro mostra que os tratamentos de 1 a 3 atm somente para peso dos grãos houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade (tabela 4). Isso tem sido

mostrado em estudos conduzidos por KRAMER (1963) que uma tensão da água do solo relativamente baixa produz acentuada redução no rendimento das culturas. Os tratamentos de 3 e 5 atm diferiram também significativamente ao nível de 5% de probabilidade para altura das plantas. Os efeitos de cultivares foram altamente significativos ao nível de 1% de probabilidade para altura das plantas e não significativos para a área foliar e peso dos grãos. O aumento em ordem de respostas das cultivares para altura das plantas foi: P 748-A, Carioca, P 750-A e P 749-A.

A interação cultivar x potencial matricial da água do solo foi altamente significativa ao nível de 1% de probabilidade para área foliar e não significativa para altura das plantas e peso dos grãos. O desdobramento do número de graus de liberdade revelou que os efeitos de tensões da água do solo dentro das cultivares Carioca, P 748-A e P 750-A foram altamente significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade, não sendo comprovado significância dentro da cultivar P 749-A.

É provável que quase todos os processos que ocorrem nas plantas são afetados pelo déficit de água, como pode ser observado com a área foliar, na tabela 3, que reduziu-se à medida que aumentou a tensão da água do solo. Exceção ao cultivar P 749-A, que não sofreu o efeito da tensão da água do solo, o que permite afirmar ser este cultivar mais resistente à seca.

A figura 3 permite observar o decréscimo do número de vagens por planta à medida que aumenta a tensão da água do solo, possibilitando, portanto, constatar uma relação consistente entre o número de vagens e a tensão da água do solo.

## 6.2. Estudo com soluções de manitol

A análise estatística dos dados referentes a comprimento das plântulas foi baseada nos critérios adotados

por FANOUS (1967). Os efeitos de pressões osmóticas foram altamente significativos ao nível de 1% de probabilidade para as sementes germinadas e para o comprimento das plântulas, nos dois métodos de análise (figuras 5 e 6).

O desdobramento do número de graus de liberdade revelou que os efeitos de pressões osmóticas dentro das cultivares Carioca, P 748-A e P 750-A foram altamente significativos ao nível de 1% de probabilidade para as sementes germinadas e comprimento das plântulas. O mesmo não ocorreu com a cultivar P 749-A. Não foi detectada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, confirmando as observações de POWEL e PFEIFER (1956) de que o uso de soluções de manitol para testar a resistência à seca permite uma seleção de cultivares para esse caráter.

A ordem de resposta das cultivares aos tratamentos 0, 1, 3 e 5 atm pode ser observada através dos valores médios contidos na tabela 5. A cultivar P 749-A apresentou um baixo comprimento das plântulas e uma alta percentagem de germinação (figura 4). Embora existam diferenças pronunciadas entre cultivares em sua capacidade de germinar sobre várias pressões osmóticas, isto necessariamente não significa que cultivares que germinam bem sobre uma alta pressão osmótica serão aquelas que resistirão à seca quando adultas.

Não foi detectada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos de 3 e 5 atmosferas para as sementes germinadas e comprimento das plântulas. É provável que soluções osmóticas de 3 atmosferas sejam suficientes para inibir a germinação das sementes de feijão e conseqüentemente do comprimento das plântulas.

A figura 4 permite observar que em todos os tratamentos a cultivar P 749-A apresentou uma percentagem de germinação superior às demais, o que permite afirmar que a diferença de germinação e a resposta ao crescimento das plantas é uma condição inerente das cultivares empregadas e dos tratamen

tos impostos.

### 6.3. Índice de Estabilidade Clorofílica

O teste do índice de estabilidade clorofílica realizado com as quatro cultivares de feijão mostrou que as diferenças de transmissão de luz entre as amostras aquecidas e não aquecidas não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade (tabela 6 e Apêndice).

Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por FANOUS (1967) trabalhando com cinco variedades de painço (Pennisetum typhoideum). Um estudo mais detalhado, realizado com amostras de folhas obtidas em diversas fases do ciclo vegetativo, poderá contribuir para o aperfeiçoamento desse método.

## 7. CONCLUSÕES

Considerando-se os dados apresentados e discutidos, evidenciam-se as seguintes conclusões:

1) O efeito da tensão da água do solo sobre as cultivares de feijão estudadas é complexo. De um modo geral quando a tensão da água do solo aumentou, as respostas ao crescimento vegetativo para as cultivares estudadas decresceu;

2) Entre as quatro cultivares estudadas, somente a P 749-A apresentou características superiores, permitindo diferenciá-la das demais, tanto no estudo do manitol como na variação do potencial matricial da água do solo;

3) A cultivar P 749-A apresentou um alto poder germinativo com 5 atm de pressão osmótica e como não foi afetada pela tensão da água do solo, possivelmente será mais tolerante à seca do que as demais estudadas;

4) As sementes das cultivares Carioca, P 748-A e P 750-A quando submetidas a pressões osmóticas acima de 3 atmosferas apresentaram uma redução acentuada na percentagem de germinação;

5) O tratamento com soluções de manitol permite selecionar cultivares de feijão que apresentem alta percentagem de germinação e stand mais vigoroso sob condições limitadas de umidade. Este método foi o que apresentou melhores resultados para o estudo de resistência à seca.

6) Os resultados do teste do Índice de Estabilidade Clorofílica não apresentaram diferença significativa entre as quatro cultivares em estudo, ao nível de 5% de probabilidade.

## 8. SUMMARY

This work was carried out in the greenhouse of the experiment field of the Departamento de Física e Meteorologia and Laboratórios de Sementes e Bioquímica of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

The behavior of 4 cultivars of beans (Phaseolus vulgaris, L.) known as Carioca, P 748-A, P749-A and P 750-A was studied. Three methods were used to measure drought resistance: 1) matric potential variation of soil water; 2) germination of seeds and growth of seedlings in mannitol solutions of different osmotic pressures; 3) chlorophyll stability index test. Three different soil moisture tensions (1, 3 and 5 atm) were used in the first method. Solutions of 0, 1, 3 and 5 atm of osmotic pressure were used in the mannitol study. In order to obtain the Chlorophyll Stability Index two tests were conducted, using heated and unheated treatments.

The results showed that:

a) as the soil moisture increased, the growth response for the bean varieties studied decreased;

b) the mannitol gave the best results for drought resistance studies;

c) no satisfactory results were obtained using the Chlorophyll Stability Index Test.

d) decreases in the germination percentage of the varieties Carioca, P 748-A and P 750-A were observed when submitted to 3 atm tensions, but the variety P 749-A was not influenced by soil moisture stress, even when submitted to 5 atm, on both methods.



## 9. LITERATURA CITADA

- ÁGUIAR, M.J.N., 1975. Evapotranspiração em feijão comum (Phaseolus vulgaris, L.). Estimada por evaporímetros e fórmulas empíricas. Piracicaba, ESALQ-USP, 55p. (Tese Mestrado).
- BABB, M.F. et alii, 1941. Drought tolerance in snap beans. J. Agric. Res., Washington, 62(9):543-553.
- BENNETT, O.L. et alii, 1964. Effects of soil moisture regime on yield nutrient content, and evapotranspiration for three annual forage species. Agron. J., Madison, 56:195-198.
- BRASIL, 1967. Ministério da Agricultura. Equipe Técnica de Sementes e Mudas. Regras para Análise de Sementes. Rio de Janeiro, ABCAR, 120p.
- CAVALCANTI, L.F., 1978. Determinação da Condutividade Hidráulica do Solo durante a redistribuição de água. Piracicaba, CENA, 6p. (Tese Mestrado - no prelo).
- DAKER, A., 1970. Irrigação e drenagem. In: A Água na Agricultura. 3a. ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos. V. 3.

- DENMEAD, O.T. e SHAW, R.H., 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agron. J., Madison, 54:385-390.
- DUBETZ, S. e MAHALLE, P.S., 1969. Effect of soil water stress on bush beans (Phaseolus vulgaris, L.) at three stages of growth. J. Am. Soc. Hort. Sci., St. Joseph, 94(5):479-481.
- EL NADI, A.H., 1975. Water relations of beans. Pod and seed yield of haricot beans under different irrigation in the Sudan. Expl. Agriculture, New York, 11(2):155-158.
- FANOUS, M.A., 1967. Test for drought resistance in pearl millet (Pennisetum typhoideum). Agron. J., Madison, 59:337-340.
- GABELMAN, W.H. e D.D.F.WILLIAMS, 1960. Development studies with irrigated snap beans. Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 221.
- GODOY, P. et alii, 1966. A irrigação do feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L.). Rvta. Agric., Piracicaba, 41:145-153.
- GOODE, J.E., 1956. Soil-moisture relationships in fruit plantations. Ann. Appl. Biol., Cambridge, 44:525-530.
- HELMERICK, R.H. e PFEIFER, R.P., 1954. Differential Varietal Responses of Winter Wheat Germination and Early Growth to Controlled Limited Moisture Conditions. Agron. J., Madison, 46:560-562.
- HENCKEL, P.A., 1964. Physiology, of plants under drought. K.A.Timiryazev Institute of Plant Physiology. U.S.S.R. Academy of Sciences, Moscow. p. 363-386.

HETH, D. e P.J.KRAMER, 1975. Drought tolerance of Pine Seedlings under Various Climatic Conditions. For. Sci., Washington, 21:72-82.

ILJIN, W.S., 1957. Drought resistance in Plants and Physiological Processes. Facultad de Agronomia, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. p. 257-273.

KALOYEREAS, S.A., 1958. A new method of determining drought resistance. Pl. Physiol., Lancaster, 20:232-233.

KILEN, T.C. e ANDREW, R.H., 1969. Measurement of Drought Resistance in Corn. Agron. J., Madison, 61:669-671.

KRAMER, P.J., 1963. Water stress and plant growth. Agron. J., Madison, 55:31-35.

LETEY, J. e D.B.PETERS, 1957. Influence of soil moisture levels and seasonal weather on efficiency of water use by corn. Agron. J., Madison, 49:362-365.

LEVITT, J., 1951. Frost, drought and heat resistance. A. Rev. Pl. Physiol. Palo Alto, 2:245-268.

—————, 1956. The Hardiness of Plants. Academic Press, New York. 278p.

————— et alii, 1960. Some problems in drought resistance. Bull. Res. Couns. of Israel 8D:173-180.

—————, 1964. Drought. In: Forage plant physiology and soil-range relationships. Madison, Am. Soc. Agron. p.57-66.

—————, 1972. Water deficit (or drought) stress. In: Responses of plants to Environmental Stresses, New York,

- Academic Pres. p. 322-352.
- MC GINNIES, W.J., 1960. Effects of Moisture Stress and Temperature on germination of six range grasses. Agron. J., Madison, 52:159-162.
- MURTY, K.S. e S.K.MAJUMDER, 1962. Modifications of the technique for determination of chlorophyll stability index in relation to studies of drought resistance in rice. Curr. Sci., Bangalou, 31(11):470-471.
- POWELL, L.M. e R.P.PFEIFER, 1956. The effect of controlled limited moisture on seedling growth of cheyenne winter wheat seletions. Agron. J., Madison, 48:555-557.
- RANZANI, G., O.FREIRE e T.KINJO, 1966. Carta de Solos do Muni<sup>ci</sup>pío de Piracicaba, ESALQ. Piracicaba, Centro de Estudos de Solo, 85 p.
- STOCKER, R., 1974. Effect on dwarf beans of water stress at different phases of growth. New Zeland Journal of Experimental Agriculture, 2(1):13-15.
- THIMANN, K.V., 1954. The physiology of growth in plant tissues. Am. J. Sci., New Haven, 42:589-606.
- UHVITS, R., 1946. Effects of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seed. Am. J. Bot., Lancaster, 33:278-285.
- VAN BAVEL, C.H.M., 1953. Chemical composition of tobacco leaves as affected by soil moisture conditions. Agron. J., Madison, 45:611-614.

WRIGHT, L.N., 1964. Drought tolerance program controlled environment evaluation among rang. grass genera and species. Crop. Sci., Madison, 41:472-474.

10. A P Ê N D I C E

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA NO ESTUDO DA VARIAÇÃO DO  
POTENCIAL MATRICIAL DA ÁGUA DO SOLO

## a) ALTURA DE PLANTA

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares (C)	3	17.515,00	5.838,33	48,99**
Tratamentos (T)	2	1.587,76	793,88	6,66**
Interação (C x T)	6	1.147,50	191,25	1,60 n.s.
(Parcelas)	11	20.250,26	1.840,93	15,44**
Blocos	3	848,87	282,95	2,37 n.s.
Resíduo	33	3.932,40	119,16	
Total	47	25.031,53		

DMS\* = 9,48

DMS\*\* = 12,08

C.V. = 21,66

## b) ÁREA FOLIAR

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares (C)	3	68,09	22,66	1,43 n.s.
Tratamentos (T)	2	331,11	165,55	10,47**
Interação (C x T)	6	401,69	66,94	4,23**
(Parcelas)	11	800,91	72,81	4,85**
Blocos	3	84,20	28,06	1,77 n.s.
Resíduo	33	521,50	15,80	
Total	47	1.406,63		

DMS\* = 3,45

DMS\*\* = 4,40

C.V. = 20,56

## D E S D O B R A M E N T O

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
T d C <sub>1</sub>	2	255,45	112,72	7,13**
T d C <sub>2</sub>	2	304,87	152,43	9,64**
T d C <sub>3</sub>	2	12,18	6,09	0,38 n.s.
T d C <sub>4</sub>	2	160,29	80,14	5,07*
Resíduo	33	521,50	15,80	

DMS\* = 7,49

DMS\*\* = 8,81

## c) PESO DOS GRÃOS

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares (C)	3	122,33	40,77	1,45 n.s.
Tratamentos (T)	2	485,91	242,95	8,66**
Interação (C x T)	6	194,52	32,42	1,15 n.s.
(Parcelas)	11	802,86	72,98	2,6 n.s.
Blocos	3	141,85	47,28	1,68 n.s.
Resíduo	33	925,52	28,04	
Total	47	1.870,23		

DMS\* = 4,6

DMS\*\* = 5,86

C.V. = 43,14



## QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA NO ESTUDO DO MANITOL

## a) % DE GERMINAÇÃO

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares (C)	3	18.941,80	6.313,93	47,00**
Tratamentos (T)	3	9.501,17	3.167,05	23,63**
Interação (C x T)	9	8.234,77	914,97	6,82**
(Parcelas)	15	36.677,74	2.445,18	18,24**
Blocos	3	613,67	204,55	1,52 n.s.
Resíduo	45	6.030,08	134,00	
Total	63	43.321,49		

DMS\* = 10,91

DMS\*\* = 13,52

C.V. = 16,59

## D E S D O B R A M E N T O

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
T d C <sub>1</sub>	3	13.381,25	4.460,41	33,28**
T d C <sub>2</sub>	3	3.050,00	1.016,66	7,58**
T d C <sub>3</sub>	3	304,69	101,56	0,75 n.s.
T d C <sub>4</sub>	3	1.000,00	333,33	2,48*
Resíduo	45	6.030,08	134,00	

DMS\* = 21,82

DMS\*\* = 27,05

## b) COMPRIMENTO DAS PLÂNTULAS (Média aritmética)

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares (C)	3	301,80	100,60	76,21**
Tratamentos (T)	3	175,52	58,50	44,31**
Interação (C x T)	9	72,77	8,08	6,12**
(Parcelas)	15	550,09	36,67	15,00**
Blocos	3	2,68	0,89	0,67 n.s.
Resíduo	45	59,82	1,32	
Total	63	612,59		

DMS\* = 1,08

DMS\*\* = 1,34

C.V. = 21,87

## D E S D O B R A M E N T O

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
T d C <sub>1</sub>	3	59,86	19,95	15,11**
T d C <sub>2</sub>	3	105,25	35,08	26,58**
T d C <sub>3</sub>	3	7,79	2,59	1,96 n.s.
T d C <sub>4</sub>	3	75,35	25,11	19,02**
Resíduo	45	59,82	1,32	

DMS\* = 2,16

DMS\*\* = 2,68

c) COMPRIMENTO DAS PLÂNTULAS (sementes não germinadas - valor "0").

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares (C)	3	148,82	49,60	29,7**
Tratamentos (T)	3	213,32	71,10	42,57**
Interação (C x T)	9	88,89	9,87	5,91**
(Parcelas)	15	451,03	30,06	18,00**
Blocos	3	4,13	1,37	0,82 n.s.
Resíduo	45	75,32	1,67	
Total	63	530,48		

DMS\* = 1,21

DMS\*\* = 1,51

C.V. = 33,07

#### D E S D O B R A M E N T O

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
T d C <sub>1</sub>	3	100,98	33,66	20,15**
T d C <sub>2</sub>	3	132,47	44,15	26,43**
T d C <sub>3</sub>	3	9,13	3,04	1,82 n.s.
T d C <sub>4</sub>	3	59,57	19,85	11,88**
Resíduo	45	75,32	1,67	

DMS\* = 2,43

DMS\*\* = 3,02

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TESTE DE ÍNDICE  
DE ESTABILIDADE CLOROFÍLICA

## a) TESTE 1

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	48,67	24,33	0,50 n.s.
Tratamentos	3	18,00	6,00	0,12 n.s.
Resíduo	6	292,00	48,66	

C.V. = 74,73%

## b) TESTE 2

C. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Blocos	2	60,67	30,33	0,274 n.s.
Tratamentos	3	25,67	8,55	0,077 n.s.
Resíduo	6	663,32	110,55	

C.V. = 106,92%

Tabela 7. Valores de radiação solar global ( $K_G^\dagger$ ) em cal/cm<sup>2</sup>.min e as percentagens que atingiram cada uma das posições.

Horas	Fora $K_G^\dagger$	D E N T R O					
		Posição Oeste		Posição Central		Posição Leste	
		$K_G^\dagger$	%	$K_G^\dagger$	%	$K_G^\dagger$	%
8:30	0,439	0,132	30,06	0,170	38,72	0,333	75,85
9:00	0,560	0,174	31,07	0,170	30,35	0,193	34,46
9:30	0,666	0,215	32,28	0,265	39,78	0,234	35,13
10:00	0,806	0,352	43,67	0,352	43,67	0,250	31,01
10:30	0,901	0,231	25,63	0,310	34,40	0,416	46,17
11:00	0,962	0,378	39,29	0,348	36,17	0,465	48,33
11:30	1,015	0,348	34,28	0,386	38,02	0,492	48,47
12:00	1,037	0,507	48,89	0,431	41,56	0,416	40,11
12:30	1,022	0,537	52,54	0,462	45,2	0,363	35,51
13:00	1,007	0,518	51,43	0,397	39,42	0,393	39,02
13:30	0,988	0,522	52,83	0,386	39,06	0,295	29,85
14:00	0,901	0,477	52,94	0,291	32,29	0,231	25,63
14:30	0,814	0,416	51,10	0,325	39,92	0,356	43,73
15:00	0,708	0,333	47,03	0,310	43,78	0,318	44,91
15:30	0,590	0,280	47,45	0,253	42,88	0,234	39,66
16:00	0,462	0,356	77,05	0,204	44,15	0,174	37,66
TOTAL	372,82*	165,96*	44,84	146,19*	39,33	147,28*	40,96

\* Valores em cal/cm<sup>2</sup>

Tabela 8. Valores estimados da fração "PHAR" em  $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$  e as percentagens que atingiram cada uma das posições.

Horas	Fora $K_{\text{PHAR}}$	D E N T R O					
		Posição Oeste		Posição Central		Posição Leste	
		$K_{\text{PHAR}}$	%	$K_{\text{PHAR}}$	%	$K_{\text{PHAR}}$	%
8:30	0,236	0,071	30,08	0,087	36,86	0,175	74,15
9:00	0,298	0,092	30,87	0,087	29,19	0,103	34,56
9:30	0,365	0,113	30,95	0,120	32,87	0,061	16,71
10:00	0,439	0,164	37,35	0,160	36,44	0,122	27,79
10:30	0,483	0,130	26,91	0,201	41,61	0,192	39,75
11:00	0,517	0,173	33,46	0,105	20,30	0,243	47,00
11:30	0,548	0,100	18,24	0,143	26,09	0,279	50,91
12:00	0,561	0,294	52,4	0,180	32,08	0,206	36,72
12:30	0,560	0,371	66,25	0,216	38,57	0,112	20,00
13:00	0,556	0,358	64,38	0,154	27,69	0,177	31,83
13:30	0,558	0,369	66,12	0,147	26,34	0,162	29,03
14:00	0,512	0,331	64,64	0,100	19,53	0,140	27,34
14:30	0,459	0,276	60,13	0,217	47,27	0,170	37,03
15:00	0,402	0,167	41,54	0,163	40,54	0,176	43,78
15:30	0,366	0,161	43,98	0,137	37,43	0,122	33,33
16:00	0,279	0,183	65,59	0,133	47,67	0,099	35,48
TOTAL	206,44*	96,78*	45,80	67,2*	33,78	72,06*	36,58

\* Valores em  $\text{cal}/\text{cm}^2$

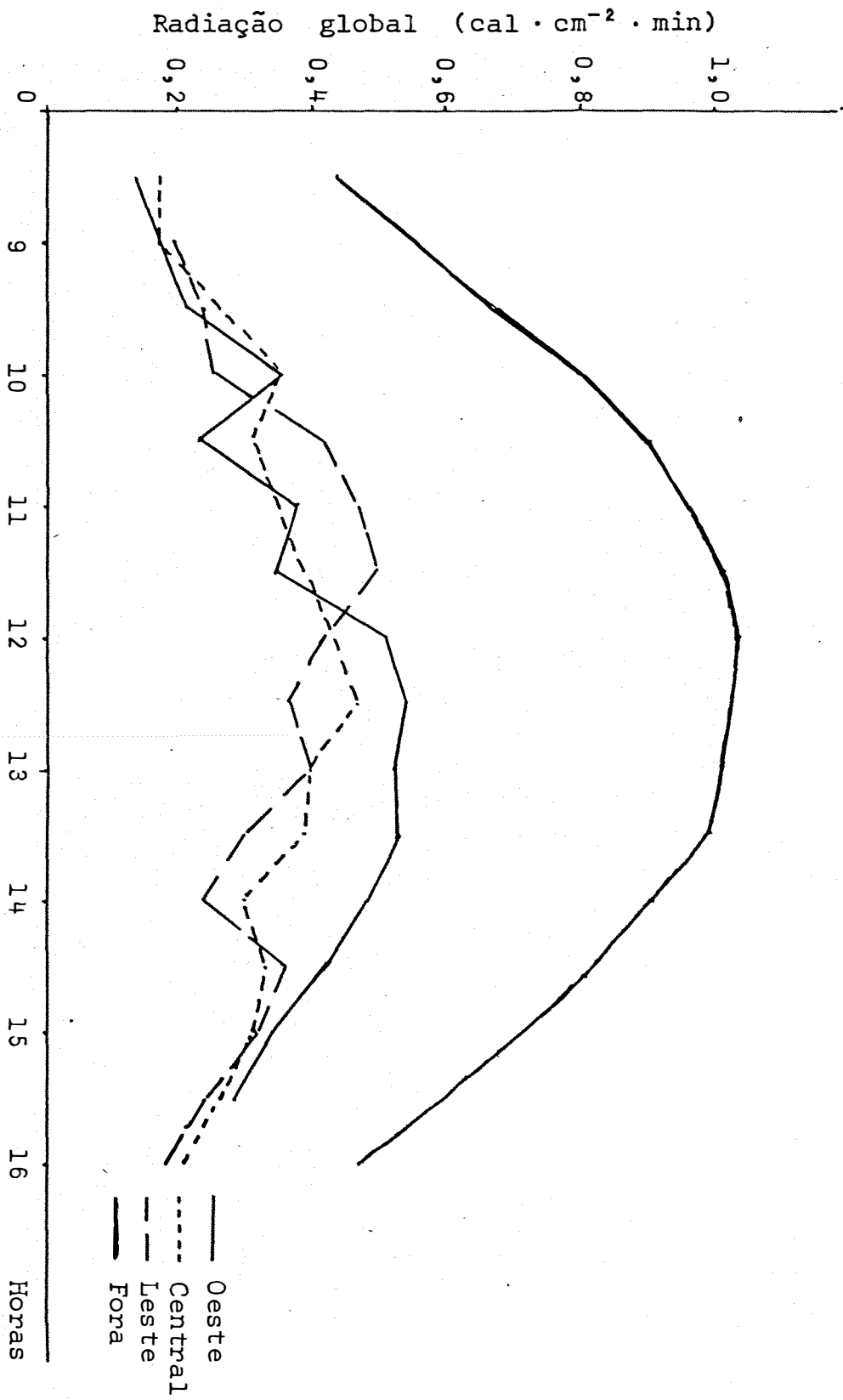


Fig. 7. Radiação solar global fora e em três posições dentro da estufa.

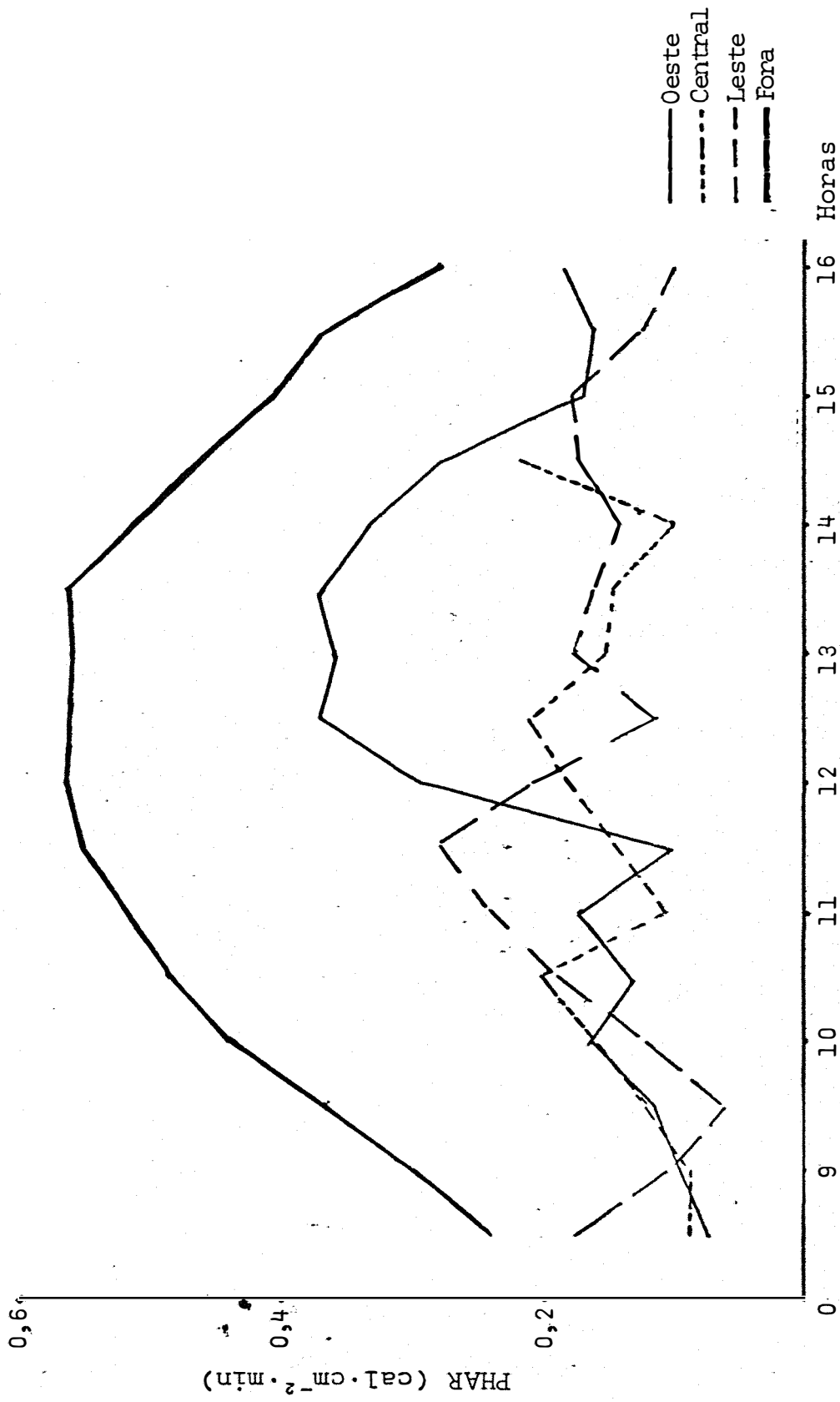


Fig. 8. Valores estimados da fração "PHAR" recebida fora e em três posições dentro da estufa.



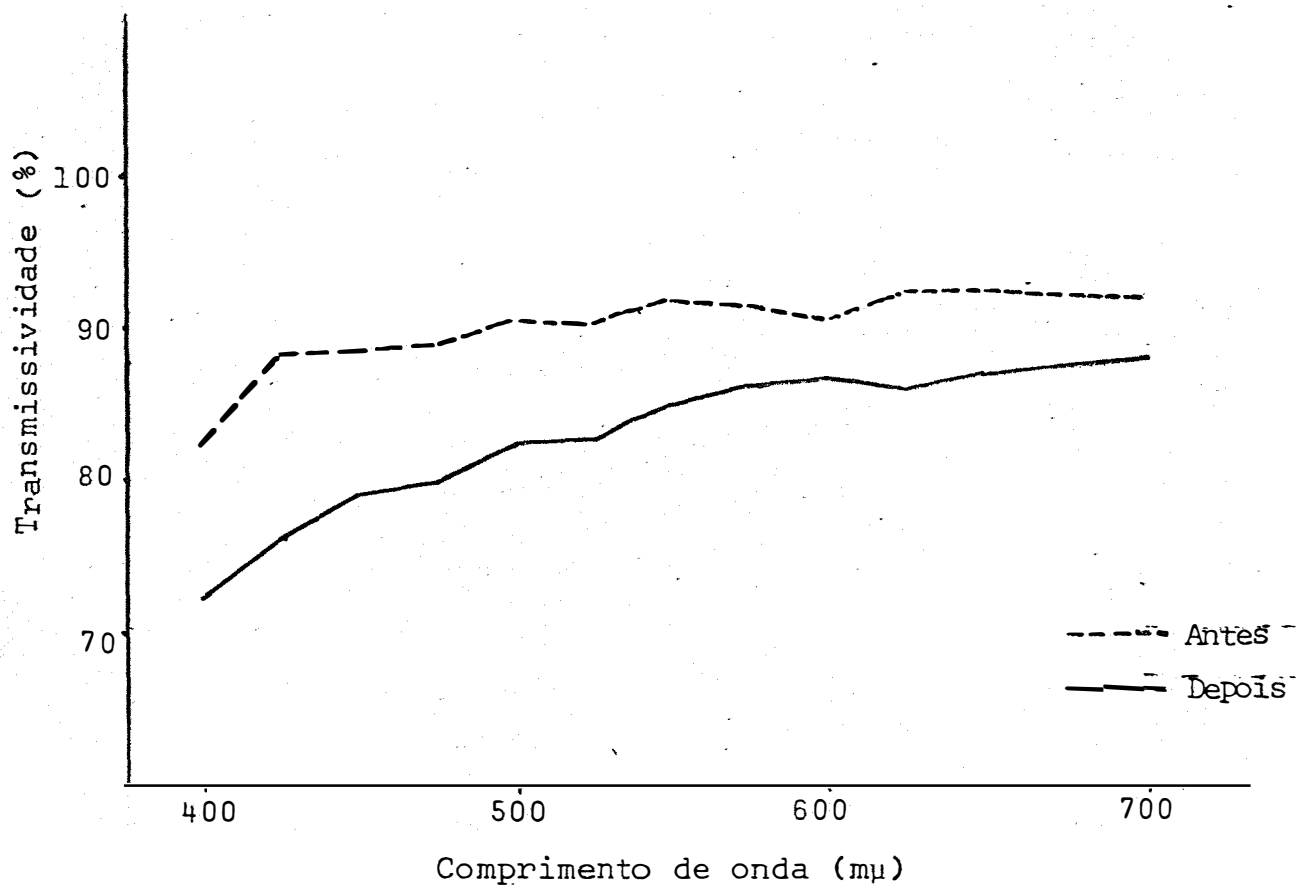


Fig. 9. Transmissividade do plástico antes e depois de usado.

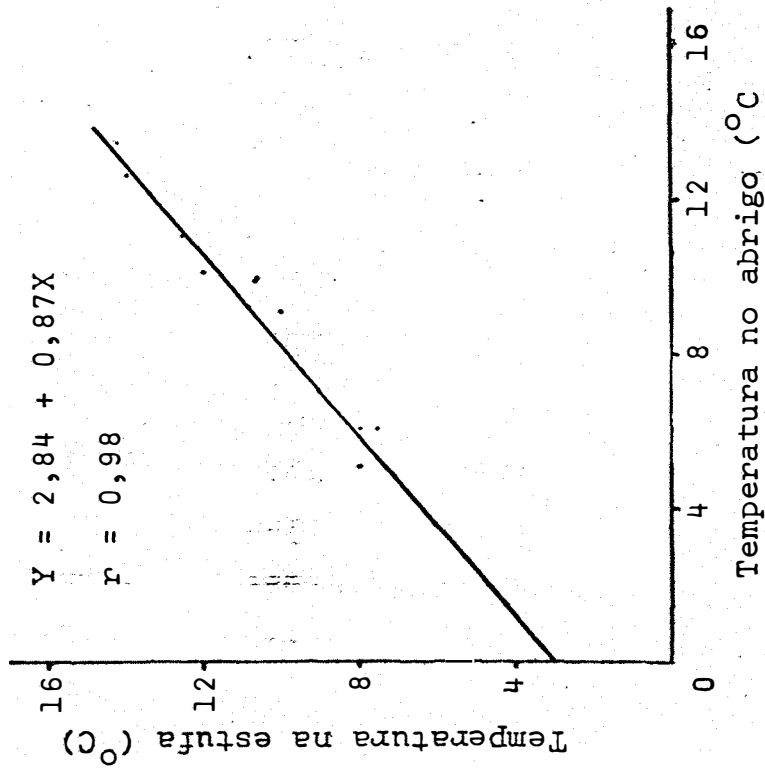


Fig. 10. Relação entre a temperatura mínima na estufa e a temperatura mínimo no abrigo (17 a 26/05/77).

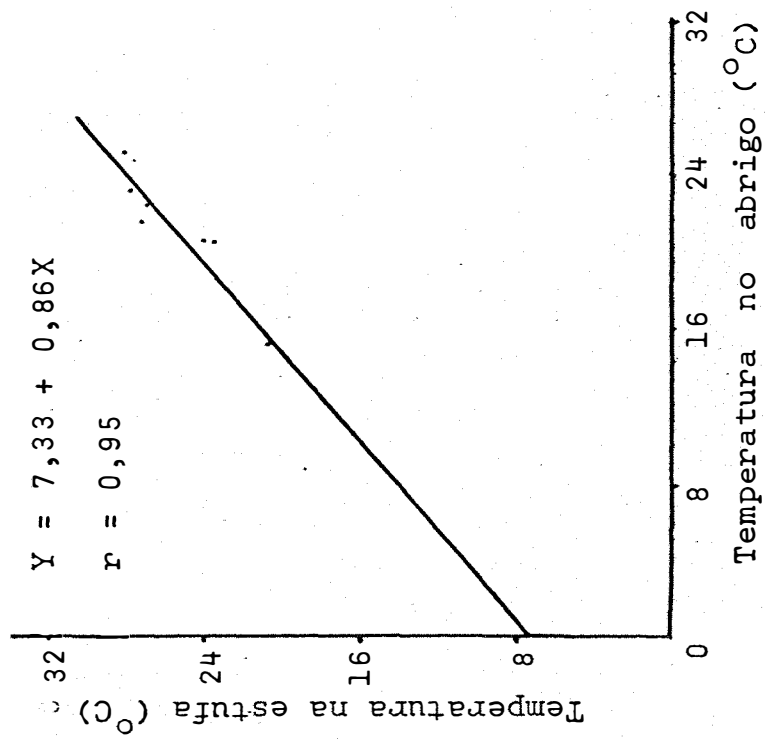


Fig. 11. Relação entre a temperatura máxima na estufa e a temperatura máxima no abrigo (17 a 26/05/77).