

Ediane
09/05/80

Fol
02363

MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA A DIFUSÃO DE VAPOR DE ÁGUA - IMPOR-
TÂNCIA DESTE PARÂMETRO PARA A RESISTÊNCIA À SECA.

5º SEMINÁRIO DE TREINAMENTO

09/MAIO/1980

16:00 Horas.

Pierre Michel Saint-Clair
Consultor EMBRAPA/CPATSA.
Petrolina/Pernambuco



Medição da resistência
1980

FL - ~~0000~~



34368-1

Devido a importância considerável do aparelho estomático na execução de funções vitais das plantas como fotossínteses, respiração e transpiração, a literatura sobre o comportamento (ou a fisiologia em geral) desta parte integrante das folhas é intensiva. Se assume a partir desta observação que casos irregulares, tais como, a fixação não estomática de CO_2 e ou controle não estomático da transpiração, são fenômenos de importância somente em casos particulares.

Embora o presente contexto seja ligado às relações entre resistência estomática e seca, é útil mencionar que o déficit hídrico não é o único fator que controla a abertura dos estomas. Luz, temperatura, vento, hormonas (ácido abscísico principalmente), ácidos orgânicos, K^+ , são fatores considerados como associados a esta abertura (SAINT-CLAIR, 1979)

A metodologia tradicional utilizada para medir o grau de abertura dos estomas é baseada sobre a técnica de infiltração das folhas por líquidos de tensão superficial baixa (xileno, etanol, etc.) ou misturas de líquidos de diferente tensão superficial (iso propanol - água por exemplo). ALVIN (1965) considerou STAHL (1894) como pioneiro neste campo de investigação e mencionou outros pesquisadores que modificaram a técnica de STAHL. SLAVIK (1974) indicou que a capacidade do líquido de infiltrar dentro dos espaços intercelulares depende também da viscosidade dele e da capacidade de dissolver as faixas de graxas da cutícula. WILLIAMS and JOSEPH (1970) comentaram as desvantagens do método de infiltração, principalmente os erros devidos por diferenças nas taxas de evaporação dos líquidos em combinação.

Uma outra técnica de observação direta da abertura estomatal consiste no uso de "borracha plástica de silicone" para conseguir os impressos da superfície foliar. O exame microscópico dos impressos permite ver as aberturas estomatais. Detalhes da metodologia se encontram em SLAVIK (1974), SULLIVAN (1975, comunicação pessoal, Universidade de Lincoln, Nebraska) e Saint-Clair (1974, não publicado) usaram silicone plástico em forma de spray (comprado nos armazéns onde se vendem peças para veículos) para pulverizar folhas de sorgo e fita durex para pregar os impressos. Nem todos os produtos deste tipo dão um bom resultados.

A metodologia indireta implica a utilização de porômetros de difusão. Esses aparelhos medem o fluxo difusivo do vapor de água (ou de um gás) dum folha. Geralmente, se usa esses porômetros com folhas anfiestomáticas (de plantas como, milho, sorgo, algodão, etc.) ALVIN (1965) descreveu modificações a serem feitas no porômetro que levou o seu nome para ajustá-lo a folhas cujos estomas são colocados na superfície inferior (no caso do café, por exemplo). Para ilustrar o presente trabalho,

se limitará à medição de resistência estomática com:

03

- o porômetro de ALVIN
- o porômetro automático Delta-T
- o LI-60
- o LI-1600

No tocante a importância da medição da resistência estomática para a resistência à seca, não se precisa fazer muitos comentários. Não é útil a um agrônomo possuir uma formação avançada em fisiologia para saber que os estomas são relacionados a transpiração (e também a fotossíntese e respiração). Apresenta-se-á adiante mais informações sobre as relações resistência estomática - resistência à seca.

II - MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA COM:

- O porômetro de ALVIN

Na Fig. 1 se vê bem as diferentes partes do aparelho

A = manômetro (do tipo que se usa para medir a pressão sanguínea)

B = reservatório de ar

C = válvula

D = bomba de borracha com válvula

E = fórceps com

F = copo de porômetro com anel de borracha em ambas as partes

Funcionamento

1. Usando D se bombeia ar em B

2. Coloca-se a folha em F e se agarra-la entre os dois anéis de borracha (sendo o outro anel no outro braço de E). Movendo C pra cima se faz passar ar dentro do copo do porômetro, ou seja por entre a superfície foliar. Variações de presão em função do tempo, assim como o tempo relacionado a uma variação pre-determinada da pressão informam sobre a taxa do fluxo, o qual reflete o grau da abertura dos estomas.

A Fig. 2 ilustra o funcionamento do porômetro de ALVIN.

No tocante aos porômetros que serão apresentados adiante se dará a a informação básica sobre o funcionamento. Detalhes sobre o uso se conseguem nos manuais providenciados pelos fabricantes.

- O porômetro automático Delta-T (disponível no CPATSA)

STILES (1970) e MONTEITH and BULL (1970) providenciaram informação interessante sobre a construção, a teoria, a calibração e a eficiência do porômetro.

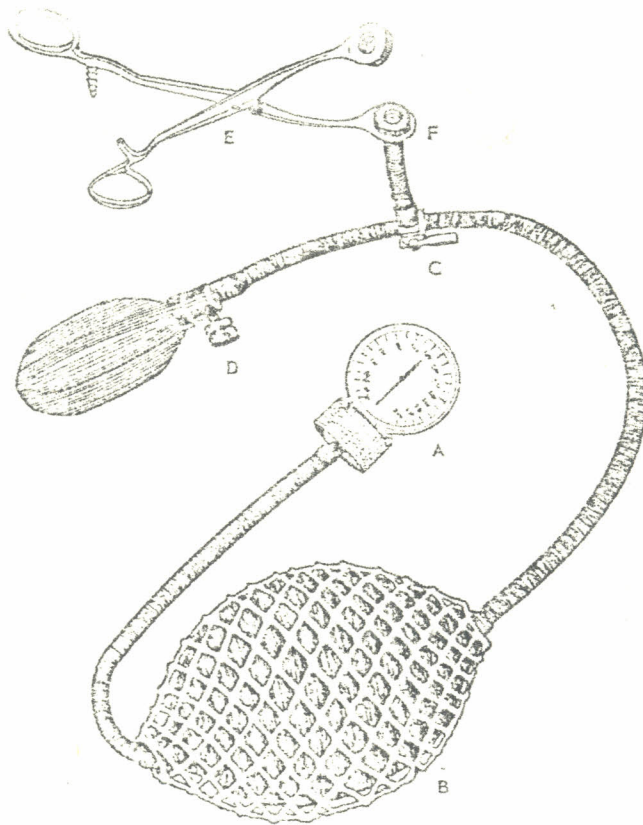


Fig. 1

(ALVIM, 1965)



Fig. 2

(WILLIAMS
AND JOSEPH,
1970)

A taxa de umidificação de um copo pequeno dentro do qual se coloca a folha permite medir a resistência à difusão, sempre quando a temperatura esteja conhecida.

A transpiração foliar se umidifica dentro do copo. A resistência estomatal está associada à taxa de umidificação do copo, sendo a taxa avaliada em função de taxas padrões obtidas com uma placa (perfurada) de calibração.

Essa placa é feita com polypropylene. As perfurações dispostas em séries simulam as aberturas estomáticas e simulam resistências à difusão até um valor de 15 sec/cm. A calibração é feita a 20°C.

Devido a certas imperfeições do medidor da U.R. (umidade relativa), e o tempo que precisa a temperatura do copo e da folha para estabilizar, se desseca 3 a 5 vezes o copo com ar seco providenciado por uma bomba para conseguir leituras consistentes da umidade. A bomba faz parte integrante do aparelho, assim como a escala de umidade, o medidor de umidade, o indicador de funcionamento da bateria, os indicadores de temperatura da folha e do copo e um contador associado à medição da umidade (25 batidas/sec).

O ar que entra no copo há de ser dessecado por meio de um tubo de silica gel.

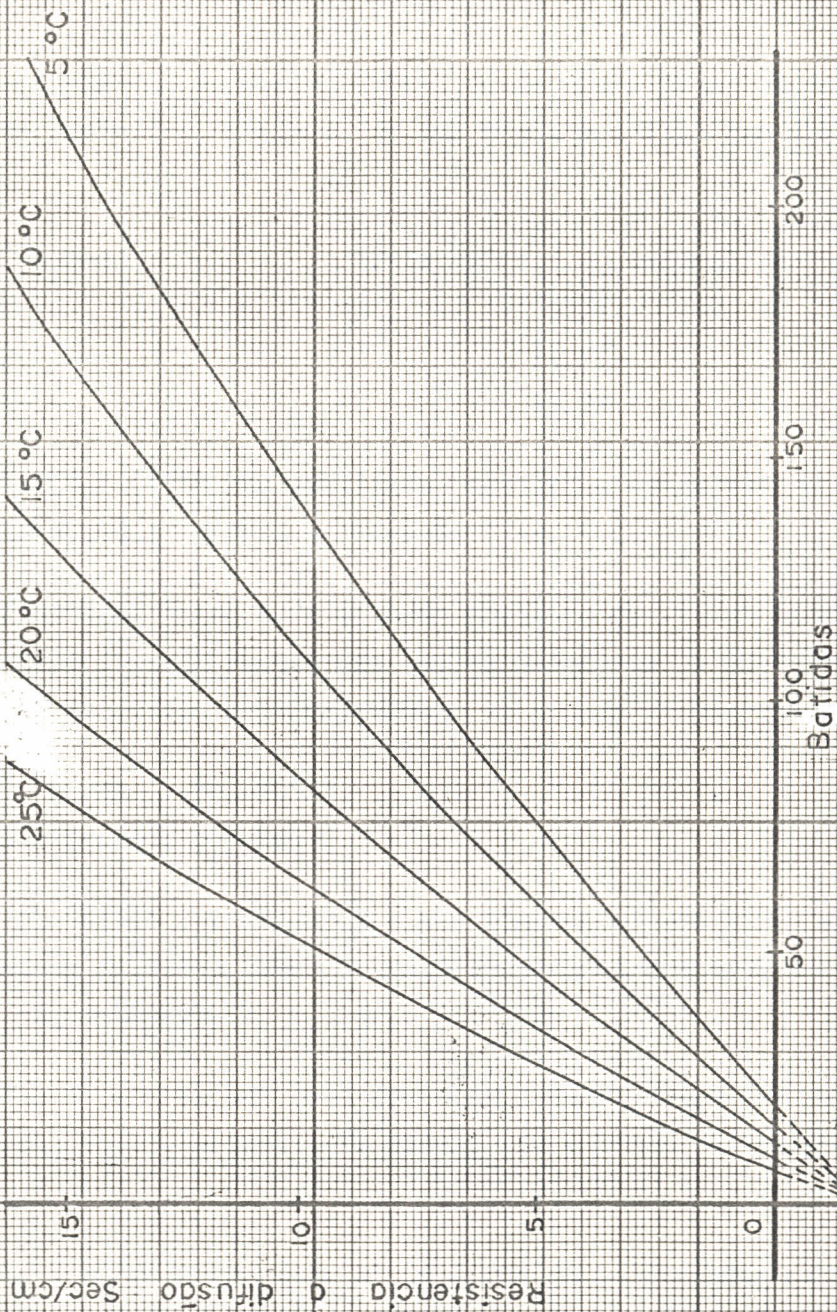
Na Fig. 3 é apresentada uma série de curvas de calibração. No Quadro 1, indica-se como fazer as correções de resistência em função da temperatura.

QUADRO 1. - Correções de resistência em função da temperatura de calibração para a placa perfurada (DELTA-T DEVICES, Manual).

	TEMPERATURA					
	0	10	20	30	40	50
Fator de correção da resistência da placa (Multiplicar por)	1.12	1.06	1.0	.94	.88	.81

* A placa contém 4 séries de perfurações: 11, 6, 4 e 3 buracos, correspondendo as resistências de 4.1, 7.5, 11.0 e 14.5 sec/cm.

FIGURA. 3



Curvas de calibração do porômetro automático
 ΔT para 5 temperaturas

O aparelho mede a resistência à difusão, levando em conta o tempo que toma uma certa quantidade de vapor d'água (transpirada pela folha), para difundir no copo e serem absorvidos por meio dos medidores de unidade (HUM-1 no caso de estomas bastante abertos, HUM-2 no caso contrário). Vide Fig. 4.

Para a calibração sugere-se consultar o manual e também o trabalho de KAMENASU et al (1969).

Como no caso do porômetro DELTA-T, usa-se uma placa perfurada para a calibração. No presente porômetro, trata-se de uma placa metálica com 4 séries de buracos:

a) 60 buracos	Resistência 3.17 sec/cm à 250C
b) 30	6.34
c) 15	12.60
d) 8	23.79

SAINT-CLAIR (1973 não publicado) construiu as curvas de calibração a partir dos valores de Δt obtidas durante a operação (Fig. 4).

Esses valores de Δt correspondem ao tempo em sec que toma o vapor d'água para difundir no copo e serem registrado pelos medidores de unidade; sendo a medição feita dentro de um intervalo pré-determinado na escala de microamperes ou seja:

- 20-60 microamp. por HUM-1
- 30-70 microamp. por HUM-2

Como as curvas correspondem a uma temperatura de 250C, é indispensável conhecer a temperatura da folha (como no caso do porômetro automático DELTA-T), para fazer as correções necessárias.

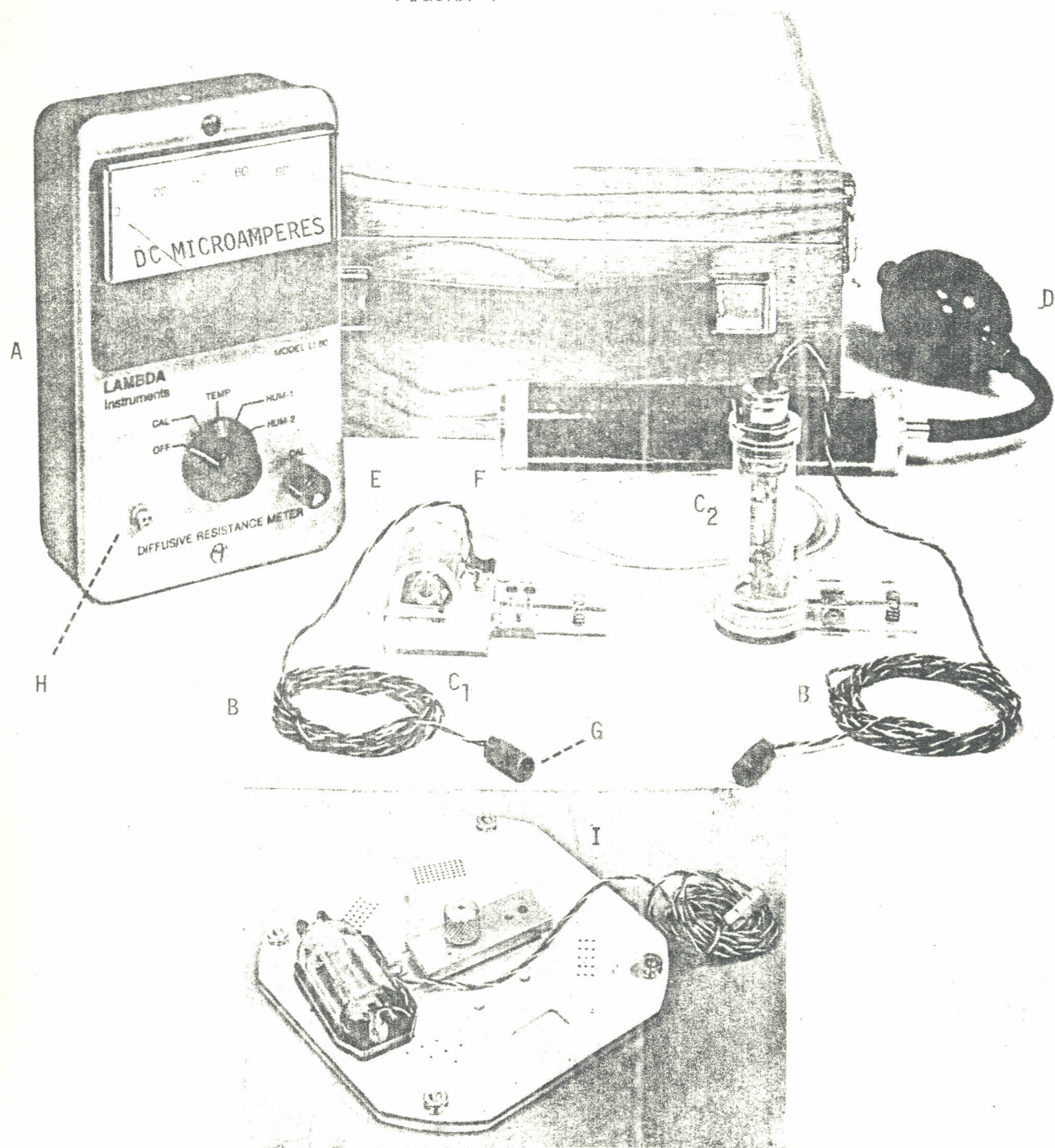
Na Fig. 6 pode-se ver como conhecer a temperatura foliar a partir de leituras em microamperes. Essas leituras são feitas com o botão da função TEMP que se vê em A.

A Fig. 7 permite corrigir as leituras de Δt em função da temperatura. Por exemplo, se a temperatura da folha é de 300C (ou seja uma leitura de 55 microamperes aproximadamente), deve-se multiplicar o Δt obtido por 1.4 e depois procurar a resistência na Fig. 5.

- O porômetro LI-1600 (Fig. 8)

Esse modelo constitui um progresso em comparação com o LI-60. É porta

FIGURA 4



Porômetro LI-60 com peças e acessórios. A Escala em microamperes e indicadores de funções, B Fio que liga os copos C_1 (caso do modelo horizontal) e C_2 (caso do modelo tubular) à A via G e H, D = Bomba para fazer passar ar dentro do copo via um tubo de silica gel F e um tubo plástico E, G e H pino e tomada, respectivamente, I placa de calibração com séries de perfurações.

FIGURA 5
(SAINT-CLAIR,
1973 não pu-
blicado)

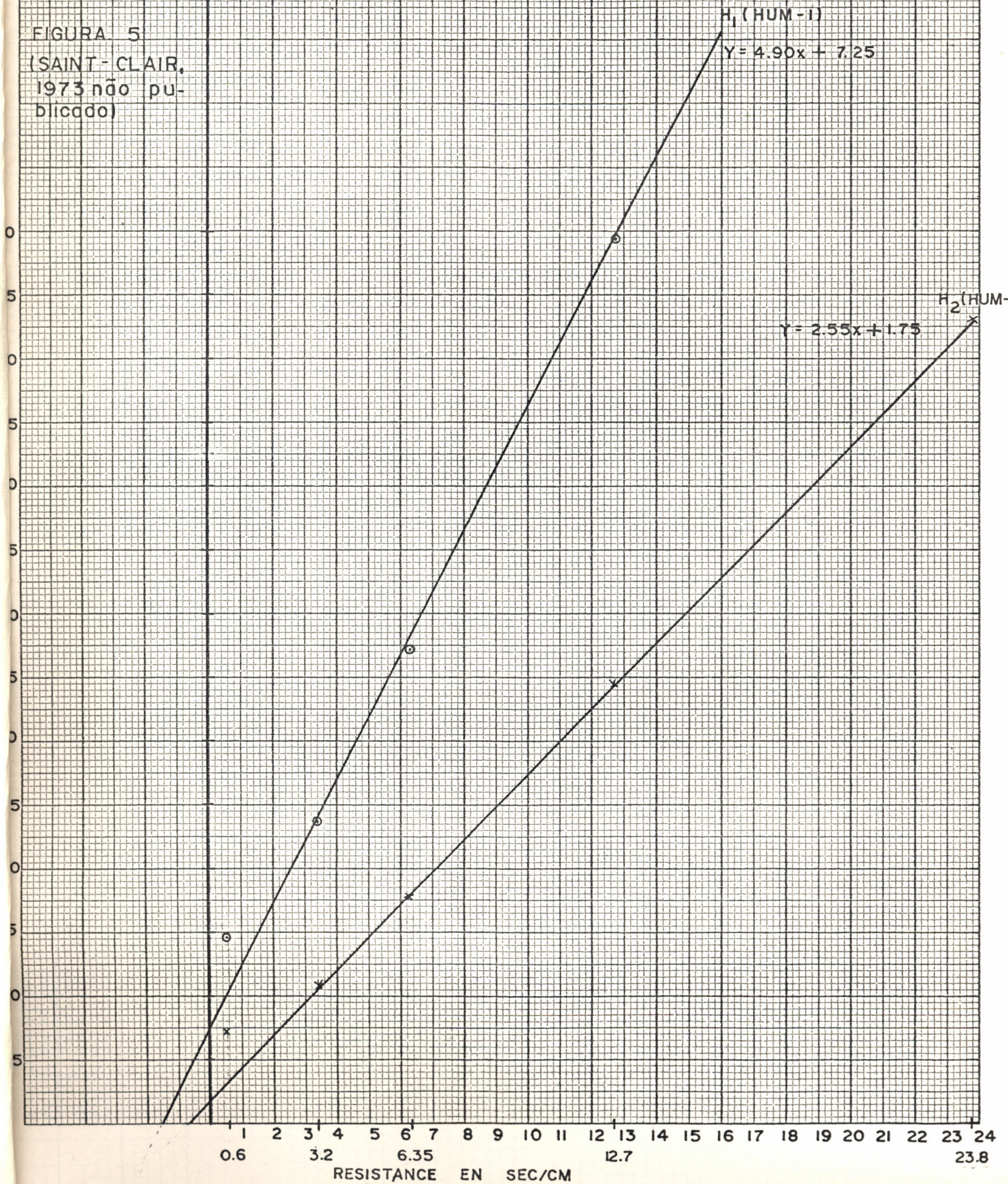


FIGURE 6. Lambda Instruments

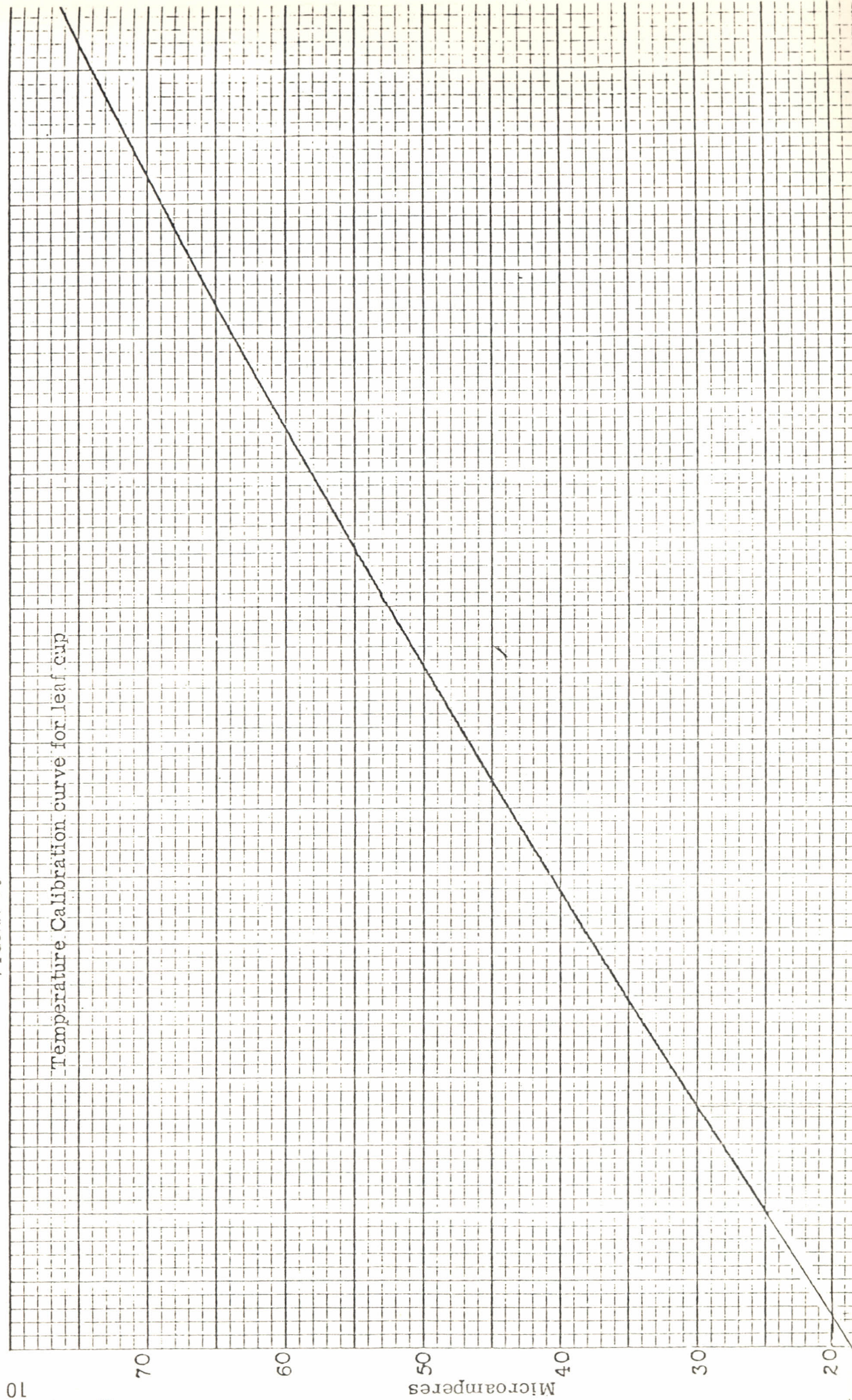
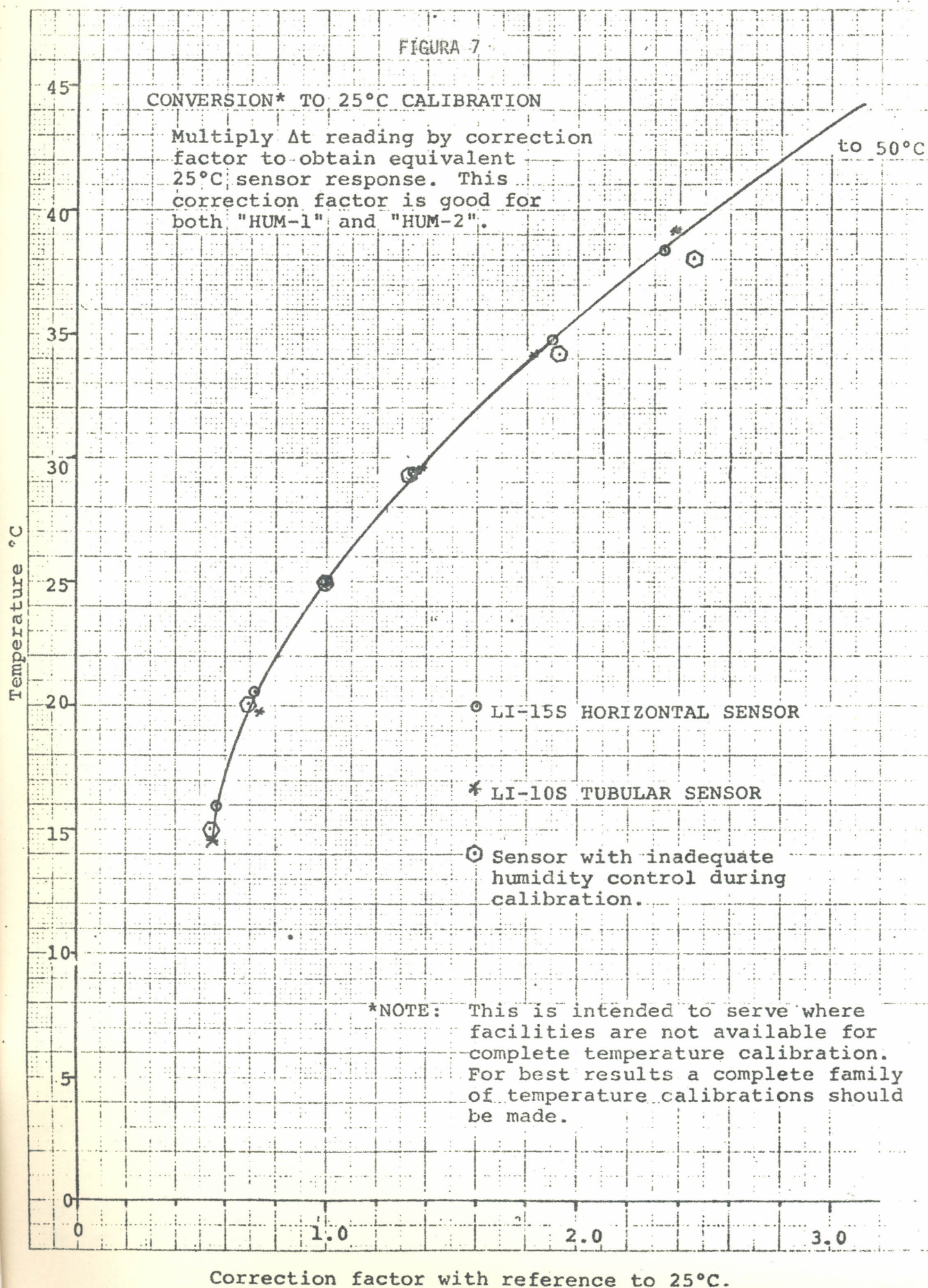


FIGURA 7



tivo e não precisa calibração, embora se recomende fazê-la depois de algum tempo.

Com o LI-1600 se consegue medir não só a resistência estomática, como também a transpiração, a taxa de fluxo, a radiação ativa de fotossíntese (opcional). Para se ver os detalhes, precisa-se consultar o manual.

Informação geral sobre os porômetros

- Fórmula usada para calcular a resistência à difusão das placas de calibração:

$$r = \frac{A}{n} \frac{\ell + \frac{\pi d}{8}}{D \frac{\pi d^2}{4}}$$

r = resistência

A = área do copo

n = número de buracos ou perfurações

ℓ = espessura da placa

D = coeficiente de difusão para a temperatura de calibração

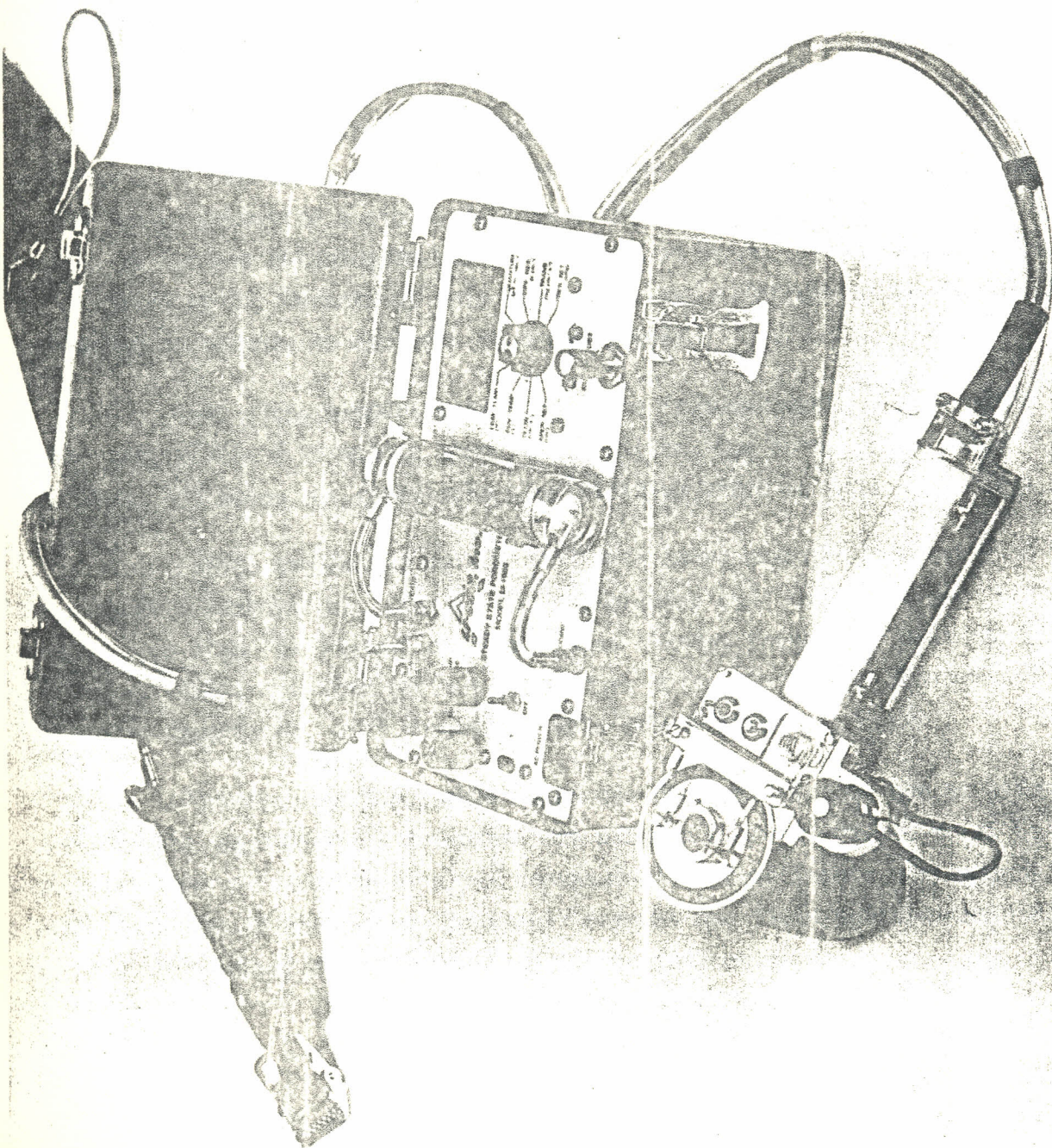
- Firms onde se pode conseguir os porômetros mencionados (exceto o porômetro de ALVIM) no texto:

1. DELTA-T Devices (para o porômetro automático DELTA-T)
128 Low Road, Burwell, Cambridge CB5 2EJ
Grã Bretanha
2. LI-COR, Inc (para LI-60 e LI-1600)
4421 Superior Street
P.O. Box 4425
Lincoln, Nebraska 68504, USA

III - IMPORTÂNCIA DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA PARA A RESISTÊNCIA À SECA

Como mencionado anteriormente, os cientistas especializados em ciên
cias agrônômicas, sabem que os estomas tem um papel muito importante na transpiração.
Então, a abertura estomatal ou a resistência à difusão dependem das condições de umi
dade.

Em boas condições hídricas, ALVIM (1965), observou com o seu porôme
tro variações de pressão entre 25 e 35 mm Hg/minuto pela manhã e entre 20 e 25 mm pe
la tarde. Esses dados corresponderam a fluxos de 18-27 e 13-18 cm³ de ar/cm²/ minuto,



PORÓMETRO LI-1600 (LI-COR INC., Manual)

respectivamente. Em condições de seca os valores correspondentes são os seguintes:

	Manhã	Tarde
Variação de pressão	15-20 mm Hg/minuto	10 mm Hg/minuto
Fluxo	10-13 cm ³ /cm ² /minuto	7 cm ³ /cm ² /minuto

SANCHEZ-DIAZ and KRAMER (1971) acharam que o milho fechou seus estomas aos potenciais de água mais altos que os observados com sorgo. Sabe-se que o primeiro cultivo é menos resistente à seca que o último.

SULLIVAN (1972) estudou as relações associando abertura estomatal (medida por técnica de impressos plásticos), resistência estomática e potencial de água de folhas de sorgo submetido a ciclos de seca e irrigação. Como se ver na Fig. 9, ele observou que os estomas responderam bem as mudanças no potencial de água, principalmente no primeiro ciclo. Durante os dois outros ciclos, a influência da resistência interna é maior no tocante ao controle da transpiração.

Como altas temperaturas acompanham frequentemente a seca, é útil ver as relações resistência à difusão e temperatura foliar. Com sorgo (SULLIVAN, 1977, não publicado, Fig. 10) achou uma correlação significativa entre os dois parâmetros.

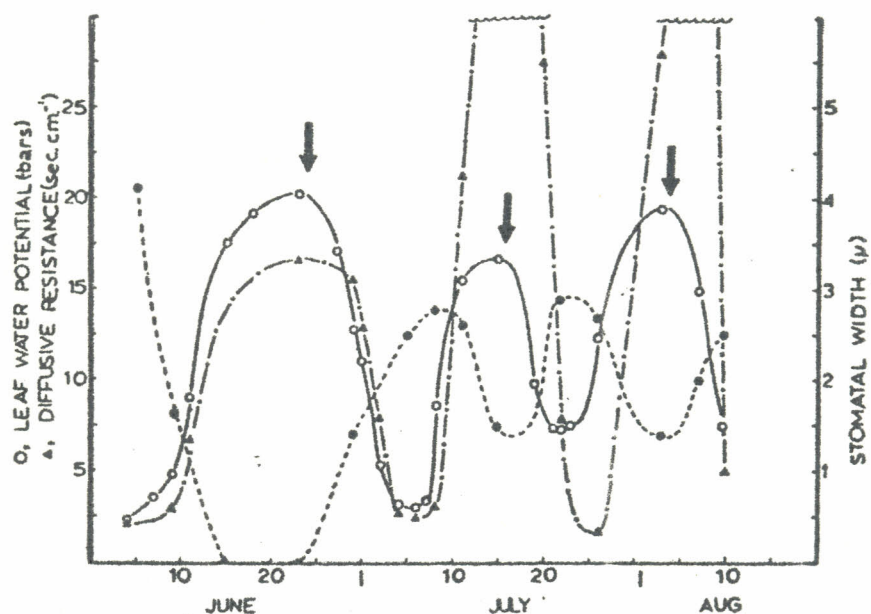
Existe também uma relação indireta entre abertura estomatal ou resistência à difusão e temperatura. Isso se ver com plantas cujo mecanismo de resistência ao calor é do tipo "avoidance" ou fuga. Essas plantas transpiram bastante para poder resfriar as folhas e evitar assim a queimadura delas. Então, um consumo de água alto o bastante importante, está compensado pela sobrevivência ao calor.

Pode-se comentar também outro paradoxo relacionado com os estomas. Em geral, se dá muita importância à fechadura dos estomas em condições de seca. É útil mencionar aqui, que a fotossíntese e por consequência o crescimento para quando os estomas estão fechados. O ideal seria conseguir estomas que ficam suficientemente abertos (sob condições secas) para permitir um certo crescimento.

IV - CONCLUSÕES

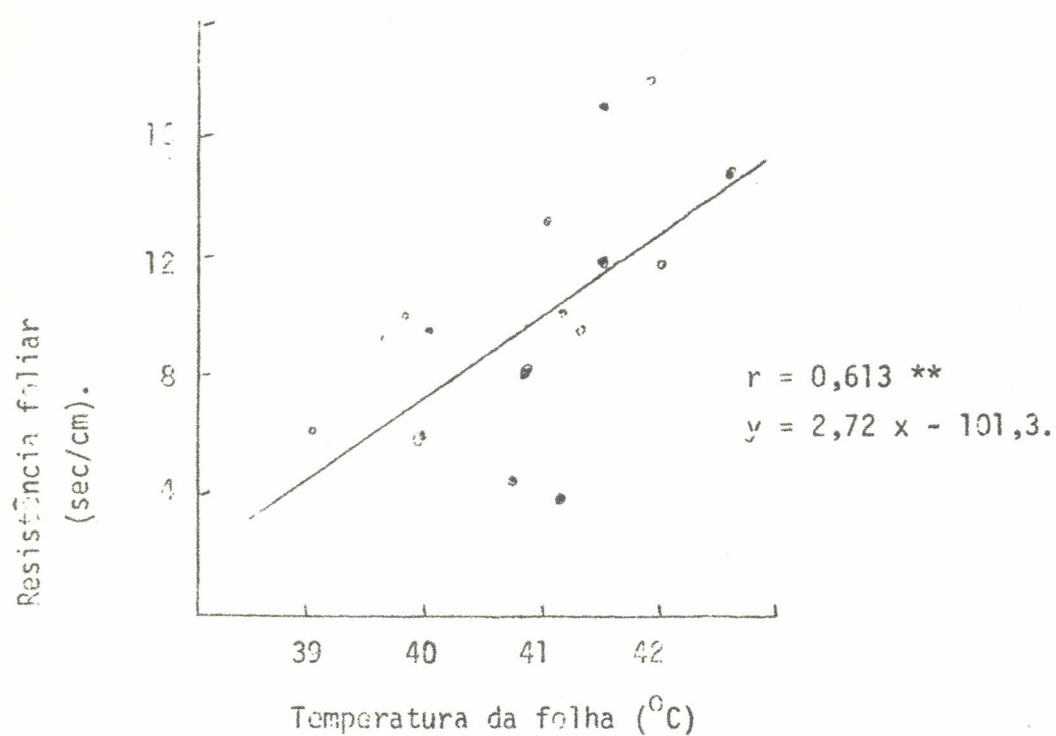
Apesar da importância particular da medição da resistência estomática no campo da resistência à seca, não se deve esquecer que além da umidade e da temperatura, outros fatores (nível de CO₂, luz, mecanismo interno, etc.), têm uma influência sobre a abertura estomatal. Muitas plantas, por exemplo, fecham os estomas em condições de alta luminosidade. Na literatura anglosaxona se fala de "mid-day closure". No caso do café, ALVIM (1965) evitou usar folhas expostas à luz solar direta no trabalho de porometria.

FIGURA 9



Abertura estomatal, resistência à difusão e potencial de água de sorgo durante 3 ciclos de seca e de irrigação; 0 = potencial de água (folha), ● = abertura estomatal, ▲ = resistência à difusão (SULLIVAN, 1972).

FIGURA 10



Relações entre temperatura de folha e resistência (ã difusão) foliar (SULLIVAN, 1977, Não publicado).

Em investigações sobre a resistência à seca, a medição da resistência estomática é um parametro interessante sempre quando se saiba interpretar as observações em relação com os mecanismos fisiológicos mostrados pelas plantas e as condições ambientais. Num programa de seleção de cultivares para a resistência à seca, é recomendável fazer estudos estomáticos depois de reduzir o material vegetal com outros métodos de seleção (testes de germinação à altas pressões osmóticas, testes de calor e dessecação, etc.). Efetivamente, a medição da resistência estomática de um material vegetal considerável levará muito tempo.

- ALVIN, P. DE T. 1965. A new type of porometer for measuring stomatal opening and its use in irrigation studies. Proceedings of the Montpellier Symposium. UNESCO. 325-329.
- KANEVASU, E.T., THURTELL, G.W. and TANNER, C.B. 1969. Design, calibration and field use of a stomatal diffusion porometer. Plant Physiol. 44: 881-885.
- MONTEITH, J.L. and BULL, T.A. 1970. A diffusive resistance porometer for field use II. Theory, Calibration and performance. J. appl. Ecol. 7(3): 623-638.
- SAINT-CLAIR, P.M. 1979. Guia sobre la resistència de las plantas a la sequia. Monografia a ser publicada por CATIE. Turrialba, COSTA RICA.
- SANCHEZ-DIAZ, M.F. and KRAMER, P.J. 1971. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. Plant Physiol. 48: 613-616.
- SLAVIK, B. 1974. Methods of studying plant-water relations. Ecological Studies. Vol. 9. Springer - Verlag. New York. 449 p.
- STAHL, E. 1894. Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Zeit. 52: 117-146.
- STILES, B.W. 1970. A diffusive resistance porometer for field use. I. Construction. J. appl. Ecol. 7(3): 617-622.
- SULLIVAN, C.Y. 1972. Mechanisms of heat and drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In Sorghum in seventies. Editors Rao and House. Oxford Publishing Co. New Delhi. 247-264.
- WILLIAMS, C.N. and JOSHEP, K. 1970. Climate, soil and crop production in the humid tropics. Kuala Lumpur, Art printing Works. 177 p.