

**TRANSPIRAÇÃO DE *EUCALYPTUS TERETI-*  
*CORNIS***

*Helena Villaça e Mario G. Ferri*

R

QK 1B

B 6 88

19 2012 (1952)

U. 11

S. 1

# TRANSPIRAÇÃO DE *EUCALYPTUS TERETI-CORNIS* (1)

HELENA VILLAÇA e MARIO G. FERRI (2)

## INTRODUÇÃO

A importância do *Eucalyptus* para a nossa Silvicultura não precisa ser salientada, pois essa essência é, e provavelmente continuará sendo, por muito tempo ainda, a mais empregada em reflorestamento, no Brasil. Isto é o bastante para justificar qualquer trabalho que procure esclarecer assuntos ligados à fisiologia dessa planta.

De outro lado, como o fator água é, frequentemente, o fator limitante do desenvolvimento das plantas, em vastas áreas do território nacional, impõe-se o imediato estabelecimento, entre nós, de pesquisas que tendam a esclarecer numerosos aspectos do balanço de água de *Eucalyptus*.

Ao que estamos informados tal trabalho ainda está para ser feito. A única informação de que temos notícia refere-se à comunicação feita em 1949 por Coaracy Franco e Romeu Inforzato (4), durante a 1ª Reunião Anual da S. B. P. C., sobre a transpiração de *Eucalyptus saligna*. Os autores mediram a transpiração em diversas épocas do ano e calcularam a quantidade de água retirada do solo, anualmente, por aquela essência florestal. Concluíram que 75.000 m<sup>3</sup> de água eram retirados por hectare, por uma cultura de *Eucalyptus saligna* com 7 anos de idade e com espaçamento de 2 metros. Os mesmos autores, posteriormente (5), tendo comparado o método então utilizado (pesagem rápida de folhas destacadas das plantas), com o de

---

(1) Recebido para publicação em 9 de Janeiro de 1954.

(2) O presente trabalho foi iniciado por H. Villaça sob a orientação do Prof. F. Rawitscher. Logo após, em virtude do afastamento, por doença, do ilustre Professor, passou essa orientação ao seu substituto, Dr. Mario G. Ferri. Os autores aproveitam a ocasião para agradecer ao Prof. F. Rawitscher sua inestimável colaboração. Ao Conselho Nacional de Pesquisas que parcialmente subvencionou o presente estudo, nosso maior reconhecimento.

determinação da perda d'água por plantas inteiras, envazadas, verificaram a necessidade de reduzir essa cifra para a de 49.000 m<sup>3</sup>.

Os presentes autores iniciaram um estudo detalhado da transpiração de *Eucalyptus tereticornis* e os dados obtidos serão resumidos a seguir.

## MATERIAIS

Para a realização do presente trabalho várias plantas de *Eucalyptus tereticornis* foram cultivadas no jardim do Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, portanto sob as condições climáticas da cidade de São Paulo.

Fôlhas de diversas idades, retiradas dessas plantas, foram utilizadas em todo o trabalho. Para simplificar a apresentação dos resultados, essas fôlhas serão designadas por tipos: tipo 1, compreendendo fôlhas muito novas, de coloração nitidamente avermelhada e com uma superfície, consideradas as duas faces, ao redor de 25 cm<sup>2</sup>; tipo 2 abrangendo fôlhas adultas, já bem verdes mas ainda tenras; e tipo 3 reunindo as fôlhas mais velhas e coriáceas, geralmente encontradas na base da planta; as fôlhas dos tipos 2 e 3 tinham uma superfície média de 80 cm<sup>2</sup>.

## MÉTODOS

### *A — Andamento diário da transpiração*

#### 1 — Pesagem rápida (balança de torsão).

Para o estudo da transpiração empregou-se especialmente o método das pesagens rápidas, usando-se para isso a balança de torsão (R. Jung AG. Heidelberg).

Êsse método, que dá os melhores resultados, tem sido empregado por inúmeros pesquisadores, no Brasil (2, 3, 10, 15, 16, 17) e no exterior (6, 7, 8, 11, 20, 21) e não precisa, portanto, ser aqui explicado em maior detalhe.

Convem apenas salientar, que para se obter a razão de transpiração, uma fôlha era colhida e pesada imediatamente, sendo a 2ª pesagem feita após um minuto. Convertia-se, posteriormente, a razão encontrada, para uma superfície de 100 cm<sup>2</sup>. Cada determinação era repetida no mínimo três vezes; tomava-se a média desses valores como representando a razão de transpiração, naquela hora e sob as condições então dominantes. Repetido êsse processo durante todo o dia, a determinados intervalos, podia-se traçar a curva representativa do andamento diário da transpiração.

## 2 — Potometria.

Curvas diárias da transpiração foram também obtidas com um potômetro. Em algumas experiências, um ramo da planta foi nele deixado durante todo um dia; em outras, novos ramos eram usados para a obtenção de cada ponto da curva.

Como o método da potometria é, também, bastante conhecido entre nós (18) é necessário assinalar, somente, que os valores obtidos foram sempre convertidos para uma superfície de 100 cm<sup>2</sup>.

## *B — Andamento diário da evaporação.*

### 3 — Evaporímetro de Piche.

Nos gráficos em que se traçaram as curvas representativas do andamento diário da transpiração, as razões de evaporação foram representadas por curvas especiais, baseadas em valores obtidos com um evaporímetro de Piche, cuja superfície evaporante (38,48 cm<sup>2</sup>) era de papel mata-borrão verde (14, 15). Os dados obtidos foram posteriormente calculados para uma superfície de 100 cm<sup>2</sup>.

## *C — Estado da abertura dos estômatos durante o dia.*

### 4 — Infiltração.

Para avaliar o grau de abertura dos estômatos, além das informações obtidas com a balança, foram feitas observações com o método de infiltração (1, 2, 3, 11, 13, 14, 16, 19). Três líquidos, parafina, xilol e éter de petróleo, foram empregados. Foram escolhidos êsses líquidos por representarem dois valores extremos e um médio, do poder de penetração da série completa de infiltração. Sendo êste método apenas semi-quantitativo e de aplicabilidade bastante limitada, não parecia justificavel o uso de tôda a série.

## *D — Velocidade de fechamento dos estômatos.*

Para estabelecer a rapidez de fechamento dos estômatos, uma fôlha era posta na balança, imediatamente após ser colhida e aí ficava até constância da razão de perda d'água. Ao terminar a experiência, era tentada a infiltração da fôlha com xilol, a fim de se certificar de que os estômatos tinham, realmente, se fechado. Infiltração feita em fôlhas comparáveis, na planta, no início da experiência, davam indicações do grau inicial da abertura dos estômatos.

### E — Transpiração cuticular.

A metodologia para o estudo da transpiração cuticular foi detalhadamente explicada por Rawitscher e Ferri (16). Salientaram os autores as grandes dificuldades que o problema apresenta, mórmente quando se trata de uma planta como o *Eucalyptus*, com estômatos em ambas as faces. Os poucos dados de que dispomos foram obtidos por pesagens, em ocasiões em que as plantas estavam com os estômatos fechados em ambas as faces. Isto ocorre, normalmente, para as fôlhas de tipo 2 e 3, à noite; as fôlhas do tipo 1 mantêm os estômatos abertos até, pelo menos, às 23 horas, quando fizemos nossas últimas observações.

Transpiração cuticular durante o dia pode, em tais casos, ser feita, em fôlhas cortadas, as quais fecham os estômatos, em resposta à falta de suprimento de água. Os valores então obtidos são, no entanto, menores do que os que se conseguiriam em fôlhas saturadas (16). Tais valores servem, todavia, para indicar a ordem de grandeza da transpiração cuticular.

### F — Transpiração relativa.

5 — "Blattevaporimeter" (2, 3, 9, 15, 21).

Para se obter a transpiração relativa  $\left[\frac{T}{E} \times 100\right]$ , fazia-se um molde, em papel mata-borrão verde, de cada fôlha cuja razão de transpiração tinha sido determinada. Êste molde, embebido de água e posto na balança, após escoamento do excesso, dava, por diferença de pesagens feitas com intervalo de um minuto, a razão de evaporação, para uma superfície livre igual à da fôlha e colocada em situação perfeitamente comparável. Por êsse processo foram obtidos valores relativos à evaporação, da transpiração total, estomatar e cuticular.

### G — Deficit de saturação.

Deficits de saturação dos três tipos de fôlhas de *Eucalyptus* foram obtidos em três períodos diferentes: 7, 12 e 18 horas. Tais deficits foram calculados de acôrdo com as indicações de Stocker (20):

$$\text{Deficit} = \frac{\text{conteúdo máximo de água} - \text{conteúdo real de água}}{\text{conteúdo máximo de água}} \times 100$$

Para se conseguir os dados necessários ao cálculo, 5 fôlhas eram colhidas, em cada caso, e seu pêso fresco determinado.

Essas folhas eram postas em câmara úmida e aí deixadas 24 horas, quando nova pesagem era feita, voltando as folhas para a câmara, onde ficavam até peso constante. Este era considerado como o peso da folha em estado saturado.

As folhas eram agora transferidas para uma estufa, onde permaneciam 24 horas, a 75° — 80° C. Retiradas da estufa, permaneciam em um dessecador até atingirem a temperatura ambiente. Nova pesagem era feita, voltando as folhas, outra vez, para a estufa, onde permaneciam até constância de peso. Os valores obtidos representavam o peso da matéria seca das folhas. A diferença entre o peso saturado e o peso seco dava o conteúdo máximo de água, ou seja, a água existente na folha saturada. A diferença entre o peso fresco da folha e o seu peso seco indicava a água nela existente, no momento em que foi colhida. Pelo simples cálculo acima referido obtinham-se, então, em porcentagens do conteúdo máximo de água, os deficits de saturação.

## RESULTADOS

### *A e B — Andamento diário da transpiração e da evaporação.*

As curvas das Figs. 1, 2, e 3, comparam o andamento diário da transpiração das folhas de tipos 1, 2 e 3, respectivamente, com o andamento da evaporação livre. É de se notar que o curso da transpiração não apresenta diferenças consideráveis nos três tipos de folhas. Observa-se ainda, que nos três casos, as curvas de transpiração têm um andamento paralelo ao da evaporação. Isto indica, claramente, que nos três tipos de folhas, os estômatos se mantiveram abertos o dia todo, fato aliás comprovado por infiltração feita em folhas intactas. Mesmo as pequenas oscilações da evaporação foram nitidamente acompanhadas por oscilações comparáveis da transpiração, como se vê especialmente bem na Fig. 2, entre 14 e 15 horas, quando uma pequena subida da curva de evaporação foi acompanhada por um ligeiro acréscimo da razão de transpiração. Esses dados indicam que, nas condições em que se encontravam, as plantas estudadas de *Eucalyptus tereticornis* não tinham necessidade de restringir o consumo de água.

Para controlar os dados obtidos com a balança, algumas observações foram feitas com o potômetro.

Ramos comparáveis, quanto ao número de folhas, à frequência dos diferentes tipos e à situação na planta, foram colhidos às diversas horas do dia e postos no potômetro.

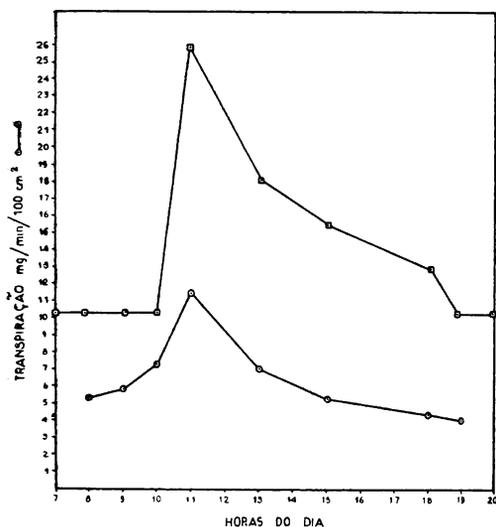


Fig. 1 — Andamento diário da transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Determinações feitas por pesagem, com as folhas mais novas (tipo 1).

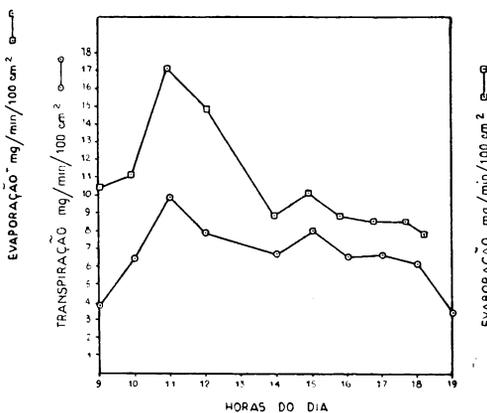


Fig. 2 — Andamento diário da transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Determinações feitas por pesagem, com as folhas adultas (tipo 2).

Para se evitar um possível bloqueio dos vasos por entrada de ar, os ramos, ao serem retirados da planta, eram inclinados dentro de uma cuba com água e aí cortados. Em seguida, no laboratório, estes ramos passavam para o potômetro, sendo tôdas essas operações sempre feitas sob água. Com o potômetro, o que se mede é a quantidade de água que o ramo absorve e nem sempre se tem certeza de que essa quantidade seja perfeitamente equivalente à de água perdida por transpiração. Os resultados conseguidos por este método foram, no entanto, tão semelhantes aos determinados anteriormente, por pesagem, que é bastante razoável aceitar-se, neste caso, uma equivalência das duas grandezas.

De fato, como a Fig. 4 mostra, a curva do andamento diário da transpiração, determinada com o potômetro, é comparável às curvas anteriormente obtidas por pesagens rápidas e,

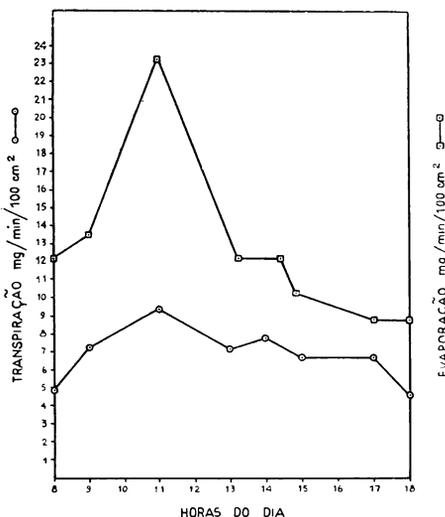


Fig. 3 — Andamento diário da transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Determinações feitas por pesagem, com as folhas mais veias (tipo 3).

como estas, acompanham claramente o andamento da evaporação livre.

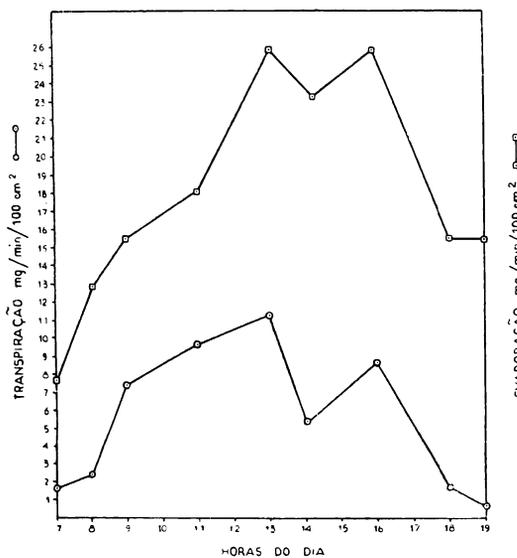


Fig. 4 — Andamento diário da transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Determinações feitas por potometria, usando-se um novo ramo para cada ponto da curva.

A Fig. 5 mostra a curva da transpiração em uma experiência em que um ramo colhido um pouco antes das 8 horas, foi deixado

no potômetro até às 19. Vê-se que essa curva acompanha, perfeitamente, o andamento da evaporação, refletindo até mesmo suas pequenas oscilações.

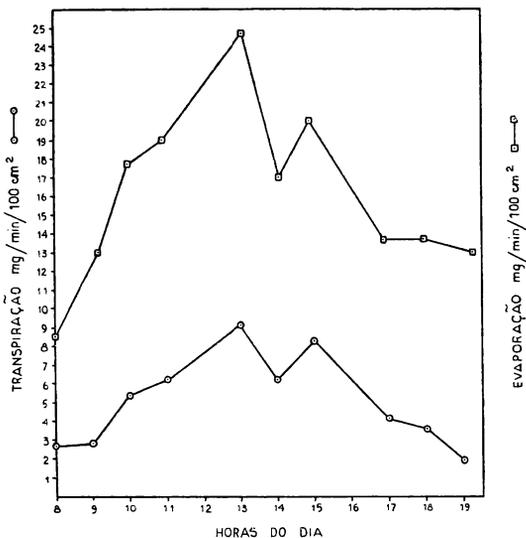


Fig. 5 — Andamento diário da transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Determinações feitas por potometria, empregando-se o mesmo ramo o dia todo.

E' de se notar que, durante todo êste largo período, o ramo no potômetro manteve suas fôlhas sem nenhum sintoma aparente de injúria, estando tôdas perfeitamente túrgidas. Parece, pois, que para pesquisas de transpiração desta planta, o potômetro pode ser satisfatôriamente empregado.

O exame comparativo das Figs. 4 e 5 revela que a curva da transpiração da primeira cobre uma área maior do que a da segunda. Êste fato, que implica numa razão média de perda de água, superior no primeiro caso, não indica, obrigatôriamente, que aqui os estômatos estivessem com abertura média maior. Se êste fosse o caso, isto significaria, possivelmente, que no ramo cortado e deixado muito tempo no potômetro, a absorção ou a condução de água, ou ainda ambos os processos, teriam sido desfavoravelmente afetados, o que levaria a um deficit de saturação, em consequência do qual a transpiração baixaria.

Acontece, porém, que no presente caso, a comparação das áreas cobertas pelas curvas de evaporação nos dá, também, um

valor ligeiramente maior no primeiro caso. Assim sendo, a transpiração total relativa, obtida por comparação da área representativa da transpiração, com a da evaporação livre tomada como 100, é de 33,5% no primeiro caso e de 35,4% no segundo, valores estes que não diferem, significativamente, entre si.

*C — Estado de abertura dos estômatos durante o dia.*

Pelo método da infiltração foram avaliadas, "in situ", as aberturas estomáticas nos vários tipos de fôlhas, no decurso do dia. As tabelas 1, 2 e 3 resumem essas observações. Como se pode ver, não há uma diferença sensível de comportamento entre os estômatos da face inferior e os da superior. Também

TABELA 1

Modificações das aberturas estomáticas no curso do dia, avaliadas por infiltração.

Fôlhas de tipo 1.

Hora	Parafina		Xilol		Eter de petróleo	
	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
7	- +	+ -	+	+	+	+
8	- +	+ -	+	+	+	+
10	- +	+ -	+	+	+	+
11	+ -	+	+	+	+	+
13	- +	+ -	+	+	+	+
15	-	-	+	+	+	+
17	--	- +	+ -	+ -	+	+
18	-	-	- +	+ -	+	+
19	-	-	-	-	+	+

não diferem muito, no seu comportamento, os estômatos dos diversos tipos de fôlhas. Esta observação concorda, em linhas gerais, com os resultados obtidos por pesagem. A maior diferença observada reside no fato de que o fechamento noturno dos estômatos é um pouco mais acentuado nas fôlhas de tipo 1, as quais sempre se deixaram infiltrar com éter, enquanto que

TABELA 2

Modificações das aberturas estomáticas no curso do dia,  
avaliadas por infiltração.

Fôlhas de tipo 2.

Hora	Parafina		Xilol		Eter de petróleo	
	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
7	—	—	+—	+—	+	+
8	—+	+—	+	+	+	+
10	—+	+—	+	+	+	+
11	+—	+	+	+	+	+
13	+	+	+	+	+	+
15	—+	—+	+	+	+	+
17	+—	+—	+—	+	+	+
18	—	—	—+	+—	+	+
19	—	—	—	—	—	—+

TABELA 3

Modificações das aberturas estomáticas no curso do dia,  
avaliadas por infiltração.

Fôlhas de tipo 3.

Hora	Parafina		Xilol		Eter de petróleo	
	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
7	+	+	+	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+
11	+—	+	+	+	+	+
13	+	+	+	+	+	+
15	+—	+	+	+	+	+
17	+	+	+	+	+	+
18	—	—	—	—+	+	+
19	—	—	—	—	—	—+

esta infiltração, nas fôlhas de tipo 2 e 3 ou não ocorria, ou sòmente se dava com intensidade muito menor. Vê-se, ainda, que o máximo de abertura dos estômatos foi observado, nos três tipos, aproximadamente, às 11 horas, o que coincide com os máximos de transpiração observados nas Figs. 1, 2 e 3. A partir de então, nota-se um declínio no grau de abertura dos estômatos, podendo ou não haver uma ligeira reabertura, um pouco mais tarde, observação esta que também concorda com os dados obtidos por pesagem.

*D — Velocidade de fechamento dos estômatos.*

Muitas plantas realizam dois tipos essenciais de movimentos estomáticos: foto-ativo e hidro-ativo.

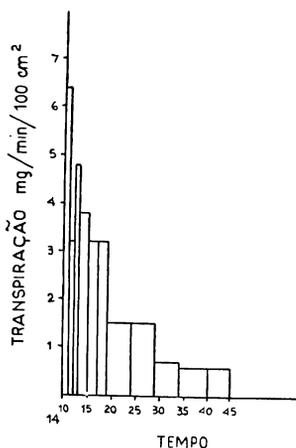


Fig. 6 — Velocidade de fechamento dos estômatos em folhas mais novas (tipo 1) removidas da planta.

O primeiro é uma consequência de variações da intensidade de iluminação. O segundo aparece como reflexo de variações do grau de saturação das células guardas, que por sua vez espelham o estado de saturação geral da fôlha. Muitas plantas reagem rapidamente, com movimento do primeiro tipo, ao serem colocadas no escuro. Em tais casos pode-se estudar, não só o tempo que levam os estômatos para se fecharem, ao ser a planta escurecida, como também o tempo necessário para que êsses estômatos se reabram, ao voltar a planta às condições anteriores, de iluminação.

Quando se trata de uma planta que não reage bem às variações de luz, resta o recurso de se estudar a rapidez de fechamento dos estômatos, no movimento hidro-ativo. Para isso, folhas destacadas da planta são rapidamente postas na balança e sua perda de água é determinada de minuto em minuto. Uma perda inicialmente grande indica que os estômatos estão, provavelmente, abertos, o que se pode comprovar por infiltração em folhas comparáveis. Ao assumir tal perda um valor quase constante, tem-se uma indicação de que os estômatos estão, praticamente, fechados, o que nos permite calcular quanto tempo, a partir do início, levaram os estômatos para completar essa reação. No final da experiência pode-se verificar se os estômatos estão, realmente, fechados, tentando-se a infiltração da folha. Com este método só se pode estudar o tempo gasto, pela planta, para

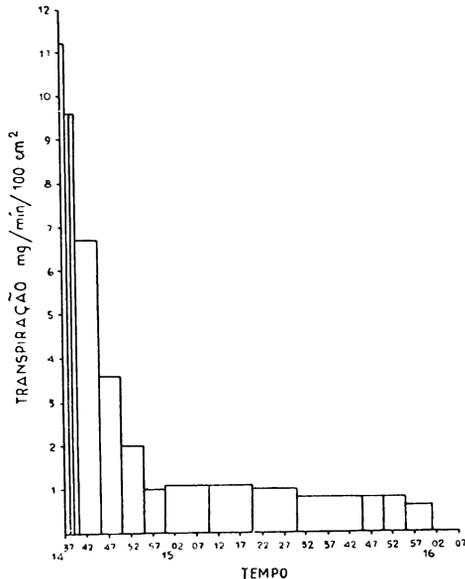


Fig. 7 — Velocidade de fechamento dos estômatos em folhas adultas (tipo 2), removidas da planta.

fechar os estômatos; tendo uma folha destacada da planta fechado seus estômatos, em consequência do estabelecimento de um alto deficit de saturação, só em casos excepcionais consegue reabri-los, ao ser colocada em situação de restabelecer sua saturação.

Inúmeras tentativas para induzir movimentos foto-ativos dos estômatos de *Eucalyptus tereticornis* foram feitas, mas com resultados sempre pouco satisfatórios. Assim, ramos cujas folhas mostravam os estômatos abertos (o que se constatava pelo método de infiltração) eram colocadas em saquinhos de pano de parede dupla, sendo a interna preta e a externa branca, para diminuir o aquecimento; a certos intervalos de tempo, folhas tiradas de dentro, eram testadas e, invariavelmente, mostravam os estômatos sem nenhuma redução sensível de sua abertura. Como certas folhas apresentam fechamento noturno dos estômatos, alguns ramos foram escurecidos à tardinha, e, no dia seguinte bem cedo, a infiltração revelava que os estômatos, nas folhas de tipo 1, estavam abertos. Nas de tipo 2 e 3, em raros casos, estes estavam fechados e então a infiltração feita a pequenos intervalos, permitiu observar que, para a abertura total, um período de cerca de meia hora era requerido.

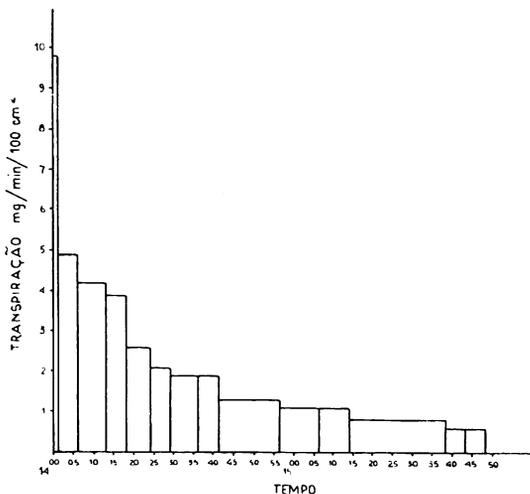


Fig. 8 — Velocidade de fechamento dos estômatos em folhas mais velhas (tipo 3) removidas da planta.

Plantas inteiras, envazadas, postas em câmara escura onde permaneceram por muitas horas, continuavam mostrando os estômatos abertos. Todas estas numerosas observações parecem indicar que os estômatos desta planta não estão bem adaptados para executar movimentos foto-ativos. Mesmo em condições naturais as observações que fizemos à noite, até às 23 horas, mostraram que as folhas de tipo 1 mantinham os estômatos

abertos. As de tipo 2 e 3 parecem fechá-los à noite, abrindo-os pela manhã.

Resultados mais detalhados sôbre a velocidade dos movimentos estomáticos de *Eucalyptus*, conseguimos com relação ao movimento hidro-ativo, controlando sempre as observações feitas por pesagem rápida, com outras obtidas por infiltração.

As Figs. 6, 7 e 8 são representativas das inúmeras experiências que realizamos com fôlhas dos tipos 1, 2 e 3, respectivamente. Como todos os valores estão convertidos para a mesma superfície, os dados, nos vários gráficos, podem ser comparados diretamente. Observa-se uma razão inicial de perda de água, muito maior nas fôlhas de tipo 2 e 3 (que não diferem muito entre si), do que nas de tipo 1.

Quanto ao tempo gasto para o fechamento dos estômatos, até o nível de transpiração cuticular, verifica-se, claramente, pelas figuras, que as fôlhas de tipo 1 e 2 têm movimento mais eficiente, podendo-se considerar como fechados os estômatos, meia hora depois que estas fôlhas foram separadas da planta. As fôlhas de tipo 3 mostram um movimento hidro-ativo mais lento; sômente depois de 1 hora de separadas da planta, o nível de transpiração cuticular é atingido.

#### *E — Transpiração cuticular.*

Como mencionamos atrás, em plantas com estômatos em ambas as faces, como é o caso de *Eucalyptus*, a determinação da transpiração cuticular só pode ser feita à noite, quando os estômatos estão fechados (o que exclui a possibilidade desta determinação nas fôlhas de tipo 1) ou durante o dia, em fôlhas cortadas e postas na balança, até que a transpiração atinja uma razão constante. Neste caso, o valor obtido será inferior ao da transpiração cuticular na fôlha "in situ", porque nesta os tecidos estão mais próximos da saturação. Os dados obtidos só terão valor, se apreciados em termos relativos à evaporação, pois que, como esta é, em geral, muito baixa à noite, os valores absolutos da transpiração cuticular serão, também, muito mais baixos que durante o dia.

Assim, os poucos valores que apresentamos (Tab. 4), são determinações da transpiração cuticular relativa, isto é, em porcentagem da evaporação dos moldes das fôlhas respectivas, moldes êsses, como já foi indicado, feitos em papel mata-borrão verde.

Os valores apresentados mostram um nível de transpiração cuticular relativamente baixo, o que indica uma proteção eficiente contra a perda de água, quando os estômatos se fecham. Essa

TABELA 4

Transpiração cuticular de  
*Eucalyptus tereticornis*

$$\frac{\text{T.c.} \times 100}{E}$$

Tipo de fôlha	Dia	Noite
1	5.0 ± 0,9	—
2	5.9 ± 0.2	6.3 ± 0,3
3	4.6 ± 0,6	4.7 ± 0.1

Nota: cada valor é média de 5 determinações no mínimo.

proteção não difere, significativamente, nos três tipos de fôlhas estudadas.

Não é extranhável o fato de que os valores obtidos à noite sejam comparáveis aos diurnos, pois que os dados aqui consig-

TABELA 5

Transpiração total relativa, de  
*Eucalyptus tereticornis*

Tipo de fôlha	$\frac{\text{T.t.} \times 100}{E_v}$
	Ev
1	56.2 ± 5.5
2	63.1 ± 3.1
3	64.2 ± 3.2

Nota: cada valor é média de 5 determinações

nados não representam valores absolutos, mas sim, como há pouco esclarecemos, relativos à evaporação.

*F — Transpiração relativa.*

A tabela 5 dá os valores da transpiração total em relação à evaporação.

As pequenas diferenças obtidas entre os três tipos de folhas não são significantes. Se a transpiração total e a cuticular não diferem nas folhas de diferentes idades, é claro que não pode diferir, também, significativamente, a grandeza da transpiração estomatar. Disto se pode inferir que, mesmo nas folhas mais novas (tipo 1) por nós estudadas, os estômatos já estavam perfeitamente diferenciados e já tinham alcançado a possibilidade de funcionar normalmente. Pode-se também concluir que, nas folhas mais velhas usadas (tipo 3), os estômatos eram ainda perfeitamente funcionais.

### G — Deficit de saturação.

E' sabido que uma planta que transpira sem restrição, pode criar em suas folhas um deficit de saturação, que se agrava à medida que o dia progride, caso o abastecimento da cõpa não seja suficientemente rápido para suprir o consumo pela transpiração. Assim, altos deficits de saturação indicam, geralmente, seja uma deficiência do poder de absorção de água, seja da capacidade de condução, ou ainda, de ambos os processos.

Os dados da tabela 6, indicam que êste não foi o caso das plantas estudadas de *Eucalyptus tereticornis*. Apesar de transpirem livremente, durante todo o dia, os deficits encontrados nas folhas foram sempre pequenos. A tabela mostra que os maiores deficits foram apresentados pelas folhas de tipo 1.

TABELA 6

Deficits de saturação de folhas de  
*Eucalyptus tereticornis*

$$\frac{\text{Cont. máx.} - \text{Cont. real}}{\text{Cont. máx.}} \times 100$$

Tipo de folha	Manhã	Meio-dia	Tarde
1	7.4 ± 1.0	10.1 ± 1.3	12.8 ± 2.3
2	2.7 ± 0.2	5.1 ± 0.3	4.3 ± 0.2
3	3.0 ± 0.5	5.6 ± 0.2	3.4 ± 0.1

Nota: cada valor é média de 5 determinações.

Mostra, ainda, que, não só nestas folhas, mas também nas de tipo 2 e 3, cujos deficits não diferem, sensivelmente, entre si, há uma tendência para um ligeiro agravo ao meio dia e à tarde.

*H* — Número e tamanho dos estômatos.

Como a maior parte da perda de água por uma fôlha se faz através das fendas estomáticas, é sempre interessante conhecer-se o número dos estômatos por unidade de superfície. Para estas determinações, nos diversos tipos de fôlhas estudadas, foram elas divididas de acôrdo com o esquema abaixo (Fig. 9).

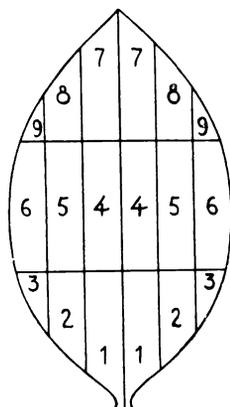


Fig. 9 — Esquema demonstrativo da distribuição das zonas da fôlha de *Eucalyptus tereticornis* onde foram feitas contagens do número de estômatos. Confronte com os dados das tabelas 7, 8 e 9.

Três zonas principais foram primeiro estabelecidas: o ápice, a região média e a base. Em cada dessas zonas, nova sub-divisão foi feita, no sentido transversal, a partir da nervura mediana. Assim, no total, foram contados estômatos de nove regiões diferentes das fôlhas.

Os resultados dessas contagens, os quais aparecem constituindo as tabelas 7, 8 e 9, mostram, claramente, que em todos os tipos de fôlhas, há um número consideravelmente maior de estômatos, na face inferior do que na superior. Mostram ainda as tabelas, que nas fôlhas mais novas, tanto na face inferior como na superior, o número de estômatos é consideravelmente maior do que nas fôlhas adultas e mais velhas. A diferença de número entre estes dois últimos tipos, não é tão acentuada como a diferença entre qualquer deles e o das mais novas. Como as contagens foram em número de cinquenta para cada caso, e como, dentro de cada região estudada, as amostras foram tomadas ao acaso, não pode haver nenhuma dúvida quanto à validade destes dados.

TABELA 7

Número de estômatos por mm<sup>2</sup>.

## Fôlha de tipo 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Face sup.	508	589	630	669	669	677	585	558	603	606
Face inf.	934	855	887	896	795	813	881	674	695	825
Nota: cada valor é média de 50 contagens.										

TABELA 8

Número de estômatos por mm<sup>2</sup>.

## Fôlha de tipo 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Face sup.	343	365	308	291	336	337	300	299	318	321
Face inf.	362	368	482	395	480	461	492	594	431	451
Nota: cada valor é média de 50 contagens.										

TABELA 9

Número de estômatos por mm<sup>2</sup>.

## Fôlha de tipo 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Face sup.	372	326	218	250	257	313	293	299	274	289
Face inf.	375	390	331	384	418	410	414	402	447	396
Nota: cada valor é média de 50 contagens.										

Calculando-se agora as médias dos valores obtidos nos pontos de contagem das regiões basais, médias e apicais, separadamente, verifica-se que as diferenças encontradas são muito pequenas para serem significantes (Tab. 10).

TABELA 10

Média do número dos estômatos por mm<sup>2</sup>  
dos três tipos de folhas.

Face \ Região da folha	Base	Meio	Ápice
Superior	406	422	392
Inferior	553	561	558

Medidas dos diâmetros, longitudinal e transversal, do estômato (vide Fig. 10), nos três tipos de folhas, deram-nos os

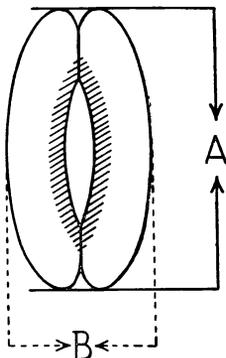


Fig. 10 — Esquema de um estômato visto pela superfície com indicação dos eixos medidos. Confronte com os dados da tabela 11.

valores da tabela 11. Pode-se verificar que o diâmetro longitudinal (A) dos estômatos aumentou consideravelmente das folhas do tipo 1 para as do tipo 2 enquanto que o aumento destas para as de tipo 3 foi pequeno. Quanto ao diâmetro transversal,

o inverso se verificou. Isto parece indicar que há primeiro uma distensão longitudinal do estômato e só mais tarde, terminada esta distensão, sobrevém o crescimento no sentido transversal.

TABELA 11

Medida dos diâmetros dos estômatos em micra.

Fólias Diâmetro	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
A	17,56	24,10	24,29
B	15,93	16,71	19,86

Nota: cada valor é média de 15 determinações no mínimo.

Medidas das aberturas estomáticas foram também feitas, mas como estas, nas epidermes isoladas, se alteram grandemente, seja pela injúria mecânica oferecida ao arrancar-se a epiderme, seja por um efeito qualquer induzido ao colocar-se esta epiderme em água, os valores obtidos são extremamente variáveis e de interpretação praticamente impossível. Assim pois, tais valores deixam de ser aqui apresentados.

## DISCUSSÃO

Os dados constantes dêste trabalho, sôbre a transpiração de *Eucalyptus tereticornis*, foram obtidos por meio de experiências realizadas com plantas isoladas e não podem, portanto, ser utilizados para conclusões sôbre o consumo de água de plantas em condições normais de cultura.

Observou-se que a espécie em estudo não restringiu o consumo de água, transpirando livremente, durante todo o dia, nas condições em que o trabalho foi realizado. Estas observações foram feitas com a balança de torsão e confirmadas, posteriormente, com o potômetro.

Transpiração irrestrita indica manutenção dos estômatos abertos durante todo o dia. Êste fato foi comprovado pelo método de infiltração que permite observações em folhas não des-

tacadas da planta, ao contrário do método de pesagens rápidas e da potometria, que usam, seja fôlhas, seja ramos, separados da planta.

Os valores de transpiração total obtidos indicam uma grandeza de 55 a 65% da evaporação. São menores que os constatados por Rawitscher e Ferri (16) para *Cedrela fissilis* e café (até 75%) e da mesma ordem de grandeza que os valores obtidos por Morello (10) para a bananeira (50 a 60%).

Como a transpiração cuticular é cerca de 1,5% da evaporação, pode-se calcular que a transpiração estomatar gira ao redor de 50 a 60% da evaporação. Não existe uma diferença perceptível entre as fôlhas adultas (tipo 2) e as mais velhas (tipo 3) estudadas e a diferença dos valores dêstes dois tipos para as fôlhas mais novas (tipo 1), também não é muito nítida. A transpiração cuticular, igualmente, não difere muito nos três tipos de fôlhas.

Quanto aos deficits de saturação, valores um pouco mais elevados que para os demais tipos, foram encontrados para as fôlhas mais novas, não sendo, todavia, êsses valores, muito elevados (ao redor de 10% do conteúdo máximo de água).

Seria interessante avaliar o consumo total de água destas plantas em condições normais de cultura. Como dissemos na introdução, Franco e Inforzato (5) indicam uma retirada de água de 49.000 m<sup>3</sup> por hectare, por ano, para uma cultura de *Eucalyptus saligna*, com 7 anos de idade e espaçamento de 2 metros. Em uma cultura de café, com espaçamento de 3,5 m, os mesmos autores obtiveram um consumo de 5.935 m<sup>3</sup> por hectare, por ano. Para bananeira, cultivada com espaçamento idêntico, Morello (10) encontrou um consumo anual, por hectare, de 4.900 m<sup>3</sup>. Rawitscher e Ferri (16) calcularam que a quantidade de água que atravessa diàriamente a cutícula de um cedro (*Cedrela fissilis*) de 6 anos de idade, cultivado isoladamente, tendo 6 m de altura e apresentando 350 fôlhas, com um total de 15.750 folíolos, é de 2,5 litros, valor êste que podia ser até duplicado nas fôlhas mais velhas. Como a transpiração cuticular representa, nesse caso, 1,5% da total, poder-se-ia calcular em mais de 150 litros o consumo total diário de água, por planta, ou 37.500 litros anualmente, admitindo-se como 250, o número de dias em que esta planta mantém suas fôlhas durante o ano. Partindo-se do valor calculado por Franco e Inforzato, de um consumo de 49.000 m<sup>3</sup> por hectare, por ano, em uma plantação de *Eucalyptus saligna*, com aproximadamente a

mesma idade, tem-se um consumo anual, por planta, de 19.600 litros (pois com êsse espaçamento o hectare contém 2.500 plantas).

Enquanto Franco e Inforzato estudaram *Eucalyptus* em condições de cultura, o que, sem dúvida, determina uma certa restrição de consumo de água, em virtude da concorrência entre os indivíduos, Rawitscher e Ferri estudaram um exemplar isolado de cedro. Seria preciso, no entanto, imaginar-se uma restrição do consumo total superior a 50%, caso esta planta estivesse sujeita à concorrência, para se encontrar para *Cedrela*, um consumo da mesma ordem de grandeza que para o *Eucalyptus*.

A importância prática de observações como as referidas é óbvia e dispensa maiores comentários.

Henrici (6) a fim de verificar a conveniência do emprêgo de *Eucalyptus* para reflorestamento em condições semi-áridas, como as encontradas nos arredores de Pretória (África do Sul), comparou dados de transpiração e absorção de espécies nativas e exóticas, entre as quais diversas espécies de *Eucalyptus*. Entre as mais interessantes observações, verificou que fôlhas novas de *Eucalyptus stuartiana*, em condições de grande umidade do sólo, nunca fechavam seus estômatos, transpirando livremente. Esta observação concorda com as nossas, adrede apresentadas. Diversas espécies de *Eucalyptus* figuravam entre as plantas que mais água consumiam, mas *Acacia mollissima* mostrou uma transpiração 2,5 vezes superior à de *Eucalyptus camaldulensis*, a qual foi, de todas as espécies dêste gênero, a que maior consumo apresentou (6).

O mesmo autor observou, em outro trabalho (7), que algumas espécies de *Eucalyptus* restringem consideravelmente a transpiração, durante sêcas acentuadas. Êste fato é muito sugestivo e indica o cuidado que se deve ter, ao se fazerem observações que se destinem a fins práticos. A partir de dados obtidos em condições ótimas de umidade, tiram-se, freqüentemente, conclusões que, em absoluto, seriam válidas nas condições normais de cultura, quanto ao consumo de água de certa planta. No primeiro caso, como a planta não tem necessidade de restringir a perda de água, obtem-se, em geral, valores muito mais altos do que as plantas apresentariam, caso houvesse necessidade de restrição.

Em vários casos, as curvas de transpiração de diversas espécies de *Eucalyptus* mostram dois máximos, o que indica uma restrição da perda de água, por fechamento dos estômatos, nas horas mais severas do dia (8). Às vezes a segunda abertura iguala, ou mesmo chega a ultrapassar, a primeira (6).

Em um de seus estudos (7) Henrici procurou verificar se era justificada a idéia de que certas espécies de *Eucalyptus*, entre outras plantas, são capazes de secar poços. Entre as numerosas plantas investigadas, nenhuma, exceto *Eucalyptus diversicolor*, consumiu mais água do que a aduzida à região pelas precipitações anuais médias. É preciso notar, como lembra o autor, que uma parte das precipitações não se infiltra no sólo, mas se escoia rapidamente, e, além disso, há anos em que as precipitações ficam abaixo da média. Mesmo em anos em que as chuvas ultrapassem a média, certas plantas, como *Eucalyptus diversicolor*, esgotarão toda a água, tornando-se assim um perigo real, quando as fontes de suprimento de água são limitadas. Dessa maneira, ainda que muitas dessas plantas possam se adaptar bem às regiões secas, não devem ser recomendadas para o seu reflorestamento.

O problema é extremamente sério, pois que, se de um lado temos que considerar a necessidade de medidas que protejam as reservas naturais de água, de outro precisamos encontrar espécies que, crescendo rapidamente, solucionem o problema cada vez mais grave da produção de lenha. Experiências convenientemente planejadas e conduzidas são indispensáveis, para nos informar a respeito das exigências em água de numerosas essências florestais, a fim de nos orientar na escolha daquelas que requeiram menos água e ainda possam ser consideradas satisfatórias para a produção de lenha.

## RESUMO

O presente trabalho estuda a transpiração de *Eucalyptus tereticornis* empregando os métodos de pesagem rápida e potometria.

Nas condições do trabalho não houve restrição do consumo de água durante todo o dia, para nenhum tipo de folha estudado (muito novas, adultas e velhas). Os valores de transpiração total oscilam entre 55 e 65% da evaporação. A transpiração cuticular é da ordem de 5% da evaporação.

As aberturas estomáticas foram controladas em folhas "in situ" pelo método de infiltração.

Os deficits de saturação são em geral inferiores a 10% do conteúdo máximo de água.

O número de estômatos por mm<sup>2</sup> varia em ambas as faces e nas diferentes zonas da folha. Em geral a face inferior possui mais estômatos que a superior, em qualquer ponto que se considere e em todos os tipos de folhas. A região mediana da folha

apresenta um número de estômatos um pouco superior à base e ao ápice, cujos valores não diferem muito entre si.

O tamanho dos estômatos aumenta das folhas mais novas para as mais velhas; o aumento do diâmetro longitudinal se verifica antes do do transversal.

O trabalho termina com uma comparação entre o consumo de água de *Eucalyptus* e o de *Cedrela fissilis*. Considerações sobre o emprego daquela essência para reflorestamento são apresentadas.

### SUMMARY

The present paper deals with the transpiration of *Eucalyptus tereticornis*. Water losses were measured by rapid weighings in a Jung's torsion balance and by potometry.

Under the conditions of the present study no restriction was observed in the daily transpiration of the differently aged leaves.

Total transpiration reached a value as high as 65% of the free evaporation. Cuticular transpiration was about 5% of evaporation.

Stomatal openings were controled "in situ" by Molisch's infiltration method and showed in general no restriction throughout the day.

Saturation deficits of leaves were in general below 10% of the maximum water content.

The number of stomata per square millimeter is greater in the lower surface throughout the length of the leaf. Leaf apex and leaf basis showed no significant difference in number of stomata and the median part of the leaf indicated a somewhat larger number. Stomatal size increases as the leaf becomes older. There is first an increase in length and then in breadth.

The paper ends with a comparison between water loss by *Eucalyptus* and by *Cedrela fissilis*. Considerations concerning the use of *Eucalyptus* for reforestation are made.

### LITERATURA

- 1 — DIETRICH, M. — 1926, Transpiration von Schatten-und Sonnenflanzen usw. — Jahrb. f. wiss. Bot., 65.
- 2 — FERRI, M. G. — 1944, Transpiração de plantas permanentes dos "Cerrados". Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras, São Paulo, Botânica n° 4.
- 3 — FERRI, M. G. and LABOURIAU, L. G. — 1952, Water balance of plants from the "Caatinga". Rev. Brasil. Biol; 12 (3)

- 4 — FRANCO, C. M. e INFORZATO, R. — 1950, Transpiração de *Eucalyptus saligna*. Ciênc. e Cult., 2, 1.
- 5 — FRANCO, C. M. e INFORZATO, M. — 1952, Nota sobre a transpiração do *Eucalyptus saligna*. Palestra mimeografada pelo Serv. Flor. do Est. da Secr. da Agr. São Paulo.
- 6 — HENRICI, M. — Transpiration of South African Plant Associations. Part 2, Indigenous and exotic trees under semi-arid conditions. Sci. Bull. nr. 248 Depart. Agric. — Botany and Plant Pathol. Series n° 9.
- 7 — HENRICI, M. — 1945, The transpiration of South African Plant Association. Part. 3, Indigenous and exotic trees in the Drakensburg area. Sci. Bull. n° 247. Depart. Agric., Pretoria.
- 8 — HENRICI, M. — 1946, The transpiration of different plant associations in South Africa. Part 4, Parkland; Forest and Sour Mountain — Grassveld; Large Karoo Busches. Sci. Bull. n° 244. Depart. Agric. and Forestry — Botany & Plant Pathol. Series n° 5.
- 9 — KAMP, H. — 1930, Untersuchungen ueber Kutikularbau und Transpiration von Blaettern. — Jahrb. f. wiss. Bot., 72.
- 10 — MORELLO, J. — 1954, Transpiración y balance de água de la Bananera en las condiciones de la ciudad de São Paulo, Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras. Botânica n° 10.
- 11 — OPPENHEIMER, H. R. and MENDEL, K. — 1939, Orange leaf transpiration under orchard conditions. Agric. Res. Sta., Rehovot, Bull. 25.
- 12 — PISECK, A. & BERGER, E. — 1938, Kutikulaere Transpiration und Trockenresistenz isolierter Blaetter und Sprosse. Planta, 28 (1).
- 13 — PISECK, A und CARTELLIERI, E. — 1931, Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen, I — Sonnenpflanzen — Jahrb. f. wiss. Bot., 75, 2.
- 14 — RAWITSCHER, F. — 1942, Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil meridional. Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras. Botânica n° 3, 1.ª parte.
- 15 — RAWITSCHER, F. — 1942, Algumas noções sobre a transpiração e o balanço da água de plantas brasileiras. An. Acad. Bras. Ciênc. XIV, 1.
- 16 — RAWITSCHER, F. e FERRI, M. G. — 1942, Observações sobre a metodologia para o estudo da transpiração cuticular em plantas brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*. Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras, Botânica n° 3.
- 17 — RAWITSCHER, F. & MORELLO, J. — 1952, Eficacia del método de pesadas rapidas para medir la transpiración de plantas. I e II, Ciênc. e Invest., 8 (4) e (6).
- 18 — RAWITSCHER, E. L. — 1949, Limitação do uso da potometria em medidas de transpiração vegetal. An. Acad. Bras. Ciênc. XXI, 2.
- 19 — SCHORN, M. — 1929, Untersuchungen ueber die Verwendbarkeit der Alkoholfixierungs und der Infiltrationsmethode zur Messung von Spaltoeffnungsweiten. — Jahrb. f. wiss. Bot., 71, 5.
- 20 — STOCKER, O. — 1929, Das Wasserdefizit von Gefäesspflanzen in verschiedenen Klimazonen. Planta, 7 (2/3).
- 21 — STALFELT, M. G. — 1932, Der stomataere Regulator der pflanzlichen Transpiration. Planta 17.