

SEPARATA DE
BOLETINS DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIENCIAS E LETRAS
DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Botânica N.º 3

PROBLEMAS DE FITOECOLOGIA COM CONSI-
DERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE O BRASIL
MERIDIONAL.

por

FELIX K. RAWITSCHER.

1.a parte.

AB

1942

1942

AB

PROBLEMAS DE FITOECOLOGIA COM CONSI-
DERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE O BRASIL
MERIDIONAL

por

Felix K. Rawitscher

1.^a Parte

R

OK 1B

B 688

1st slide (1942)

v. 3
p. 1

INDICE

	<i>Pág.</i>
Prefacio	7
Introdução. — Significado e alcance da Fitoecologia	8
I — Fatores climatológicos	14
A) — Temperatura	14
a) — Dependencia das funções vegetais da temperatura	14
b) — Temperaturas letais	17
1) — No estado de repouso	17
2) — No estado vegetativo	20
c) — Distribuição da temperatura	25
1) — Microclima	25
2) — Macroclima	28
Clima continental e oceânico	30
Clima de montanha	33
3) — Termoperiodismo	36
B) — Humidade	40
a) — Papel da agua na vida das plantas	40
Seca fisiologica	42
1) — O balanço da agua	43
Meios de proteção contra a evaporação	43
2) — Xerofitismo	53
3) — Higrofitismo	58
4) — Meso e Tropofitismo	60
b) — Métodos modernos de estudo do balanço da agua	62
1) — Considerações gerais	62
2) — Método de pesagem rapida	64
3) — Estudo da Transpiração estomatar	66
O Coeficiente de Transpiração:	
Evaporação ou T/E	69
Determinação da Evaporação livre	71
4) — Estudo da Transpiração cuticular	73

	<i>Pág.</i>
5) — Deficit de agua, murchamento inicial e letal	76
6) — Rapidez e eficiencia do fechamento dos estômatos	79
c) — Transpiração das plantas no campo ...	81
d) — Distribuição regional e estacional da Humidade	92
Humidade nas montanhas	101
Resumo	105
Summary	106
Bibliografia	107

Os fatores Luz, Oxigenio, CO₂ serão considerados no Boletim a seguir.

PREFACIO

Nos Boletins seguintes serão publicadas, conforme nosso plano, algumas observações sobre assuntos fitoecológicos do Brasil. Como tais dados só têm valor quando considerados no conjunto dos problemas que aparecem no País, achamos indicado que tais estudos sejam precedidos e acompanhados de um apanhado geral, que vise por em relevo as peculiaridades do ambiente brasileiro em sua influencia sobre a vegetação.

Como existem compendios modernos que tratam, em linhas gerais, da ecologia vegetal — entre os quais citamos especialmente as obras de Weaver & Clements (113) ¹⁾ Braun-Blanquet (8), Lundegardh (48) — concentramos nossa apresentação nos assuntos relacionados com os climas quentes, assuntos esses que na literatura citada se encontram em segundo plano. Varias questões, por isso, devem ser apresentadas sob um ângulo de visão que difere do habitual.

A bibliografia é enorme. Limitamos nossas citações ao estritamente necessario para indicar ao leitor onde encontrar mais informações. Alem disso, o leitor encontrará muitas indicações de grande utilidade para as questões ventiladas no presente trabalho, nas obras de Schimper (83, 84) Warming (111) e Warming e Graebner (112).

Na primeira parte aqui iniciada vamos expor os fatores climatológicos em sua relação com a vida da vegetação. Uma segunda parte tratará do solo. Só depois de compreender o ambiente, poderemos estudar, em terceiro lugar, as formações e associações que caraterizam a vegetação brasileira.

Se podemos apresentar hoje aos nossos leitores uma parte dos nossos trabalhos, muito devemos à colaboração ativa e dedicada do Snr. Mario Guimarães Ferri e de D. M. Ignez da Rocha e Silva, que muito nos auxiliaram na redação e composição do texto.

¹⁾ Os números referem-se à bibliografia no fim desta parte.

AB

BIBLIOTECA 2112160
Departamento de Botânica
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo
Caixa Postal 11461
05421 São Paulo, SP
Brasil

INTRODUÇÃO

SIGNIFICADO E ALCANCE DA FITOECOLOGIA

Se cada país e cada região de nossa terra possui sua vegetação mais ou menos característica, as razões baseiam-se, em grande parte, nas diferenças das condições do ambiente, principalmente do clima e do solo e nas exigências que distinguem cada espécie vegetal. Não é preciso insistir muito neste fato porque o brasileiro conhece muitos exemplos, como o do cacauzeiro (*Theobroma Cacao* L.), que só dá em clima quente, no norte, ou o do coqueiro (*Cocos nucifera*) da Baía. Tem presente também o exemplo do pinheiro do Paraná (*Araucaria brasiliana*), limitado à parte mais fria do Brasil, cujos limites ao norte e leste não ultrapassam o Itatiaia e as montanhas de Minas Gerais. Certas plantas habitam as florestas húmidas da Amazonia ou das serras que bordam o mar, outras guarnecem os campos secos do interior do país.

E não só a humidade e a temperatura influem na distribuição dos vegetais: devem também ser consideradas as qualidades do solo. A Figueira Branca (*Ficus doliaria*), o Pau d'All (*Gallesia Gorazema* Moq.) e as grandes urtigas nas florestas ensinam ao plantador onde a derrubada lhe proporcionará as melhores terras.

A existência de tais plantas indicadoras já nos mostra a importância prática de uma ciência que estuda tais assuntos. Esta ciência é a Fitoecologia ¹⁾.

Como a economia estuda as leis que regem a manutenção das casas humanas e do conjunto de municípios e estados, assim a ecologia estuda as possibilidades da manutenção da vida dos vegetais, em relação ao ambiente.

O estudo de tais problemas é tarefa árdua. Em primeiro lugar é difícil qualquer julgamento de um certo ambiente. Quanto ao clima, vamos ver nos capítulos a ele destinados que, mesmo quando não nos faltem dados climatológicos, será difícil uma generalização porquanto cada lugar particular ou "ha-

¹⁾ — *Phyto-oecologia* = do grego: *Phyton* = vegetal; *oikos* = casa e *logos* = palavra no sentido de disciplina; o mesmo significa *nomos* = lei.

bitat” tem seu “microclima” especial que se póde desviar muito do clima medio. Quanto ao sólo, veremos na parte respectiva, que as dificuldades de julgamento são ainda maiores.

Se assim temos que contar com varias incógnitas quanto ao meio, menos ainda sabemos em relação às exigencias e qualidades fisiológicas das plantas.

Cada especie tem as suas reivindicações quanto à temperatura, à humidade do ar, quanto à aeração e fertilidade do solo, à profundidade do mesmo e, finalmente, à intensidade de iluminação. Cada uma delas só pode medrar quando não são ultrapassados certos limites, em relação a todas essas condições, entrando em jogo tambem a periodicidade nas variações climáticas das estações do ano.

Estes limites delineam uma area onde a especie pode medrar. As plantas das nossas culturas podem ser cultivadas em toda esta area. Geralmente, porem, não o são. Deve-se notar que nesse espaço demarcado pelos limites de existência, sempre se encontra uma parte onde as condições são melhores do que nas outras. Onde são ótimas para a especie, no chamado “optimum” das suas condições de vida, a planta se desenvolverá com todo o seu vigor e dará o maior lucro. Quanto mais aproximados dos limites que ainda permitem a existencia, tanto mais fracos se mostram os exemplares de uma especie, sucumbindo mais facilmente às intemperies, doenças, etc., fato esse bem conhecido na botânica aplicada.

Nas plantas espontaneas tais constatações geralmente não se fazem porque elas são encontradas somente onde as condições do ambiente se aproximam do “optimum” exigido pela especie; no habitat natural trava-se essa luta intensa pela vida, cujo papel foi salientado especialmente por Charles Darwin, luta essa que todas as especies e individuos têm que sustentar. Assim, uma planta que não encontra condições muito favoraveis, logo será eliminada por muitos outros concorrentes que lhe disputam o lugar.

Tal concorrência entre os vegetais pode ser muito bem observada nas florestas onde cada brecha feita pela derrubada de uma árvore é preenchida por muitas outras plantas que já existiam no lugar. Enquanto a sombra era intensa não podiam crescer rapidamente. Agora, livres dela, crescem depressa até que uns poucos individuos dominem o lugar novamente, fechando com suas copas a clareira e fazendo piorar as condições de vida para os concorrentes mais fracos ou menos felizes ¹⁾.

¹⁾ — Este fenômeno é aproveitado na silvicultura moderna, na “floresta permanente”, onde os cortes só abrem clareiras limitadas; a regeneração da floresta é espontanea.

Neste caso trata-se em primeira linha de uma luta pela luz. Mas, a competição se relaciona também com as raízes porque, quanto maior o desenvolvimento da copa tanto maior o do sistema radicular. Este também se empenha numa luta invisível, mas igualmente intensa, pela água.

E' claro que em tais casos de concorrência as plantas dominantes só podem ser as que encontrem no lugar condições de "optimum", enquanto que as outras são eliminadas ou continuam num estado subjugado, na sombra, onde talvez nunca possam formar flores nem produzir sementes. Por isso nas matas naturais só subsistem espécies que aí se encontram em condições ótimas.

Quanto às plantas cultivadas, já vimos que o caso é diferente. Podem ser plantadas em toda a área onde encontrem possibilidade de vida, mas, quanto mais se afastam das condições de "optimum", tanto maior se torna o perigo de serem sobrepujadas por plantas "daninhas", isto é, plantas selvagens que aí encontrem condições muito favoráveis, crescendo mais depressa do que a planta cultivada.

E' nesse caso que intervem o trabalho do homem. Quanto mais valiosa é a planta cultivada, mais trabalho e maiores despesas podem ser empregados no combate ao "mato" e às doenças. Quando o cultivador quer fazer despesas mínimas, só deve cultivar plantas que encontrem nas suas terras condições de "optimum" para seu crescimento. Este é o caso, por exemplo, da Silvicultura, cujo ideal é a obtenção — com trabalho e despesas mínimas — de florestas que produzam madeiras valiosas que cresçam e se reproduzam espontaneamente.

Muitas vezes o aspecto de uma vegetação já nos pode informar mais ou menos sobre as exigências do ambiente. Assim, as matas ricas da Amazonia ou das costas e serras que bordam o Atlântico até o Brasil Meridional, deixam ver que as plantas que aí vivem não têm falta de água. As folhas largas, muitas vezes delicadas, não têm muita proteção contra a seca. A exuberância da vegetação deve-se mais ao fator água que ao calor e à fertilidade do solo que também favorecem as plantas. Tais florestas são as que vamos encontrar sob o nome de "pluviisilvae", cuja tradução seria florestas de chuva e que representam um dos tipos mais característicos entre todas as formações de vegetação.

Que diferença, porem, se olhamos para as florestas, caatingas e para os campos cerrados das regiões menos favorecidas em precipitações! Aí, a necessidade de proteção contra a seca obriga a vegetação a uma aparência morfológica bem diferente; falta a exuberância e a delicadeza da folhagem. Todas as superfícies são mais ou menos protegidas contra excessos de transpiração.

As copas das arvores ou arbustos são pobres e pouco densas, as folhas colocam-se paralelas aos raios solares do meio-dia, a casca dos troncos, lisa e fina nas florestas húmidas, torna-se aqui grossa, munida de fortes camadas de suber ou de ritidoma. Aqui o aspecto revela novamente as condições climatéricas, especialmente as que se relacionam com a humidade.

Onde a escassez de agua é ainda maior, encontramos novo panorama. Desaparecem integralmente as arvores. As chuvas durante certas estações do ano humedecem só a superfície do solo, revestindo-se este de uma vegetação de gramíneas e outras ervas e plantas rasteiras, que compõem a vegetação dos campos. Também aí a seca se reflete na folhagem dura e xerofítica (vide pág. 54) como em outros meios de proteção; corresponde este tipo de vegetação aos "duriherbosa" ervas com folhagem dura, designação adotada pela Fitogeografia moderna.

A diferença de tais aspectos foi um dos primeiros fatos percebidos pelos fitogeógrafos que logo distinguiram varios tipos fisionômicos ¹⁾ da vegetação terrestre.

O aspecto, porem, é um criterio vago e incerto. A morfologia de uma planta não traduz todo o seu carater fisiológico. Os criterios que acabamos de mencionar no trecho precedente, relacionam-se todos à economia da agua; as necessidades referentes à temperatura, geralmente não se revelam pela apparencia externa de um vegetal. Até mesmo no que diz respeito às necessidades da agua existem qualidades fisiológicas das plantas — como os valores osmóticos desenvolvidos por elas, ou a facilidade de aguentar forte perda de agua sem perecer — que não se exprimem necessariamente na morfologia.

A fisionomia serve, assim, somente como orientação primaria, que deve ser controlada e completada por estudos detalhados, em laboratorios e no campo. O ponto final ao qual talvez nunca chegaremos, seria o conhecimento fisiológico completo de cada especie vegetal, incluindo ainda as suas sub-especies. Na falta de tais conhecimentos, a Botânica procura uma primeira orientação dentro do pouco que já conhece, isto é, com essas plantas de destaque que chamamos indicadoras.

Um estudo detalhado mostra que estas especies geralmente não são encontradas isoladamente, mas sim, acompanhadas por outras especies, menos vistosas, que com elas se associam. São tais associações vegetais que constituem o principal objeto de estudo da Fitoecologia. Estas associações se compõem de especies com as mesmas exigencias.

Naturalmente, será difficil encontrar duas especies vegetais, cujas exigencias e reacções, sejam idénticas, para todos os fato-

¹⁾ — *Physiognomia* — do grego: *Physis* = Natureza (viva), no sentido do comportamento e das reacções desta; *gnomon* = aspecto.

res do ambiente. Muitas, porem, se assemelham e devemos esperar encontrá-las nos mesmos lugares. Estão elas empenhadas na luta pela vida, já mencionada na pág. 8, e, se nenhuma tem vantagem nítida sobre as outras, todas têm que compartilhar o habitat. Tal relação entre os componentes de um agrupamento, chama-se comensalismo. Os "comensais" ¹⁾ são concorrentes mas não dependem um do outro.

Muitas vezes, porem, certas especies dependem da existencia de outras; não só as parasitas, que vivem de substancias elaboradas das plantas hospedeiras, como tambem as epifitas e as trepadeiras que se aproveitam apenas do lugar fornecido pelas plantas-suportes ("Parasitismo de espaço"). Tambem ha muitas plantas que só podem medrar na sombra fornecida por outras, como muitas samambaias e outras plantas baixas que crescem no interior do mato.

Estudando e esclarecendo tais assuntos, a Fitoecologia nos proporciona a grande satisfação de conhecer e compreender melhor o meio em que vivemos. Mas, seu fim não é só teórico, enorme é a utilidade prática de tais conhecimentos. A Silvicultura, por exemplo, desde as obras do botânico finlandês, Cajander (10), julga o estado das florestas, sua melhora ou peora, não pelo crescimento das arvores que se dá lentamente, mas pela formação de associações de plantas baixas no solo. A modificação destes agrupamentos indica logo a quem sabe interpretá-la, o futuro de toda a floresta.

O desenvolvimento dos campos e das pastagens de que cuidam os agricultores é acompanhado por mudanças análogas nas associações espontaneas. Suas reações são muito sensíveis, acusando melhoras ou peoras no clima e no solo, antes que possam ser evidenciadas por estudos de laboratorio, aliás sempre complicados e incertos.

Por isso, o estudo das associações de plantas ou a "sociologia vegetal", tornou-se, hoje em dia, uma disciplina importantíssima, cultivada em todos os países, apresentada em bons compendios e possuindo seus periódicos proprios. Impõe-se, tambem à Botânica brasileira e à de toda a America do Sul.

Se nossos conhecimentos neste continente ainda não estão muito adiantados, devemos-lo a varias e grandes dificuldades, entre as quais citamos a da classificação das especies.

A base de toda a sociologia botânica deve ser formada pela lista das especies que constituem os agrupamentos mais interessantes. A elaboração de tais relatorios, pressupõe a colaboração de muitos botânicos que estudem a vegetação em todas as partes do país. Na maioria dos países já existem chaves analíticas locais, onde o interessado pode identificar todas as plantas supe-

¹⁾ — *Commensales, i. é. que comem na mesma mesa.*

riores da região. Tais chaves devem ser simples e facilmente compreensíveis. O Brasil é favorecido por possuir, na "Flora Brasiliensis" de Martius (52), uma obra excelente e provavelmente nenhum outro país pode se orgulhar de possuir melhor sinopse. O uso dos 40 volumes limita-se, porém, relativamente a poucas pessoas que têm a possibilidade de consultá-los e que saibam traduzir, convenientemente, as chaves e diagnoses, escritas num latim nem sempre fácil.

Chaves mais fáceis para uso de brasileiros existem em pequena quantidade. Entre elas mencionamos as obras seguintes: Loeffgren & Everett, "Analysis de plantas", 1905 (45), que contem uma enumeração e descrição resumida das plantas fanerogâmicas especialmente as do Estado de São Paulo; Loeffgren, A "Flora Paulista", 1897 (44), tratando das famílias Compositae, Solanaceae, Scrophulariaceae, Campanulaceae, Cucurbitaceae, Valerianaceae e Myrsinaceae. Do mesmo autor é o "Manual das famílias naturais Phanerogamas", 1917 (46), com chaves que conduzem até os gêneros brasileiros.

Incompleta também e de utilidade para a cidade de S. Paulo em especial é a obra de A. Usteri (103) que, depois de descrever em língua alemã a vegetação dos arredores de São Paulo, dá em latim uma chave das plantas que crescem nesses mesmos lugares.

Ultimamente, Liberato Joaquim Barroso publicou "Chaves para Determinação de Gêneros Brasileiros e Exóticos das Dicotiledoneas mais cultivadas no Brasil", 1942 (2). O 1.º volume, já publicado, contem uma boa parte das famílias com chaves muito uteis que conduzem até os gêneros. Para classificar as famílias, a Botânica sistemática usa muito as chaves de Thonner (98,99) ¹⁾, e de Hutchinson (32).

As "Chaves Analíticas" de Carlos Viana Freire (106) tentam facilitar ainda mais ao leitor a classificação, referindo-se especialmente aos caracteres das plantas que mais facilmente podem ser distinguidos.

Alem disso existem varias monografias de determinados grupos de plantas sul-americanas entre as quais só mencionamos o "Sertum Palmarum Brasiliensium" de Barbosa Rodrigues (80) e as descrições que estão sendo publicadas na "Flora Brasílica" por F. Hoehne contendo já boa parte de Orchidaceae e Leguminosae (29).

¹⁾ — Uma tradução em português foi publicada em Ouro Preto, mas parece não estar à venda.

I — FATORES CLIMATOLÓGICOS

A) — TEMPERATURA

a) — DEPENDENCIA DAS FUNÇÕES VEGETAIS DA TEMPERATURA

Entre os fatores climatéricos de importância para a vegetação, geralmente é mencionado em primeira linha o fator temperatura. E realmente as grandes zonas de vegetação que revestem o nosso planeta parecem agrupadas conforme a temperatura reinante. Mais adiante, porém, veremos que a influência da temperatura é complicada pela interferência de outros fatores, especialmente a humidade.

Tentando estudar a importância imediata da temperatura, citamos primeiro as observações clássicas de Julius Sachs, que verificou para várias plantas os limites de temperatura entre os quais crescem.

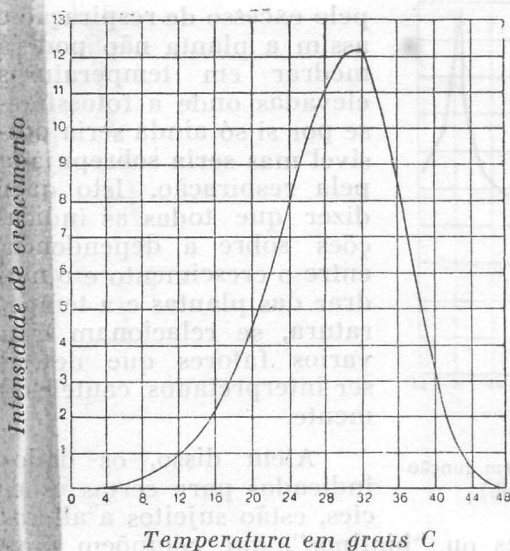
TABELA 1

Dependencia da germinação de sementes da temperatura segundo J. Sachs

	<i>Limite mínimo</i>	<i>"Optimum"</i>	<i>Limite máximo</i>
Trigo (<i>Triticum vulgare</i>)	5° C ...	28,7° C ..	42,5° C,
Cevada (<i>Hordeum vulgare</i>)	5°	28,7° ...	37,7°
Abóbora (<i>Cucurbita Pepo</i>)	13,7° ...	33,7° ...	46,2°
Feijão (<i>Phaseolus multiflorus</i>) ...	9,5°	33,7° ...	46,2°
Milho (<i>Zea Mais</i>)	9,5°	33,7° ...	46,2°

Para cada espécie vegetal podem ser constatados três pontos cardiais: o "minimum", o "optimum" e o "maximum". A fig. 1 apresenta, a germinação do milho em dependencia da temperatura, segundo outro autor. A tabela 1 mostra que o trigo e a cevada têm seus limites extremos mais baixos, o que se reflete também no "optimum". A abóbora, como se vê, depende de temperatura mais elevada para a sua germinação.

Ha plantas tropicais que começam a vegetar num "minimum" ainda mais elevado. Segundo Bose, citado por Belehradek (4), *Scirpus Kisoor*, *Cyperacea indiana* vegeta só desde 22° C. Entre plantas inferiores, ha certos especialistas que vivem só em substratos muito quentes, como estrumes, etc., cuja temperatura é elevada pelo processo da decomposição. Além de algumas bacterias ha fungos como *Mucor pusillus* e *Thermoascus aurantiacus*, cujas temperaturas mínimas de vegetação, segundo



Temperatura em graus C

Fig. 1

Germinação de milho em função da temperatura (seg. Lundegardh).

Noack (64), são 21° e 35° C.

Outras plantas não suportam temperaturas muito altas, sendo baixo o limite máximo. A este grupo pertencem especialmente certas algas que habitam águas frias, doces ou marinhas. As *Lessonias* dos mares antárticos, mantem-se sempre em regiões marítimas, cujas isotermas de verão não ultrapassam 10° C. (Setchell, 87). Certas *Ulothrix* desaparecem dos riachos sempre que a temperatura ultrapassa 17° C. (Oltmanns 66).

Tais dados devem ser interpretados com

cautela. Os limites não indicam que além deles a planta não possa ficar viva. A tabela 1 se refere só ao crescimento durante a germinação; uma temperatura mais baixa do que 5° não permitiu o crescimento ao trigo e à cevada, estudados por Sachs, ao passo que estas plantas sujeitas a temperaturas mais baixas podem permanecer perfeitamente vivas.

Da mesma maneira, o limite máximo não corresponde a um limite mortal ou "letal" ¹⁾, indicando novamente que o crescimento só para se for ultrapassado. O nosso gráfico representa, assim, somente uma das funções vitais de certas espécies.

Se considerássemos outra função, a fotossíntese por exemplo, na sua relação com a temperatura, encontraríamos uma curva parecida, mas com posição diferente dos pontos cardeais. Estudos detalhados mostraram, (vide Lundegardh, 48) que a forma desta curva varia segundo as condições do ambiente, como a iluminação e a quantidade de CO₂ contida no ar.

A curva da respiração difere essencialmente das curvas anteriores (Fig. 2); parece que a respiração aumenta até um ponto em que a planta já começa a sofrer pelo excesso do calor. Como o rendimento da fotossíntese depende de um balanço entre o material formado por esta e a respiração, a fig. 2 nos ensina que, nas temperaturas elevadas o balanço pode tornar-se negativo

¹⁾ — *Lethal* = mortal, do rio "Lethe" que delimita o reino dos mortos.

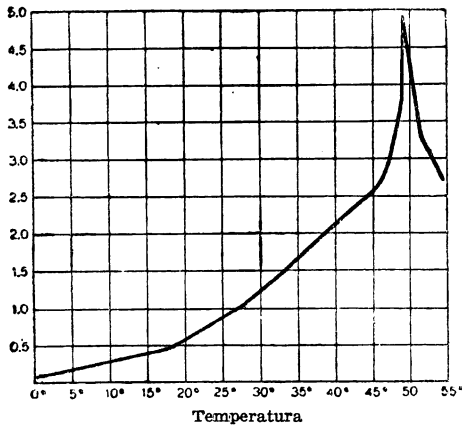


Fig. 2

Respiração de *Solanum tuberosum*, em função da temperatura (seg. Lundegardh).

ções porque as sub-espécies ou "biotipos", que compõem uma espécie podem mostrar um comportamento diferente.

Este fato já ressalta das tão citadas experiências de Nilsson-Ehle, feitas com várias formas de trigo. Como as formas cultivadas na Suécia eram mais resistentes do que outras, inglesas, ao passo que o rendimento dos trigos ingleses superava o dos suecos, nas mãos hábeis de Nilsson-Ehle e de seus colaboradores o cruzamento produziu, entre outras, formas que uniam a resistência ao frio, dos tipos suecos, ao rendimento maior dos ingleses (62).

Não só as plantas cultivadas como também as selvagens, quando analisadas de perto, revelam-se compostas de várias sub-espécies ou biotipos que diferem quer em caracteres morfológicos quer em fisiológicos. Turesson (101) que foi um dos primeiros a assinalá-los na vegetação espontânea chamou-os de "oekotypos".

Nesse conjunto interessa citar as vastas, porém infelizmente pouco consideradas experiências reunidas na Noruega e publicadas por Hagem (22). Trata-se de tentativas para aclimatar essências florestais, especialmente coníferas dos gêneros *Tsuga*, *Thuja*, *Pseudo-Tsuga* e *Abies*, na Escandinávia. Cada uma das espécies ocupa na sua pátria norte-americana e canadense uma área relativamente vasta. A aclimação só se dá com bom resultado se o lugar de proveniência corresponde exatamente, pelo seu clima, ao novo lugar de cultura.

A explicação é que cada uma destas espécies se compõe de diversos biotipos que variam segundo o seu comportamento para

pelo excesso de respiração e assim a planta não poderá medrar em temperaturas elevadas onde a fotossíntese por si só ainda seria possível mas seria sobrepujada pela respiração. Isto quer dizer que todas as indicações sobre a dependência entre o crescimento e o medrar das plantas e a temperatura, se relacionam com vários fatores que devem ser interpretados cautelosamente.

Além disso, os dados indicados para certas espécies, estão sujeitos a alterações

com o clima. No habitat natural a luta pela vida mencionada na pág. 9 elimina todos os biotipos que não estão perfeitamente adaptados ao ambiente.

Um biotipo crescendo num clima não perfeitamente adequado, poderia brotar ¹⁾ p. ex., cedo demais, correndo os perigos de frios retardados que o prejudicariam, ao passo que o proprio biotipo do lugar só brotaria na época, quando em media tal perigo não mais existisse. Outro biotipo poderia, ao contrario, brotar muito mais tarde, quando os concorrentes melhor adaptados já desabrochassem seus brotos, dominando assim, pelo crescimento mais rápido e por sua sombra, os que crescessem mais vagorosamente.

Ainda existem outras adaptações que sempre agem em favor do biotipo mais proprio do lugar. No habitat natural sempre se encontra quasi exclusivamente o biotipo que aí dispõe de condições de "optimum". Transplantado deste para outro lugar o biotipo encontra novas condições de "optimum", somente quando o clima e outras condições forem idénticos ou muito parecidos com as do lugar de proveniencia.

Só experiencias com material tão amplo como as citadas evidenciam a existencia de tais biotipos. Podemos supor que o fenômeno é bastante geral. A grande importancia para todas as tentativas de aclimação é evidente.

As vezes os biotipos se distinguem morfologicamente de tal maneira que é duvidoso se se trata de sub-espécies ou de espécies verdadeiras. A distinção destas últimas é dificultada quando existem muitas transições que unem os tipos para formar uma especie coletiva.

A América do Sul possui tais espécies em áreas muito extensas. Assim, a Magnoliacea *Drimys Winteri*, nossa Casca de Anta, é encontrada desde a América Central até a Patagonia, onde acompanha as florestas de *Nothofagus* até perto da zona das neves. Sem dúvida, trata-se aqui de varios biotipos com exigencias e resistencias climáticas bem diferentes. O mesmo será válido para o "Cedro" (*Cedrela fissilis* Vell.).

b) — TEMPERATURAS LETAIS

1) — *No estado de repouso*

Como já mencionamos, os limites mínimos e máximos das funções vegetativas não indicam os pontos letais. No estado de vida latente ou de repouso, as plantas podem resistir a tempe-

¹⁾ — *A época do desabrochamento depende, alem das condições do ambiente, de caracteres genotípicos, inherentes ao biotipo (p. 20 e 36).*

raturas mais baixas e mais elevadas. Nos lugares expostos ao frio mais intenso da terra, como em Werchojansk, na Siberia, onde a temperatura desce na media anual até 62° abaixo de zero, ainda existem florestas cujos troncos, botões e sementes suportam estas temperaturas. Sabe-se que esporos de cogumelos, algas e bacterias podem ser resfriados sem morrer, até um ponto próximo do zero absoluto.

De outro lado, tambem, o limite máximo pode ser ultrapassado sem dano para o protoplasma vivo, se isso se der em estado de repouso. Não são só os esporos de bacterias que aguentam um aquecimento acima do ponto de ebulição. Hoje sabemos que sementes de varias plantas superiores não são mortas por tais temperaturas. Schneider-Orelli (citado por Molisch, 58), observou que sementes de *Medicago*, aquecidas durante mais de 7 horas em agua a 98°C ou até a 120°C (sob pressão) podem ainda germinar. Beadle mostrou (3) com sementes de *Hakea*, *Callistemon* e *Eucalyptus* que sobrevivem, depois de aquecidas durante 4 horas até a uma temperatura acima de 110° a 120° C. Casos parecidos devem ser frequentes. Os desertos áridos depois de uma chuva excepcional revestem-se, "do dia para a noite", de ervas e flores. Sementes desta vegetação podem permanecer até por varios anos na terra, em cuja superficie ocorrem temperaturas relativamente elevadas.

Os limites máximos e mínimos letais diferem para cada especie vegetal e influem na sua distribuição geográfica. Ao lado de muitas especies que se comportam como as já citadas da Siberia, não sucumbindo na época de repouso às temperaturas mais baixas medidas na terra (-70° C.), existem, em outras regiões, plantas que nem no estado de repouso toleram temperaturas baixas.

Em cada inverno rigoroso da Europa e da América do Norte, registram-se casos onde certas especies de árvores são mortas pelo frio. Geralmente, trata-se de especies cultivadas que, nessas regiões, ultrapassaram os limites de sua area natural. O limite ártico ou continental da area de cada especie pode assim depender da resistencia desta ao frio, no estado de repouso. (O inverno excepcionalmente frio 1928-29 eliminou na Polonia as faias que lá foram cultivadas um pouco alem do limite oriental da especie).

Convem notar que, ao entrar no estado de vida latente, as células vivas das plantas sofrem varias alterações que são interpretadas como uma proteção contra o frio. O protoplasma contém menos agua, perdendo, às vezes, sua natureza de "sol", quer dizer, de solução coloidal, para entrar no estado mais sólido, de

“gel” tomando até uma constituição “cornea”. O conteúdo das células neste estado, mostra-se, muitas vezes, rico em açúcares e gorduras. A maneira como tudo isso pode influir para aumentar a resistencia, constitui um dos problemas mais discutidos da Fisiologia vegetal ¹⁾.

As plantas podem modificar o seu estado de resistencia adaptando-se às exigencias do ambiente. Assim, certas especies podem se acostumar ou se preparar para o frio, se durante dias e semanas, forem expostas a frio cada vez mais intenso. Isso não só diz respeito aos tecidos no estado de vida ativa, como também com as células em repouso. Por exemplo as árvores dos climas temperados formam seus botões e gemas para o ano seguinte, já no verão anterior. Os tecidos desses órgãos passam o resto do verão em estado de repouso, mas mostram, nessa época, uma resistencia fraca ao frio. Segundo Winkler (115)

os botões do chopo morrem no verão, se forem expostos a temperaturas negativas de mais de 3°. No inverno, porem, aguentam uma temperatura de quasi -22°. Comportamento paralelo mas em temperaturas mais baixas mostram os elementos vivos do lenho (vide fig. 3).

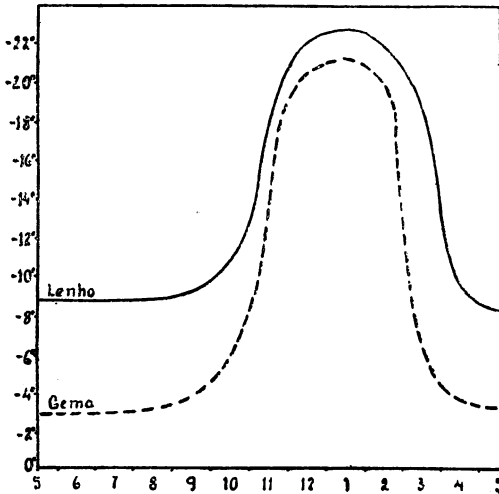


Fig. 3

Curvas de resistencia ao frio durante o ano, em *Populus nigra* (seg. Winkler).

Um estudo mais recente de Ulmer (102) mostra a concordancia perfeita entre a sensibilidade de plantas e o andamento anual das temperaturas no habitat onde são encontradas. A fig. 4 apresenta as mínimas

diarias da temperatura do ano de 1935 no jardim alpino do Patscherkofel da Universidade de Innsbruck. A resistencia das quatro especies mantem-se durante o ano todo abaixo das temperaturas mínimas alcançadas, sendo *Calluna* a planta menos resistente e *Pinus Cembra* a mais protegida. O aumento da resistencia, no outono, precede a queda das temperaturas, mostrando que o ritmo do andamento é uma qualidade autônoma das plantas, transmitida por hereditariedade, como foi explicado nas págs. 16 e 36.

¹⁾ — Literatura e indicações detalhadas encontram-se em Bělehrádek (4).

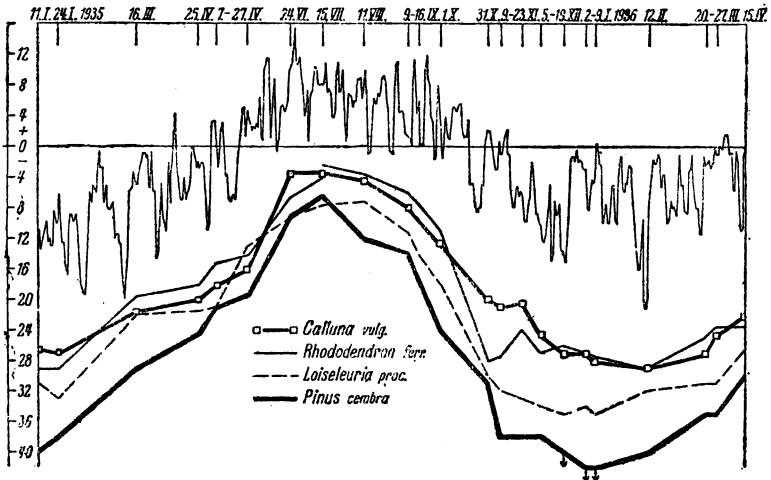


Fig. 4

Curvas de resistência ao frio durante o ano, em algumas espécies alpinas (seg. Ulmer).

2) — No estado vegetativo.

Pelos casos citados vê-se que a diferença entre células em estado latente e em estado ativo não é nítida. Em geral pode-se supor que no estado turgescente da vida ativa as células devem ser mais sensíveis. Existem, porém, regiões onde as plantas durante a época vegetativa podem estar sujeitas a geadas e frios intensos. Plantas habituadas a tais lugares, geralmente não sofrem. Cita-se frequentemente o caso da *Cochlearia fenestrata*, Crucifera ártica que, segundo Kjellman (38), pode ser apanhada em estado florescente pelas primeiras geadas do outono, e que, no verão seguinte, embora degelada, apresenta crescimento nos mesmos brotos. Também em regiões alpinas, em certas altitudes, em todos os meses, existe a possibilidade de geadas. As plantas que lá vegetam têm que ser dotadas, da mesma resistência ao frio, em todos os tecidos vivos.

Nas altas montanhas do Brasil meridional, o mesmo fenômeno pode ser observado. Os visitantes do Itatiaia concordam em que muitas plantas aparentemente delicadas, como Orquídeas e Bromeliáceas epifíticas, podem ser encontradas pela manhã, congeladas e endurecidas. Observações ulteriores e estudos fisiológicos sobre tais plantas são muito desejáveis.

Ao lado de plantas que resistem a frios intensos no estado vegetativo, temos também o outro extremo de plantas tão sensíveis que já sofrem quando expostas a temperaturas baixas, embora bem acima de zero. Neste caso não se dá formação de

gelo no interior dos tecidos e não sabemos qual o efeito exercido pelo frio. Parece que o protoplasma modifica sua permeabilidade em tais temperaturas, como vamos ver quando tratarmos da seca fisiológica provocada por temperaturas baixas do solo (pág. 42).

Várias plantas que crescem durante todo o ano impunemente, nas baixadas quentes do Rio de Janeiro e de Santos, não podem ser cultivadas nos planaltos de São Paulo nem mesmo em lugares onde não ha geadas: Chapeu de sol (*Terminalia Catappa*), *Cissus discolor*, *Hibiscus tiliaceus*, diversas *Tradescantias* e outras. *Terminalia Catappa* e *Hibiscus tiliaceus* encontramos em bom desenvolvimento em Belo Horizonte, na altitude de 800 metros aproximadamente, mas 3° de latitude mais para o Equador.

Os estragos causados no Brasil pelo efeito imediato das geadas são importantes nas culturas do café, da banana, da mamona e do mamão. Sem causar prejuizos imediatos, as temperaturas baixas podem influir perigosamente sôbre a economia da agua nas plantas, como veremos mais adiante. O fato de que temperaturas baixas diminuem ou impedem a absorção e a condução de agua, não constitue, por si só, um perigo para a planta, tornando-se grave somente quando ha transpiração e necessidade de agua.

Como *limite máximo* de temperatura, geralmente são indicadas temperaturas ao redor de 50° C. Verificam-se, naturalmente, variações, segundo as especies e segundo as condições às quais estiveram anteriormente expostas. Algas marinhas geralmente sucumbem a temperaturas pouco elevadas, entre 30° e 40° C.

A indicação de uma temperatura letal certa é difícil, porque muitas vezes os vegetais toleram um aquecimento pouco prolongado, só perecendo quando expostos a essa temperatura por mais tempo. Assim, Porodko (74), em 1926, indicou para sementes de trigo, que tinham recuperado sua sensibilidade por imersão anterior em agua, os seguintes valores:

TABELA 2
Temperaturas letais (*Triticum*) seg. Porodko (74)

<i>Temperaturas</i>	<i>Duração</i>
45° C.	16 horas
50° C.	1 hora
55° C.	6,5 minutos
60° C.	50 segundos

Sobre a mortalidade de folhas faltam indicações metódicas. Wallace and Clum (107) constataram sobrevivência a 52,5° para *Verbascum Thapsus*, a 53,8° para *Asclepias syriaca* e morte a 56,75° para *Acer saccharum*. Os tecidos suculentos parecem ser mais resistentes. Huber (30) mediu em *Sempervivum* 56,2° no estado vivo, Schratz (cit. Huber 30), verificou em *Opuntia* até 65°, sem prejuízo; a videira seg. Müller Thurgau (60) morre a 64°.

Sem dúvida a resistencia varia muito segundo as especies. As xerofitas suculentas que na seca não baixam a temperatura propria pela transpiração e cuja superficie não é grande em relação ao volume, parecem distinguir-se por grande resistencia.

Huber (30) mediu em tecidos de *Opuntias* temperaturas de 59° C. sem observar danos. Estas *Cactaceas*, porem, em lugares muito expostos protegem-se colocando os brotos verticalmente, o que tambem se verifica com as colunas do *Cereus* e da *Carnegia*. As *Opuntias* dispõem os seus cladodios na vertical, como já se disse, orientando-os na direção Norte-Sul, e o nosso *Cereus Peruvianus*, ainda que ramificado, aproxima os ramos secundarios da posição vertical. Que esta proteção é eficiente já foi demonstrado em 1909 por Stahl (92) que colocou um ramo desta última planta horizontalmente, expondo-a à irradiação muito forte de Julho na Alemanha, para conseguir logo sua morte.

Como acontece com o frio, a resistencia ao calor pode ser aumentada, acostumando-se e aclimatando-se as plantas, aos poucos, aos rigores do ambiente. Em geral podemos contar como sendo de 55° C. o limite de temperatura suportada por longo tempo. Somente certas *Cyanophyceae* e bacterias (veja pág. 113) fazem uma exceção, resistindo e continuando a vegetar até em temperaturas alem de 70°. São as plantas cujas associações podem ser encontradas em fontes termais, ou que, como as termo-bacterias, promovem fermentações cujo processo aumenta a temperatura, como, p. ex., acontece na decomposição dos estrumes nos viveiros e de restos vegetais nos silos.

A temperatura do ar quasi nunca ultrapassa a temperatura critica de 55° C. As temperaturas mais elevadas que até hoje se mediram, foram 56,6° no Death Valley dos Estados Unidos e 53,8° em Basra, segundo Hellmann (26). Os corpos sólidos atingidos, porem pelos raios solares, aquecem-se muito mais, de maneira que a superficie do solo pode alcançar, em casos excepcionais, temperaturas de 70° e até de 80° C. (80° no Karakorum segundo Vassiljev e no Arizona segundo Buxton. Vide Huber (30), pag. 25).

Deste modo, os vegetais correm o perigo de um aquecimento excessivo. As partes delicadas, como as folhas e brotos novos,

baixam a temperatura pela propria transpiração. Folhas em transpiração em experiencias de Miller & Saunders (57), baixaram sua temperatura de $1,85^{\circ}$ até $4,65^{\circ}$ em relação às mesmas folhas não transpirando (murchas). Em casos de transpiração muito forte, como nos "Chaparrals" da Sierra Nevada, as folhas de *Ceanothus* mostraram diferenças até de 10° (Copeland, 14). Diferenças da mesma ordem de grandeza (6° - 9°) constataram Wallace and Clum (107) para folhas da Composta *Heliopsis* e outras, em Connecticut. Como em épocas ou horas secas a transpiração cessa ou é diminuída, a proteção pela transpiração pode se tornar ineficiente. Nestes casos a ventilação é necessaria para manter as folhas à temperatura do ar ambiente. — Vide as experiencias de Harder (25) no Egipto.

Folhas com lâminas largas são menos susceptíveis à ventilação do que folhas pequenas ou subdivididas. Compreendemos, assim a utilidade das folhas divididas das Palmeiras e da fina folhagem das Mimosas, Acacias e outras plantas que se encontram nas zonas mais quentes e áridas.

Tambem os troncos estão sujeitos ao perigo do aquecimento excessivo. Onde a folhagem sempre proporciona sombra não ha perigo; por isso as cascas das árvores que crescem no inte-

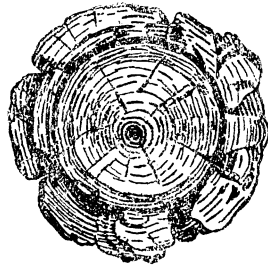


Fig. 5
Tronco de *Sweetia dasycarpa*
(seg. Warming).

rior do mato podem ser finas e lisas e os tecidos do cambio das árvores dicotiledoneas podem encontrar-se perto da periferia. As árvores expostas à forte insolação, em matas pouco densas, nos campos cerrados etc., precisam de uma proteção mais eficiente. Tais especies são geralmente caracterizadas por grossas camadas de suber e rico ritidoma. As células mortas destes tecidos contem ar e formam uma camada pela qual o calor não passa; por sua grande efi-

ciência, são, muitas vezes, empregados como material isolante. O exemplo mais conhecido do velho mundo, é o sobreiro "Quercus suber". A fig. 5, tirada de Warming (111), representa um dos casos mais ilustrativos da vegetação brasileira.

Estas cascas possuem, algumas vezes, cor branca ou muito clara, como acontece com as Betulas do hemisferio norte e as Leucadendron do Sul da África; por essa alvura refletem os raios irradiados pelo sol. O abaixamento de temperatura por tais medidas pode ser consideravel. Assim, o lado insolado de uma Betula mostrou no cambio uma temperatura de $3,4^{\circ}$ mais baixa do que a de um pinheiro próximo e nas mesmas condições (Gerlach, citado por Huber, 30).

O perigo do aquecimento do cambio é conhecido na Silvicultura até em climas bem temperados. Depois de uma derrubada de árvores, as que ficam, especialmente as de folhagem caduca, perdem a proteção que lhes era proporcionada anteriormente pelas visinhas; muitas vezes sofrem especialmente na primavera, quando a copa nua deixa passar os raios solares. Este perigo tambem deve ser tomado em consideração pela Sil-



Fig. 6

Cardiospermum sp. — frutos cheios de ar; o inferior, aberto, deixa ver os septos com duas das tres sementes.

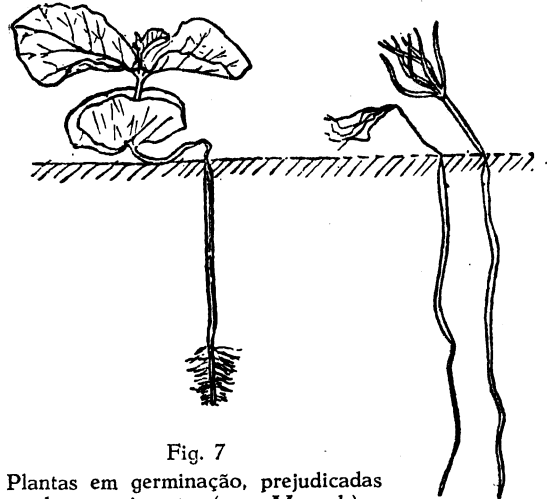


Fig. 7

Plantas em germinação, prejudicadas pelo aquecimento (seg. Muench).

vicultura nascente no Brasil.

Muito sensíveis são as sementes durante a época de sua formação. Entre os meios de proteção salientamos os pelos que as envolvem e que mais tarde servem como órgãos planadores, por ex. nas paineiras, no algodão, etc. Com seus interstícios de ar formam uma camada bem isolante. A cor branca e brilhante do indumento, tão vistosa nos frutos abertos, reflete e não absorve os raios solares. Muito frequentes são frutos inflados, cujo conteúdo de ar isola as sementes (fig. 6).

Outro perigo que deve existir mas sobre o qual não conhecemos dados precisos, relaciona-se com o aquecimento das camadas superficiais do solo. O calor, às vezes excessivo, pode transmitir-se aos caules das plantas. Especialmente as plantinhas novas que ainda não podem formar sombra com a própria folhagem, correm esse perigo. A literatura da Silvicultura costuma apresentar tais perigos para plantinhas em figuras como a fig. 7. E' interessante notar que as plantinhas do gênero *Eucalyptus*,

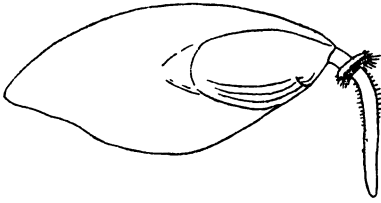


Fig. 8
Eucalyptus ficifolia — germinação.

cujo habitat parece exigir maior proteção contra esse perigo, são munidas de um anel (fig. 8) que circunda o lugar em que a planta está em contacto com a superfície do solo (vide Accorsi 1).

Se a época da germinação coincide com a estação chuvosa, é verdade que o solo húmido não apresentará temperaturas tão elevadas que ultrapassem 40° a 50° C.

Mais incidentes são as influencias da temperatura provocadas pelas queimaduras, de que trataremos no trecho que se refere aos campos. A proteção mais eficiente contra tais temperaturas consiste na formação de órgãos subterrâneos que conservam a vida das plantas numa profundidade onde temperaturas elevadas, climatéricas ou provocadas pelas queimaduras, não se registram. (Vide Beadle, 3).

c) — DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA

1) — *Microclima*

Para considerar os efeitos da temperatura, não é suficiente levar em conta somente os dados gerais, fornecidos pela climatologia. O fato de que, pela irradiação, o solo e as plantas podem mostrar temperaturas bem diferentes das do ar já demonstra que é necessario estudar o clima especial de qualquer habitat, o chamado microclima.

Nos climas árticos e alpinos, muitas plantas costumam formar tufos densos, chamados "almofadas vegetais". No interior de tais aglomerações a temperatura, pela irradiação solar, pode ultrapassar consideravelmente a temperatura do ar. Medidas tomadas na Groenlandia mostraram temperaturas acima de 40° em tais associações, temperaturas essas desconhecidas na Macroclimatologia desse país ¹⁾. Além da forma da cobertura vegetal,

¹⁾ — Segundo cálculo de Wegener, citado por Stocker (95), no nordeste da Groenlandia, a temperatura média do ar livre durante o mês de

tambem a exposição e a inclinação do terreno influem grandemente sobre a força de irradiação.

Mas, não só a recepção dos raios solares como tambem a emissão destes tem grande influencia em certos terrenos. A irradiação dos raios que partem da terra se dá sempre, especialmente com ceu descoberto. Durante grande parte do dia, a perda de calor por emissão é sobrepujada pela irradiação dos raios solares que aquecem o terreno (Compare fig. 12, pag. 39). Com o declinio do sol e em noites claras e calmas, o solo e tambem as plantas resfriam-se por emissão de raios caloríficos. O ar próximo resfria-se tambem, e como o ar frio é mais pesado, desloca-se para os lugares baixos.

Assim nascem correntes de ar bem perceptíveis em regiões montanhosas, onde, em tardes calmas, todo o ar se põe em movimento em direção aos vales. O vento que nestes se forma à noite, pode ser muito intenso, tendo sido este fenômeno descrito e estudado principalmente nos vales do Ródano e do Reno, podendo, no entanto, ser constatado da mesma forma, nas montanhas e encostas do Brasil.

Assim o Jardim Botânico do Rio de Janeiro é muitas vezes favorecido, nas tardes de dias quentes, com uma ventilação de ar fresco que desce das encostas do Corcovado, com certa regularidade.

Ha casos onde o ar resfriado não é conduzido para fora, acumulando-se em depressões ou bacias sem saída. A existencia de ar frio em tais locais, assinala-se muitas vezes, pela formação de nevoeiros, porque o ar frio pode conter menos humidade do que o ar quente. Ultrapassado o ponto crítico, a humidade se precipita, formando nevoeiro e sereno ou geada. O nevoeiro impede irradiação e resfriamento ulteriores. Se o ar estiver muito seco, o resfriamento não produz formação de nevoeiro e a emissão de raios continua inalterada. Neste caso, a diferença de temperatura entre o fundo de tais bacias e as elevações adjacentes, pode alcançar valores muito grandes.

Na Climatologia de Koeppen (40) figura um caso em que no vale profundo duma "dolina" do Karst, na Istria, essas diferenças ultrapassam 30° C. Geralmente tais diferenças não são assim tão grandes porque as baixadas frequentemente têm uma saída do que resulta uma mistura das camadas de ar.

No seu curso descendente, o ar frio pode ser represado por anteparos, como diques, elevações de estradas, bosques, etc. A fig. 9 representa o caso frequente, onde uma casa retem o ar

Julho foi de 4,4°C., mas a media do mesmo mês quando tirada dentro de tufos de vegetação foi de 13.0°C.

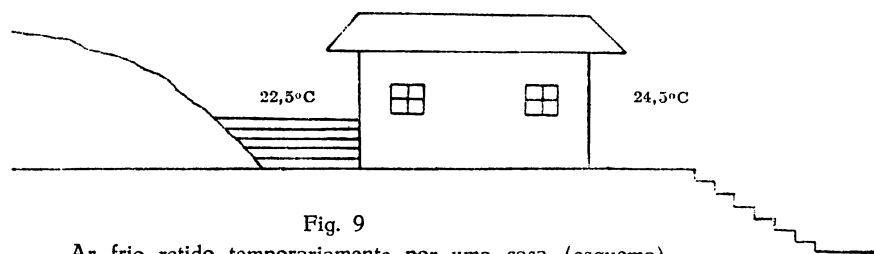


Fig. 9

Ar frio retido temporariamente por uma casa (esquema).

frio temporariamente, de maneira que, nas horas vespertinas, a diferença de temperatura dos dois lados, pode ser sensível.

A cultura, neste país, especialmente a cafeicultura, conhece o fenômeno e sabe perfeitamente que as baixadas estão mais expostas ao perigo do frio do que as encostas e os cumes das colinas. Quando se forma a geada, podemos observar frequentemente que esta se limita às baixadas ¹⁾.

Naturalmente, outras influências também intervêm; a temperatura decresce especialmente quando não é contrariada por condução térmica. A terra húmida e compacta esfria menos facilmente do que a terra seca e fofa; pranchas e dormentes de madeira podem se revestir de geada, ao passo que os de ferro e portanto trilhos ficam isentos dela.

Na composição das associações vegetais, o microclima exerce grande influência, eliminando pelo calor ou pelo frio as espécies menos resistentes. Nos Alpes conhecemos certas depressões do terreno ("snow pockets") onde a neve perdura por mais tempo e onde o frio da noite só permite a existência de certas espécies características, ao passo que toda a vegetação restante dos arredores é suprimida.

A influência do microclima foi demonstrada primeiramente por Gregor Kraus (41). Hoje, o assunto é muito estudado nas zonas temperadas, onde sua influência sobre muitas culturas, especialmente no reflorestamento, é muito importante. Nos climas temperados o frio é tomado em consideração particularmente na microclimatologia; nos climas mais quentes como no Brasil, são os excessos de calor que se revelam de certa importância e merecem a nossa atenção.

¹⁾ — *Em regiões expostas ao perigo de geadas prematuras ou tardias o combate a estas se faz por meio de neveiro artificial, fumaça, etc., que diminuem a emissão de raios térmicos: pressupõe-se um serviço meteorológico capaz de reconhecer os dias críticos. A organização de um tal serviço no Brasil não seria difícil.*

2) — *Macroclima.*

A distribuição geral da temperatura sobre a terra também obedece às leis da irradiação dos raios solares e da reemissão destes. Nas regiões do equador, os raios solares caem, diariamente, sob um ângulo reto ou pouco agudo. Quanto mais nos afastamos do equador, mais agudo se torna o ângulo da irradiação, decrescendo a eficiência desta com o seno do mesmo ângulo. Num dia dos equinoxios o valor da irradiação do meio dia decresce do equador ($\text{sen. } 90^\circ = 1$) para os polos, onde teoricamente, se não fosse a difusão, a eficiência dos raios solares, horizontais, seria igual a zero.

Ao efeito da obliquidade dos raios, acrescenta-se a influencia das camadas atmosféricas que absorvem uma parte dos raios solares. Quanto mais agudo o ângulo, mais espessa se torna a camada atmosférica que deve ser atravessada e menos raios luminosos e caloríficos alcançam o solo.

Como a posição do sol e o ângulo em que caem os raios solares nas estações do ano variam, as zonas de maior aquecimento deslocam-se, oscilando entre os dois trópicos: no de Capricornio o sol está no zênite em 23 de Dezembro, solstício esse que significa, para o hemisferio sul, o máximo do verão. O solstício no trópico de Cancer, em 21 de Junho, determina o verão no hemisferio norte, ao passo que então o hemisferio sul se encontra nos meados do inverno.

Nesse dia em São Paulo, no trópico de Capricornio, o sol culmina sob um ângulo de 43° . Em toda zona tropical, o sol culmina duas vezes por ano no zênite, em datas que variam entre os equinóxios primaveril e outonal do equador e os solstícios invernal e estival dos dois trópicos.

Entre os trópicos, teoricamente, deveríamos encontrar duas vezes por ano, dois períodos de maior calor que alternariam com dois períodos de menos calor. Mas, como em toda esta zona a posição do sol ao meio dia é muito elevada, estas diferenças de estações são pouco ou nada sensíveis, ficando assim a zona tropical sempre quente.

A partir dos trópicos para as latitudes mais elevadas, encontramos um só verão bem nítido, onde, no dia mais longo, o sol não alcança mais o zênite. No inverno os raios solares caem cada vez mais oblíquos, até que nos círculos polares chegamos a uma latitude onde, no solstício invernal, o sol, até ao meio dia, não ultrapassa o horizonte, ao passo que no solstício estival não desaparece, ficando o ceu claro durante toda a noite. (Sol de meia noite).

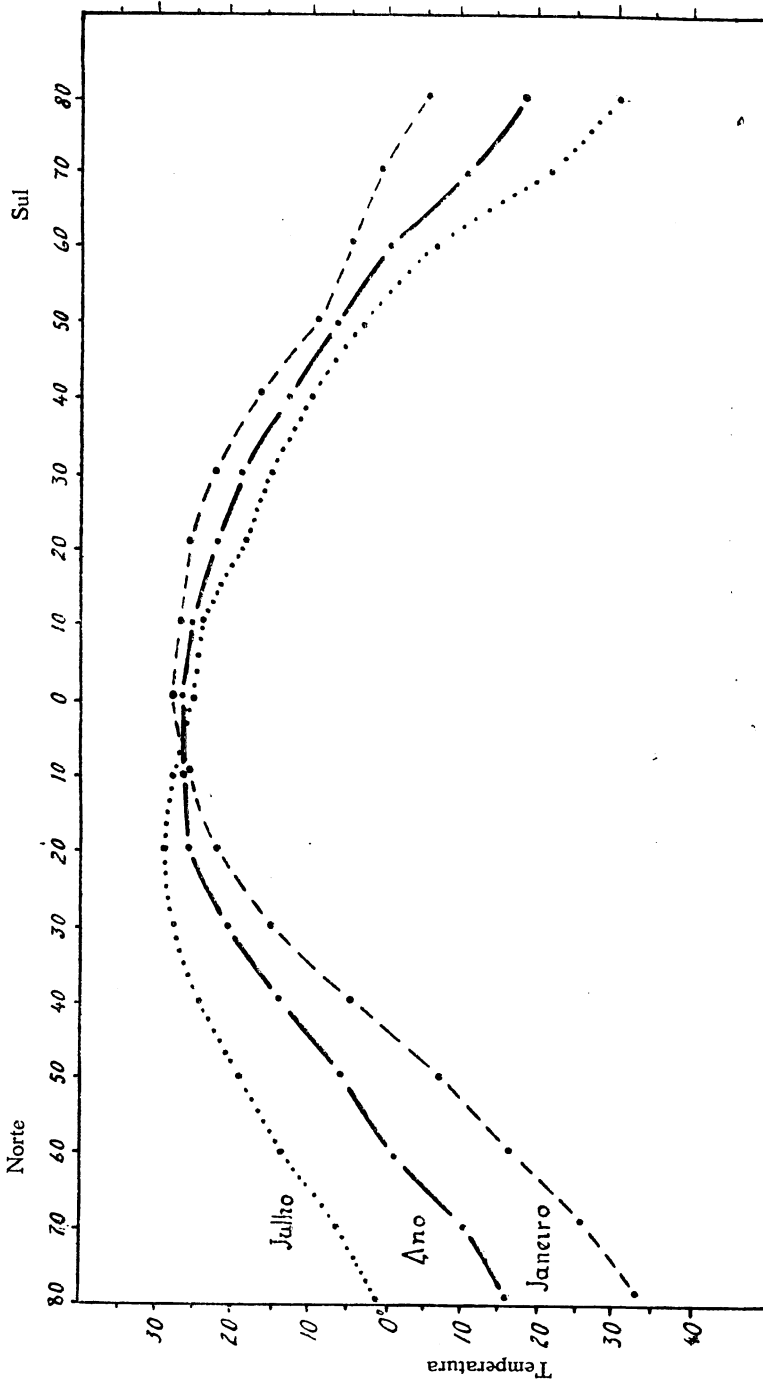


Fig. 10
Temperaturas medias das latitudes norte e sul (seg. dados de Spitaler, Batscheider, Hann e Koeppen).

O resultado de tudo isso é duplo. Primeiro, o calor decresce, em media, do equador para os polos. Segundo, as diferenças de temperatura entre o verão e o inverno crescem do equador para os polos. Calculando-se a temperatura media para cada latitude e ligando-se os valores num gráfico, como o da fig. 10, obtem-se uma curva que, para as medias anuais, parece bastante simétrica. A temperatura media anual é maior entre 10° norte e 10° sul, onde quasi não varia. Decresce depois continuamente até alcançar -16,7 a 80° de lat. norte, e -19,8 a 80° de lat. sul.

Os meses com temperaturas extremas do ano não são Junho e Dezembro, porque os efeitos do aquecimento e do resfriamento se atrazam ¹⁾. O mês mais quente no hemisferio sul — em media — é Janeiro que traz ao hemisferio norte o frio mais intenso. O inverno se dá com o mês de Julho. A fig. 10 apresenta, tambem, as temperaturas medias destes dois meses, mostrando assim a amplitude media das variações estacionais, nas diferentes latitudes.

Vê-se que estas variações são muito maiores no hemisferio norte do que no hemisferio sul, fato este de grande importância para a Ecologia vegetal e a Economia humana.

Clima continental e oceânico.

A explicação deste fenômeno repousa na distribuição dos continentes e dos oceanos. A terra firme dos continentes aquece-se muito mais do que a agua dos oceanos, considerando-se só as partes superficiais. (Explica-se isto menos pelo alto valor do calor específico da agua: os raios solares que alcançam a agua têm que aquecer uma camada muito mais espessa, não tanto porque os raios passam pelas camadas superficiais, como porque sempre ha uma mistura e um movimento na agua, que substituem as camadas superficiais por outras mais frias de maior profundidade). Como o ar recebe seu calor indiretamente através da superficie terrestre ou marítima, seu aquecimento sobre os continentes será maior do que sobre os mares. Mas, pela mesma razão, a emissão de raios na estação fria é mais forte sobre a terra do que sobre a agua. O mar age assim como um grande reservatorio de calor, suavizando as variações diarias e anuais.

Como o hemisferio sul é coberto em grande extensão por oceanos, ao passo que o hemisferio norte possui mais continentes, a variação anual neste último deve ser, em media, maior.

A tabela seguinte apresenta alguns dados climatéricos de estações da Europa e da Siberia, que ficam todas na mesma

¹⁾ — Em clima marítimo o atraso pode ser de dois até três meses, devido ao aquecimento e resfriamento vagarosos da agua.

latitude e mostram a continentalidade progressiva a partir de Valencia (Irlanda) no Oceano Atlântico até uma estação da Sibéria ocidental.

TABELA 3

Temperaturas médias em algumas estações em 52° Latitude norte (100 m. acima do nível do mar) (Seg. Hann, 23)

	<i>Valencia</i> (Irlanda)	<i>Alemanha</i> <i>Ocidental</i>	<i>Varsovia</i>	<i>Kursk</i>	<i>Orenburg</i>	<i>Sibéria</i> <i>Ocidental</i>
Longitude .	10,3° W	7,2° E.	21,0° E.	36,2° E.	55,1° E.	80,2° E.
Janeiro ...	6,8°	1,1°	-4,3°	-9,9°	-15,4°	-17,5°
Julho	14,6°	17,3°	18,5°	19,3°	21,6°	22,6°
Ano	10,1°	9,0°	7,2°	5,2°	3,3°	2,9°
Variação ..	7,8°	16,2°	22,8°	29,2°	37,0°	40,1°

Na estação de caráter mais oceânico, a diferença média entre o mês mais quente e o mês mais frio, ou a variação anual, é de 7,8°. Na estação mais continental, esta variação atinge 40,1° C. A amplitude de tais variações é da maior importância: em Valencia não há excessos de frio nem de calor, ao passo que na Sibéria são alcançadas temperaturas tão baixas e tão altas que devem exercer uma influência eliminatória sobre a vegetação. Plantas que não suportam o frio podem existir em Valencia, ao passo que, um número cada vez maior de espécies sensíveis é eliminado ao progredirmos para o interior do continente.

Ao inverso destas, temos plantas que precisam de muito calor durante a época de vegetação, como por exemplo o milho e a videira que frutificam somente em regiões onde o mês mais quente atinge 18° até 20° C. Se tais plantas são anuais ou resistem durante a época de repouso a temperaturas baixas, podem ser cultivadas em estações continentais mas não em oceânicas, embora a média anual nas últimas possa ser maior.

Em comparação com a tabela precedente, vemos na tabela seguinte que as estações das costas sul-americanas têm um clima nitidamente oceânico.

Como nas latitudes mais altas prevalecem os ventos ocidentais, as estações ao oeste do nosso continente acusam mais a influência do oceano do que a costa oriental, de onde resulta um tipo mais marítimo do clima de Valparaíso e Valdivia do que de Baía Blanca e Montevideo. Mas, a comparação entre Baía Blanca e New York, em latitudes comparáveis, mostra como é grande a diferença, pois só a última cidade evidencia um caráter bem continental.

TABELA 4

Temperaturas médias de algumas estações sul-americanas em comparação com New York.

	Montevideo	Valparaiso	Baía Blanca	Valdivia	New York
Latitude	34,6° S.	33,2° S.	38,7° S.	39,8° S.	40,7° N.
Mês mais quente ..	22,0°	17,5°	22,5°	16,1°	23,1°
Mês mais frio	10,4°	11,5°	7,5°	7,2°	-1,0°
Variação anual ...	11,6°	6,0°	15,0°	7,9°	24,1°
Média do ano	16,2°	14,3°	14,6°	11,6°	10,2°
Média dos mínimos alcançados anualmente	1,0°	6,0°	-3,0°	-1,0°	-18,0°
Média dos máximos alcançados anualmente	35,0°	28,0°	38,0°	32,0°	35,0°

Comparem-se só os extremos mais baixos, em media anual, alcançados por New York com os de Baía Blanca para se compreender que a eliminação de plantas não muito resistentes ao frio, deve ser muito mais rigorosa na América do Norte do que na América do Sul. Mais adiante vamos ver que assim se explica a pequena extensão na América do Sul, da zona de florestas com folhas caducas no inverno, cuja existencia é tão característica nas zonas temperadas frias dos continentes setentrionais.

O extremo mínimo anual em Baía Blanca é de -3° C., exatamente o mesmo alcançado em Nice, na Riviera Francesa. A Riviera protegida contra os ventos do norte é afamada pelo seu clima suave, as vezes chamado sub-tropical, e que permite a cultura ao ar livre de muitas plantas de regiões quentes, não só de laranjeiras e limoeiros como até de palmeiras.

Este extremo mínimo anual de -3° significa que temperaturas baixas são bem passageiras, geralmente de duração de poucas horas, o que não chega a prejudicar mortalmente muitas plantas delicadas. Temperaturas parecidas também são conhecidas nos planaltos brasileiros. Assim, não é de admirar que nas ruas e encostas da Riviera sejam encontradas as mesmas Acacias e Eucalyptus que cultivamos no Brasil. Vê-se frequentemente também uma Anacardiacea, *Schinus molle*, uma nossa Aroeira que se dá muito bem nessa região. Seria facil enumerar outras plantas cultivadas ali e de origem brasileira (*Tradescantia zebrina* e *fluminensis*).

Desde os seus inicios, a Fitogeografia sempre tentou dar uma divisão da vegetação do mundo, segundo suas exigencias para com o calor. Muito considerada foi a de A. de Candolle (15), que distinguuiu:

1) — Plantas hequistotérmicas ¹⁾ das zonas árticas e antárticas, além dos limites árticos da floresta, plantas essas que se contentam com um calor mínimo.

2) — Plantas microtérmicas que já precisam de mais calor, contentando-se, porem, com um verão breve e fresco e suportando invernos frios. Encontram-se no limite florestal e aquem deste.

3) — Plantas mesotérmicas, com exigencias moderadas quanto ao calor, encontrando-se, mais ou menos, nas latitudes de 22° até 45° N. e de 22° até 40° S. Este grupo é heterogeneo, dependendo uma parte, de verões quentes e outra evitando invernos muito frios.

4) — Plantas megatérmicas, as que se encontram no Equador e entre os dois trópicos e que dependem de uma temperatura sempre elevada.

5) — Plantas xerofíticas ou xerófilas que são adaptadas à seca e que moram nas estepes e desertos das zonas quentes e moderadas.

O 5.º grupo, que colocamos em último lugar foi introduzido por De Candolle por não serem as outras divisões suficientes para abranger todos os tipos. A criação deste grupo quebra o sistema que distribuiu as plantas segundo o calor; foi, porem, necessaria. E' verdade que a existencia ou a falta de humidade influe, pelo menos tanto quanto o calor, na distribuição da vegetação e por isso vamos ver mais adiante que uma divisão adequada toma em consideração do mesmo modo, a temperatura e a humidade.

A climatologia moderna leva em conta os dados da Fitogeografia; em analogia a De Candolle (15) o esquema climatológico hoje em dia mais citado, o de Koeppen (40) divide os climas essenciais da terra como segue:

- 1) — Climas de neve.
- 2) — Climas "boreais" ou das florestas e das neves invernaes.
- 3) — Climas cálido-moderados, pluviais.
- 4) — Climas tropicais, pluviais.
- 5) — Climas secos de estepes e desertos.

Clima de montanha.

Além da latitude geográfica e do carater oceânico ou continental de um lugar, o calor reinante depende muito da altitude do mesmo. Quanto mais alta uma estação, tanto mais baixa será a temperatura. Esse decréscimo da temperatura deve-se à expansão das massas atmosféricas quando estas são ele-

¹⁾ — *Hekistothermics* do grego: *hekiston* = mínimo.

vadas. Subindo a uma altura onde a pressão atmosférica é menor, deveriam perder pela dilatação aproximadamente 1°C em cada 100 ms. de altitude. Na realidade, este abaixamento "adiabático" da temperatura é menor, devido à condensação do vapor d'agua que contem. Quando o resfriamento chega a tal ponto que o ar não pode mais conter toda a agua que tinha ao subir, assistimos, então, à formação de neblina ou de nuvens. Esta condensação d'agua é ligada a um desprendimento de calor, fenômeno esse que diminue o resfriamento adiabático. Assim, o "gradiente de temperatura", por 100 ms. de altitude, geralmente encontrado, varia entre 0,4° e 0,9°, conforme a humidade do ar.

Camadas de ar que descem, sofrem um aumento recíproco da temperatura que, desta vez, não é diminuído por condensação d'agua porque estas camadas, pelo aquecimento, adquirem a capacidade de conter mais humidade. Deste modo, os ventos que descem das serras e planaltos, chamados "Foehn", geralmente são secos. O fenômeno, conhecido especialmente nos Alpes europeus, de onde deriva sua denominação, é muito frequente em todo o mundo, podendo ser constatado também nas baixadas, ou no sopé dos planaltos brasileiros, como no Rio de Janeiro e em Santos. Nesta última cidade notamos numa noite de vento noroeste, seco e bastante forte, entre os dias 30 e 31 de Dezembro de 1941, temperaturas de 29° à 30° C., ao passo que no planalto sobrejacente e na cidade de São Paulo, foram medidas temperaturas ao redor de 21° C. 1).

Como tais ventos são muito secos, não deixam de ter certa influencia sobre a vegetação costeira.

Não devemos nos admirar que os efeitos do "Foehn" sejam opostos a esse acúmulo de ar frio nas baixadas, tratado na pag. 26. Nesse caso, trata-se de camadas de ar que descem com lentidão relativa sobre declives fracos. Aqui o aumento da temperatura, pelo abaixamento do ar, é diminuto, muito menor do que a perda de calor pela emissão de raios. No caso do "Foehn", esta causa de resfriamento pode ser negligenciada, tratando-se de grandes massas de ar, movimentadas rapidamente e vencendo grandes diferenças de nivel.

1) — *As indicações de Santos para esses dias são as seguintes:*

Dia	Temperatura		Humidade relativa			Vento			
	9 h.	15 h.	21 h.	9 h.	15 h.	21 h.	9 h.	15 h.	21 h.
28.12	30.7	32.0	23.6	78.	74.	95.	C.	C.	C.
29.12	28.6	32.5	24.6	78.	66.	95.	C.	C.	C.
30.12	28.4	33.6	30.0	79.	64.	66.	C.	C.	N.W.3,6
31.12	29.6	26.4	23.0	66.	86.	98.	N.W.6.8	S. 8.9	S. 3,4

O decréscimo das temperaturas com a altitude é consideravel; uma elevação de 1000 ms. significa um abaixamento de temperatura media de mais ou menos 4° até 8° C. Para alcançar o mesmo efeito ao nivel do mar, teriamos que nos aproximar, mais ou menos 10° de latitude, do polo, ou seja, mais de 1000 kms. Uma montanha de três ou quatro mil metros de altitude, nas regiões sub-tropicais, pode assim apresentar no sopé uma vegetação sub-tropical e ter, no seu cumé uma vegetação do tipo ártico.

Uma das primeiras descrições detalhadas deste fenômeno e que se tornou clássica, foi a de A. von Humboldt (31) sobre a vegetação que reveste o Pico de Tayde em Tenerife. Lá, distinguiu ele uma zona basal quente, como a zona da videira que, mais para cima, na altura de 400 a 600 ms. é substituida pela zona do loureiro. Mais adiante vamos ver que as árvores do tipo loureiro constituem uma certa formação vegetal bem definida; esta formação é caracterizada em Tenerife pelo Louro, *Laurus canariensis*, o "Vinhático", *Phoebe indica*, o *Ilex platyphylla* e outras especies que cobrem as encostas da montanha até uma altura de mais ou menos 1700 ms. Para cima segue a zona das Coníferas que são representadas, ali, pelo *Pinus canariensis*; finalmente, onde as árvores não podem mais existir estendem-se campos de plantas baixas caracterizados pela "Retama" (*Spartocytisus supranubius*), formação essa que chega até à região nival. (Descrição moderna em Hirmer, 28).

Se as zonas que o viajante percorre ao subir uma montanha lembram, até certo ponto, as transformações da vegetação que presenciemos viajando em direção aos polos, essa semelhança naturalmente é relativa. A montanha sempre fica sujeita aos caracteres climatológicos de sua latitude geográfica; as variações diarias e anuais são as da latitude respectiva. Na região nival, uma montanha no equador sofre de dia durante todo o ano, uma irradiação solar muito forte que alterna com temperaturas muito baixas à noite. Os vegetais alpinos que aí vivem, estão expostos cada dia, a variações extremas de temperatura que devem influir grandemente na fisiologia dessas plantas e cujos estudos mal foram iniciados (ver pág. 20).

Alem disso, o clima de montanha difere tambem do das regiões baixas, por ter geralmente carater mais oceânico. As variações diarias e anuais são menores, especialmente em picos isolados, cuja temperatura se põe em equilibrio com a das grandes massas atmosféricas vizinhas, ficando assim diminuida a influencia da irradiação terrestre. Nos grandes planaltos isso se torna menos sensível.

O resfriamento do ar nas montanhas traz consigo maior condensação e precipitação de água, tornando, por isso, as estações montanhosas mais húmidas, como vamos ver na pág. 101.

3) — *Termoperiodismo*

Já nas páginas anteriores ficou evidente que o comportamento das plantas tem que se adaptar à periodicidade da temperatura. Na pág. 19 mencionamos a variação da resistência ao frio nas diversas estações do ano, vendo-se na fig. 4 que o aumento ou a diminuição da resistência acompanham as estações num ritmo interior ou autônomo inerente às plantas.

E' a mesma periodicidade que encontramos já ao falar de certos biotipos (pág. 16) ecológicos que diferem de lugar para lugar e cuja periodicidade interna no habitat concorda perfeitamente com o ritmo das estações. Vimos então que a data do despertar primaveril e o começo do repouso outonal são acontecimentos de primeira importância para a vida das plantas. Existe um ramo especial da fitogeografia, a "fenologia"¹⁾, que estuda estas datas (como também a da floração e da frutificação) das plantas em diversas regiões, elaborando-se assim mapas fenológicos, muito uteis quando se trata de caracterizar o clima de certa região. Compreendemos agora que ligada a esta periodicidade se encontra uma maior ou menor resistência aos fatores variáveis do clima.

Falámos até agora de plantas perenes que cada ano repetem a mesma periodicidade. Muito interessantes porem tornam-se tais fenómenos, quando se trata de plantas anuais ou bianuais, isto é de plantas que só uma vez na sua vida florescem e frutificam. As plantas anuais muitas vezes são plantas de primavera cujas sementes aproveitam a humidade primaveril, proveniente do degelo das neves, ou das chuvas de primavera. Tais plantas, especialmente em estepes e desertos, aceleram seu desenvolvimento, florescendo logo e amadurecendo as sementes antes da seca ter esgotado toda a humidade.

Muitas vezes estas Terófitas²⁾ não têm periodicidade autónoma, germinando ao sabor das chuvas que, nos desertos, podem ser irregulares e até excepcionais, mas em consequencia das quais a região logo se cobre de uma vegetação exuberante mas efêmera. Na maioria dos casos porem, a periodicidade das plantas anuais é mais ou menos fixa, o que especialmente se dá com as bianuais. Entre ambos os tipos encontram-se muitas plantas cultivadas, como os cereais e muitos legumes. Este fato não é

¹⁾ — *Phaenologia*, do grego *phainomai* = *apareço*.

²⁾ — *Therophytas*, do grego, *ther* = *primavera*.

de admirar: a cultura humana nasceu em regiões secas e as primeiras plantas de cultura são do tipo das terófitas das estepe. Por causa delas, o assunto da periodicidade toma um aspecto de grande importância prática: ha cereais, como trigo, aveia, cevada e centeio que apresentam formas anuais e bianuais. Os trigos "de verão" por ex., germinam na primavera e terminam seu ciclo no mesmo ano. Os trigos "de inverno" germinam no outono, passam por um periodo de repouso durante o inverno, para espigar e frutificar só no ano seguinte. Tal comportamento tambem pode ser encontrado em plantas selvagens. Onde ha duplos periodos de chuva, um no outono, outro na primavera, estes são aproveitados pelas sementes que germinam já no outono de sua formação. Neste caso, as plantinhas passam o inverno em condições desfavoraveis, na melhor das hipóteses protegidas por uma cobertura de neve. O periodo de vegetação no outono serve só para se enraigarem bem; as plantas ficam rasteiras, juntas ao chão, formando rosetas de folhas como a cenoura, ou ramos laterais que por sua vez se enraigam e se ramificam. Este último é o caso dos cereais de inverno. As espigas são preformadas e desenvolvidas só na primavera seguinte.

Este comportamento diferente que as plantas mostram no outono e no verão é ditado pelas condições do ambiente, pela luz (vide Bol. 4) e especialmente pela temperatura. Se uma semente de um trigo de inverno for semeada na primavera, a plantinha reagirá como se fosse outono: ramifica, enraiga mas não espiga. Esta ultima fase do desenvolvimento só será produzida se a planta tiver passado por um estagio frio. Foi especialmente o russo Lysenko (49) que introduziu, baseado neste fenômeno, o metodo da "vernalização". Para fazer entrar a plantinha na fase do espigamento é preciso submete-la antes durante 40 ou 50 dias a temperaturas baixas (variando segundo as especies). Esse tratamento é eficiente quando aplicado à semente que já começou a germinação, mas não à semente em repouso. Na prática é importante poder semear sementes vernalizadas, talvez em anos pobres em neve e quando o frio destruiu a sementeira do outono, ou ainda quando esta foi impedida por um inverno prematuro.

Para a vernalização é suficiente embeber as sementes com tão pouca agua que a germinação não ultrapasse os estados iniciais, sem produzir raizes nem brotos. Vernalizadas nestas condições as sementes podem ainda passar pelas máquinas de disseminação.

Talvez esses métodos não sejam de tão grande importancia como poderia parecer, porque a prática sempre poderá recorrer a biotipos cuja adaptação ao clima torna desnecessario qualquer

tratamento. O assunto entre nós é estudado especialmente no Uruguai, no Instituto da Estanzuela (Literatura em Canel (11,12). Teoricamente como se vê é interessante notar tais fatos que influenciam o periodismo interior das plantas e lembrar-se que existem diversos estagios diferentes do desenvolvimento de uma planta. A fisiologia chama o estagio em que o espigamento da planta pode ser influenciado pela aplicação de certas temperaturas, o termo-estagiô. Acabado este, a temperatura não influencia mais. No capítulo do fotoperiodismo veremos então que fenômenos análogos, desta vez de iluminação, podem entrar em jogo.

Os fenômenos que acabamos de mencionar se fazem sentir somente na planta "despertada". No estado de repouso a semente porem não é perfeitamente insensível. As sementes de certos Pinheiros só germinam depois do frio do inverno, portanto na primavera. Sem terem quebrado o repouso, perceberam a existencia do frio invernal. Isto quer dizer que não ha repouso completo, sempre havendo não só respiração como também outras alterações. A Silvicultura conhece especies cujas sementes, se forem impedidas de germinar na primavera, não germinam no verão, mesmo em condições favoráveis. Esperam a primavera seguinte. Qual o mecanismo que move este "relogio interno" não sabemos.

Para que o leitor possa avaliar a amplitude das temperaturas medias durante o ano, em algumas estações brasileiras, damos a seguir alguns gráficos.

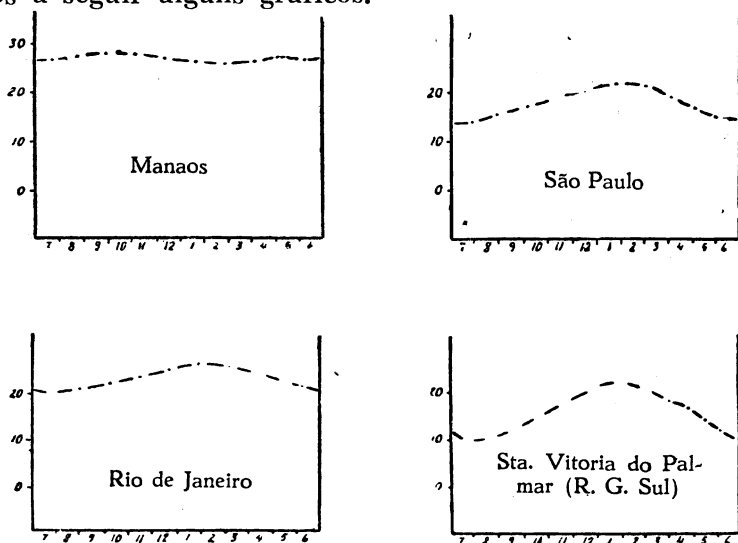


Fig. 11

Curso anual das temperaturas medias em algumas estações brasileiras (Seg. dados de Hann e Morize).

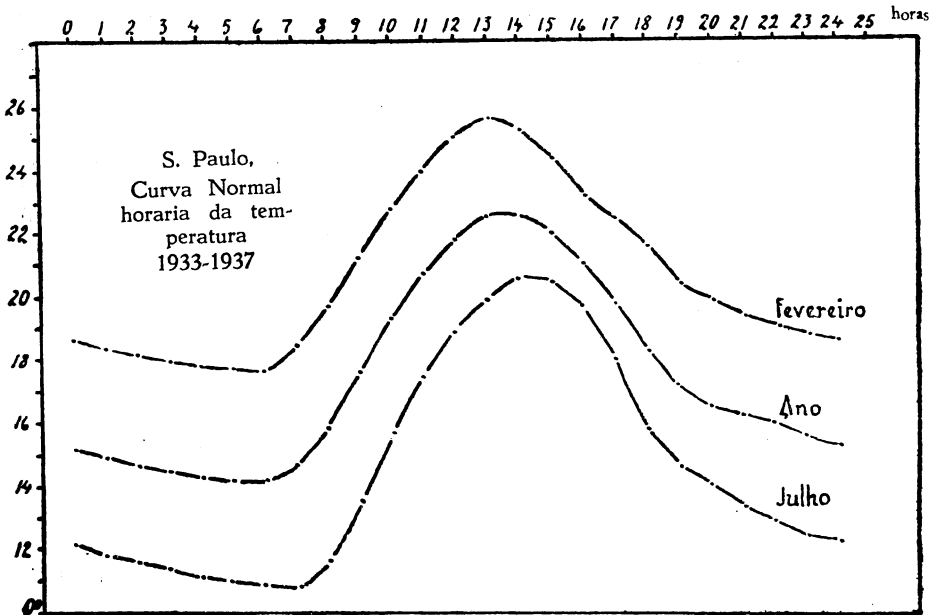


Fig. 12

Andamento médio da temperatura durante o dia em São Paulo, apresentado hora por hora, durante o mês mais quente, o mais frio e em média anual (seg. dados do Observatório Meteorológico de S. Paulo).

O andamento médio da temperatura durante o dia em São Paulo é apresentado hora por hora, durante o mês mais quente, o mais frio e em média anual na fig. 12.

Observa-se o abaixamento regular da temperatura até o nascer do sol, no verão às 6 horas e no inverno às 7. O máximo da temperatura no verão dá-se aproximadamente uma hora antes do invernial, devido à formação de nuvens meridionais (vide pág. 93) na estação quente.

B) — HUMIDADE**a) — PAPEL DA AGUA NA VIDA DAS PLANTAS.**

O fator mais importante na vida vegetal talvez seja o fator agua. Para a construção da materia orgânica, a planta necessita não só de CO₂, como tambem da mesma quantidade de agua. Esta agua da fotossíntese é, porem, insignificante em comparação com a agua necessitada para outros fins; a substancia viva sempre deve estar embebida por agua. O protoplasma em estado ativo representa uma solução coloidal aquosa, cujo conteúdo em agua, pode ser avaliado em 75%. A maior parte de uma célula vegetativa é, porem, ocupada pelo vacúolo que é uma solução aquosa muito diluida. Assim, não é de admirar que o peso fresco das partes vegetativas das plantas inclua grandes quantidades de agua como mostram os algarismos seguintes:

Agua contida no estado fresco (seg. Jost 35)

Alface (folhas)	94,33%
Alho (folhas)	90,82%
Beterraba (raiz)	87,71%
Batatinha inglêsa (tubérculo)	75,48%

Ao lado destes algarismos, as partes da planta em repouso, como as sementes, parecem pobres em agua:

Agua contida em sementes

Centeio, (Secale cereale)	15,06%
Fava, (Vicia faba)	14,76%
Trigo, (Triticum sativum)	13,65%
Lupinus, (Lupinus)	12,88%

As reações vitais que se processam na planta estão, sem dúvida, ligadas à abundante existencia de agua, que serve de meio solvente e de veículo para as substancias que devem reagir. Entretanto, estas considerações não são ainda suficientes para compreendermos todo o alcance do papel da agua em relação às plantas.

As plantas terrestres tiram os sais minerais necessarios à vida, da terra, onde estas substancias existem em solução muito pouco concentrada. São absorvidas pelas raizes, transportadas pelos feixes e afinal empregadas, especialmente nas folhas, na composição das substancias orgânicas que compõem o corpo da planta.

Uma parte da água que assim penetrou no sistema vegetal é evaporada pelas grandes superfícies das folhas. Muitas vezes, a transpiração é apresentada pelos autores como sendo um processo muito útil e até imprescindível para a condensação dos sais minerais. Como, porém, as plantas de lugares húmidos, onde a transpiração é diminuta, não se mostram prejudicadas até mesmo onde não ha excreção de água por gutação (muitas Filicineae) e, como é duvidoso que nas plantas aquáticas submersas exista um sistema de excreção de água, essa idéa da utilidade da transpiração deve ser considerada com certa reserva.

Na maioria dos casos, ao contrario, a transpiração deve ser considerada como um mal inevitável. A planta terrestre precisa dos gases O_2 e CO_2 para sua respiração e fotossíntese. Estes gases entram pelos estômatos, pelas lenticelas, e, em pequena parte, talvez através da cutícula. Por onde entram gases pode sair vapor d'água. A planta terrestre hospeda, em seu sistema intercelular, uma atmosfera muito húmida, em geral quasi saturada de vapor d'água. Quando a saturação for menor na atmosfera ambiente, deve, necessariamente, escapar vapor d'água do interior da planta para fora. Se a planta fecha os estômatos, impedindo, ou melhor, diminuindo a saída de vapor d'água, impede ou diminue, também, a entrada de oxigênio e de CO_2 . Para então a fotossíntese. Se a planta terrestre quer absorver o CO_2 do ar, geralmente tem que pagar a entrada deste gás com saída de vapor d'água.

Do que acabamos de expor resulta que o fator água deve ser considerado sob o ponto de vista dinâmico, interessando-nos o balanço de água ou a fração: água desprendida mais água consumida para construção, dividida por água absorvida.

A absorção d'água, no caso normal das plantas terrestres, é efetuada pelo sistema radicular que tira a solução contida no solo. Se o solo pode fornecer a água necessaria e se a condução não é dificultada, o balanço será satisfatorio, isto é, a fração citada igual a 1. Se as raízes encontram dificuldades para absorver a água necessitada ou, se a condução é insuficiente, a transpiração deve ser diminuída e, se isso não for possível ou se, com todas as precauções, a planta continua desprendendo mais água do que a substituída, então murchará.

No capítulo que trata dos solos vamos ver que só uma parte da água do solo pode ser aproveitada pela planta, ao passo que uma parte considerável é retida no solo com tanta força que é inaproveitável para a planta. Se a fração aproveitável for insuficiente, dizemos que o solo é seco demais.

Seca fisiológica.

Mas, além dessa "seca física" existe mais um estado ao qual chamamos de "seca fisiológica". Em certas condições, o sistema radicular não pode absorver água, embora esta exista em abundância. Foi novamente Julius Sachs quem demonstrou o caso mais típico: a seca fisiológica causada por temperaturas baixas embora ainda acima de zero. Plantas de fumo e de abóbora murcharam no laboratório de Sachs quando os vasos contendo terra e raízes foram resfriados a 4° ou 2° C, ao passo que as partes superiores das plantas ficaram nas condições normais do laboratório. Tal murchamento pode até ser observado em plantas cujas raízes estão mergulhadas em água ou numa solução nutritiva. A seca fisiológica causada por temperaturas baixas do solo tem importância para o julgamento dos estragos causados pelo frio, como consequências indiretas deste.

Outro fator muito importante que pode provocar a seca fisiológica é a falta de oxigênio. Esta se faz sentir em águas estagnadas e nos solos muito húmidos dos brejos, onde todos os espaços capilares do solo são ocupados por água. Assim, pode-se compreender porque as plantas cultivadas dão geralmente seu melhor rendimento numa terra rica em água mas não desprovida de ar. Mitscherlich indica uma renda ótima de ervilha e batatinha inglesa, num solo cujo sistema capilar (capacidade da água), contém 80% de água. Se os 20% restantes também são encheidos com água, os valores relativos do rendimento diminuem (Lundegardh, 48, pág. 181).

Como parece, a sensibilidade para estas duas causas da seca fisiológica varia para as diferentes espécies de vegetais. Embora faltem ainda dados precisos, devemos supor que, em lugares sempre expostos ao frio, como as regiões alpinas citadas na pág. 20, podem ser encontradas plantas que não são muito prejudicadas pela temperatura fria do solo. Quanto à falta de oxigênio, podemos dizer que muitas plantas terrestres não podem ocupar lugares brejosos, cedendo tais habitats a associações de plantas especialmente adaptadas, menos sensíveis a esta causa da seca fisiológica.

O fato de que substâncias tóxicas no solo, como por exemplo o gás de iluminação, prejudicam também a absorção da água, não é de interesse geral ecológico e só pode ter efeito sobre as plantações nas cidades. A abundância de CO₂ no solo pode ter efeitos parecidos, mas pouco sabemos sobre sua importância na natureza, (vide o cap. solos, à seguir).

Para a planta não importa que a falta d'agua provenha da seca física ou fisiológica. O resultado sempre será a diminuição forçada da evaporação e, se mesmo assim a evaporação excede a absorção, verifica-se o murchamento. No estado murcho todas as atividades das plantas diminuem ou cessam, especialmente a fotossíntese. Mas, ainda que o murchamento seja evitado, a diminuição da transpiração, conseguida pelo fechamento dos estômatos, impede a entrada do CO_2 , cessando também a fotossíntese. A produção das plantas está sempre ligada ao abastecimento satisfatório de agua.

1. — *O balanço da agua. Meios de proteção contra a evaporação.*

Conforme o ambiente onde vivem, as especies de plantas mostram-se mais ou menos bem aparelhadas para manter um balanço favoravel de agua. A Ecologia distingue as Hidrofitas ¹⁾, que vivem n'agua, e as plantas terrestres que ecologicamente são divididas em a) Higrofitas, adaptadas ao ambiente húmido e b) Xerofitas, que vivem em condições ao menos temporariamente secas.

As plantas aquáticas que habitam os mares ou lagos e rios de agua doce, geralmente não possuem adaptações de proteção contra a seca. Como é de se supor, os primeiros meios de proteção desenvolveram-se só quando a vegetação começou a tomar conta de habitats temporariamente ou sempre emersos d'agua. Muitos dos caracteres que distinguem as plantas superiores das inferiores explicam-se pela adaptação à vida terrestre. Isso não é contrariado pelo fato de que muitas especies, gêneros ou mesmo familias de plantas superiores novamente voltaram à vida aquática. E' muito significativo o caso das Podostemaceas, frequentes em rios rápidos e cachoeiras do Brasil, (entre cujos parentes próximos encontramos as Rosaceas e as Saxifragaceas) cuja readaptação à vida aquática em varias especies é tão perfeita que se parecem mais com hepáticas, ou algas, do que com plantas superiores.

Uma das capacidades mais primitivas que as plantas tiveram que adquirir na transição para a vida fora d'agua foi, sem dúvida, a capacidade de tolerar o murchamento. Quando tratarmos da vegetação do litoral marinho, vamos conhecer as associações de algas que habitam o sub-litoral das costas, ficando sempre cobertas pelo mar. Essas algas quando atiradas à praia

¹⁾ — *Hydrophytas, Hygrophytas e Xerophytas, do grego: Hydor = agua, hygros = húmido, xeros = seco.*

pelo vento e pelas ondas, logo murcham e morrem expostas ao dessecamento. Outras especies ocupam as zonas mais elevadas que, com certa regularidade durante a maré baixa, são expostas ao ar, ao vento e à insolação forte. Certas algas verdes, como as frondes das Ulvas, os filamentos das Enteromorphae e varias Cyanophyceae povoam até zonas em que o mar somente chega quando no seu nivel mais alto, ficando assim mais tempo no ar do que na agua. Muitas destas plantas podem secar perfeitamente sem morrer, não causando a perda dagua danos ao protoplasma que logo ao ser humidecido pelas primeiras ondas desperta para nova atividade vital.

O mesmo pode ser dito das algas da agua doce; tambem entre elas existem formas que morrem logo ao secar, ao lado de outras especies muito resistentes. Fora dagua, mas em lugares sempre ou temporariamente húmidos, encontramos as chamadas algas terrestres, como as unicelulares Chlorellas, formando revestimento verde nas cascas das árvores, em pedras, muros, etc. ou os fios dourados das Trentepohlias tão frequentes nos barrancos sombreados que bordam as nossas estradas.

As particularidades que levam o protoplasma de certas plantas a tolerar o dessecamento, ao passo que o de outras é tão sensível, constitue um problema ainda não resolvido. Em todo o caso podemos constatar que esta particularidade absolutamente não se limita às plantas inferiores, embora aí seja mais frequente. Entre as Thallophyta conhecemos relativamente poucos fungos que podem secar no estado vegetativo, mas quasi todos os Lichenes são dotados desta capacidade, tornando-se assim os pioneiros da vegetação que invade e povoa as rochas até em climas bastante áridos. (fig. em Massart I, 382). Entre as Bryophyta e Pteridophyta esta capacidade distingue poucas especies citadas como excepcionais.

Nas últimas, o fenômeno é bem conhecido dos botânicos brasileiros em varias Polypodiaceae, como *Polypodium polypodioides* (L.) Watt e *P. angustum* (H.B.W.) Liebm. (fig. ap. Massart I, fig. 63, 64 sob a denominação *Gymnogramme*, corrigida por Brade (7)) ou em *Doryopteris* sp. que guarnece os troncos das nossas árvores (vide Accorsi ¹⁾). Os botânicos europeus citam neste conjunto *Ceterach officinalis*. Walter (109) menciona para a América do Norte os gêneros *Nothochlaena*, *Pellaea*, *Cheilanthe* e *Gymnopteris*.

Entre as *Sellaginellas* o caso mais citado é o da *S. lepidophylla* que na seca enrola sua folhagem de maneira muito característica. Walter menciona ainda para os Estados Unidos a *S.*

¹⁾ — *Tres publicações na Revista de Agricultura, Piracicaba, 1941, vol. 16, que infelizmente foram omitidas na bibliografia.*

arizonica (108, pág. 19). No Brasil existem varias formas susceptiveis de suportar o dessecamento. Uma das mais resistentes parece ser *S. Sellowii* Hier. (Fig. em Massart, I, fig. 175 sob a denominação de *Lycopodium*, veja Brade 7), — é verdade que o porte lembra um *Lycopodium* fino —; é planta frequentemente encontrada nas rochas do litoral do Rio de Janeiro, como por ex. em Jurujuba.

Entre as Pteridophyta que sobressaem mais neste sentido citamos só as seguintes, cuja classificação devemos a Brade:

Polypodium angustum H. B. Will Lieb.

P. Polypodioides minimum, f. *australis* Herter (*P. Minolepis* Fée).

P. Lepidopteris Langsd. et Fiche.

P. Astrolepis Lieb (*lanceolatum elongatum* Martius).

Doryopteris collina

Selaginella Sellowii.

embora muitas outras especies especialmente dos gêneros *Sellaginella* e *Polypodium* pudessem ser mencionadas.

Nas Phanerogamae as especies cujas partes vegetativas perduram no estado seco são muito escassas. Walter (109 pág. 24) cita as Gesneraceae *Ramondia* e *Haberlea*, a Myrothamnaceae africana, *Myrothamnus flabellifolia* e a Cyperaceae *Carex physodes*. Os norte-americanos referem-se ao "Creosote bush" *Covillea glutinosa* (Maximov, 54 pág. 238). Os casos mais evidentes porem, encontram-se entre as Bromeliaceas epifiticas, no género *Tillandsia*, onde entre outras especies a *Tillandsia usneoides*, a Barba de Velho (América central e América do Sul) goza, neste conjunto, de certa fama. Não só pelo aspecto como tambem pelo comportamento fisiológico parece-se com os Lichenes do grupo da *Usnea barbata*.

A resistencia ao dessecamento constitue o primeiro passo para o desenvolvimento das plantas em direção ao xerofitismo. Geralmente, os livros de Ecologia não fazem caso desta forma de adaptação ao ambiente seco ¹⁾; sua discussão, porem, nos parece básica e muito instrutiva para o esclarecimento de certos conceitos que devem ser aprofundados.

O conceito de seca é vago. Um dessecamento fisico consistiria em tirar de fato toda a agua que não está ligada quimicamente a um corpo. O dessecamento ao qual as plantas estão

¹⁾ — Entre os poucos trabalhos que se ocupam com o lado fisiológico do problema de como a planta suporta o dessecamento citamos o de Iljin (33) estudando *Nothochlaena Marantae* e o de C. Mez (56) sobre o género *Tillandsia*.

sujeitas é o do ar livre e, neste caso, nunca se tratará de um dessecamento completo. O ar, mesmo muito seco, sempre retém uma certa quantidade de vapor. Walter (110, pág. 804) que estudou recentemente plantas "poikilohydricas" da África meridional, encontrou em *Nothochlaena Eckloniana*, *Ceterach cordata* e *Cheilantes hirta*, no estado "seco do ar" valores de 6,7 a 7,4% de água, em relação ao "peso fresco".

A água contida em forma de vapor no ar provem da evaporação de mares e águas doces e de todas as superfícies húmidas da terra, inclusive os vegetais e animais que transpiram. Como a tensão de vapor varia com a temperatura, o conteúdo máximo (em gramas de vapor d'água) de um metro cúbico de ar, sob pressão barométrica normal, revela os valores seguintes:

Temperatura (C)	—20°	0°	20°	40°
g/m ³	0,9	4,9	17,3	51,2

Para a Ecologia vegetal a humidade do ar é um fator de máxima importancia. O ar que contém as quantidades de água indicadas na tabela se diz saturado e não pode absorver mais água. Se o ponto de saturação for ultrapassado, o que muitas vezes se verifica por abaixamento de temperatura, o vapor condensa-se, formando orvalho, nevoeiro, chuva ou neve.

Geralmente, o ar não está saturado d'água, podendo então absorver o que falta. Do valor desta falta ou deficit de saturação depende a razão da evaporação, cuja rapidez é proporcional ao deficit de saturação ¹⁾. Geralmente usam-se os valores complementares indicados pela "humidade relativa". Se chamarmos humidade absoluta à quantidade de água presente no ar num dado momento, a humidade relativa representa o quociente: *humidade absoluta* dividida por *humidade no estado de saturação*, o que pode ser expresso também como o quociente: *humidade atual* dividida por *humidade possível*. Este quociente se exprime em valor percentual da humidade possível.

A quantidade evaporada por um líquido depende de sua tensão de vapor. A tabela seguinte indica as tensões de vapor de água em varias temperaturas. Sobre uma superfície de água, se o equilibrio não for perturbado, vai desprender-se tanto vapor, quanto seja necessario para que a pressão deste alcance os valores indicados. Neste estado a camada de ar estará saturada e conterá a quantidade d'água indicada na tabela anterior.

¹⁾ — *Exatamente à diferença entre as tensões de vapor no estado saturado e a existente no momento (veja mais adiante).*

Tensão de vapor de agua pura e gelo em mm Hg.

Temperatura	- 20°C	0°C	20°C	40°C
Tensão de vapor	0,77	4,6	17,5	55,3

Se dissermos que a velocidade da evaporação é proporcional ao deficit de saturação, podemos precisar agora da maneira seguinte: Se a tensão do vapor da humidade absoluta é igual a e , e a tensão da humidade no estado de saturação é E , o deficit de saturação deve ser expresso como $E - e$, em mm Hg. Esta diferença, para igual humidade relativa, cresce com a temperatura. O deficit de saturação que corresponde à humidade relativa de 90%, em 0° C é de 0,4 mm Hg, ao passo que em 19° C será de 1,9 mm. Para comparar evaporações em temperaturas diferentes será mister recorrer a uma tabela ou a um gráfico como o da fig. 13.

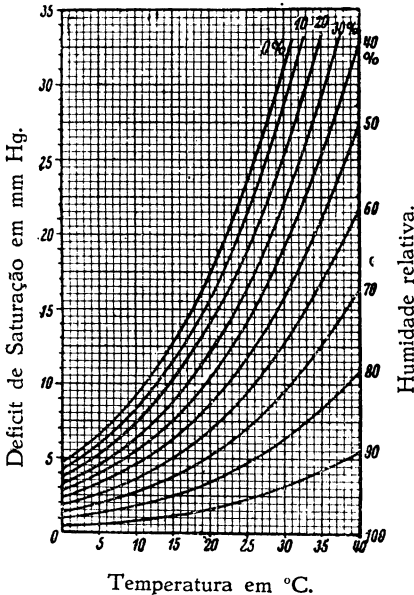


Fig. 13 — Deficit de saturação do ar em vapor da agua, em mm Hg. (ordenadas), em dependencia da temperatura (abscissas). As curvas ligam os pontos de igual humidade relativa (indicados do lado direito). (Seg. Stocker).

Substancias dissolvidas na agua baixam a tensão de vapor desta. A sua evaporação para quando a camada de ar sobrejacente contem menos agua do que o ponto de saturação indica para agua pura. Uma solução saturada de NaCl a 20° C. evapora até que o ar ambiente tenha uma humidade relativa de 75,8%. Sobre o mar que tem em solução mais ou menos, 3,5% de sais, sobretudo de NaCl, a humidade relativa, no momento em que o equilibrio se verificar será de 98% aproximadamente.

Células e tecidos vegetais evaporam tambem até o estabelecimento do equilibrio entre sua tensão de vapor e o ar ambiente. Somente neles o caso é complicado porque constituem sistemas complexos, onde a agua não só figura como solvente de uma solução, como tambem como agua de hidratação, etc.

Como o assunto é complicado e o livro mais recente de Walter (109) não o apresenta com toda a nitidez (veja especialmente a crítica bem fundada de Renner, 79) parece necessário resumir os pontos mais importantes:

Numa célula normal, o suco celular contido no vacúolo é uma solução e possui uma pressão osmótica que corresponde à sua concentração. Por meio desta força, atrai a água do protoplasma ambiente. Esta, porém, será retida no protoplasma pela força de hidratação deste (Quellungskräfte). No equilíbrio, o protoplasma retém a água com uma força igual à força osmótica do vacúolo. O citoplasma, por seu lado, põe-se da mesma forma em equilíbrio com a membrana celulósica que — por capilaridade ou por embebição — no estado de equilíbrio, também reterá a água com a força indicada pelo valor osmótico do vacúolo.

Este esquema é válido para uma célula ao começar a murchar, quando as membranas celulósicas não estão distendidas, não exercendo portanto nenhuma pressão sobre o interior da célula.

No estado distendido da membrana, o caso é diferente; esta exerce uma pressão contrária à força osmótica do interior e uma célula saturada de água não desenvolve sucção osmótica. Neste caso, vai evaporar água com a mesma tensão de vapor do que uma superfície livre de água.

Talvez seja bom resumir em poucas palavras, as condições que regem a absorção e manutenção da água nas células ¹⁾.

Se designarmos com *Sc* a sucção global exercida pela célula inteira, esta sucção depende da sucção osmótica do interior do vacúolo (*Si*), enfraquecida pela ação contrária (*M*) desenvolvida pela membrana celulósica que está mais ou menos distendida. Num estado qualquer, vale a equação:

$$Sc = Si - M$$

No estado saturado, a membrana é distendida até que sua força elástica *M* iguale o valor osmótico *Si*. Neste caso, $Sc = 0$. No caso contrário, quando por evaporação a célula perdeu tanto de seu volume que a membrana perdeu toda tensão, sua força elástica *M* será igual a 0, e $Sc = Si$.

Estas fórmulas que na Botânica moderna sempre são usadas assim, precisam de uma ampliação. A força *M* pode se tornar negativa quando a perda da água conduz à contração da membrana que se curva para o interior. A fórmula então toma o aspecto:

$$Sc = Si - (-M); \text{ ou} \\ Sc = Si + M.$$

Este fenômeno é observado muitas vezes quando a retirada da água é causada por dessecação, ao passo que é relativamente

¹⁾ — Veja o resumo dado pelo autor (76 pág. 39).

raro na plasmólise. Neste último caso, o protoplasma pode se afastar da membrana, geralmente, porque o espaço assim formado pode ser invadido pela solução hipertônica. Quando, ao contrario, a perda d'água se dá por dessecação, o protoplasma para se afastar da membrana, deveria romper ou sua adesão com esta ou a propria coesão, entrando, agora, ar nos interstícios.

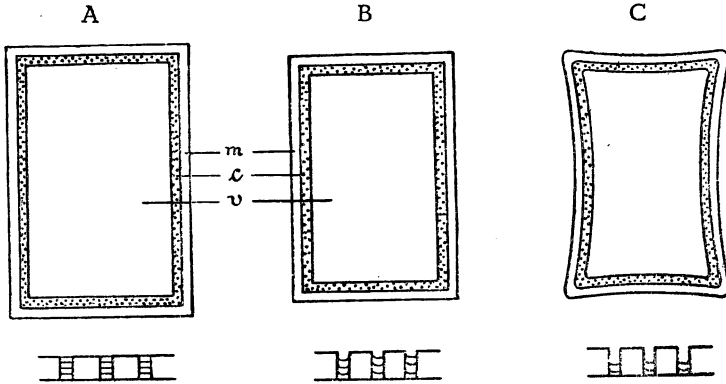


Fig. 14 — Células com membranas: distendida (A), relaxada (B) e contraída (C); m - membrana; c - citoplasma; v - vacúolo. Em baixo, esboço muito esquemático dos meniscos da água que enche os capilares da membrana.

O rompimento da adesão ou da coesão, entrando ar na lacuna, parece encontrar muito maior resistencia do que a separação do protoplasma da parede, quando este pode ser substituído por água ou outro líquido. Por isso, a experiencia mostra que no dessecação frequentemente toda a célula se contrai seguindo a membrana a contração do protoplasma ao qual adere. Em tais casos, nem a coesão da água do vacúolo, nem a adesão desta ao protoplasma, nem a coesão do protoplasma, nem a adesão deste à membrana são facilmente rompidas.

O curvamento elástico da membrana para o interior, fornece agora uma força que se adiciona à força de sucção osmótica do interior. Quão grandes podem ser essas forças mostrou Chien-Ren Chu (13), que encontrou no fim do inverno folhas de *Picea*, onde a sucção da célula *Sc* se compõe do valor $S_i = 45,2$ atms., aumentado pelo valor da membrana, $M = 210,8$, o que dá um total de 256 atms..

Este foi o valor máximo encontrado, mas, outros pinheiros deram valores não muito inferiores.

As mesmas regras que vigoram para o equilibrio duma célula com líquidos ambientes, são válidas também para ambientes gasosos. Numa atmosfera saturada de água, isto é, cuja humidade relativa atinge 100%, uma célula saturada não vai desprender água por evaporação. No momento em que o ambiente não esteja saturado, este vai tirar água da membrana, isto é, a água que embebe a membrana evapora. Esta evaporação deve continuar até se estabelecer novo equilibrio entre a força de sucção que a atmosfera ambiente possui, e a sucção existente

na membrana celulósica cuja água de embibição não é suficiente para encher todas as suas cavidades capilares, formando-se aí meniscos côncavos. É isso o que se procura representar no esquema muito rudimentar da fig. 14. É claro que neste caso também deverá se constituir novo equilíbrio entre a membrana celulósica e o protoplasma adjacente e assim, indiretamente com o suco celular. A força com que a membrana retém a água está em equilíbrio, de um lado, com o ar ambiente e de outro, com o vacúolo; é idêntica à sucção da célula *Sc* em qualquer estado.

Esta regra regula toda a evaporação das plantas, isto é, a transpiração. Plantas que não têm muita proteção para diminuir a evaporação seguem, mais ou menos rapidamente, todas as oscilações da humidade do ambiente. Crescendo o "déficit" de saturação da atmosfera, elas evaporam, diminuindo desse modo o seu peso, e perdendo a turgescência. Aumentando, ao

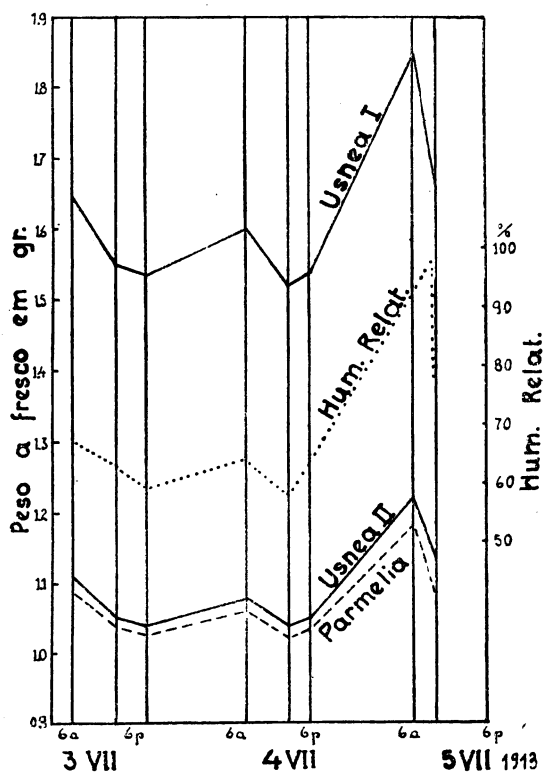


Fig. 15 — Teor d'água em dependência da humidade nos Lichenes *Usnea hirta* e *Parmelia furfuracea* (Seg. Stocker).

contrário a humidade relativa, a planta tira vapor d'água da atmosfera, aumentando seu peso e restabelecendo, ao menos parcialmente, a sua turgescência. Que esta absorção de vapor e não de água é um fator importante para a vida das nossas epífitas sabemos especialmente de S. de as pesquisas de O. Renner e de seu discípulo Maegdefrau (50). A fig. 15 mostra bem em Lichenes como estas plantas acompanham as variações da humidade do ar, desprendendo ou absorvendo vapor d'água em paralelismo estrito com a humidade relativa. Quais os valores alcançados por esta forma de absorção d'água, vamos ver no capítulo que trata das epífitas das nossas florestas.

A tabela seguinte dá uma idéia das forças de sucção desenvolvidas pela atmosfera em diferentes estados de humidade relativa.

TABELA 5

Humidade relativa e força de sucção da atmosfera a 20° C

Humidade relativa %	100	99.8	99.5	99.2	99.0	98.5	98	95	90	85
Força de sucção em atmosferas	0	2.67	6.69	10.7	13.4	20.1	26.9	68.4	140	217
Humidade relativa %	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
Força de sucção em atmosferas	298	476	680	922	1190	1555	2055	2890	∞	

Vê-se que, exposta à evaporação livre em ar tão húmido com H.R. de 99%, a célula perde água até possuir uma sucção $Sc = 13,4$ atmosferas. Em humidade relativa de 90% as células param de evaporar só quando Sc se torna = 140 atmosferas; em humidades relativas menores a expressão “seca ao ar” significa que a célula retém ainda um pouco de água, i.é. a quantidade de líquido que pode ser mantida por forças osmóticas capilares ou de hidratação das grandezas indicadas na Tabela 5.

Como a pressão de vapor de soluções é menor do que a desenvolvida por água pura, podemos produzir, por meio daquelas, em sistemas fechados como dessecadores, uma atmosfera de humidade relativa definida. Sobre soluções de ácido sulfúrico existem em equilíbrio, a 20° C, as seguintes humidades relativas:

TABELA 6

Humidade relativa em equilíbrio com ácido sulfúrico (20° C)
(seg. Landolt u. Boernstein)

% H_2SO_4 i. é. g H_2SO_4 em 100 g solução	0	10	20	30	40	50	60	70	80—100
Humidade relativa %	100	97	87	75	55	34	16	4	0

TABELA 7

Humidade relativa sobre soluções de sal de cozinha a 20° C
(seg. Landolt u. Boernstein)

% NaCl i. é. g NaCl em 100 g solução	0	5	10	15	20	25 (sat.)
Humidade rela- tiva %	100	97	93	89	83	76

TABELA 8

Humidade relativa sobre soluções de CaCl₂ a 20° C
(seg. Landolt u. Boernstein)

% CaCl ₂ i. é. g CaCl ₂ em 100 g solução	0	10	20	30	40	satur.
Humidade rela- tiva %	100	94	82	64	42	35

Um dessecador contendo uma solução saturada de Ca(NO₃)₂ revela uma humidade relativa, a 20° C. de 64%. Pelas soluções indicadas é possível conseguir-se graduações para estudar a evaporação e absorpção de tecidos ou células em ambiente gasoso ¹⁾.

Em câmaras húmidas desse tipo, Walter pôde constatar que cogumelos como os nossos mofos comuns, dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* crescem otimamente em humidade relativa de 100 até 95%. O crescimento ainda é possível até 90 e mesmo 85%. Conforme a nossa tabela 5 as forças de sucção das células serão, em 90% H.R. = 140 e em 85% H.R. = 217 atmosferas.

Outros mofos e levedos têm o seu mínimo menos baixo, entre 95 e 90%, mas a maioria das formas, especialmente das bacterias, contentam-se só em humidade relativa maior do que 95%. Compreendemos, assim, a rica vegetação de mofos nas partes húmidas do país.

As células de fungos e algas são pouco protegidas contra a evaporação, fazendo-se a troca de gases até o equilibrio, com relativa facilidade. E' interessante notar que também as plantas superiores podem, em certas condições, não só desprender

¹⁾ — E' necessario evitar a oscilação de temperatura, que poderia provocar supersaturação passageira em vapor dagua do sistema e até precipitação dagua pura nas paredes do dessecador. Este deveria ficar num termostato.

como também absorver vapor d'agua, sem dificuldade. Um discípulo de Renner, Maegdefrau (50), conseguiu cultivar plantinhas de trigo e de aveia, alimentando-as só com vapor d'agua; as raízes se desenvolveram tão bem que até mostraram gutação forte.

Em ambiente líquido, o meio mais facil para estudos é formado por soluções de Sacarose.

TABELA 9

Valores osmóticos de algumas soluções de Sacarose (20° C) seg. Walter

Sacarose Moles por litro de solução	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Valor osmótico em atmosferas	0	2.64	5.29	8.13	11.11	14.31	17.77	21.49	25.54	29.7	34.6
Sacarose Moles por litro de solução	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
Valor osmótico em atmosferas	39.8	45.4	51.6	58.4	65.8	73.9	83.0	93.2	104.5	116.6	130.1

2) — Xerofitismo

As plantas que se protegem contra o desprendimento de agua, tem meios para atrazar, mas nunca para anular perfeitamente a evaporação. No interior destas plantas, nos espaços intercelulares, forma-se um sistema de ar geralmente muito húmido, cuja humidade é relativamente estavel. A hidratação das suas células em geral varia pouco, e estas suportam menos variações que as células das plantas que evaporam livremente tolerando a seca. Talvez a denominação idealizada por Walter seja feliz; propõe ele chamar a tais plantas "poikilohydricas", em contraste com as "homoeohydricas", cujas adaptações vamos agora estudar.

As adaptações das plantas mais adiantadas para resistir à seca são varias. Para manter um "maximum" de humidade no interior da planta pode ser aumentada a absorção d'agua e diminuida a evaporação. Também a facilidade da condução pode desempenhar um certo papel que não deve ser desprezado ¹⁾.

¹⁾ — *Os musgos, com os rizoides n'agua, murcham, quando as partes superiores são submetidas à evaporação relativamente alta, porque seu sistema de condução é pouco desenvolvido. Num dia quente de verão o mesmo pode ser observado com muitas plantas superiores brasileiras, cujas folhas murcham ao meio dia, embora contenha o solo agua em abundancia.*

As particularidades mais facilmente reconhecíveis são as que diminuem a evaporação, exprimindo-se na morfologia e na anatomia das plantas. Desde Schimper (83) estes criterios foram citados como qualidades xerofíticas por excelencia. Hoje, porem, sabemos que só constituem uma parte no vasto sistema das defesas da planta contra a seca, sistema esse no qual também entram caracteres fisiológicos.

As particularidades estruturais, hoje em dia, são por isso chamadas qualidades xeromorfas ¹⁾.

Entre tais caracteres citamos em primeiro lugar o reforço da epiderme com a cutícula espessa, (fig. 16), impregnada por substâncias graxas que dificultam muito a passagem da agua. Tais substancias graxas podem até ser excretadas para fora da cutícula, constituindo os

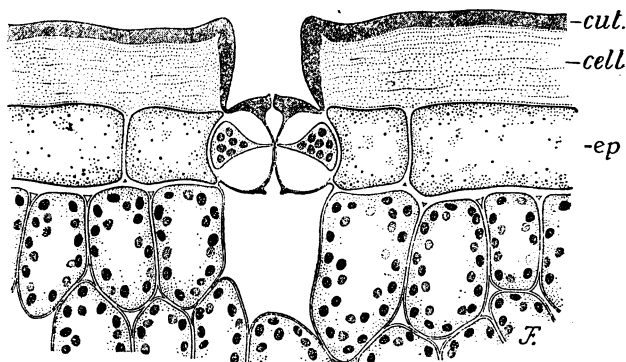


Fig. 16 — Corte transv. da epiderme e do parênquima folheares do cravo (*Dianthus caryophyllus*), mostrando um estômato. — cut. = cutícula; cell = camadas celulósicas; ep. = células epidérmicas.

bem conhecidos revestimentos de cera que nas nossas Carnaubas p. ex. atingem tal tamanho que são industrialmente explorados.

No mesmo sentido servem os pelos da epiderme que muitas vezes formam um feltro muito denso. Nos seus interstícios pode-se manter uma camada de ar não perturbada pelas correntes de ar exteriores, camada essa que forma um manto relativamente húmido em redor de caules e folhas.

Na anatomia da folha vê-se, muitas vezes a epiderme aumentada por mais uma ou varias camadas hipodérmicas, cujas células, pela sua combinação encaixada formam mais uma separação eficiente entre a atmosfera interior e a exterior.

Tudo isso é eficiente para diminuir a transpiração cuticular, como chamamos a essa parte da evaporação que se dá ainda quando os estômatos estão perfeitamente fechados. Quando faltam as adaptações citadas, ou quando são pouco desenvolvidas, como em plantas higrofiticas e mesofiticas ²⁾, a transpiração

¹⁾ — *Morphe*, do grego = forma.

²⁾ — *Mesophytas*, do grego: *meson* = meio; denomina as plantas intermediarias entre higro e xerofiticas.

cuticular pode alcançar valores consideráveis mantendo-se só 2 a 5 vezes mais baixa do que a evaporação estomatar, ao passo que nas folhas xeromorfas pode ser muito menor (vide pág. 73).

Esta diminuição da transpiração entra em função somente quando os estômatos estão fechados; quando abertos a folha xeromorfa pode evaporar tanto quanto a folha higromorfa e até mais. Xerofitas bem aparelhadas geralmente dispõem de muitos estômatos que funcionam muito rapidamente, de maneira que a troca de gases, inclusive a transpiração pode ser grande nas horas e épocas húmidas, ao passo que nas emergências das épocas secas, toda a troca de gases é muito pequena. Em períodos muito prolongados de seca, porém, também estas plantas podem murchar e morrer.

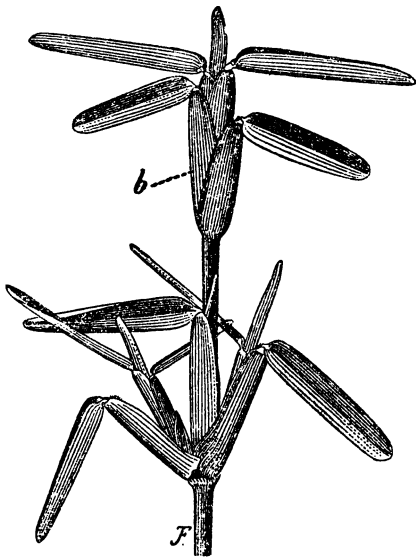


Fig. 17 — Broto da grama de jardim (*Stenotaphrum americanum*) mostrando as folhas dobráveis. — b = bainha. ¹⁾

Como o fechamento mais perfeito dos estômatos ainda não pode ser absoluto, estes se encontram muitas vezes mergulhados em covas especiais, algumas vezes só do lado inferior da folha; muitas plantas, como o alecrim dos jardins (*Rosmarinus officinalis*) têm as folhas enroladas, ficando o lado inferior com os estômatos na concavidade; outras vezes tais folhas enrolam-se ou dobram-se só quando secas, como podemos observar quasi diariamente na grama dos nossos jardins (*Stenotaphrum americanum*, figs. 17 e 18).

O xerofitismo da folha é, frequentemente, acompanhado por um aumento relativo das nervuras, que, de um lado, facilitam a condução da água, aumentando, de outro, pelas suas partes mecânicas, a resistência mecânica da folha contra as deformações que se dariam durante o murcharamento. Isto porque tais plantas geralmente dispõem, além dos caracteres xeromorfos, da capacidade fisiológica de aguentar, sem consequências letais, uma perda de água considerável. Tais folhas são duras (*Esclerofilos* ²⁾), possuindo às vezes feixes esclerenquimáticos isolados, ao lado

¹⁾ — Expressamos nossa gratidão à Cia. Melhoramentos que amavelmente pôs à nossa disposição os clichês das figs. 16 e 17.

²⁾ — *Sclerophyllos* do grego: *skleros* = duro, *phyllon* = folha.

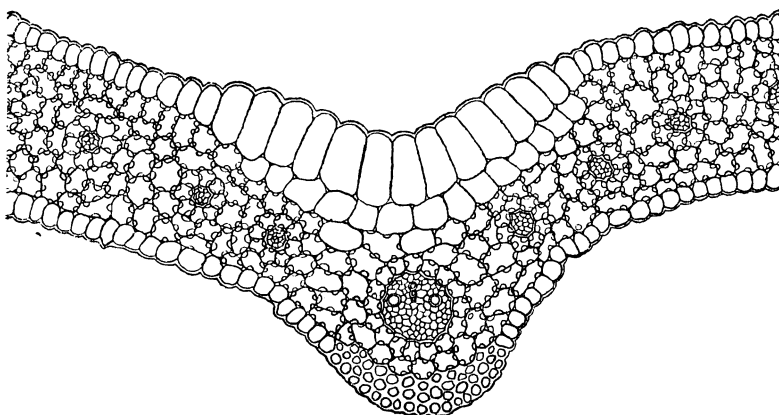


Fig. 18 — Corte transv. da parte central de uma folha de *Stenotaphrum americanum* mostrando as grandes células mortas da epiderme superior responsáveis pelo dobramento da folha na carencia de água (Original de Nelson da Silva Barros).

dos que acompanham os feixes condutores. Um exemplo típico é o linho da Nova Zelândia, *Phormium tenax* (fig. 19).

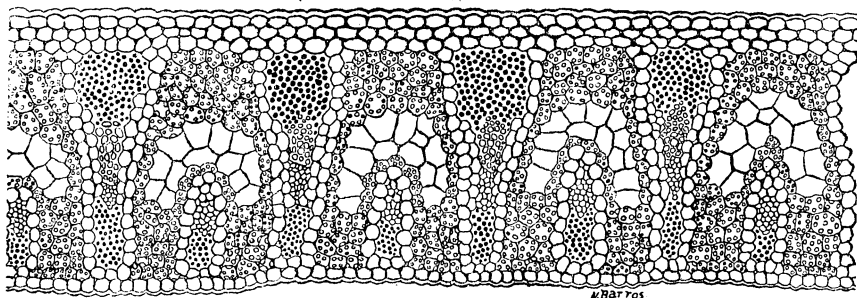


Fig. 19. — Folha do linho da Nova Zelândia (*Phormium tenax*). Corte transv. de uma parte da folha. As grandes células deixadas em branco são as do parênquima aquifero, rodeadas pelas do parênquima clorofiliano. As células cujos lumens são indicados por pontos pretos são as fibras esclerenquimáticas que acompanham de ambos os lados os feixes (Original de Nelson da Silva Barros).

Onde há o perigo de secas prolongadas, as plantas recorrem a medidas mais extremas, diminuindo toda a superfície folhear. A planta pode formar folhas muito pequenas ou renunciar perfeitamente à formação destas, ficando a fotossíntese limitada ao caule. Os órgãos assimiladores, sejam folhas ou caules, tendem a desenvolver formas cilíndricas ou até esféricas, como em certas *Cactaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asclepiadaceae*, etc., porque, neste caso, a superfície é menor em relação ao volume.

Nas plantas acima mencionadas, já nos referimos a mais um meio de proteção, distintivo das suculentas: é a formação de reservas d'agua, armazenada em parênquimas especiais. Estas plantas diferem no seu comportamento das citadas, em primeira linha, porque não precisam de muita resistencia ao murchamento, ou à perda d'agua. Sua maneira de viver consiste em absorver muito rapidamente a agua das chuvas mesmo daquelas que só humidecem a terra superficialmente, e de conservar esta agua nos seus parênquimas aquosos durante muito tempo, porque elas também podem possuir os meios morfológicos, que diminuem a evaporação.

Quer se trate das proteções mencionadas contra a perda d'agua, quer se trate da criação de grandes reservas de agua, ambos os meios de proteção se refletem na estrutura, formando os caracteres xeromorfos.

Os caracteres puramente fisiológicos só foram descobertos mais tarde, começando a era do seu estudo por um trabalho de Fitting (20) empreendido no oasis de Biska, no Saara francês, em 1911.

Entre as poucas especies de plantas que lá existem, destacam-se algumas pela sua aparência pouco xerofítica, como por ex. a *Zygophyllacea Peganum Harmala*, cujas folhas delicadas surpreendem o visitante nesses lugares secos. Não se protegem muito contra a seca, sendo a transpiração relativamente forte. A explicação do fato é procurada nos valores osmóticos muito altos, de aproximadamente 100 atms., que mantem nos seus tecidos, possibilitando-lhes capturar agua em solos relativamente secos. E, como veremos no capítulo referente aos solos, estes mantêm, até nos desertos, certa quantidade d'agua que assim alimenta a transpiração de tais plantas.

Os valores osmóticos citados foram determinados por meio da plasmólise limite. Este método determina a concentração de uma solução hipertônica tão fraca que provoque só os primeiros traços da contração protoplásmica. A plasmólise parando nesse estado, pode-se presumir que o suco celular seja agora isotônico com o plasmolisante empregado. Este método dá, aproximadamente, a sucção S_i do interior da célula, que neste estado murcho é igual a sucção S_c da célula toda. Valores alcançados desta maneira são um pouco superiores aos existentes na planta intacta, porque a plasmólise é precedida por certa contração da célula, aumentando a concentração do suco celular. Este método, como também a determinação crioscópica da concentração de sucos espremidos dá valores razoáveis, porem só se for excluída a possibilidade de existencia de tensões negativas da membrana (veja pg. 48). Para determinar com certeza a força de sucção de células ou tecidos no conjunto da planta, é preciso colocar estas em soluções (de sacarose ou manitol) de concentrações diferentes. A solução dentro da qual as células nem aumentam nem perdem em peso ou volume indica a S_c da célula.

Os caracteres fisiológicos das xerofitas hoje conhecidos são:

- 1.º — suportar o murchamento em certa escala;
- 2.º — funcionamento rápido e perfeito dos estômatos;
- 3.º — valores osmóticos elevados, aos quais se poderia acrescentar:
- 4.º — possibilidade de se formarem fortes pressões negativas das membranas, caso novo, cujo alcance e cuja frequência ficam por examinar.

Um 5.º fator, evidenciado ha pouco tempo por Stocker (96) nas estepes húngaras consiste na capacidade de formar novas raízes secundarias com muita rapidez, quando o terreno seco recebe as primeiras e passageiras precipitações. Este fator será exposto quando tratarmos dos solos.

3) — *Higrofitismo*

Como a vida num ambiente sempre húmido não exige das plantas muitas adaptações e medidas de prevenção, as higrofitas são caracterizadas menos por particularidades proprias do que pela falta dos elementos que distinguem as xerofitas. A cutícula geralmente não é espessa; os estômatos encontram-se, desprotegidos, nas duas faces da folha; camadas especiais hipodérmicas faltam; o tecido paliçádico é pouco desenvolvido (fato esse mais relacionado com a ausencia de luz direta, nos lugares húmidos, do que com a propria humidade); a folha toda se mostra delicada.

Como a subdivisão das folhas constitue muitas vezes uma proteção contra o aquecimento pela irradiação solar excessiva, (pág. 23), e como as higrofitas crescem na sombra das florestas, prevalecem nestas as folhas largas. Muitas Zingiberaceae, Marantaceae, Cannaceae e Heliconiae, no fundo das matas brasileiras, têm as folhas largas e finas. O mesmo é válido para as gramíneas aí encontradas, como a *Olyra glaberrima* e outras. As diferentes especies de *Bambusae*, segundo o habitat à sombra ou ao sol evidenciam bem o fenômeno. Entre as *Dicotyledoneae* primam por folhas largas certas *Acanthaceae* da sombra das nossas florestas e, especialmente, as *Rubiaceae*, como a *Bathysa australis*, cujas folhas podem ultrapassar 60 cm. de comprimento.

Assim as plantas podem apresentar um aspecto "higromorfo" revelando as condições húmidas e sombrias do ambiente. Tambem na fisiologia destas plantas registra-se a falta das rea-

ções características das xerofitas: o funcionamento dos estômatos pode ser moroso, os valores osmóticos permanecem relativamente baixos, a transpiração cuticular não é pequena.

Medidas especiais de proteção contra o excesso de humidade, geralmente, não são necessárias. Muitas folhas terminam em forma de uma ponta-goteira interpretada pelos botânicos como devendo facilitar o escoamento da água para fora. Revestimentos de cera ou de pêlos, especialmente do lado dos estômatos, podem evitar o humedecimento pela água, humedecimento este que prolongando-se por horas e obturando os estômatos, dificultaria a troca dos gases. Tais interpretações, porém, devem ser feitas com cautela, sendo difícil comprovar sua exatidão por meio de experiências.

Entre as plantas mais higrofitas que conhecemos, devemos incluir muitas Bryophyta que, com exceção das Marchantiaceae ¹⁾, não possuem uma epiderme. Já vimos na pág. 44 que a proteção essencial desta classe consiste na possibilidade de tolerar a perda da água. Mas, como no estado seco não podem vegetar, seu desenvolvimento se dá de preferência no habitat das higrofitas. Em nossas florestas húmidas, as Bryophyta formam um grande contingente de epífitas que povoam não só as cascas, mas também as folhas das árvores. Muitas Bryophyta que não sobrevivem à seca, são higrofitas pronunciadas, além das poucas plantas aquáticas que o grupo contém.

Entre as Filicineae que também não chegaram a formar boas adaptações xerofíticas, e que por isso habitam geralmente lugares húmidos, é a família das Hymenophyllaceae ²⁾ que prima pelo higrofitismo. Falta inteiramente a epiderme, limitando-se a lâmina das folhas, entre as nervuras, a uma única camada de células assimiladoras. Estas plantas, geralmente epífitas, habitam as florestas mais húmidas dos países quentes. Entre nós abundam nas florestas das serras que acompanham o oceano, preferindo aí as "zonas de nevoeiros", onde, também na época seca, a humidade do ar permanece elevada (veja pg. 101).

Além destas zonas as Hymenophyllaceae são mais raras, escasseando já nas baixadas do Rio de Janeiro, de Santos e na

¹⁾ — É significativo que o único género desta família que não tem epiderme, *Dumortiera*, frequente no Brasil (*D. hirsuta*), só se encontra nos lugares sempre húmidos.

²⁾ — O nome é significativo; *Hymenophyllaceae*: do grego *hymen* = membrana delicada, véu; *phyllum* = folha.

bacia de São Paulo. Não devemos imaginar, porém, que sua sensibilidade contra secas temporárias seja exagerada. No seu habitat normal, em dias claros, ao meio dia, podem ser observadas, quasi sempre, com folhas murchas e contorcidas. Na humidade da tarde recuperam sua turgescencia.

4) — *Meso e Tropofitismo*

Ao lado das xero e das higrofitas pronunciadas existem, em maior proporção, especies com caracteres intermediarios, as mesofitas ¹⁾.

Outro tipo, ecologicamente mais interessante, representam as plantas que perdem periodicamente suas folhas na estação desfavoravel do ano. Onde ha alternancia nítida entre verão quente e inverno frio ou entre a época húmida e a seca pronunciada, as plantas limitam sua atividade vegetativa à estação favoravel. Árvores com folhas caducas caracterizam as zonas de clima temperado. As folhas são desprendidas pela árvore no outono ao aproximarem-se os primeiros frios. Este processo é governado por uma periodicidade interior ou "autônoma" da planta que faz com que os peciolo formem um tecido separador e de cicatrização muito antes da queda das folhas.

A mesma periodicidade deve-se a formação das gemas e dos botões, no auge do verão, formações estas destinadas a desabrochar só na primavera seguinte. Os botões pequenos e novos que constituem tais gemas têm, incluídas no seu interior, as folhas e, às vezes, as inflorescencias futuras já preformadas. Os catafilos que em forma de uma (*Platanus*) ou de varias escamas envolvem densamente o gomo, servem de proteção, não contra o frio do inverno, mas contra a perda dagua.

O inverno frio representa para as plantas uma estação seca embora haja abundancia de precipitações. Mesmo que o solo não esteja congelado, a seca fisiológica vai impedir ou dificultar a absorção dagua, ou esta não poderá ser conduzida nas horas ou nos dias de congelamento através dos vasos lenhosos, o que acontece com poucos graus centígrados negativos.

A perda das folhas com suas grandes superficies constitue, assim, uma proteção contra a evaporação. No inverno, a árvore com sua superficie reduzida, com todas as partes vivas protegidas, seja pela casca, seja pelas escamas das gemas, tem todos os caracteres xerofíticos. No verão, a mesma árvore, com folhas delicadas e talvez grandes, torna-se higrofito. Por isso a denominação de tropofitas ²⁾.

¹⁾ — Veja explicação na pág. 54.

²⁾ — *Tropophyta*, do grego: *trepomai* = viro-me, no sentido de transformar-se.

As florestas dos climas temperados não se compõem só de tropofitas. Há também espécies de árvores "sempre verdes", assim chamadas porque não estão nunca despidas de folhas, estas caindo, conforme a espécie, depois de 1, 2, 3, ou mais anos de vida, mas nunca todas na mesma época. Folhas que permanecem na árvore durante o inverno, devem ter caracteres xerofíticos que as protejam durante a estação fria. A maioria das árvores sempre verdes, dos climas mais frios, é formada por Coníferas, com as suas folhas aciculares, conhecidas nos pinheiros, nas Piceas, Abetes, Cryptomerias, Ciprestes, etc., folhas essas com estrutura extremamente xeromórfica. Não foi por acaso, que os valores osmóticos extremamente altos, mencionados na pág. 49 foram constatados numa Picea, no inverno.

A superfície reduzida dessas folhas, diminui a fotossíntese no verão, mas como parece, este prejuízo é equilibrado porque, chegada a primavera, a planta não perde tempo precioso com o desabrochamento dos gomos. Fica pronta para a fotossíntese até nos dias propícios da estação desfavorável. Parece-nos que este último fato torna as Coníferas especialmente habilitadas para os climas montanhosos das zonas mais quentes, onde a diferença de inverno e verão não é tão pronunciada, mas onde horas ou épocas frias podem ser frequentes, durante todo o ano.

Assim se explicaria que, até o equador, a faixa mais alta de florestas é uma "cintura de Coníferas". As Coníferas do Brasil são: o pinheiro do Paraná, (*Araucaria brasiliana*), e os *Podocarpus Sellowii* e *Lambertii*, limitando-se às regiões elevadas da parte temperada do Brasil.

As tropofitas brasileiras que desprendem as folhas no inverno por causa do frio, não são muitas, sendo encontradas especialmente no extremo sul do país. A. de St. Hilaire (81) encontrou perto de Porto Alegre, as árvores, no rigor da estação fria, quasi todas cobertas de folhas. Em S. Francisco de Paula, perto do Rio Grande, um terço pouco mais ou menos dos vegetais lenhosos, estava desfolhado; e finalmente a cerca de 2º mais para o sul, em Jerebatuba e Chui, somente um décimo das árvores conservava a folhagem" (l. cit. p. 346).

No Rio Grande do Sul a queda invernal das folhas deve ser interpretada como adaptação ao frio invernal, sendo a estação fria aí a estação chuvosa. Nas outras partes do Brasil o julgamento é dificultado porque, com poucas exceções como o litoral da Baía, o inverno no Brasil é ao mesmo tempo a estação seca. Muitas plantas libertam-se das folhas antes da seca, especialmente no nordeste, onde a caatinga fica nua, durante o inverno. À esta categoria pertencem muitas Leguminosae e Bombacaceae, como as nossas Paineiras.

b) — MÉTODOS MODERNOS DE ESTUDO DO BALANÇO DAGUA NAS PLANTAS.

1) — *Considerações gerais*

A possibilidade de aproveitamento dagua constitue, muitas vezes, um fator limitante para a vegetação. No Brasil, para a vegetação espontanea ou cultivada, constitue a condição mais importante. Os perigos das secas do nordeste se fazem sentir em primeiro lugar através da vegetação. Em outras regiões do Brasil, a possibilidade de todas as culturas, especialmente do reflorestamento dos campos depende, em grande escala, da existencia ou falta da humidade necessaria. O julgamento deste problema torna-se, porem, difficil ou quasi impossivel se temos que constitui-lo sob a base dos dados climatológicos e pedológicos ¹⁾.

Como mencionamos no inicio, até em países dotados de uma densa rede de estações meteorológicas e agrônômicas, etc., o melhor método para avaliar as condições dos vegetais é o estudo da propria vegetação local. Na Hungria, onde problemas parecidos com os do Brasil, relacionados com a seca das estepes, são estudados cuidadosamente desde ha muito, “os técnicos confiam mais no julgamento da vegetação do que na análise química” (Stocker, 96, pág. 35).

Em pleno conhecimento deste estado de coisas, a Botânica ha tempos tentou elaborar métodos adequados para uma orientação sobre o aproveitamento dagua pelas plantas no proprio lugar onde crescem.

Para estudar o balanço dagua pode-se determinar a agua absorvida ou a desprendida pela planta, sendo o ideal se pudemos dispor de ambos os valores. Tudo isso pode ser feito no laboratorio, onde podemos colocar uma planta inteira com seu recipiente ²⁾ numa balança, controlando a agua de irrigação e determinando, pela perda de peso, a agua evaporada na unidade de tempo.

A Ecologia que quer estudar o balanço dagua da planta no seu habitat natural, difficilmente pode usar tais métodos. E' verdade que foram feitas tentativas em grande escala para empregar este método no “campo”. Mas, a necessidade de colocar as raizes das plantas de experiencia em vasos não pode deixar de alterar as condições ³⁾. Não temos garantia nenhuma de en-

¹⁾ — *Pedologia, do grego: pedon = solo.*

²⁾ — *Excluindo-se, por medidas adequadas, como ensinam os livros de Fisiologia, toda a evaporação pela terra e pelas paredes do recipiente.*

³⁾ — *Um olhar para a fig. 30, pág. 82 é suficiente para nos convencer disso.*

contrar assim os valores de absorção nem de transpiração iguais aos da planta enraizada no campo.

O mesmo é valido para os potômetros, tantas vezes representados em todos os compendios de Botânica, e onde a agua absorvida é lida num tubo capilar, graduado. Para uma pequena planta, cultivada em agua e munida de raizes, pode dar valores utilizaveis. Como o sistema é hermeticamente fechado, as raizes logo sofrem por ausencia de oxigenio. Plantas cortadas, geralmente, dão valores errados, fato esse infelizmente pouco considerado pelos Autores, o que causou uma certa confusão geral. Plantas cortadas, até com toda a cautela sob agua, logo mostram uma certa alteração no seu comportamento, fato este especialmente salientado por Loftfield (47).

O fato já foi observado por Hansen em 1888 (24), que notou que a condução de agua é muito melhor quando a base dos caules ou peciôlos cortados for colocada em agua fervendo, experiencia essa conhecida pelos que conservam flores em jarras. Hoje sabemos que o mesmo efeito se obtem quando a agua sob a qual são cortadas as plantas for fervida antes do corte, podendo já estar fria. O calor, como parece, só tem o efeito de remover da agua os gases dissolvidos. Caso contrario, formam-se nucleos de bolhas de gases dentro dos vasos, impedindo a condução. Para demonstrar esse efeito é suficiente cortar, num dia de sol, folhas de Chagas (*Tropaeolum majus*), algumas sob agua de torneira, outras sob agua que pouco antes foi fervida. Colocando-se os vasos com as folhas cortadas no meio do canteiro, podemos observar que em poucos minutos as folhas cortadas em agua comum murcham, ao passo que as outras resistem mais, nunca porem igualando as do canteiro. Esse método, não afasta, assim, todas as dificuldades. Folhas de Cucurbitaceas, como as da abóbora (*Cucurbita Pepo*) e do chuchú (*Sechium edule*) murcharam prontamente nas nossas experiencias, mesmo quando cortadas com as cautelas indicadas.

Resulta disso que os muitos dados obtidos com plantas cortadas, citados na literatura, não fornecem resultados conclusivos ¹⁾.

A Botânica moderna desenvolveu, no último decenio, métodos mais adequados. Como as apresentações dos compendios mais modernos, até o excelente livro de Maximov (55), não os trazem ainda, damos a seguir uma exposição resumida ²⁾.

¹⁾ — *A investigação de Mc Lean sobre a ecologia das florestas brasileiras baseia-se em tais dados.*

²⁾ — *Vêja os relatorios anuais de Huber, os trabalhos de Stocker, (94 a 97), de Stalfelt (93), de Walter (108 a 110), e do autor (77,78).*

2) — Método de pesagem rápida

Se tirarmos uma folha fresca para pesá-la, sucessivamente, em balanças que permitam um trabalho rápido e exato, podemos constatar, pela perda de peso, a grandeza da transpiração. Trata-se de fazer as primeiras determinações antes da folha ter tido tempo de fechar seus estômatos ou de alterar sensivelmente o estado de abertura dos mesmos. Muitas pesquisas dos últimos anos mostram a correção do método.

As balanças que se usam são as chamadas de torsão que permitem fazer a primeira pesagem já um ou dois minutos depois de colhida a folha, com a exatidão até de frações de mg. Para facilitar a discussão de tais dados, damos primeiramente alguns valores conseguidos da maneira mencionada. Usamos para a observação uma planta de caráter mesofítico, muito frequentemente encontrada em São Paulo, a "Boa noite", *Calonyction Bona Nox*. O higromorfismo relativo da folha se vê no seu corte transversal, que se parece muito com o das folhas de sombra da Faia (*Fagus silvatica*), sempre reproduzida nos livros (figs. 20 e 21).

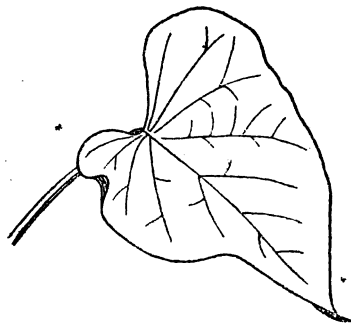


Fig. 20 — Folha da "Boa noite"
(*Calonyction bona nox*).

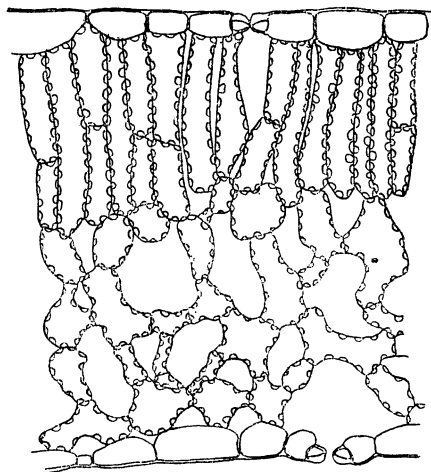


Fig. 21 — Corte transv. da folha
da "Boa noite".

A cutícula é bem delicada, os estômatos ficam sem proteção, nas superfícies dos dois lados, sendo os da superfície superior em número pouco menor do que os da inferior, aproximadamente na relação de 2:3 ou 3:5, relação esta que, como se sabe, pode variar nas folhas, segundo as condições em que são formadas.

Nossas primeiras informações se baseiam em estudos de pesagens feitas no laboratório, distante cinco passos do habitat onde foram colhidas as folhas. No laboratório, a humidade

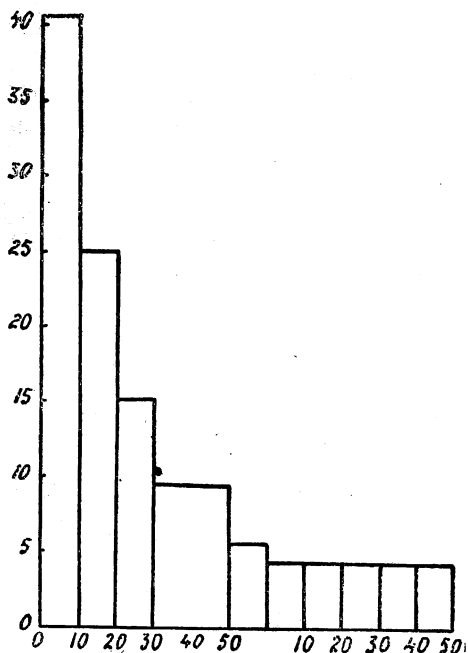


Fig. 22 — Representação gráfica da transpiração de uma folha de *Calonyction bona nox* (conforme a tabela 10).

TABELA 10
CALONYCTION BONA NOX

H. R. = 75 % — 80 %

T. = 26° C — 23° C.

Tempo	Peso (mg.)	Perda d'agua por minuto
3 ⁰⁰	1,468	
3 ¹⁰	1,427	4,1
3 ²⁰	1,402	2,5
3 ³⁰	1,387	1,5 *
3 ⁴⁰	1,378	0,9
3 ⁵⁰	1,369	0,9
4 ⁰⁰	1,363	0,6
4 ¹⁰	1,359	0,4
4 ²⁰	1,355	0,4
4 ³⁰	1,351	0,4
4 ⁴⁰	1,347	0,4
4 ⁵⁰	1,343	0,4
5 ⁰⁰	1,339	0,4

* — Primeiros sinais de murchamento.

relativa (H.R.) e a temperatura permaneceram relativamente constantes entre os limites indicados. A iluminação que aliás pouco influe no quadro destas observações também era comparável à do habitat.

A tabela 10 e o gráfico (fig. 22) apresentam o declínio rápido da transpiração até um valor mais ou menos constante. No começo, a folha tem os estômatos abertos, mas logo sobrevem o fechamento, acompanhado pela baixa dos valores. Completo o fechamento, os valores ficam relativamente constantes (em condições inalteradas), tratando-se agora da transpiração cuticular.

Uma observação como esta orienta-nos sobre os pontos seguintes:

- 1.º — Valor da transpiração total (estomatar + cuticular) no começo da experiencia.
- 2.º — Valor da transpiração cuticular.
- 3.º — Rapidez do fechamento dos estômatos.

Para comparação de folhas de tipos diversos, os botânicos partem geralmente do peso a fresco da folha, quer dizer do estado em que foi colhida. Referem-se também ao peso a seco, determinado depois da secagem, a 100° C. até constancia dos valores. Pode ainda a transpiração ser referida à superfície da folha, superfície essa que se determina facilmente ¹⁾.

A referencia à superfície nos dá os valores mais interessantes do ponto de vista ecológico. Quando se quer referir ao peso, não devemos recorrer, ao nosso ver, ao peso a fresco, variavel na propria planta segundo o estado de turgescencia desta ²⁾. Para todas as comparações recorreremos de preferencia, como já indicou Stocker (94), ao peso da folha saturada. Para determinar este valor colocamos a folha (com peciolo cortado e conservado sob agua) numa câmara húmida, onde fica até constancia do peso ³⁾. Para caracterizar o xero ou o higrofitismo de uma folha será interessante saber qual a porcentagem de agua que esta perde, do estado saturado até os primeiros sinais de murchamento, murchamento esse que é sempre reversivel. Por outro lado, é importante notar com que porcentagem de agua se dá o murchamento irreversivel, isto é letal.

3) — *Estudo da transpiração estomatar*

Nosso gráfico mostra os valores da transpiração em declínio desde o começo. Devemos, pois, reccar que os primeiros valores sejam baixos. Existe também o perigo de serem mais altos do que "in situ", os primeiros valores depois do corte, como sugeriu Iwanoff (34).

Na folha "in situ" os vasos lenhosos podem se encontrar em forte tensão negativa, especialmente quando a folha não estiver saturada. O corte, deixando entrar ar nos vasos, faz cessar a tensão negativa; a seiva pode mover-se livremente, afluindo logo depois do corte em maior quantidade para a lâmina folhear. Isso poderia produzir, segundo Iwanoff, aumento passageiro da evaporação. Pesquisas especializadas como a de Pflleiderer (68), que comparou a transpiração das folhas em plantas intactas e depois de cortadas, não puderam confirmar a exis-

1) — *E' suficiente desenhar os contornos da folha, em papel e pesar o recorte. A proporção deste para com um recorte de superficie conhecida (um quadrado de 100 cms.²) dá a superficie.*

2) — *A variação pode atingir valores de mais de 30% (Maximov, 54, pág. 223).*

3) — *Devemos mencionar que nem sempre se chega assim a um peso constante. Ha folhas que tratadas desse modo se infiltram aos poucos com água ou uma solução aquosa. Este líquido é excretado pelas células do parênquima assimilador, para os espaços intercelulares. Folhas vaselinadas de Cedrela, Sechium, Phaseolus e muitas outras mostram tal efeito. A quantidade de agua que é absorvida pelo peciolo e secretada para o interior da folha pode ser consideravel.*

tencia de tal efeito. Como não nos pareceram perfeitamente concludentes os resultados, examinamos o assunto em experiências ainda não publicadas, também com resultado negativo.

Cortamos folhas de Chagas (*Tropaeolum majus*), de *Cissus discolor* e outras no estado saturado de água, sob parafina derretida, que logo se solidifica dentro dos vasos do pecíolo. Mantida, assim, na balança, a folha perde água, perda essa que pode ser acompanhada de minuto em minuto. Aos poucos, a folha deve desenvolver tensões consideráveis. Depois de certo tempo, perdida já a quarta parte da água do estado de saturação, aplicamos novo corte no pecíolo, acima da parte obturada por parafina. Em todos os casos, os valores de transpiração antes e depois do corte ficaram inalterados.

Desta maneira, estudos feitos no campo, geralmente não terão que considerar o efeito de Iwanoff, se bem que para cada espécie seja bom excluir experimentalmente esta possibilidade. As experiências de laboratório que, por enquanto, nos interessam comecem com folhas saturadas, onde esta possibilidade por si só é excluída.

TABELA 11
COFFEA ARABICA
13-11-1941 — H. R. = 62 % — T = 20,50° C

Tempo	Pêso (mg.)	Perda (mg/min.)
916	1062	4,5
917	1057,5	5
918	1052,5	4,5
919	1048,5	4
920	1044	4,5
921	1039,5	4
922	1035,5	5
923	1030,5	3,7
929	1008,5	2,9
934	994	2,3
939	982,5	1,2
942	979	

Mais grave é o perigo contrario: os primeiros valores já podem acusar baixas. Para controlar esta possibilidade, precisamos observações de minuto em minuto. Apresentamos uma observação em *Coffea arabica*, que mostra valores constantes, entre 4 e 5 mg. durante os primeiros 7 minutos. (Frações de mg. estão sujeitas a erros de observação). Esta constancia dos valores mostra que o declínio ainda não tinha começado.

No início a folha estava quasi saturada. O fechamento de estômatos ¹⁾ começa só quando a folha se ressentir da perda

¹⁾ — Consideramos aqui só o fechamento provocado por perda de água. Pode haver fechamento por alteração da iluminação que, nas condições destas experiências, ficou excluído.

dagua. Além disso os primeiros passos de fechamento pouco diminuem a velocidade da transpiração. A transpiração depende mais do diâmetro maior do que do menor de abertura dos estômatos (veja pág. 70). Abrindo-se os estômatos, aparece primeiro uma fenda quasi com todo o comprimento do diâmetro maior, alargando-se depois o estômato no sentido do diâmetro menor (fig. 23).

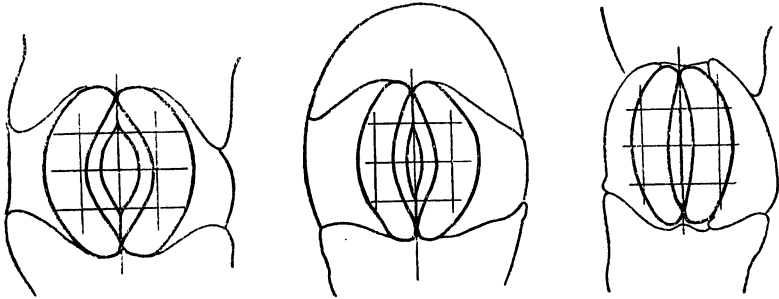


Fig. 23 — Um estômato de *Tradescantia virginica* desenhado nos tres estados: aberto, meio aberto e fechado, visto de cima (indicada parte da rede micrométrica que serviu na observação (Original de M. Rachid).

Stalfelt que mediu os valores de transpiração em relação ao estado de abertura dos estômatos, resumiu suas observações em folhas de *Betula* no gráfico da fig. 24.

Os primeiros valores aumentam rapidamente com a abertura, ao passo que os últimos pouco crescem.

No fechamento dos estômatos, temos o contrario: os primeiros passos do fechamento diminuem pouco a transpiração, o que a tabela de *Coffea arabica* confirma.

O controle do estado de abertura, até os últimos tempos foi difícil, usando-se varios métodos indicados nos compendios de Fisiologia. Um deles é o tratamento por líquidos como eter de petroleo, xilol, alcool e parafina líquida, que se *infiltram* através dos estômatos abertos ou meio abertos, em serie descendente, indicando por sua não penetração o estado mais ou menos fechado dos mesmos. Outra indicação é fornecida por papel de filtro impregnado de *cloreto de cobalto* que, no estado seco é azul, mudando para vermelho quando em contacto com ar húmido. A rapidez da mudança de cor depende do estado de abertura dos estômatos. Na *porometria* fechamos hermeticamente com uma folha um recipiente que, na parte inferior, é munido de um tubo cheio de mercurio (ou agua). O nivel deste é mantido em equilibrio por um tubo comunicante. Baixando-se o nivel neste tubo comunicante, o líquido no porômetro alcançará o mesmo nivel se a folha deixar passar ar, quer dizer se os estômatos estiverem abertos. Com os estômatos fechados, o deslocamento do mercurio não é nulo mas pára logo depois de alcançar o seu novo equilibrio, acima do nivel no tubo comunicante. A rapidez da des-

cida serve para avaliar a viabilidade através da folha, o que geralmente é tido pelos autores como dependente só da abertura dos estômatos. Deve-se porém tomar em consideração também a viabilidade dos espaços intercelulares ¹⁾, que na folha bem turgescente são maiores do que na meio murcha. Assim, o porômetro nos parece mais útil quando se trata de comprovar o estado perfeitamente fechado. Para este fim não precisamos de vaso comunicante. Basta um tubo vertical, aberto em baixo, que mergulha num recipiente de água ou de mercúrio. Variando-se o nível do recipiente, a coluna de líquido segue o movimento se a parte superior, fechada pela folha, deixa passar ar. Caso contrario, pára em certa altura, o que indica o fechamento completo. O porômetro não pode ser usado em folhas heterobáricas, como de Cedrela (veja Rawitscher & Ferri, 78).

O estudo microscópico dos estômatos foi feito em epidermes fixadas rapidamente (Lloyd) ou por impressões da epiderme, feitas com celoidina, etc. Hoje estes métodos geralmente podem ser dispensados. O desenvolvimento de microscopios com iluminação de cima, permite o estudo dos estômatos na folha viva e até in situ. E' verdade que existem plantas com estômatos pequenos ou cuja fenda pouco se abre ou ainda cuja posição é desfavoravel para esta especie de observação. Neste caso, os outros métodos indicados podem ser uteis.

O coeficiente de Transpiração: Evaporação ou T/E.

O gráfico da fig. 24 contem mais uma indicação importante:

A ordenada apresenta, em frações decimais, a relação de T/E, isto é, da transpiração para com a evaporação, ou a "transpiração relativa" de Livingston. Por evaporação entendemos a evaporação livre de uma superficie de agua de tamanho igual ao da superficie folhear cuja transpiração medimos. Notem-se os grandes valores que atinge a transpiração em comparação com a evaporação. No estado mais aberto dos estômatos a folha trans-

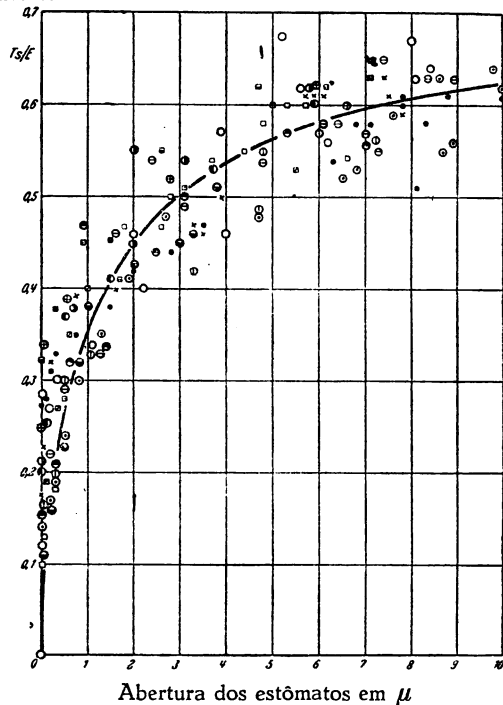


Fig. 24 — Transpiração estomatar (ordenadas) em função da abertura dos estômatos em μ (abscissas). (Observações em *Betula pubescens* seg. Stalfelt).

¹⁾ — Literatura em Maximov (54, pág. 184, veja também Nius, 63).

pira, segundo Stalfelt (93), mais de 60% da evaporação livre. A área aberta total dos estômatos, pela qual a transpiração estomatar se dá, geralmente não ultrapassa 1% da superfície total. Se a transpiração dependesse da área aberta seria 60 vezes menor.

Estes valores extraordinariamente grandes são conhecidos, desde os trabalhos clássicos de Brown e Escombe (9). Sua explicação cabe aos físicos e, ao nosso ver, ainda não foi dada com todo o rigor.

Consta que em áreas pequenas a grandeza da evaporação depende mais da extensão das margens que limitam a área evaporante do que da superfície desta mesma área. As linhas da difusão das moléculas de vapor, sobre uma área ilimitada de água podem ser representadas como normais à área evaporante e às linhas ou melhor aos planos que ligam os lugares de igual pressão de vapor. Nas margens do campo evaporante as linhas de difusão sofrem um desvio (fig. 25 em cima) e os planos de pressão igual formam pequenas abóbodas em cima das superfícies evaporantes. Supõe-se que do tamanho destas cúpulas dependem os valores da transpiração. (Literatura ampla em Seybold '88).

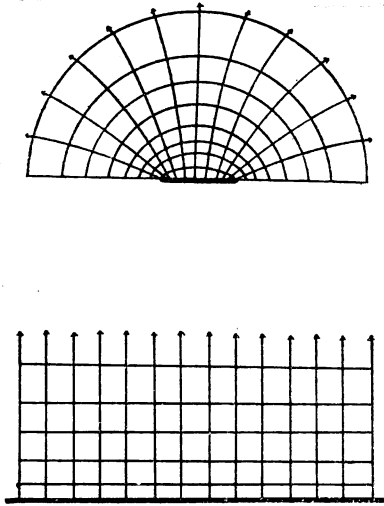


Fig. 25 — Esquema da evaporação estomatar (seg. Brown & Escombe) comparada com a evaporação de uma superfície livre (em baixo). A parte reforçada apresenta a superfície evaporante; as curvas elípticas ligam os pontos de igual pressão de vapor. A difusão segue a direção das flechas.

maiores (até 74%). A importância de tais achados é evidente: uma copa de árvore, com muitas folhas, poderá transpirar um múltiplo da quantidade de água que seria evaporada por uma super-

Como parece, o tamanho e a distribuição dos estômatos nas epidermes das plantas aproximam-se das condições ideais para garantir uma difusão máxima no estado aberto dos estômatos. Sierp e Seybold (89) examinaram modelos de membranas que tinham perfurações microscópicas, de tamanhos e de distâncias variáveis. A transpiração relativa da área evaporante foi tanto maior quanto mais numerosas e menores eram as perfurações, atingindo um valor limite de 75% quando os modelos se aproximavam mais das condições encontradas nas epidermes vegetais.

Os valores observados por Stalfelt (93) em plantas mostram não estarem muito atrás dos modelos de Sierp e Seybold. Recentemente, o Autor (77) constatou, em folhas de Cedrela e Coffea, valores ainda

fície de água da mesma extensão do terreno ocupado pela planta. Uma floresta pode desprender mais água do que um lago.

Muito difícil até há pouco tempo foi também a determinação da evaporação livre de uma superfície de água, pelo menos quando se trata de colher dados para comparação com a transpiração das folhas.

Determinação da evaporação livre

Esta é proporcional ao "deficit" de saturação e pode ser teoricamente calculada conhecendo-se este ou a humidade relativa e a temperatura. No entanto, todos os valores colhidos ou calculados sobre a evaporação são tidos pelos meteorologistas como muito incertos. A evaporação de uma superfície de água depende muito da ventilação que é diferente em cada lugar, e das diferenças de temperatura que se estabelecem entre a superfície evaporante e o ar ambiente, diferenças essas devidas à irradiação e à própria razão da evaporação. Os termómetros húmido e seco podem indicar uma certa humidade relativa do ar; na copa de uma árvore, no interior e na periferia, na sombra e no sol, no vento e na calma, reinam condições diferentes e variadíssimas que não podem ser avaliadas e que se alteram de instante a instante (Vide Walter, 108).

Para determinar a evaporação em lugares definidos, os ecologistas empregam evaporímetros de varios tipos (Bibl. 108, 109, 113) e especialmente o evaporímetro de Piche que consiste numa folha de papel mata-borrão ligada a um tubo calibrado que contém água. O grau de evaporação do papel pode ser lido pelo consumo de água do tubo. Os evaporímetros podem ser colocados em todos os lugares que interessam e dão valores apropriados para muitos fins.

Para nós que queremos estabelecer uma comparação muito exata entre a transpiração da folha e a evaporação livre, tal evaporímetro não fornece valores bastante satisfatórios. Sabe-se que a evaporação de uma superfície depende da forma desta. Um círculo duas vezes maior do que outro não evapora duas vezes mais do que o menor, ao menos em calma relativa, porque em cada superfície formam-se camadas mais saturadas de humidade, creando uma atmosfera própria que, então, será mais húmida. Uma folha, pequena ou recortada, terá um contacto com o ar ambiente mais fácil e assim evaporação maior do que uma lâmina menos dividida.

O melhor método de comparar a transpiração da folha com a evaporação livre é o de cortar um molde exato da folha em papel mata-borrão, saturado com água e colocá-lo exatamente ¹⁾

¹⁾ — Até a posição da folha ou do modelo importa, como mostram Sierp

no lugar onde observamos a transpiração da folha (Kamp, 36, Stalfelt, 93). Para os nossos fins, depois de termos observado a transpiração da folha durante alguns minutos, colocamos, no mesmo lugar da balança, tal modelo da folha que nos indica agora a evaporação livre de uma superfície igual à da folha e nas mesmas condições. Sabe-se, por pesquisadores que já usaram o método, que diferenças de composição e de superfície no nosso modelo não alteram os valores, enquanto os papéis ficarem bastante saturados de água.

Fato de importancia é a cor do papel, que influe, devido à absorção de raios luminosos que elevam a temperatura do papel mata-borrão. Cada superfície que transpira diminue a sua temperatura, dada a evaporação da água. Este abaixamento por sua vez é diminuído por absorção de raios luminosos que até em luz muito difusa elevam a temperatura da superfície. Todo o desvio de temperatura da superfície evaporante modifica a humidade relativa das camadas de ar adjacentes. Para tornar a comparação mais exata (se bem que nunca perfeita) emprega-se em vez de papel branco, papel verde como p. ex. o usado para esquivinhas.

O evaporímetro molde de folha não só nos proporciona o método para determinar o coeficiente da transpiração estomatar por evaporação; fornece também um padrão apropriado que até ha pouco tempo, faltou para todas as comparações de transpiração entre folhas de diversos tipos e em diversas condições. Poderá e deverá ser usado quando se trata de comparar a eficiencia da transpiração dos diversos tipos de xerofitas e de higrofitas e servirá também para caracterizar a transpiração cuticular.

A maioria das indicações mais exatas até agora apresentam só, como por exemplo a nossa tabela (pág. 73), os valores de transpiração relacionados à superfície folhear. Para serem comparáveis, os Autores estudam os objetos em condições o mais possível iguais, de temperatura e de humidade relativa. Como deixam ver nossas últimas explicações, as condições, ainda que meteorologicamente semelhantes, não podem ser comparadas, por causa dos muitos fatores desconhecidos que dominam a evaporação. Como o evaporímetro molde de folha está sujeito, da mesma forma, aos mesmos fatores, só ele nos fornecerá um sistema de referencia adequado: em cada tipo de folha e em todas as condições poderemos constatar a relação T/E e por esta poderemos caracterizar o comportamento das folhas.

e Seybold (89). Pendurada por ex., a folha modelo transpira mais — devido a correntes de convecção — do que deitada. Kamp (36). constatou evaporação de 1,6 — 2,7 vezes maior no molde de folha pendurado do que na superfície igual de água, colocada num vaso de Petri.

Nossas considerações anteriores ainda não fizeram uma distinção entre transpiração total e transpiração estomatar. Isto só será possível se for conhecido o componente seguinte.

4) — *Estudo da transpiração cuticular*

Teoricamente, parece ser fácil determinar a transpiração cuticular, como a perda de água que se processa com os estômatos fechados. Nossa tabela e nosso gráfico (página 65) dão a impressão de que a transpiração cuticular é uma grandeza constante. Mas, também ela varia com a humidade do ar ou melhor com a evaporação geral, podendo ser muito maior nas horas quentes do meio dia do que pela manhã e à tarde, como mostrará a fig. 29 (pág. 82). Além disso, a transpiração cuticular, numa folha que já perdeu bastante água, não se mantém na mesma altura do que na folha saturada. Nesta também a cutícula será mais embebida, capaz de desprendimento maior de água (Stalfelt, 93, Pisek e Berger, 69, o Autor, 77, pág. 16). Também, em geral não conhecemos bem o grau de fechamento dos estômatos quando os supomos fechados ¹⁾.

Para estudar a transpiração cuticular, os Autores usam folhas com estômatos unicamente no lado inferior. Aplicando uma fina camada de vaselina neste lado, exclue-se quasi ²⁾ toda a evaporação do mesmo, restando virtualmente só a evaporação pela cutícula do lado superior. Supondo-se as cutículas dos dois lados igualmente eficientes, o que geralmente poderá ser feito sem grande erro, podemos calcular os valores da transpiração cuticular por unidade de superfície e de tempo. Relacionando esses valores com a evaporação de um dos nossos evaporímetros teremos valores comparáveis. Os dados atuais dos botânicos ainda não permitem comparações amplas baseadas neste sistema. Os valores mais interessantes encontramos nos estudos europeus de Pisek e Berger (69), e de Kamp (36), dos quais extraímos a tabela seguinte:

Transpiração cuticular em mgrs. por 100 cm² e por hora

(Seg. Pisek & Berger, 69, e Kamp, 36)

Higrofitas	{	Veronica Beccabunga	86
		Impatiens noli tangere	60
Arvores com folhas caducas	{	Corylus avellana (Avelã)	38
		Quercus robur (Carvalho europeu)	27
		Fagus sylvatica (Faia)	22
Sempre verdes	{	Laurus nobilis (Louro)	4.9
		Hedera helix (hera), folha de sombra	4.5
		Hedera helix, folha de sol	2.1
		Pinus silvestris (Pinheiro de Riga)	3.3
Xerofita suculenta	{	Opuntia camanchica	0.46

¹⁾ — *Fechamento perfeito só poderá ser constatado diretamente no porômetro (veja pág. 68).*

²⁾ — *Não completamente. Veja Ferri e o Autor (78).*

Para a vegetação sul-americana ainda não dispomos de dados. Para a folha de *Calonyction* podemos calcular — em condições comparáveis de H.R., uma perda de 16 mgs. por hora e por 100 cm.² ¹⁾. Ficaria entre as árvores com folhas caducas e as sempre-verdes da Europa, o que parece compreensível.

Pisek e Berger (69) já tentaram a determinação de T/E, constando dos valores apresentados por eles, p. ex. os seguintes:

Transpiração cuticular em % da evaporação livre	
<i>Veronica beccabunga</i>	11
<i>Fagus silvatica</i> (folha de sol)	2,9
<i>Fagus silvatica</i> (folha de sombra)	1,9
<i>Pinus silvestris</i>	0,44
<i>Hedera helix</i>	0,40
<i>Opuntia camanchica</i>	0,06

Para a determinação da evaporação os autores usaram discos circulares de mata-borrão de determinada superfície o que não dá valores perfeitos. Fizeram também uso do evaporímetro-molde de folha, mas isso ainda em pequena escala. Estes últimos valores, citados por nós em outro trabalho (78), divergem, em alguns casos, consideravelmente. A transpiração cuticular então aparece com valores menores porque os moldes da folha evaporam mais do que os discos circulares.

Os valores da transpiração cuticular indicam a resistência das diversas plantas contra a seca. A folha de *Calonyction* por ex., da tabela 10 estudada em condições brandas, pesou no começo 1,468 gr. Seu peso a seco foi de 0,224 gr. A água contida na folha era de 1,244 gr. Pela *transpiração total* de 46 mg. em 10 minutos, perderia 276 mg. por hora, o que significa que em 5 horas teria evaporado tanta água quanta contém e que deve substituir para não murchar. O murchamento já se dá quando faltam a este balanço aproximadamente 100 mg.

A *transpiração cuticular* significa para esta planta nas condições indicadas uma perda de 4 mg. em 10 minutos ou seja 24 mg. por hora. Para gastar 1,244 gr. contidas na folha, seriam necessárias 52 horas nas mesmas condições. Saturada de água, com os estômatos fechados, a folha poderia transpirar cuticularmente 4 horas antes de dar os primeiros sinais de murchamento.

Esse começo de murchamento pode ser observado muitas vezes em horas secas, em plantas de caráter relativamente higrofitico. As mais xerofíticas, como as da segunda parte da tabela (pág. 73) raramente evidenciam murchamento. As últimas podem aguentar semanas e meses sem fornecimento de água.

¹⁾ — Como a transpiração cuticular se processa de ambos os lados, os Autores levam em conta sempre a dupla superfície da folha.

Tambem em plantas higrofiticas a proteçãõ cuticular é muito eficiente. Isto evidencia a comparaçãõ com folhas sem cuticula como as das Hymenophyllaceae.

A tabela e o gráfico da Hymenophyllacea *Trichomanes tenerum*, à primeira vista, assemelham-se às de outras plantas, faltando porem a transiçãõ abrupta que, em outras folhas, se deve ao fechamento perfeito dos estômatos (Tab. 12 e fig. 26).

A diferençã principal consiste no fato de se revelarem em *Trichomanes* valores baixos da transpiraçãõ, somente quando a folha possui muito pouca agua.

Às 10 horas e 10 minutos, as folhas da Hymenophyllacea já tinham aparencia de secas, evaporando, porem, ainda 6,5 mg. por minuto. Quando a transpiraçãõ alcançou o valor de 0,4 mg. por minuto, isto é, valor comparavel ao da transpiraçãõ cuticular da folha de *Calonyction* da tabela (que entretanto pesou quasi o dobro), o nosso tufo de *Trichomanes* pesou 304 mg.; o

TABELA 12

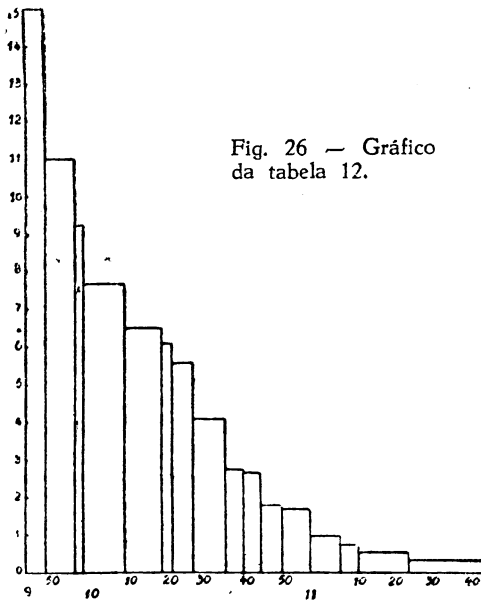
TRICHOMANES TENERUM (HYMENOPHYLLACEAE)

2-11-1941

Peso saturado 795 mg. — Peso seco 270 mg. — H. R. 68% — T. 25° C

Tempo	Peso (mg.)	Perda dagua por minuto
9 ⁴²	795	} 15,0
9 ⁴³	780	
9 ⁴⁴	765	
9 ⁴⁵	751	
9 ⁴⁶	736	
9 ⁴⁷	721	} 10,6
9 ⁵⁷	615	
10 ⁰⁸	530	7,7
10 ¹⁸	465	6,5
10 ²¹	446	6,3
10 ²⁶	418	5,6
10 ³⁵	381	4,1
10 ⁴⁰	367	2,8
10 ⁴⁴	356	2,75
10 ⁵⁰	345	1,83
10 ⁵⁷	333	1,7
11 ⁰⁵	325	1,12
11 ¹⁰	321	0,8
11 ²³	313	0,61
11 ³³	308,5	0,55
11 ³⁴	304	0,4

seu peso seco, constatado mais tarde, apresentou o valor de 270 mg., 34 mg. a menos que o peso às 11 horas e 23 minutos. Neste



momento a sua reserva de água era, pois, de 43 mg., ao passo que, no estado saturado, possuía 525 mg. de água. Uma diminuição da transpiração, comparável (entretanto relativamente maior) com a transpiração cuticular da folha de *Calonyction*, só se deu quando a *Hymenophyllacea* possuía 6,4% da sua água normal, ao passo que, na mesma razão de transpiração, *Calonyction* possuía ainda 82% da sua reserva inicial. Tal comparação ilustra otimamente a eficiência da proteção da cutícula.

5) — *Deficit de água, Murchamento inicial e letal*

As plantas quasi nunca são encontradas em estado perfeitamente saturado. Sobre a grandeza do deficit de água existem muitos dados que, entretanto, só serão comparáveis quando relacionados com a água contida no estado de saturação (Stocker, 94). Determinações da quantidade de água que falta à planta, num momento dado, informam-nos sobre a situação desta.

No deserto egipcio Stocker encontrou já pela manhã um deficit não inferior a 24% que à tarde podia atingir até 56%. Os valores indicados por Iljin — que tiramos de uma estatística de Stocker (94) — indicam para as estepes meridionais da Russia valores entre 13% e 40%. Nas estepes húngaras as variações indicadas por Stocker são menores (11% a 23%). Isso se relaciona com lugares xerofíticos. Lugares abastecidos de água não permitem que tais deficits se desenvolvam. Nos brejos, nas mesmas estepes estudadas por Iljin, *Alisma plantago* podia ser encontrada, pela manhã, com deficit de 0,5%, isto é saturada, ao passo que à tarde também esta planta ainda que enraizada no brejo pode acusar um deficit de 11%.

Nas plantas de caracter xerofítico, a existencia de um deficit grande geralmente não se vê. As células destas têm membranas elásticas e a perda de água dos vacúolos é acompanhada

pela contração das membranas celulares. As folhas do girasol com a perda de água podem diminuir de 25% a sua superfície e para *Covillea* (o *Creosotbush* dos desertos americanos) são indicadas contrações até de 50%.

As plantas higrofiticas geralmente não têm esta capacidade de contração elástica; pequenas perdas de água anulam a turgescencia das células e as folhas logo parecem murchas. Este estado se vê e pode ser chamado murchamento incipiente ou "incipient wilting". Dados de Caldwell, frequentemente citados, indicam os valores seguintes, cuja porcentagem aliás se refere ao peso fresco.

"INCIPIENT WILTING"

Perda de água em relação percentual da água "em estado fresco" seg. Caldwell, citado por Maximov.

<i>Especie</i>	<i>Deficit de agua em %</i>
<i>Physalis angulata</i>	10,6
<i>Zea Mays</i>	15,6
<i>Martynia Louisiana</i>	17,5
<i>Phaseolus vulgaris</i>	18,0

Plantas higrofiticas como as *Balsaminaceae* afrouxam, segundo os Autores (Maximov, 54, pág. 275), com 1% até 2% de perda de água, ao passo que em plantas xerofiticas o mesmo se dá depois de perdidos 30% a 40% de água. Tais indicações geralmente se referem aos valores variaveis do "peso fresco". Uma planta que evidencia murchamento depois de perder 5% da água de saturação, parece fresca ainda, depois de ter perdido 4%. Agora, a perda de mais 1% provoca murchamento visível. Por isso, damos a seguir uma observação nossa:

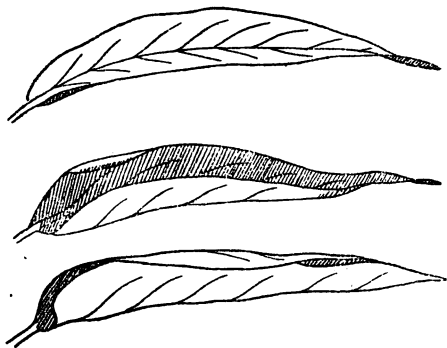


Fig. 27 — Folha de *Maranta gibba*: em cima no estado saturado; em baixo dois estados de enrolamento por perda de água.

Nas florestas brasileiras, entre as plantas de sombra

mais pronunciadas, devem ser citadas certas *Marantaceae*, cujas folhas se enrolam com a minima perda de água. Basta colher uma folha para ver como quasi imediatamente se enrola nas mãos do observador. Para uma determinação exata colhemos duas folhas

de *Maranta gibba* na manhã de um dia chuvoso, para pesagem rápida no laboratório (temp. 17.2°C; H.R. 75%). Ambas as folhas estavam, como se revelou no fim da experiência, saturadas de água, pesando no início a primeira 625 mg. e a outra 687 mg. O início do enrolamento foi observado na primeira quando a balança indicou 613,5 depois de 4 minutos de transpiração. A outra folha que pesou no estado saturado 687 mg., começou o enrolamento com 678. Isto significa uma perda de água de 2% para a primeira e de 1,7% para a segunda. Continuando-se a experiência mais alguns minutos observa-se o enrolamento perfeito da folha. Neste estado a primeira folha tinha perdido 3,3% da água de saturação, ao passo que a segunda perdeu 5,8%. Terminada a primeira observação as folhas foram mergulhadas em água, para determinar o peso saturado, e depois disso sujeitas a nova transpiração na balança de torsão. O principio do enrolamento e o enrolamento completo deram-se com perdas de água idênticas às já indicadas.

Este enrolamento não pode ser interpretado como uma medida de proteção, sendo o lado exterior da convexidade o que possui os estômatos.

A maioria das plantas expostas, no seu habitat, à forte perda de água, têm folhas protegidas contra o afrouxamento, reforçando mecanicamente as membranas ou possuindo elementos esclerenquimáticos. Nasce assim as folhas duras ou "esclerophyllos". A maioria das folhas da vegetação brasileira são deste tipo, até as das árvores de florestas húmidas.

O murchamento incipiente é reversível. A planta abastecida de água volta, sem prejuízo, ao estado turgescente.

Os primeiros prejuízos letais ou irreversíveis dão-se com uma perda maior de água, como mostra a tabela seguinte:

PRIMEIROS PREJUÍZOS LETAIS OBSERVADOS NO DEFICIT EM % DA
AGUA DE SATURAÇÃO (seg. Pisek & Berger, 69)

<i>Fagus silv.</i> (f. sol)	entre 30 e 40
<i>Fagus silv.</i> (f. sombra)	" 40 e 50
<i>Impatiens noli tangere</i>	" 50 e 60
<i>Opuntia camanchica</i>	" 50 e 60
<i>Hedera helix</i>	mais de 60
<i>Pinus silvestris</i>	" " 70

Schroeder (cit. por Maximov 54, p. 243) indica que *Cucurbita Pepo* (abóbora) tinha perdido 81% de água do estado "fresco" ao se iniciar o efeito letal. Os valores para o girasol (*Helianthus annuus*) são de 80%, para *Betula* 75% e *Platanus* 48%. Como planta menos resistente revelou-se o *Impatiens noli tangere*, que não sobreviveu à perda de 44%.

6) — *Rapidez e eficiencia do fechamento dos estômatos*

Sem dúvida a rapidez da reacção dos estômatos, quando são obrigados a fechar por falta de agua, constitue um criterio muito importante. Dispomos, porem, de poucos dados certos ¹⁾. Entre outros, Nutman (65) indica que os estômatos do café começam o fechamento em poucos minutos, quando insolados. Como estes dados foram colhidos por métodos porométricos, precisam de confirmação.

E' claro que só podemos comparar as reacções em condições iguais, o que neste caso parece difficil.

TABELA 13
COFFEA ARABICA
13-11-1941

H. R. = 62% T = 20,5° C

Tempo	Peso (mg.)	Perda mg/min.
916	1062	
917	1057,5	4,5
918	1052,5	5
919	1048,5	4,5
920	1044	4
921	1039,5	4,5
922	1035,5	4
923	1030,5	5
929	1008,5	3,7
934	994	2,9
939	982,5	2,3
942	979	1,2

TABELA 14
CEDRELA FISSILIS
14-11-1941

H. R. = 63% T = 20,2° C

Tempo	Peso (mg.)	Perda mg/min.
1116	1553,5	7,5
1117	1546	7
1118	1539	7
1119	1532	7
1120	1525	7
1122	1512	6,5
1124	1508	2

¹⁾ — Maximov (54, pág. 189) — "The opening or closing is a slow and gradual process, usually taking half an hour or more".

Damos aqui duas observações em *Coffea* e *Cedrela*, ambas com folhas novas, formadas na primavera de 1941, examinadas em nosso laboratório em condições quasi idênticas.

Se contamos como fechamento principal o movimento desde o fim da abertura máxima, que foi mantida no café até 9h²³ e para *Cedrela* até 11h²⁰ ou 11h²², este fechamento se processou no café em mais de 15 minutos, ao passo que no *Cedro* precisou só 2 a 4 minutos. O fechamento completo, hermético, consome mais vinte ou mais minutos (veja Rawitscher e Ferri, 78).

Provavelmente ambas as plantas pertencem à categoria das que fecham com relativa rapidez. Faltam-nos por enquanto observações mais amplas. A explicação provavelmente deve ser procurada no tamanho da abertura máxima que é diferente nas varias plantas. Plantas com lentidão de movimentos muitas vezes mostram os estômatos muito abertos. Como já dissemos na pág. 68 os primeiros passos do fechamento não diminuem muito a difusão dos gases, ao passo que cada contração se torna muito eficiente quando as fendas estiverem estreitas. O café no estado mais aberto mostra as fendas estreitas. As do cedro são estreitíssimas e no microscopio de iluminação vertical a fenda quasi não se percebe.

Estas observações referem-se ao fechamento "hydroactivo" dos estômatos, fechamento esse que acompanha a perda da água ou o murchamento das folhas. Não devemos esquecer, que existem, além disso, as reações "photoactivas": durante a noite os estômatos de quasi todas as plantas, até os das de brejo (Wenzl, 114) estão fechados, para abrir só ao amanhecer, movimentos esses devidos à variação da iluminação que provoca por sua vez as alterações conhecidas nos valores osmóticos das células estomáticas.

Este fenômeno, muito estudado na Fisiologia contemporanea, indica que o papel essencial da abertura dos estômatos não consiste em permitir a saída de vapor da água, mas em deixar entrar o CO₂ para a fotossíntese.

A eficiencia do fechamento pode ser expressa pela relação da transpiração cuticular para com a estomatar, ou melhor, para com a total. Embora conheçamos algarismos de transpiração cuticular que especialmente em plantas xerofíticas se revelam bem pequenos, faltam bons dados de comparação com a transpiração total. As expressões dos livros são geralmente vagas quando não faltam por completo, mencionando-se geralmente valores de transpiração cuticular que são de 4 a 20 vezes menores que os da estomatar. Os valores indicados por Kamp (36) e Stalfelt (93) mantem-se na mesma ordem de grandeza. A relação porem deve ser considerada como sendo menor. Os alga-

rismos de Pisek & Berger (69) e observações nossas em Cedrela (78) indicam valores de 1 para 60 ou 70. Esperamos que o futuro nos traga mais esclarecimentos.

c) — TRANSPIRAÇÃO DAS PLANTAS NO CAMPO

Os métodos que acabamos de analisar no parágrafo anterior já estão dando bons resultados em pesquisas feitas no "campo".

Os pesquisadores geralmente levam a balança de torsão para o campo ou a floresta cujas condições querem estudar, colhendo, com certos intervalos, folhas cuja transpiração é determinada imediatamente. Prolongadas por um dia inteiro, as provas nos dão os valores da transpiração da planta durante todo o dia. Acompanhadas por observações meteorológicas no lugar constituem informações valiosíssimas.

Para ilustração damos a seguir três gráficos que apresentam os dados colhidos por Stocker (96) nas estepes húngaras (figs. 28 e 29). Apresentam o comportamento das mesmas duas plantas, *Statice Gmelini* e *Artemisia monogyna*, em três dias meteorologicamente diferentes: a 10 de Junho havia chovido e a estepe estava húmida. 14 de Maio caiu no fim de uma época muito seca, ao passo que 30 de Maio representa um estado intermediário. O primeiro caso (fig. 28) mostra, já desde as 6 horas da manhã, valores altos de transpiração em *Artemisia*. Ambas as plantas aumentam a transpiração com o progresso do dia: com o levantar do sol também a evaporação cujos valores são indicados nos gráficos, diminuídos para 1/3, aumenta. Sobressaem os valores menores de *Statice*. No terceiro caso (fig. 29) *Statice* mostra valores quasi idênticos aos anteriores, ao passo que *Artemisia* se mantém sempre baixa: *Artemisia*, em condições secas, não abriu os estômatos e sua transpiração é só a cuticular (que, como sabemos, também aumenta com a evaporação). *Statice*, ao contrario, abriu os

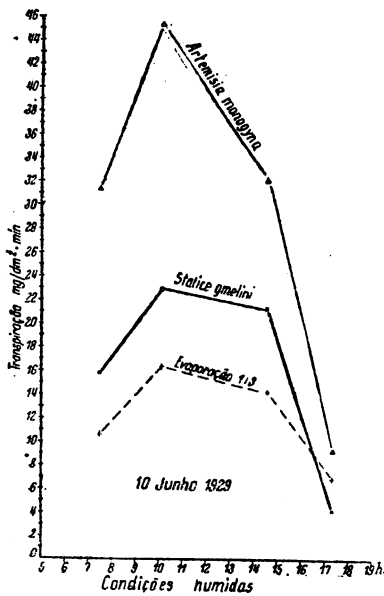


Fig. 28 — Gráfico da transpiração de *Artemisia* e *Statice* durante as horas (abscissas) de um dia em condições húmidas. A evaporação é indicada na terça parte do seu valor. (Seg. Stocker).

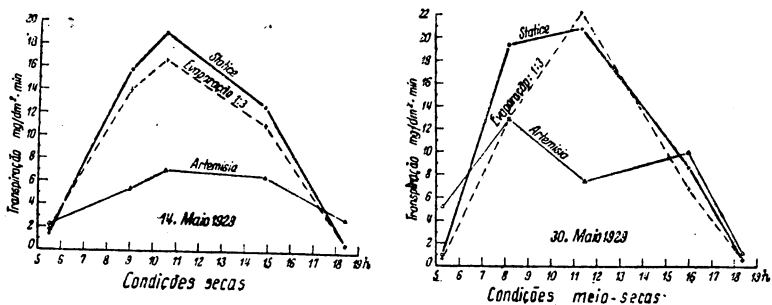


Fig. 29 — As mesmas plantas da fig. 28 em condições meio secas e secas (Seg. Stocker).

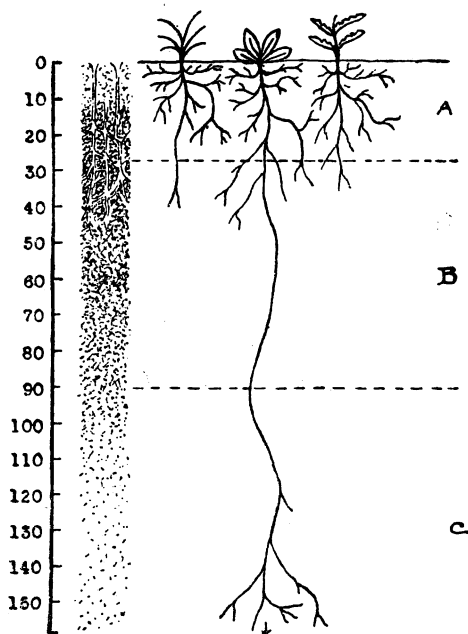


Fig. 30 — Esquema mostrando as raízes de *Statice Gmelini* no centro e *Artemisia monogyna* á direita. (A' esquerda a gramínea *Festuca pseudovina*). — A, B, C = horizontes eluvial, iluvial e subsolo. Lençol terrestre de água á profundidade de cerca de 4,5 metros (Seg. Stocker).

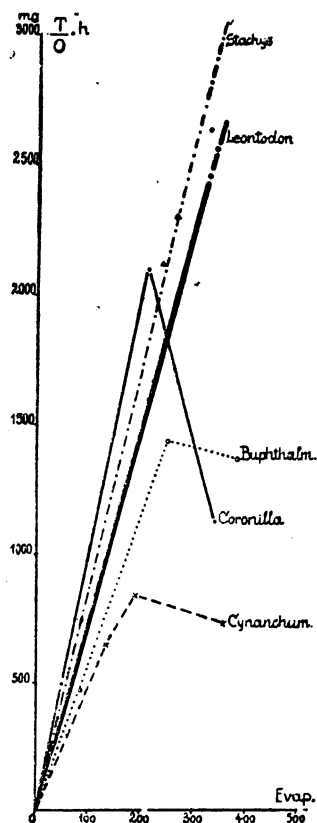


Fig. 31 — Transpiração por dm² e por hora de cinco plantas em função da evaporação. (Seg. Pisek e Cartellieri).

estômatos, pouco sofrendo, como parece, com a seca. O caso intermediario, por isso, mostra *Statice* com o mesmo comportamento. *Artemisia* abre os estômatos primeiro, mas já às 9 horas os fecha, evitando assim a transpiração máxíma do meio dia. À tarde, observa-se um segundo pequeno máxímo da transpiração, devido à nova abertura dos estômatos.

Este fechamento dos estômatos ao meio dia é característico para muitas plantas em condições secas. As duas plantas descritas apresentam dois tipos diferentes, sendo um obrigado a diminuir a transpiração, pelo menos temporariamente, ao passo que o outro continua inalterado.

A explicação, no que concerne estas duas plantas, é dada pela fig. 30. *Statice* com suas raízes profundas retira agua das camadas próximas ao lençol subterraneo, camadas essas que quasi nunca secam. *Artemisia* com suas raízes relativamente superficiais é sujeita a cada seca temporaria.

Este comportamento diferente de plantas com e sem diminuição da transpiração, em condições de seca normal, evidencia-se tambem na fig. 31, onde Pisek e Cartellieri (70), indicam os valores da transpiração de cinco plantas, como função da evaporação. Com o aumento desta, a transpiração sobe primeiro em proporção retilínea, mas atingida uma evaporação de 200 (em valores relativos do evaporímetro de Piche) tres das cinco especies são obrigadas a fechar os estômatos, ao passo que *Leontodon* e *Stachys* continuam inalteradas.

Nas figs. 29 e 30 vimos que *Statice* parece melhor aparelhada para as condições secas e que sua transpiração, em condições ótimas, é menor que a de *Artemisia*. Como já mencionamos, pensava-se antigamente que, como regra geral, o xerofitismo consiste em diminuição da transpiração. Atualmente, este ponto de vista não pode mais ser mantido. Hoje sabemos — os méritos cabem a Maximov — que muitas plantas xerofíticas possuem uma transpiração tão ou mais eficiente do que as plantas higró-

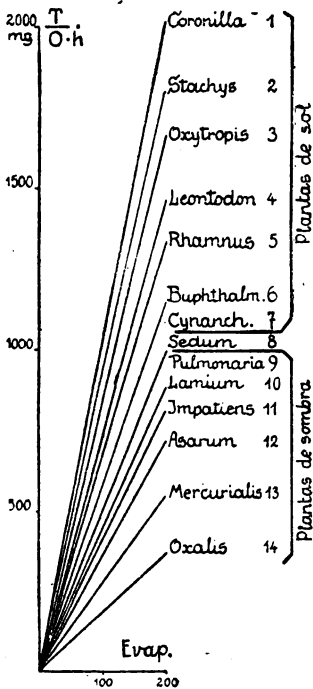


Fig. 32 — Transpiração por dm^2 e por hora de plantas xero e higrófitas em função da evaporação. (Seg. Pisek e Cartellieri).

fíticas. Possuem porem a capacidade de fechar rápida e perfeitamente os estômatos em caso de emergencia. A transpiração cuticular que então conservam é menor do que a transpiração cuticular das plantas higrofiticas.

O grande poder de transpiração das xerofitas vê-se no gráfico 32 de plantas alpinas de Pisek e Cartellieri (71), que apresentam novamente grande transpiração em função da evaporação. As plantas xerofíticas todas chegam à valores altos, alcançando *Coronilla* com a evaporação de 200, uma transpiração de 2.000 mgs. por dm^2 e por hora. A especie n.º 8, *Sedum*, apresenta valores intermediarios; é uma planta xerofítica, mas do tipo das *suculentas*. Vimos na pág. 57 que a adaptação deste grupo consiste especialmente no acúmulo de grandes reservas de agua.

Temos que supor que as plantas xerofíticas mantem a grande abertura dos estômatos para aproveitar todos os momentos de condições favoraveis de humidade. As plantas higrofiticas no seu ambiente têm mais tempo para a fotossíntese e as *suculentas*, com grandes reservas de agua, assemelham-se neste sentido às *higrofitas*.

A distinção que fizemos entre um tipo de plantas que não diminuem a transpiração ao meio dia e outro que o fazem não é incisiva, mas gradativa. Ha condições em que também as plantas mais bem aparelhadas têm que fechar os estômatos e como os desertos demonstram não existem plantas que resistam a todos os rigores. A fig.

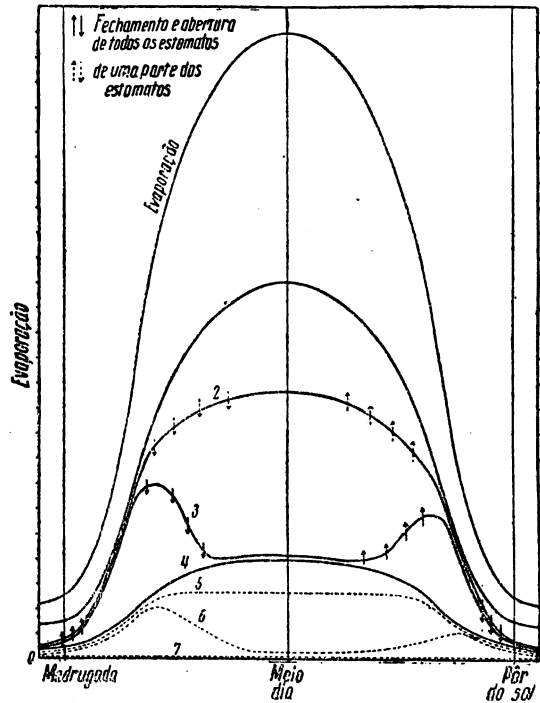


Fig. 33 — Possibilidades do curso diario da transpiração (Seg. Stocker). 1 - estômatos permanentemente abertos; transpiração proporcional á evaporação. — 2 - depressão por fechamento. — 3 - fechamento perfeito nas horas próximas do meio dia. — 4 - fechamento perfeito permanente; transpiração cuticular proporcional á evaporação. — 5, 6 e 7 - a transpiração cuticular não pode mais acompanhar proporcionalmente a evaporação, por falta de água, em folhas secas.

33 mostra os comportamentos diferentes que uma planta pode apresentar. Em 1) acompanha a marcha diurna da evaporação com os estômatos sempre abertos. Em 2) atenua a transpiração fechando parcialmente os estômatos antes do meio dia. Em 3) o fechamento dos estômatos durante as horas de meio dia é completo, conservando então a planta só a transpiração cuticular durante essas horas. Em 4) não ha abertura dos estômatos, a curva indica só a evaporação cuticular. 5), 6) e 7) são casos em que até a transpiração cuticular não pode mais acompanhar a evaporação por causa do murchamento da planta; este é o comportamento das plantas "redivivas" que aturam o murchamento adiantado, plantas essas mencionadas nas págs. 44 a 46.

Neste último caso o dessecamento das membranas é tão forte que a agua restante é retida com forças tão grandes que diminuem a evaporação cuticular. Acreditava-se até ha pouco que esta retenção dagua se fizesse sentir em todas as plantas, diminuindo a transpiração até de plantas relativamente abastecidas de agua e com estômatos abertos, abaixamento de transpiração esse que acompanharia o murchamento incipiente ("incipient wilting"). Como sabemos hoje, temos que contar com este fator só no caso de dessecamento muito forte.

Observações como as que acabamos de descrever evidenciam a utilidade de tais estudos. Se observamos no campo o fechamento de estômatos em certas condições, sabemos que a planta carece de agua. A falta de fechamento e a ausencia de murchamento indicam que as raizes da planta encontram bastante agua no solo. Se conhecermos a profundidade das raizes, podemos tirar conclusões sobre a agua que está ao alcance em certas camadas.

Como já dissemos e como vamos expor detalhadamente, a Pedologia tem dificuldades em determinar a quantidade dagua aproveitavel. A planta, pela sua transpiração, nos diz — sem discussão — se ha ou não agua ao seu alcance.

As informações que as plantas nos dão desta maneira muitas vezes nos parecem bem inesperadas. Como já dissemos, até em desertos pode haver uma transpiração forte. Se mencionamos (pág. 57) *Peganum Harmala* que mantem no Saara uma transpiração relativamente forte, podemos acrescentar a isso varios casos semelhantes. O "Arbusto dos Camelos" abastece os herbívoros do deserto com sua fronde verdejante, até em plena seca, porque as raizes penetram profundamente no solo. Existe só onde ha um lençol dagua, cuja profundidade segundo Birand (5) não deve ultrapassar 5 a 6 metros. Semelhante aliás é a situação das tamareiras que em tais lugares desertos formam os "oasis". (A existencia de florestas de palmeiras em pleno deserto comprova o enunciado que até em desertos podem existir

florestas, suposto que tenham água subterrânea ao alcance das raízes. O observador muitas vezes deixa-se enganar pelo aspecto árido da superfície dos campos. As razões da transpiração em tais ocasiões podem alcançar valores muito elevados).

Os Autores geralmente indicam os valores da transpiração em mg. de água transpirados por hora, referindo-se ou a 1 gr. de massa vegetal "no estado fresco" ou ao $\text{dm.}^2 = (100 \text{ cm.}^2)$ de superfície folhear, somando-se neste caso as duas faces da folha.

Como a referência à superfície nos parece mais indicada, apresentamos, para dar uma idéia, alguns valores que foram observados:

Em folhas de café, Nutman (65) indica para a África meridional, um valor máximo de 25 mg./ dm.^2 /minuto, em evaporação forte e em boas condições de abastecimento de água. Isso equivale à evaporação de 1,5 gr. por dm.^2 e por hora. Tais valores podem ser muito ultrapassados. Na copa das árvores, nas condições tropicais de Java, Stocker (97) registrou 50 mg./ dm.^2 /minuto, ou sejam 3 gr. por hora, como valor máximo, em pesquisas de curta duração. A transpiração máxima, encontrada por Birand (5) em condições semi-desérticas de Ankara, foi de 55 mg. por minuto ou 3,3 grs. por hora. Os valores record são indicados por Vassiljev (105) para o deserto arenoso do Karakum, onde por baixo da areia existe um lençol subterrâneo de água, pouco profundo, garantindo um abastecimento fácil de água, ao passo que a humidade relativa do ar é baixíssima. A maior transpiração mostrou Smyrnovia turkestanica com 27 gr. por hora. Estes valores parecem porém duvidosos e não foram confirmados por Kakina (cit. por Walter) que encontrou grandezas 2 a 3 vezes menores. Neste caso concordariam bem com os valores máximos indicados por Harder (25) para o Saara algeriano que são mais modestos (8,2 gr./ dm.^2 /hora) em *Zilla macroptera*.

Talvez mais eloquentes pareçam os valores calculados por dm.^2 e por um dia inteiro. Neste caso temos o seguinte:

Larangeira, em culturas bem arejadas da Palestina (Oppenheimer) — 28,8 gr.; *Haplophyllum tuberculatum* do deserto Syrio (Evenari & Richter) 83,4 gr.; *Artemisia*, citada na pág. 81, na Hungria (Stocker) — 23,3 gr.; as plantas do deserto, darfiam segundo Vassiljev (105) — 40 até 250 grs. Os valores do deserto do Arizona meridional medidos por Schratz mantêm-se entre 6 e 25 gr., ao passo que as gramíneas da África meridional, segundo Henrici (27) acusam valores até de 17 gr. Valores para a América do Sul ainda faltam e seriam muito desejáveis.

Esses dados tornam-se ecologicamente interessantes quando comparados com a economia de água total do país, quer dizer rela-

cionados à quantidade das precipitações. Para isso precisamos conhecer 1) — a transpiração média da superfície folhear; ao lado destes valores a transpiração dos ramos e dos botões pode ser menosprezada; 2) — a extensão total da superfície folhear da copa de uma árvore e 3) — a área do solo coberta pela árvore. No caso de existirem plantas baixas é necessário incluir também a transpiração destas, somando-se assim a transpiração total sobre a área considerada. Geralmente os cálculos se relacionam com superfícies maiores como o hectare (10.000 m.²). Tais cálculos foram tentados desde Von Hoehnel, que em 1880 determinou os primeiros valores para a Austria, trabalhando com plantas novas em vasos, método este cuja transferência para o campo já por si está sujeita a erros. Mas, a continuação desses estudos na Europa proporcionou-nos valores cuja ordem de grandeza sem dúvida está certa. Assim, os silvicultores concordam em aceitar para uma floresta de faia uma transpiração estival de 20.000 litros por hectare e por dia. Para substituir os 20.000 litros de água transpirada precisa-se uma precipitação de 2 mm. por dia, o que corresponde a uma chuva média de 60 mm. por mês. Os valores médios determinados no último trabalho de Pisek e Cartellieri (72) são quasi idênticos, chegando também estes Autores a um consumo médio de 20.000 litros por dia e por hectare para as entidades das florestas estudadas ou, expresso em mm. de precipitação, igual a 2 mm.. O maior consumo cabe a avelã com 3 mm. e o menor a Hippophae com aproximadamente 1 mm.

Isso se refere aos meses de verão, de vegetação mais ativa. No inverno o consumo é tão menor que a soma para o ano dá valores semelhantes aos dados por Engler (19) para a Suíça, que conta com uma transpiração média de 300 mm. por hectare por ano. Como na Europa central a média das precipitações anuais pode ser avaliada talvez em 700 mm., as florestas gastariam, em algarismos grosseiros, a metade das precipitações que caem. Destas precipitações nem tudo chega ao solo, sendo evaporada uma boa parte nas ramagens das copas. O solo também perde água por evaporação direta e finalmente escoar água do subsolo para alimentar nascentes e rios.

O consumo da metade das precipitações para a transpiração parece uma grandeza adequada para países de florestas, especialmente em regiões com uma época de repouso. Na época de vegetação ativa, os valores de Pisek e Cartellieri (72) acusam para os meses de verão um consumo que nesta época do ano é pouco inferior às precipitações durante estes meses; pelo menos para uma planta tão exigente como a avelã, que nos meses de Maio a Setembro transpira mensalmente 90 mm. contra uma precipitação mensal de 96 mm.

Tal estatística poderá fornecer dados sobre a possibilidade da existencia de florestas, em dependencia das precipitações. Para a maioria dos países faltam dados bastante seguros. Reproduzimos aqui um quadro provisorio de Henrici, publicado por Walter (110) que indica os valores seguintes para a África do Sul (Betschuana). (1 mm. de precipitação leva ao hectare 10m^3 de agua correspondendo assim 2.000 m^3 por hectare a 200 mm. de precipitações).

TABELA 15

Tipo de vegetação	Transpiração Ha. ano	Precipitação Ha. ano
Grassland Betschuana	2040 m^3	4290 m^3
Caroo-bush	480 "	2000 "
Mata natural (Pretoria)	1398 "	7600 "
Eucalyptus (plantação velha) .	12000 "	7600 "
Acacia mollissima (")	25000 "	7600 "

Esses valores pouco seguros, ainda presos a incertezas, indicam só a ordem das grandezas em jogo.

As associações naturais da tabela 15 gastam menos agua do que cai. As plantações gastam mais. Este último caso só se pode realizar onde é acrescentada agua por irrigação artificial ou onde se dá irrigação natural por rios que trazem para aí o restante das precipitações de outros lugares. Pode-se dar tambem um terceiro caso cuja possibilidade é muito importante para toda a silvicultura em inicio. Podem existir reservas de agua no solo, que a plantação jovem pode esgotar. Só depois de alguns anos se vêm as consequencias fatais. Tais fatos, citados por Walter (110) para a África do Sul, podem se repetir entre nós.

Depreende-se do que acabamos de tratar que quanto mais rica a vegetação tanto maior será a transpiração; quanto mais folhas se estendem sobre certa area, tanto mais agua será evaporada. Em regra geral, as florestas transpiram mais do que os cerrados e campos. Florestas com varios andares de copas, como as matas tropicais húmidas, terão a maior transpiração sobre a unidade de area, fato esse fora de qualquer dúvida, embora a esse respeito disponhamos de poucos dados modernos, alem dos citados na pág. 86. O fato da grande transpiração relativa das florestas raramente é tomado na devida consideração. Quem passeia à sombra da floresta tem a impressão de se encontrar num lugar húmido. O cientista que mede e compara a

evaporação do solo na floresta e no campo encontra valores maiores no campo. Mas, a conclusão de que a floresta é o lugar mais húmido é tirada pelo homem porque o observador humano é mais baixo do que as árvores. Se tivesse ocasião de passear em cima das copas das árvores, encontraria aí a mesma irradiação e o mesmo calor que no campo próximo. Stocker (97) mediu à sombra das árvores, 25 cms. acima do solo, um deficit de saturação de 4 a 5 mm. Hg., ao passo que o deficit se apresentou três vezes maior (15 mm. Hg.) acima das copas das árvores.

Quando comparamos a evaporação no campo e na floresta, não devemos deixar de adicionar aos valores determinados perto do solo, os outros, muito maiores, da copa.

A grande transpiração das florestas reflete-se na pouca quantidade de agua que deixa subsistir no solo. Também aqui temos que constatar que a maior humidade do solo florestal é só aparente, relacionando-se com suas camadas mais superficiais. Na profundidade, a absorção das raizes se faz sentir. Comparando-se o teor em humidade do solo em florestas e clareiras ou campos adjacentes, vê-se logo o decréscimo maior na rizosfera das árvores. Os tratados de Silvicultura documentam amplamente este fato. (Veja também De Martonne, 16, pág. 113). Contentamo-nos aqui em reproduzir um diagrama interessante de Ototzki (fig. 34), onde as consequências da maior absorção da floresta se evidenciam no abaixamento do lençol subterrâneo de agua: abrindo-se um poço na estepe a agua é encontrada a uma profundidade de 5 metros. Na transição para a floresta, a pro-

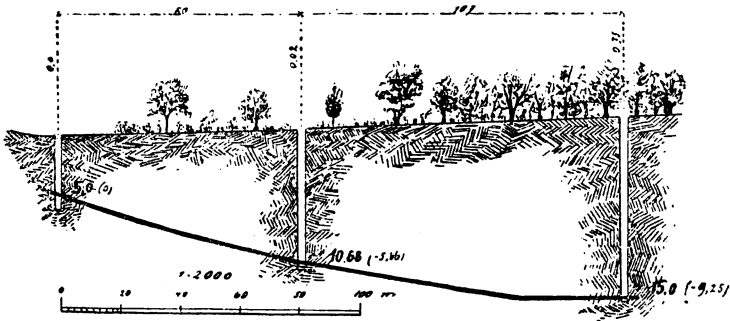


Fig. 34 — Lençol subterrâneo de agua em floresta e estepe adjacente, na Rússia meridional. (Seg. Ototzki).

fundidade da agua acusa mais de 10 metros e no interior da floresta 15 ms. Tais dados são raros porque as florestas mais estudadas das zonas temperadas se encontram em terrenos onde a rocha viva se acha a pouca profundidade, muitas vezes a menos de 1 metro. No Brasil, o fenômeno merece consideração e es-

tudo detalhados. Aqui, a decomposição das rochas, especialmente das cristalinas, prossegue até uma profundidade de 20 metros e mais. A profundidade geral dos poços em tais regiões varia ao redor de 15 metros. Uma sondagem recente feita na estação de Caça e Pesca de Emas, perto de Pirassununga, num campo cerrado, com a vegetação típica destes, trouxe à tona raízes até da profundidade do lençol dagua encontrado a 17,5 metros. (Trabalho em via de publicação).

No capítulo sobre solos, vamos voltar a este fato de importância eminente: os solos profundos dos climas quentes podem armazenar uma quantidade enorme de água resultante das chuvas estivais. Plantas com raízes profundas têm a possibilidade de explorar todas essas reservas.

Em toda a parte onde tais reservas existam, embora profundas, deve existir a possibilidade de crescimento de florestas, e sem dúvida existiram outrora. Dizimadas pela incultura ou cultura dos primeiros habitantes, especialmente pelas queimadas já feitas por eles, a possibilidade de sua reconstituição pode estar altamente comprometida. Onde as épocas secas costumam durar uma boa parte do ano, a vegetação, uma vez desaparecida, dificilmente é substituída, porque as raízes das novas plantas devem logo alcançar os reservatórios subterrâneos. (Voltaremos ao assunto no capítulo dos solos).

Outro aspecto do problema é a questão da influência das florestas sobre o clima. Se a evaporação das florestas é maior, então deve se formar uma atmosfera mais húmida acima delas. A água que fica inerte, inproveitada no sub-solo dos campos, escoando daí lentamente para os rios e finalmente para o mar, essa água, do subsolo das florestas, é evaporada e volta logo ao ciclo atmosférico. Seria interessante se já possuíssemos dados para a comparação da evaporação em grande escala, em florestas e campos comparáveis. Na ausência de tais dados, apresentamos só algarismos publicados por Stalfelt (93) que se referem à evaporação de solos com e sem vegetação, em relação à superfície igual de água (posta esta última como 100).

Evaporação de solos com e sem vegetação na Suecia

Água	Solo nú húmido	Solo com musgos	Solo com vegetação de 1 m. de altura
100	133	53	134 — 295

Vemos que o solo nú, húmido, na Suecia, teve uma evaporação de 133. Uma camada protetora de musgos — que secam superficialmente sem conduzir água — baixa a evaporação ao

valor relativo de 53. Uma camada de plantas superiores da altura media de 1 m. (a "Feldschicht" dos autores) aumenta a transpiração do solo até valores entre 134 e 295. Numa floresta alem desta camada de plantas baixas existem os arbustos, as trepadeiras e finalmente as copas das árvores maiores e menores, tudo isso, no Brasil, coberto por epífitas. Não aventuramos uma avaliação da quantidade real da transpiração de tais complexos vegetais, que em regiões abastecidas de agua deve ultrapassar de muito a evaporação livre de lagos e mares.

O fato de que as florestas baixam o lençol subterraneo de agua traz consigo consequencias dignas de menção. A derrubada de florestas — em contrario à crença geral — levanta a agua subterranea até às vezes aparecer à flor da terra, tornando o terreno brejoso. À força de derrubar muitas matas, sem o saber, transformamos muitos terrenos, antes secos, em brejos senão lagos. Alvaro da Silveira (90) publica uma observação muito interessante que talvez possa ser citada neste conjunto. Trata-se da Lagoa Santa, conhecida pelos estudos de Warming (111): "...Com efeito, a partir da margem do lado norte, existe no fundo da lagoa uma cerca de estacas de madeira, perfeitamente visivel através da agua, pois a profundidade aí, como em quasi toda ela, não é grande. Esta cerca em certo ponto defronta as ruinas de uma grande casa submersa, apenas denunciavel pelo madeiramento, em grande parte ainda intacto ..." (l.c. pg. 167).

O terreno que hoje ocupa a lagoa nem sempre foi coberto por agua e, como indicam os restos de uma casa grande, nem pode ter sido alagadiço. As causas da inundação atual não podem ser indicadas sem estudos previos e detalhados. A probabilidade de ser o fenômeno consequencia da grande devastação das florestas não pode ser negada.

E' crença muito difundida hoje em dia que as florestas não influem sobre o clima de uma região. Às opiniões de muitos autores competentes, reunidas num trabalho de Navarro de Andrade (61) podem, porem, ser contrapostos outros tantos pareceres como o de Koeppen (40), grande conhecedor de climas, que prefere deixar em aberto "a questão interessante, se a floresta por seu lado não influencia o clima" (l.c. 92). Hann (23) salienta que o clima de Manaus na sua temperatura e humidade tem caracteres nitidamente oceânicos que no meio do grande continente só se explicam pela existencia das interminaveis florestas. E' fato certo e documentado entre nós por Navarro de Andrade (61) que a grande transpiração das florestas baixa e modera as temperaturas, elevando ao mesmo tempo a humidade do ar. Substituidas as florestas por campos, a evaporação decresce. As aguas armazenadas nas profundidades do solo que anteriormente eram evaporadas pelas árvores já não mais en-

tram no regime da humidade do proprio país, pois escorrem vagarosamente para os rios e voltam para o mar.

O papel que as florestas desempenham no regime da humidade relativa não deve necessariamente resultar numa influencia sobre as precipitações de uma região, porque estas podem depender tambem de outros fatores, como o aquecimento da superficie da terra que é maior nos campos do que nas matas e que por sua vez influe sobre as correntes atmosféricas responsaveis pelas precipitações dagua.

Se de um lado a floresta aumenta a humidade relativa, abaixa tambem, pelo mesmo fato, a temperatura. Na pág. 23 já foram mencionadas as diferenças de temperatura que nas folhas em franca transpiração podem alcançar valores de 10°C. Tal abaixamento contribue para dar à região das grandes florestas um clima oceânico.

d) — DISTRIBUIÇÃO REGIONAL E ESTACIONAL DA HUMIDADE

A distribuição da humidade na terra depende mais da distribuição dos oceanos e continentes e da configuração destes do que das latitudes. As regiões secas podem existir, em geral, só nos continentes, enquanto que os mares e as partes continentais banhadas por estes, salvo raras exceções, não carecem de humidade atmosférica.

No interior dos continentes a humidade e as chuvas dependem da circulação das massas atmosféricas que transportam e, aí, precipitam a agua. Estas circulações por sua vez dependem da desigualdade do aquecimento da superficie terrestre.

Nos lugares mais aquecidos as massas atmosféricas dilatam-se, sobem e atingidas certas alturas escoam-se para os lados. O ar que sobe da superficie da terra é substituido por outras massas atmosféricas que afluem de lugares menos aquecidos. Como, em geral, os lugares de maior aquecimento se encontram na região equatorial, observamos nas baixas latitudes uma circulação básica que move o ar para o equador, ar que aí se levanta e em alturas elevadas flue na direção de latitudes mais altas. Disso resultaria uma corrente constante de ventos que na superficie da terra deveria se mover, do sul e do norte, respectivamente, para o equador, ao passo que as camadas superiores da atmosfera seguiriam o caminho inverso. Pela rotação da terra, porem, estes ventos são desviados resultando assim as direções nordeste e sueste com que os aliseos alcançam o equador, provindo respectivamente dos hemisferios norte e sul.

Na zona do levantamento do ar e de seu consequente resfriamento uma parte dagua que ele contem é precipitada, resultando

disso que a faixa equatorial é a zona das maiores chuvas, o que se vê na tabela seguinte:

TABELA 16

Medias das precipitações anuais, em cm., segundo as diversas latitudes das Américas. (Seg. Hann e F. von Kerner)

			<— Norte				Sul —>				
60°	50°	40°	30°	20°	10°	Eq.	10°	20°	30°	40°	50°
50	65	73	74	101	155	201	154	118	89	51	77

As condições que provocam estas precipitações espelham-se também no desenvolvimento diurno do clima: nas regiões equatoriais o dia começa, geralmente, com céu límpido; o aquecimento pelos raios solares produz a subida do ar que chegado a certa altura, ultrapassado o ponto de saturação, forma as nuvens; este processo, depois do meio dia, finalmente conduz à precipitação de chuvas, as chuvas regulares da tarde. Seu caracter veemente e torrencial compreende-se pela quantidade grande de vapor que o ar quente pode conter. Por outro lado, uma vez formadas as nuvens, estas constituem um anteparo denso que veda a passagem dos raios solares e por isso todas as camadas

abaixo das nuvens são resfriadas; participam, destarte, das precipitações, camadas espessas de atmosfera. Descarregada toda esta humidade, no resto da tarde, o céu pode mostrar-se novamente claro.

A zona de maior aquecimento não fica estacionaria no equador; desloca-se com a culminação do sol que no verão boreal (i.é., no verão do hemisfério boreal), aproxima-se do trópico de Cancer, para no verão austral chegar até o trópico de Capricornio. Assim também se desloca a zona das maiores precipitações, produzindo-se uma estação de chuvas que acompanha a marcha do sol, como se depreende do esboço esquemático de De Martonne (fig. 35). As zonas circunvizinhas que não mais participam deste aquecimento e cuja posição, correspon-

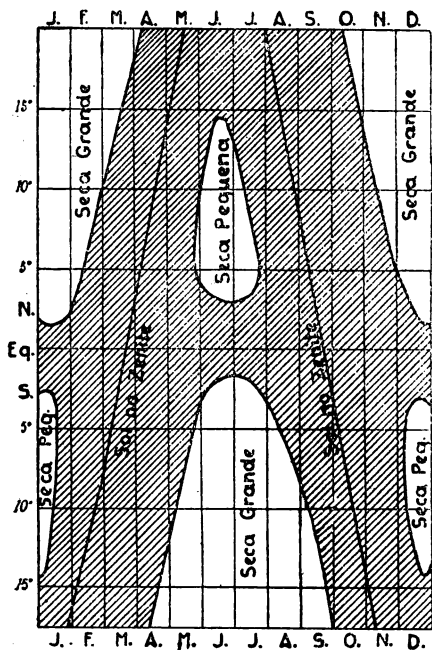


Fig. 35 — Época seca e chuvosa nos trópicos (Seg. De Martonne.).

dente, também se desloca, têm então, uma época de seca. As camadas de ar movem-se destas regiões para as de maior aquecimento, contribuindo a humidade que contém para as precipitações nessas últimas.

O regime dos movimentos de ar, que acabamos de esboçar, reflete-se na baixa pressão atmosférica das zonas de chuvas, e nas altas pressões das zonas secas. Como entre o trópico de Cancer e o de Capricornio o sol culmina duas vezes por ano, temos que esperar duas épocas de chuva e duas de seca. No proprio equador, porem, a diferença do aquecimento solar é tão pequena que quasi todo o ano se pode falar numa estação de chuvas (fazendo-se abstração de condições locais que modificam isso). Em pontos mais afastados do equador distinguimos duas estações chuvosas e duas secas, uma de maior e outra de menor duração, a "pequena seca" que desaparece nas proximidades dos trópicos. Aí, as duas culminações do sol se aproximam cada vez mais, até que o sol culmine uma só vez no ano, como em São Paulo, no trópico de Capricornio (23 de Dezembro). Então, pode haver só uma grande estação de chuvas e uma única seca, A pequena seca conhecida nas latitudes um pouco mais baixas do Brasil (Warming em "Lagoa Santa" já a menciona), pode se fazer sentir, aqui, excepcionalmente (veja o gráfico fig. 38, Rio de Janeiro). A distribuição das estações na América do Sul, aliás, não é tão regular como p. ex. na África, onde tais fatos cabem melhor no esquema traçado. E' claro que condições peculiares, como a configuração dos continentes, a distribuição das montanhas, a existencia de correntes marítimas, etc., podem alterar e até inverter este regime. A costa montanhosa da Baía tem chuvas inverniais devido ao regime dos aliseos e à orientação das serras costeiras.

Se a zona entre os trópicos constitue uma grande região de precipitações e de depressão barométrica, as zonas alem dos trópicos, no sul e no norte, adotam o caráter contrario. E' de lá que vêm os ventos aliseos que se unem e sobem nas zonas equatoriais e é para lá que voltam, em certas altitudes, as massas atmosféricas. As regiões ao redor de 30° de latitude são por isso caracterizadas por pressão barométrica relativamente alta; são estas as latitudes conhecidas outrora, pelos marinheiros, como "Latitudes de Ross". E' nestas latitudes que, sobre os continentes, se formam os maiores centros de seca.

Já foi mencionado que nos continentes a alternancia de estações secas e húmidas só obedece parcialmente ao esquema de De Martonne. Os continentes pela absorção e desprendimento de raios caloríficos, durante o verão aquecem-se mais do que os mares e se resfriam mais durante o inverno. Por isso, forma-se

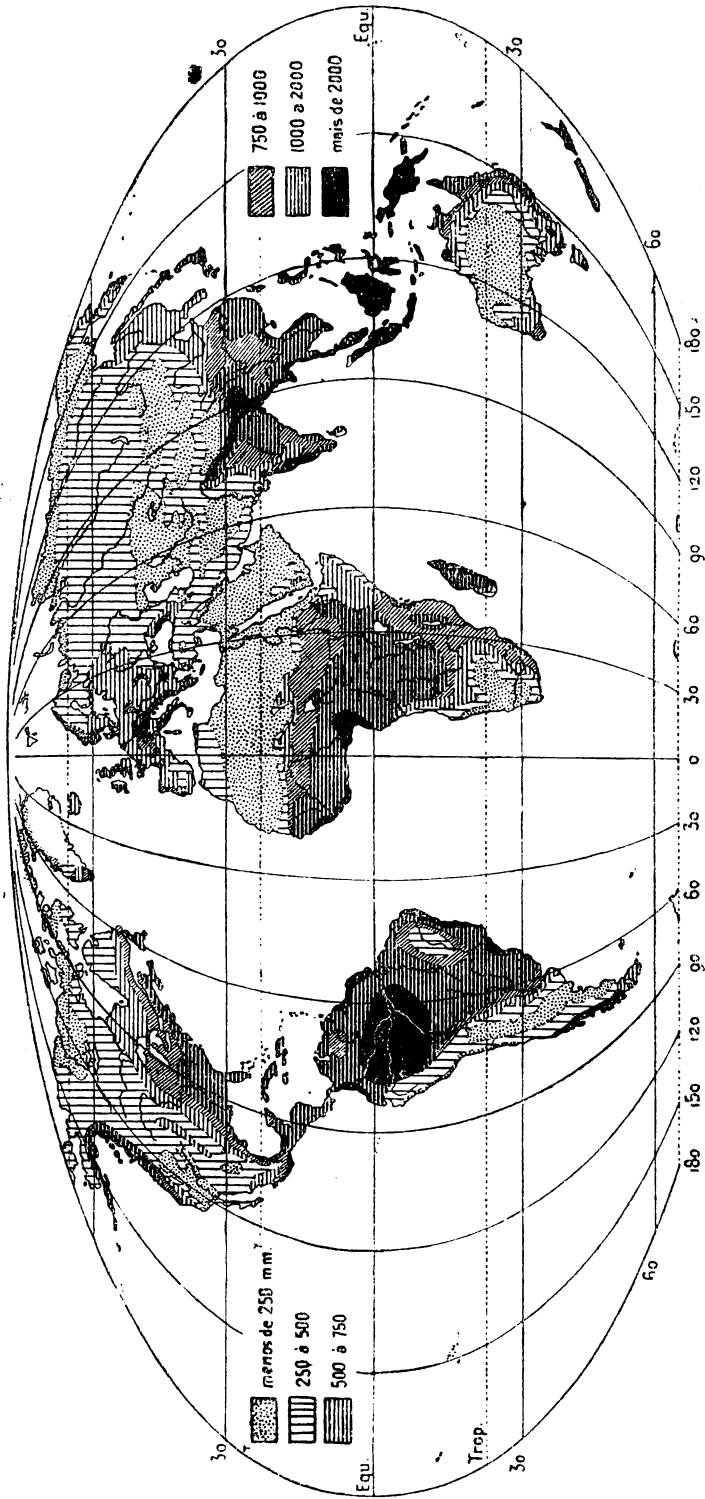


Fig. 36 — Distribuição das chuvas em medias anuais. (Seg. Supan apud De Martonne).

sobre os continentes, no inverno, uma alta barométrica e uma baixa no verão, fenômeno este que dá origem às monções.

Também neste caso, geralmente, as épocas das chuvas são ao mesmo tempo as épocas quentes, fato esse muito importante para a vegetação porque as chuvas que caem na estação quente são muito mais favoráveis do que as do inverno. Fazem, porém, uma exceção as regiões com chuvas inverniais das quais trataremos mais tarde.

A distribuição das chuvas, no interior dos continentes, é perturbada pelo desvio dos ventos. Uma mínima barométrica atrai correntes de ar; se a baixa pressão se encontra sobre um continente seria de esperar que para ali afluíssem os ventos marítimos trazendo a sua humidade. Tais ventos, porém, são desviados; não se dirigem para o centro das depressões, mas as circundam formando os conhecidos ciclones.

Esta mudança da direção dos ventos deve-se ao movimento rotatório da terra. A velocidade do deslocamento da superfície terrestre no equador é maior do que nas latitudes mais altas: cada movimento do equador para os polos recebe por isso uma aceleração aparente, de oeste para leste, ao passo que movimentos contrários adquirem direção oposta. O decréscimo da velocidade rotatória é menor perto do equador do que em latitudes mais altas. Só nestas os desvios são consideráveis.

Assim, os ventos provenientes do mar têm acesso relativamente livre aos continentes, na zona equatorial, ao passo que a maiores distancias do equador são cada vez mais desviados (veja Leighly, 42). Isso contribue para explicar a extensão de regiões áridas com estepes e desertos nas latitudes além dos trópicos.

Como regra geral podemos estabelecer que as maiores precipitações se formam em ligação com a ascensão das camadas de ar, do que resulta, geralmente, a estação chuvosa no verão.

Uma exceção aparente constituem as regiões onde as chuvas principais caem no inverno. Estas regiões se encontram, geralmente, em latitudes de 30° — 40°. São conhecidas especialmente as do Mediterraneo, onde o clima da Palestina e de toda a costa setentrional da África mostra o fenômeno, o qual é de novo encontrado, p. ex., na California, no Uruguai, na África do Sul e em outras regiões. Na América do Sul tem grande importancia.

A explicação deste fenômeno provavelmente, será encontrada na estratificação das camadas atmosféricas. Ao redor dos polos existe uma "capa" constante de ar frio, ar este pesado que tem a tendencia de fluir em direção às regiões mais quentes, encontrando-se, aí, com as camadas mais aquecidas. A zona de contacto chama-se, desde Bjerknæs "a frente polar". A mistura

de camadas nas zonas dos ciclones torna-se complicada. Partes avançadas desta frente podem às vezes alcançar latitudes muito baixas penetrando até na região dos aliseos (Koeppen, 40, p. 61).

Em todo o caso o ar frio insinua-se por baixo do ar quente, mais leve. Este, obrigado a subir (fig. 37) precipita a sua humidade. As chuvas “prefrontais” caem só na zona de contacto.

As massas de ar frio na sua frente são dissolvidas, sempre novamente, pela insolação forte da região. Se caminhar-mos da frente para o interior da camada fria, encontramos-a cada vez mais espessa e mais constante. As chuvas não chegam até aí. Ha poucas nuvens e temos o tempo relativamente seco de inverno, prevalecente nas zonas temperadas. (Munich, fig. 38).

As camadas de ar em contacto com massas frias da “frente polar” tornam-se também frias e pesadas, descendo e participando do movimento que se dirige para o norte ou nordeste, na América do Sul. Assim, nasce acima do ar frio uma zona para onde são aspiradas outras camadas, camadas estas que geralmente provêm das regiões mais quentes. Destarte cada avanço da frente polar (No Brasil meridional geralmente de SO —>NE) é precedido por ventos quentes da direção oposta. Com a entrada do ar frio ha uma brusca inversão dos ventos acompanhada pelas precipitações. Lindman (43) apresenta uma boa descrição de tais fenômenos extraída do diário da expedição Regnelliana, 1893, referindo-se a Cruz Alta, (l.c. pág. 133).

“Abril 13. Forte vento N. Ao meio dia juntaram-se nuvens de trovoadas no horizonte sul. Às 3 horas p.m. o vento virou bruscamente para tempestade S frio e humido como de uma geleira. O barro fino dos campos, estradas e lugares abertos na cidade levantava-se como um verdadeiro ciclone de areia ¹⁾; na distancia de 100 metros, dentro da cidade, não se enxergava gente nem casas através dessa nuvem de poeira. Finalmente veio uma chuva de certa duração e depois vento leste”. Depois de dar outros exemplos, Lindman (43) anota em rodapé as palavras seguintes, dignas de serem mencionadas: “Estas mudanças bruscas de vento norte ou de calma com mormaço para tempestade SO com chuva forte mas curta são características para toda a parte

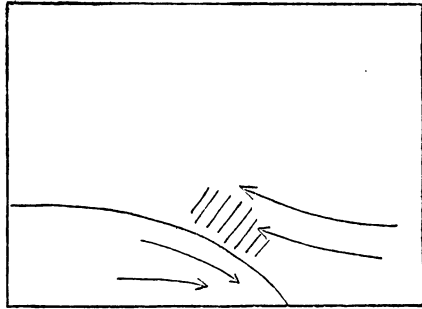
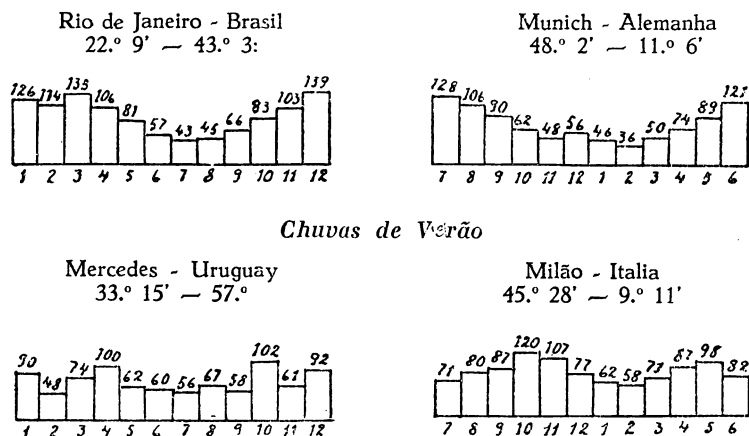


Fig. 37 — Esquema mostrando em perfil uma camada de ar frio progredindo para a direita. As camadas de ar quente aspiradas desviam-se para cima, formando-se uma zona de precipitação.

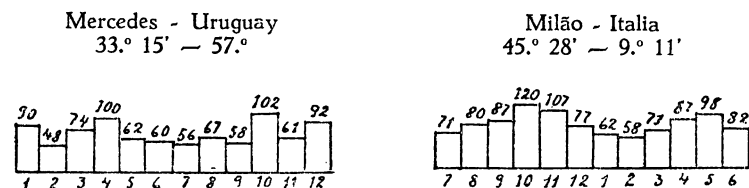
¹⁾ — Do mesmo modo se comporta às vezes o vento S ou SO nos pampas, o chamado “pampeiro seco”, que é uma tempestade de poeira.

do continente que abrange os vales do Uruguai e do Paraná. Para a província de Entre Rios ha referencias completas disto na Climatologia de Hann. “Durante uma viagem no rio Paraguay presenciei uma destas mudanças de tempo tão para o norte como no trópico de Capricornio (setembro de 1893). Provavelmente é o mesmo fenômeno que produz as horas ou dias frios com vento S e aglomeração de nuvens que em Mato Grosso vem de repente no inverno e que os habitantes denominam garoa ou friagem”¹⁾. Podemos acrescentar que a onda fria é sempre acompanhada por subida barométrica.

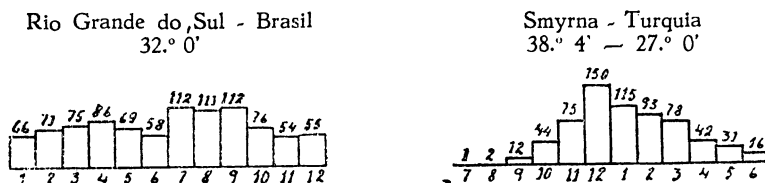
Onde os avanços da frente polar chegam e se dissolvem com mais ou menos regularidade, o fenômeno se repete durante todo o inverno produzindo um “maximum” de chuvas nesta estação. Em cada hemisferio, no inverno, o limite, para onde costumam chegar os avanços da frente polar deve progredir, retirando-se na primavera. E’ de se esperar que haja zonas onde a maior



Chuvas de Verão



Chuvas de Outono e Primavera



Chuvas de Inverno

Fig. 38 — Distribuição de chuvas do ano.

¹⁾ — As referencias aludidas, de Hann (l.c. vol. 3, pg. 544) contém a descrição de H. Frey para a Província Argentina de Entre Rios, mais ao sul, onde tais fenômenos são observados com mais frequencia e mais nitidez (Anot. do Autor).

frequencia de contacto dos avanços da frente polar com os ares quentes, ocorra duas vezes por ano, na passagem desta zona de frequencia. Talvez, assim seriam explicados os dois máximos de chuvas que às vezes são observados entre as regiões de chuvas invernais e estivais, como p. ex., em toda a zona norte do mar Mediterraneo.

No Brasil meridional o fenómeno é observado com maior ou menor regularidade. Segundo os dados de Hann (23, p. 536), as cidades do Rio Grande e Porto Alegre, respectivamente a 32° e 30° de latitude sul, indicam um máximo nítido invernal de chuvas no mês de Agosto. Um pouco mais para o sul, no Uruguai, observam-se dois máximos, na primavera e no outono, como em S. Jorge e Mercedes, segundo Hann (23). Mais para o norte, desde S. Paulo, encontramos o regime nítido das chuvas de verão (fig. 38).

A periodicidade das precipitações reflete-se na humidade relativa que na época das chuvas, geralmente, se mantem mais elevada. O deficit de saturação é de muita importancia para a transpiração das plantas e, como mostrou especialmente Skymkiewicz (91) influe grandemente, como fator ecológico, na distribuição das especies; por isso será bom reunirmos alguns dados que ilustrem o andamento diario e anual da humidade.

Na estação de Ubatuba, à beira-mar, a humidade sempre é, relativamente, grande. Ao meio dia, em geral, baixa tambem com o aumento da temperatura, o que tambem apresentamos na tabela abaixo.

TABELA 17
ESTAÇÃO DE UBATUBA
Medias mensais em 1939

Mêses	Temperatura				Humidade relativa			
	7 hs.	14 hs.	21 hs.	Media	7 hs.	14 hs.	21 hs.	Media
Janeiro	22,4	26,3	23,5	23,9	94	84	94	91
Fevereiro	22,7	28,4	23,8	24,7	94	85	95	91
Março	21,2	29,0	23,2	24,2	96	76	95	89
Abril	19,8	25,4	21,3	22,0	98	89	98	95
Maió	18,7	24,7	20,5	21,1	95	82	94	90
Junho	15,6	23,5	17,6	18,6	93	76	95	88
Julho	19,6	21,9	16,0	16,9	95	71	95	87
Agosto	15,0	23,1	17,9	18,5	90	75	92	86
Setembro	16,8	21,3	18,5	18,8	94	81	94	90
Outubro	18,1	22,5	19,3	19,8	94	79	91	88
Novembro	20,8	23,0	21,1	21,5	94	87	94	91
Dezembro	22,0	24,6	22,1	22,7	94	85	94	91

Cada aumento de calor do dia produz automaticamente um decréscimo da humidade relativa que, todavia, nas estações do litoral é suavizado pela grande evaporação do mar.

Na estação de Piracicaba, mais para o interior, a influencia moderadora do mar falta, vendo-se maiores diferenças na tem-

TABELA 18
ESTAÇÃO DE PIRACICABA
Medias mensais em 1939.

Mês	Temperatura				Humidade relativa			
	7 hs.	14 hs.	21 hs.	Media	7 hs.	14 hs.	21 hs.	Med.
Janeiro	20,9	28,1	22,5	23,5	91	64	85	80
Fevereiro	20,6	29,2	22,9	23,9	91	55	84	77
Março	20,1	29,9	22,9	24,0	93	53	83	76
Abril	16,3	27,5	19,9	20,9	97	58	88	81
Maió	14,6	25,5	18,1	19,1	98	66	89	84
Junho	11,8	22,9	15,4	16,4	97	58	88	81
Julho	8,9	21,8	14,1	14,7	97	59	85	80
Agosto	10,3	27,9	17,0	18,1	91	36	68	65
Setembro	13,7	26,8	18,6	19,4	92	49	72	69
Outubro	17,2	30,5	21,4	22,6	83	39	67	63
Novembro	20,2	27,7	21,3	22,6	87	61	85	78
Dezembro	20,7	27,7	21,6	22,9	89	66	87	81

TABELA 19
ESTAÇÃO DE SANTA MARIA DE TAGUATINGA — GOIÁS
Medias mensais de 1922.

Mês	Temperatura				Humidade relativa			
	7 hs.	14 hs.	21 hs.	Media	7 hs.	14 hs.	21 hs.	Med.
Janeiro	22,4	27,9	22,3	23,7	82,4	61,7	80,0	74,7
Fevereiro	21,9	27,0	22,0	23,2	90,0	67,2	88,4	81,9
Março	22,2	27,8	22,0	23,7	83,2	62,4	84,0	76,5
Abril	23,0	28,7	22,9	24,4	73,4	52,9	74,0	66,8
Maió	22,4	29,9	22,6	24,4	63,6	39,7	66,8	56,7
Junho	23,0	30,2	22,8	24,7	57,8	32,6	58,8	49,7
Julho	22,5	29,5	22,3	24,2	47,5	32,0	51,6	43,7
Agosto	23,5	31,2	23,4	25,4	43,6	29,2	48,4	40,4
Setembro	23,9	31,8	23,7	25,8	51,8	29,0	55,7	45,5
Outubro	23,0	29,7	22,9	24,6	79,6	55,5	77,3	70,8
Novembro	22,2	27,5	21,9	23,4	81,0	60,1	81,4	74,2
Dezembro	22,2	28,0	22,3	23,7	81,6	60,0	81,0	74,2

peratura e muito maiores variações na humidade relativa que, no fim da seca do ano, apresentada na tabela 18, alcançaram valores muito grandes (considerando-se que se trata só de valores medios).

Apresentamos, finalmente, um exemplo de condições verdadeiramente secas de uma estação ainda mais continental, do estado de Goiás. Enquanto que, na estação de Piracicaba, a humidade relativa da manhã sempre vai acima de 80%, aproximando-se quasi, geralmente, da saturação do ar, este estado de coisas só é encontrado para Santa Maria de Taguatinga, no ano de 1922, na estação das chuvas. Na época seca o solo e a vegetação, durante a noite, evidentemente, não evaporam muito e o deficit de saturação continua sempre grande.

Humidade nas montanhas

A humidade e a precipitação aumentam com a elevação das montanhas (vide pág. 33), de maneira que estas geralmente são cobertas por uma vegetação mais higrofítica do que as regiões vizinhas, mais baixas. Este fato é mais pronunciado do lado em que os ventos predominantes sobem, especialmente quando tais ventos provêm do mar, como os aliseos nas serras costeiras do Brasil. Muitas vezes diferencia-se, então, em certa altura, uma zona de nebulosidade, onde a humidade relativa durante todas as horas do dia e todas as estações do ano se mantem elevada. E' lá que se encontram de preferencia as Hymenophyllaceae.

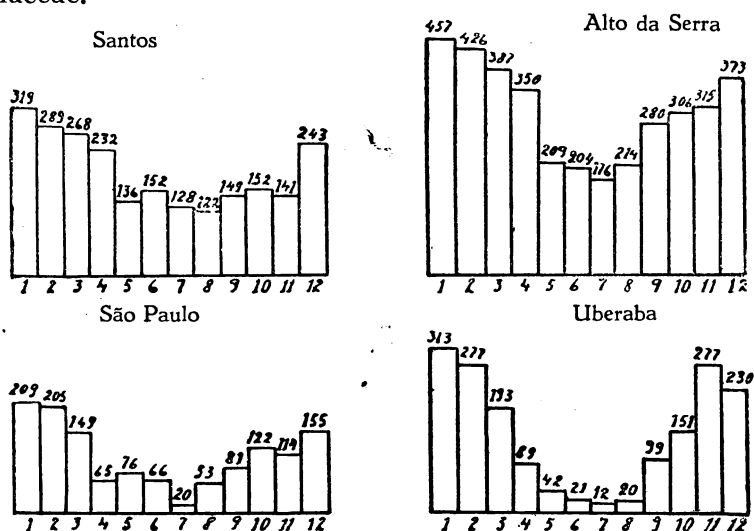


Fig. 39 — Distribuição anual de chuvas.

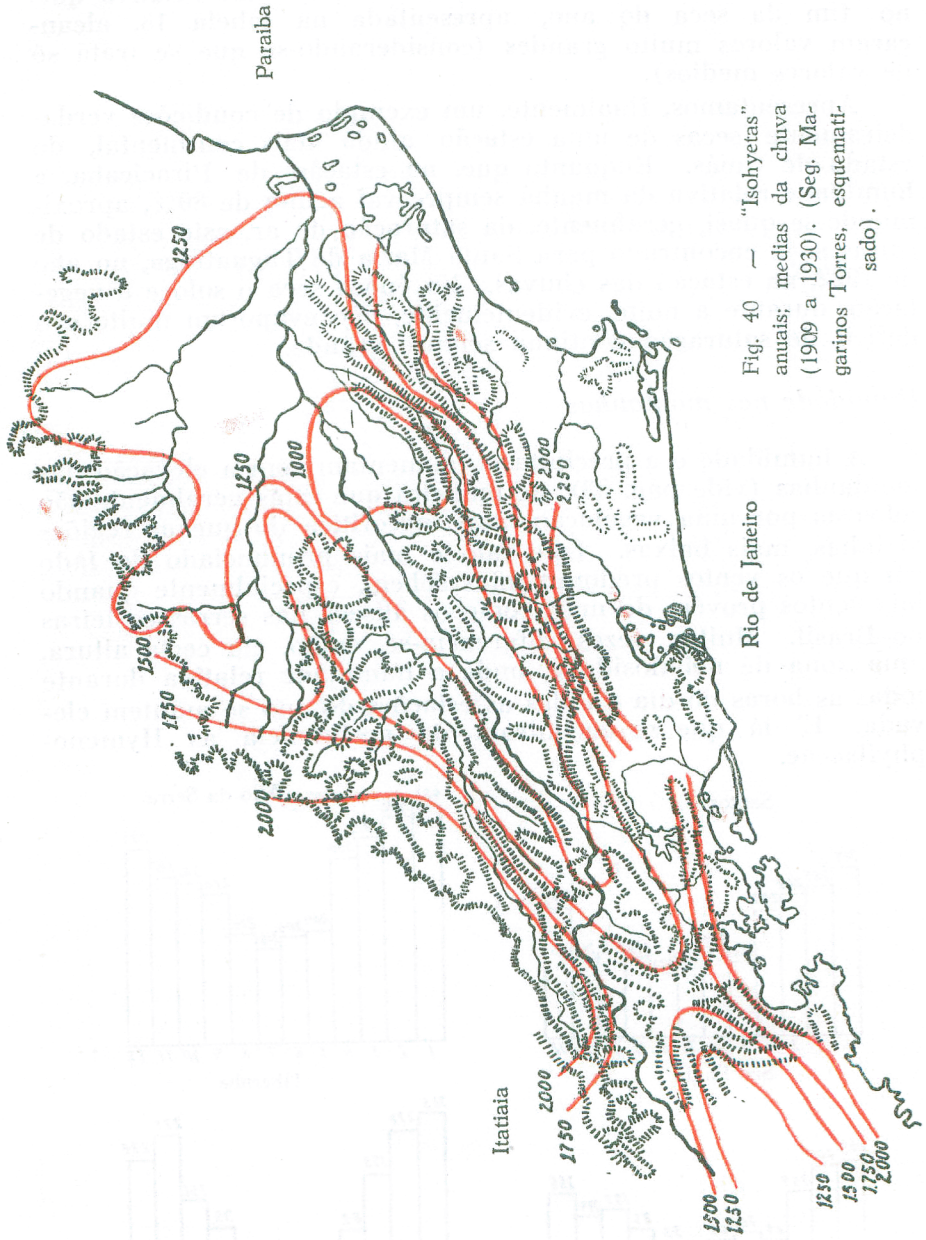


Fig. 40 — "Isohyetas" anuais; medias da chuva (1909 a 1930). (Seg. Marinianos Torres, esquematisado).

Rio de Janeiro

Itaipava

Em tais casos, o lado oposto da montanha, protegido contra os ventos, será mais seco. A atmosfera que, subindo, desprende uma parte de humidade, ao descer novamente se aquece, baixando assim a sua humidade relativa nas proporções descritas quando tratamos do "Foehn" (pág. 34). Assim em muitas montanhas a divisa da água constitui também uma divisa de vegetações, como na serra costeira da Califórnia, "Coast Range", que hospeda florestas húmidas no flanco oeste, oceânico, ao passo que as ladeiras orientais apresentam vegetação xerofítica de estepes. Conhecido é também o clima desértico do Tibet, planalto rodeado de todos os lados por altas montanhas, ou o dos vales secos que se encontram entre as serras andinas, na América do Sul. Nos estados sulinos do Brasil a serra costeira também retém grande quantidade de chuvas que se precipitam ao pé da mesma, humedecendo suas vertentes orientais. Uma vez transposta a cadeia montanhosa a quantidade de precipitações é muito menor, como demonstra a comparação entre Santos, Alto da Serra e S. Paulo (fig. 39). Mais para o interior, porém, tal quantidade de chuvas continua praticamente a mesma, apenas acentuando-se, cada vez mais nitidamente, a diferença entre a estação seca, invernal e a estação chuvosa, como em Uberaba (vide fig. 39), que já se encontra no estado de Minas.

As "Isohyetas" que ligam os pontos de igual precipitação anual, apresentados na fig. 40 mostram esse fato na Serra do Mar, perto do Rio de Janeiro, no vale do Paraíba e na Serra da Mantiqueira. Os ventos que trazem a chuva geralmente vêm do mar, das direções sul e leste. As primeiras serras encontradas, como a dos Orgãos, recebem as maiores precipitações que, em seguida, decrescem para as baixadas do Rio Paraíba. A nova elevação na Serra da Mantiqueira provoca novo aumento de chuvas.

As costas dos continentes, até quando não munidas de importantes elevações do relevo, podem desempenhar um papel semelhante ao das montanhas costeiras: as camadas de ar provenientes do oceano, refrescadas agora pelo relevo sempre mais ou menos acidentado da terra firme, apertam-se, diminuindo seu movimento, o que obriga as camadas subsequentes a um desvio para cima. Assim as costas planas também podem acusar precipitações consideráveis. Este efeito, porém, pode ser contrabalançado e até invertido quando a terra firme é muito mais quente do que o mar. Neste caso, na mistura das camadas os ventos marítimos são aquecidos ao entrar no continente e, então, ao subir, não perdem mais água. Todos esses fenômenos devem ser tomados em consideração ao avaliar-se, p. ex., o caso ainda não concluído das secas do nordeste brasileiro.

Apresentamos por fim um mapa moderno das chuvas no Brasil. Com exceção do nordeste, todas as regiões recebem mais do que um metro e, uma boa parte, mais do que $1\frac{1}{2}$ metros de precipitações anuais. Uma comparação com o mapa mundi de Supan (fig. 36) mostra que tais valores são relativamente altos. Apresentações e mapas fitogeográficos e climatológicos atribuem, porem, até muito recentemente, ao Brasil central-meridional, um clima de savanas, que, segundo Trewartha (100) até caracterizaria a região e a cidade de São Paulo. A verdade é bem outra.

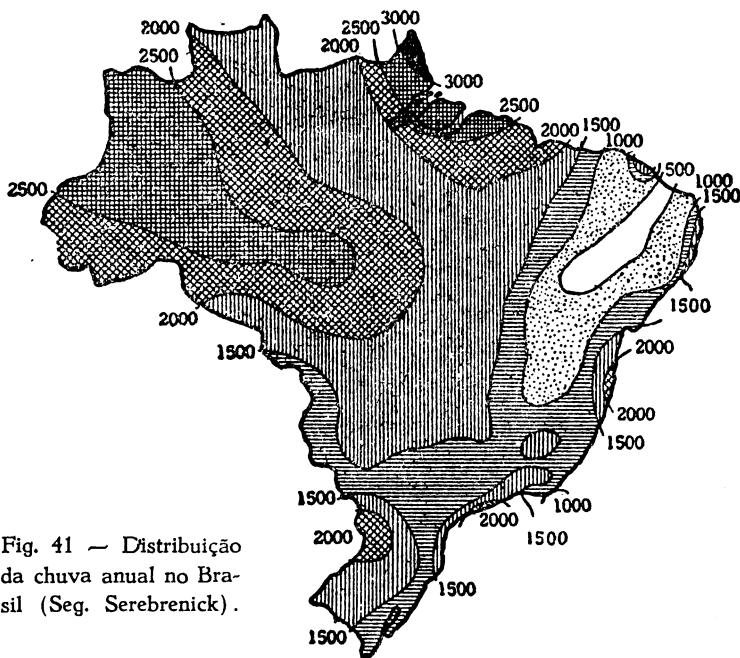


Fig. 41 — Distribuição da chuva anual no Brasil (Seg. Serebrenick).

Em muitos trechos deste capítulo já encontramos indicações do fato de que muitas regiões hoje ocupadas por campos, na sua essência pertencem ainda ao clima das florestas. Os capítulos seguintes trarão, neste sentido, maior documentação.

RESUMO

Este trabalho é o primeiro de uma serie iniciada com o fim de reunir os fatos ecológicos mais importantes que influem sobre a vegetação brasileira.

A parte apresentada neste boletim contem uma introdução que visa os fins e o significado da Fitoecologia e o começo do estudo dos fatores climatológicos, entre os quais são tratados os fatores Temperatura e Humidade. Dentre os dados abundantes da bibliografia moderna foram escolhidos só os mais significativos que em algumas partes foram completados por observações originais. Os assuntos tratados são indicados no índice.

O Autor atribue especial importancia aos pontos seguintes, salientados na parte que trata da humidade:

1) A agua transpirada atinge valores tão altos, que em florestas com rica folhagem devem ultrapassar a evaporação de uma superficie livre de agua, de igual tamanho.

2) O lençol subterraneo de agua em florestas mantem-se mais baixo do que sob vegetação aberta, em condições iguais.

3) Grande parte de campos de aparencia seca, como os cerrados, têm ao alcance das raizes boas reservas de agua armazenada nos solos geralmente muito profundos; sem queimadas ou outras perturbações, teriamos no seu lugar florestas.

4) Boa parte do Brasil central-meridional não tem o clima de savanas, indicado, ainda hoje, em mapas e descrições modernas, mas sim o de florestas.

SUMMARY

This paper is the first of a series trying to assemble the most important ecological factors which have influence on Brazilian vegetation.

The part presented in this bulletin contains an introduction on the significance and purposes of Phytoecology, as well as a study of the climatological factors beginning with Temperature and Humidity. Only the most significant data have been selected from the very rich bibliography on the subject, completed with observations of the author. The studied subjects are enumerated in the index.

The author emphasizes the following points, dealt with in the chapter on Humidity:

- 1) The quantity of water transpired by a forest with rich foliage can be higher than the evaporation of a free surface of water with the same area.

- 2) The underground water tables in forests reach a lower level than in "campos" with open vegetation, under the same conditions.

- 3) A great number of fields with dry appearance, as for instance "campos cerrados" have large water reserves available for the roots in the deep layers of the soil; without prairie-fires or other damages we should have forests on those grounds.

- 4) A great part of central-southern Brasil has a forest climate and not the climate of savanas, as still indicated in maps and shown in modern descriptions.

BIBLIOGRAFIA

- (1) — Accorsi, W. R. — 1941 — Contribuição para o estudo anatomico comparativo das especies *Eucalyptus tereticornis* Smith e *Eucalyptus Citriodora* Hooker. — Piracicaba.
- (2) — Barroso, L. J. — 1942 — Chaves para determinação de generos brasileiros e exóticos das Dicotiledoneas mais cultivadas no Brasil. — Bol. n.º 1 do Serv. Florestal Minist. Agric. Sec. Botanica — Rio de Janeiro.
- (3) — Beadle, N. C. W. — 1940 — Soil temperature during forest fires and their effect on the survival of vegetation. — Journ. Ecol., 28, H. 180.
- (4) — Belehradek, J. — 1935 — Temperature and living matter. — Protoplasma Monograph. V. 8 — Berlin.
- (5) — Birand, H. Ahmet — 1938 — Untersuchungen zur Wasseroekologie der Steppenpflanzen bei Ankara. — Jahrb. f. wiss. Bot., vol. 87, 93.
- (6) — Bol. Meteorologico — 1938, 1939 — Instituto Geografico e Geologico do Estado de São Paulo. — Vols. 1 e 2.
- (7) — Brade, A. C. — 1940 — Mission Biologique Belge au Brésil. — Revisão das Legendas das Estampas do I vol. — Rodriguesia, pg. 313 — Rio de Janeiro.
- (8) — Braun-Blanquet, J. — 1932 — Plant Sociology (trad. de Fuller, G. D. e Conard, H. S.) — New York.
- (9) — Brown, H. T. & Escombe, F. — 1900 — Static diffusion of gases and liquids in relation to the assimilation of carbon and translocation in Plants. — Philos. Transact. of. Roy. Soc. London, V. 193, pg. 223.
- (10) — Cajander, A. K. — 1909 — Ueber Waldtypen. — Acta Forest. Fennica., 1.
- (11) — Canel, Manuel — 1937 — Las modernas teorías del Desarrollo en los vegetales y su aplicación a la Fitotecnica. — Archivo Fitotecnico del Uruguay. — Montevideo.
- (12) — Canel, Manuel — 1938 — Las Teorias de Lysenko y su aplicación en el Uruguay. — Rev. de la Asociacion de Ingenieros Agronomos, Año X, n.º 1 — Montevideo.
- (13) — Chien-Ren-Chu — 1936 — Der Einfluss des Wassergehaltes der Blätter der Waldbäume. — Flora, V. 130, 384.
- (14) — Copeland, E. B. — 1932 — Transpiration by chaparral and its effect upon the temperature of leaves. — University California Publ. in Bot. 17, I, 21.
- (15) — De Candolle, A. — 1874 — Contribution dans le règne végétal de groupes physiologiques etc.
- (16) — De Martonne, Emmanuel — 1909 — Traité de Géographie physique.
- (17) — Doering, H. — 1932 — Beitrage zur Frage der Hitzeresistenz pflanzlicher Zellen. — Planta, 18, 405-434.
- (18) — Delgado de Carvalho, C. M. — 1917 — Météorologie du Brésil. Londres.
- (19) — Engler, A. — 1919 — Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Vers. Wesen, 12.

- (20) — Fitting, H. — 1911 — Die Wasserversorgung und die osmotischen Druckverhältnisse der Wüstenpflanzen. — *Zeit. f. Bot.*, 3, 209 a 275.
- (21) — Geiger, R. — 1927 — Das Klima der bodennahen Luftschicht. — Braunschweig.
- (22) — Hagem, Oscar — 1931 — Forsoek med vestamerikanske traeslag. — Meddelelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation, 12. — Bergen.
- (23) — Hann, J. — 1908 — Handbuch der Klimatologie. — 3a. ed.
- (24) — Hansen, A. — 1888 — Ein Beitrag z. Kenntniss des Transpirationsstroms. — *Arc. Bot. Inst. Wuerzburg.*, III, pg. 305.
- (25) — Harder, R. — 1930 — Beobachtungen ueber die Temperatur der Assimilationsorgane sommergruener Pflanzen der algerischen Wueste. — *Ztschr. Bot.*, 23, 703.
- (26) — Hellmann, G. — 1925 — Grenzwerte der Klimaelemente auf der Erde. — *Naturwiss.*, 13, 845.
- (27) — Henrici, M. — 1927 — Physiological plant studies in South Africa. — Report Director of Veterinary Educ. a. Res. Pretoria.
- (28) — Hirmer, M. — 1926 — Vegetationsbilder. — 16 R. H. 8. — Jena.
- (29) — Hoehne, F. C. — 1940 — Flora Brasílica — fasc. 1 e segs. — *Secr. Agricultura, Industria e Comercio de S. Paulo.*
- (30) — Huber, B. — 1935 — Der Waermehaushalt der Pflanzen. — Freising-Muenchen.
- (31) — Humboldt, Alex. von — 1814 — Relation historique du voyage dans les régions équinoxiales du nouveau continent. — vol. I.
- (32) — Hutchinson, J. — 1926, 1934 — The Families of flowering plants, I — Dicotyledons, II — Monocotyledons. — London.
- (33) — Iljin, W. S. — 1931 — Austrocknungsresistenz des Farnes *Nothochlaena Marantae*. — *Protoplasma*, 13, 322-330.
- (34) — Iwanoff, L. — 1928. — Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort — *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 46, 306.
- (35) — Jost, L. u. Benecke, W. — 1923 — Vorlesungen ueber Pflanzenphysiologie. — Jena.
- (36) — Kamp, H. — 1930 — Untersuchungen ueber Kutikularbau und Transpiration von Blaettern. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 72, 413-464.
- (37) — Kihlman, A. O. — 1890 — Pflanzenbiologische Schilderungen au Russisch-Lappland. — *Acta Soc. pro fauna et flora Fennica*, 1.
- (38) — Kjellmann, F. R. — 1884 — Ur polarvaexternas lif. Nordensljoelds Studier och Foersokningar. — Stockholm.
- (39) — Koeppen, W. e Geiger, R. — desde 1930 — Handbuch der Klimatologie. Berlin.
- (40) — Koeppen, W. — 1931 — Grundriss der Klimakunde. — Berlin e Leipzig.
- (41) — Kraus, G. — 1911 — Boden und Klima auf kleinstem Raum. — Jena.
- (42) — Leighly, F. — 1935 — Continental Precipitation on a Rotating Earth. — *Geographic. Review*, Octboer, pag. 657.
- (43) — Lindman, C. A. M. — 1906 — A vegetação no Rio Grande do Sul. — (trad. Loefgren). — Porto Alegre.
- (44) — Loefgren, A. — 1897 — Flora Paulista. — São Paulo.
- (45) — Loefgren, A. e Everett, H. L. — 1905 — Analysis de plantas. — S. Paulo.
- (46) — Loefgren, A. 1917 — Manual das familias naturais Phanerogamas — Rio de Janeiro.
- (47) — Lofffield, I. V. — 1921 — The behavior of stomata. — *Carnegie Inst. Washington*. — Publ. 314, 1-104.
- (48) — Lundegårdh, H. — 1930 — Klima und Boden. — 2a. ed. — Jena.

- (49) — Lysenko, T. D. — 1932 — Fundamental results of research on the vernalization of agricultural plants. — Bull. Jarov., 4. — Em. russo. Veja referencias extensas em Imperial Bureau of Plant Genetics, Bulls. 16, 17. — Aberystwyth and Cambridge. — 1934, 1935.
- (50) — Maegdefrau, Karl — 1931 — Untersuchungen ueber die Wasserdampfaufnahme der Pflanzen. — Zeitschr. f. Bot. V. 24, 417.
- (51) — Magarinos Torres, F. E. — 1933, 1936 — Contribuição para o estudo hydrometrico do Rio Parahyba do Sul — I e II parte — Dir. Estatistic. Prod. Minist. Agric. — Rio.
- (52) — Martius, Eichler e Urban — 1840 e seg. — Flora Brasiliensis.
- (53) — Massart, J. & Bouillenne, R., Ledoux, P., Navez, P. — 1929 — Une Mission Biologique Belge au Brésil. — Bruxelles.
- (54) — Maximov, N. A. — 1929 — The Plant in Relation to Water. — London.
- (55) — Maximov, N. A. — 1938 — Plant Physiology. — New York, London.
- (56) — Mez, C. — 1904 — Die Wasseroekonomie der extrem. atmosphaer. Tillandsien. — Jahrb. f. wiss. Bot., V. 40, 157.
- (57) — Miller, E. G. & Saunders, A. R. — 1923 — Some observations on the temperature of the leaves of crop plants. — Journ. Agr. Res., V. 26, 15.
- (58) — Molisch, Hans — 1920 — Pflanzenphysiologie als Theorie der Gaertnerei. — Jena. — Trad. ital. Torino 1926.
- (59) — Morize, H. — 1922 — Contribuição ao estudo do Clima do Brasil — Dicionario Historico, Geographico e Ethnographico do Brasil. — Rio de Janeiro.
- (60) — Mueller-Thurgau, H. — 1880 — Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. — Landw. Jahrb. V. 9, 133.
- (61) — Navarro de Andrade, E. — 1915 — Questões florestais. — Secr. Agricultura. — São Paulo.
- (62) — Nilsson-Ehle, H. — 1935 — Zuechtungsforschung im Dienste der Landwirtschaft. — Die Naturwissenschaften, V. 23, H. 17, pgs. 265-277.
- (63) — Nius, E. — 1931 — Untersuchungen ueber den Einfluss, des Interzellular-volumens und der Oeffnungsweite der Stomata auf die Luftwegigkeit der Laubblaetter. — Jahrb. f. wiss. Bot., 74, 3.
- (64) — Noack, K. — 1919 — Der Betriebstoffwechsel der thermophilen Pilze. — Jahrb. f. wiss. Bot., V. 59, 413-466.
- (65) — Nutman, F. J. — 1941 — Studies of the physiology of Coffea arabica. III — Transpiration rates of whole trees in relation to natural environmental conditions. — Annals of Botany, vol. 5, 19, 59.
- (66) — Oltmanns, F. — 1923 — Morphologie und Biologie der Algen. — Jena.
- (67) — Ototzki, P. W. — 1905 — O lençol subterraneo dagua. (Em Russo).
- (68) — Pfeleiderer, H. — 1933 — Kritische Untersuchungen zur Methodik der Transpirationsbestimmung an abgeschnittenen Sprossen. — Zeitschr. f. Bot., 26, 305.
- (69) — Pisek, A. & Berger, E. — 1938 — Kutikulaere Transpiration und Trockenresistenz isolierter Blaetter und Sprosse. — Planta, 28, 124.
- (70) — Pisek, A. & Cartellieri, E. — 1931 — Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. I — Sonnenpflanzen. — Jahrb. f. w. Bot., 75, 195.

- (71) — Pisek, A. & Cartellieri, E. — 1932 — Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. II — Schattenpflanzen. — *Jahrb. f. w. Bot.*, 75, 643.
- (72) — Pisek, A. e Cartellieri, E. — 1939 — Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. IV — Bäume und Sträucher — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, V. 88, 22.
- (73) — Polunin, M. — 1940 — Botany of the Canadian Eastern Arctic P. I.
- (74) — Porodko, Th. M. — 1926 — Ueber die Absterbegeschwindigkeit der erhitzten Samen. — *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.*, 44, 71-80.
- (75) — Rawitscher, F. — 1938 — Sobre o significado de algumas experiencias de silvicultura para a teoria da evolução. — *Anais Acad. Brasil. Cienc.*, vol. 10, pg. 15.
- (76) — Rawitscher, F. — 1940 — Introdução ao Estudo de Botanica. — São Paulo.
- (77) — Rawitscher, F. — 1942 — Algumas noções sobre a transpiração e o balanço da água de plantas brasileiras. — *An. Acad. Bras. Ciências*, T. 15, n.º 1.
- (78) — Rawitscher, F. & Ferri, M. G. — 1942 — Observações sobre a Metodologia para o Estudo da Transpiração cuticular em plantas brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*. — *Bol. Fac. Fil. Cienc. Letras — Botanica* n.º 3, pág. 113).
- (79) — Renner, O. — 1932 — Zur Kenntnis des Wasserhaushalts javanischer Kleinpflanzen. — *Planta*, 18, 215.
- (80) — Rodrigues, J. Barbosa — 1903 — *Sertum Palmarum Brasiliensium*. 2 vols. Paris.
- (81) — Saint Hilaire, A. de — 1940 — Viagem à Provincia de S. Paulo (trad. R. Borba de Moraes). — São Paulo.
- (82) — Sapper, I. — 1935 — Versuche zur Hitzeresistenz der Pflanzen. — *Planta*, 23, 518-556.
- (83) — Schimper, A. F. W. — 1898 — *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. — Jena. — Ed. inglesa. Oxford 1903.
- (84) — Schimper, A. F. W. — 1935 — *Idem, Idem*. — 3a. ed. alemã, revista e completada por Faber. — Jena.
- (85) — Schratz, E. — *Vergl. Unters. ueb. d. Wasserhaush. v. Pfl. im Trockengebiet des suedl. Arizona*. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 74, 153.
- (86) — Serebrenick, S. — 1942 — Aspectos Geográficos do Brasil. — *Serv. Inform. Agricola*. — Rio de Janeiro.
- (87) — Setchell, W. A. — 1915 — The law of temperature connected with the distribution of the marine algae. — *Annals of the Missouri Botanical Garden*, vol. II.
- (88) — Seybold, A. 1929 — Die pflanzliche Transpiration. — *Erg. der Biologie*, Bd. 5 e 6 — Berlin.
- (89) — Sierp, H. & Seybold, A. — 1927 — Untersuchungen zur Physik der Transpiration — *Planta*, 3, 115.
- (90) — Silveira, A. da — 1908 — *Flora e Serras Mineiras*. — B. Horizonte.
- (91) — Skymkiewicz, D. — 1923-1927 — *Etudes climatologiques*, I-XIII. — *Acta Soc. Bot. Pol.*, I-IV.
- (92) — Stahl, E. — 1909 — Zur Biologie des Chlorophylls. — Laubfarbe und Himmelslicht, Vergilbung und Etiolement. — Jena.
- (93) — Stafelt, M. G. — 1932 — Der stomataere Regulator in der pflanzlichen Transpiration. — *Planta*, 17, 32-85.
- (94) — Stocker, O. — 1929 — Das Wasserdeficit von Gefaesspflanzen in verschiedenen Klimazonen. — *Planta*, 7, 382.

- (95) — Stocker, O. — 1931 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. — I — Untersuchungen an der arktischen Baumgrenze in Schwedisch-Lappland. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 75, 494.
- (96) — Stocker, O. — 1933 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. II — Untersuchungen in der ungarischen Alkalistepe. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 78, 751.
- (97) — Stocker, O. — 1934 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. — III — Ein Beitrag zur Transpirationsgroesse im javan. Regenwald. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 81, 414.
- (98) — Thonner, F. — 1917 — Anleitung zum Bestimmen der Familien der Phanerogamen. — 2a. ed. — Berlin.
- (99) — Thonner, F. — 1895 — (Ed. inglesa) — Analytical Key to the Natural Orders of Flowering Plants. — New York & London.
- (100) — Trewartha, G. T. — 1937 — An introduction to weather and climate. — New York.
- (101) — Turesson, G. — 1925 — The plant species in relation to habitat and climate. — *Hereditas*, 6, 147.
- (102) — Ulmer, W. — 1936 — Ueber den Jahresgang der Frosthaerte einiger immergrueener Arten der alpinen Stufe... — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 84, 553-592.
- (103) — Usteri, A. — 1911 — Flora der Stadt São Paulo. — Jena.
- (104) — Vogel, P. — 1938 — Grundriss der tropischen und subtropischen Bodenkunde. — 2a. ed. — Berlin.
- (105) — Vassiljev, I. M. — 1931 — Ueber den Wasserhaushalt von Pflanzen der Sandwueste im Suedoestlichen Kara-Kum. — *Planta*, 14, 225.
- (106) — Vianna Freire, Carlos — 1937 — *Chaves Analiticas*. — 2a. ed. — Rio de Janeiro.
- (107) — Wallace, R. & Clum, H. C. — 1938 — Leaf temperatures. — *Am. Journ. Bot.*, 25, 83.
- (108) — Walter, H. — 1928 — Verdunstungsmessungen auf kleinstem Raume in versch. Pflanzengesellschaften. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 68, 24.
- (109) — Walter, H. — 1931 — Die Hydratur der Pflanze. — Jena.
- (110) — Walter, H. — 1939 — Grasland, Savanne und Busch der ariden Teile Afrikas in ihrer oekologischen Bedingtheit. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 87, 750.
- (111) — Warming, Eugenio — 1909 — Lagoa Santa. — (trad. por Lofgren, A.).
- (112) — Warming E. & Graebner, P. — 1933 — Lehrbuch der oekologischen Pflanzengeographie. — 4a. ed. — Berlin.
- (113) — Weaver, John E. & Clements, F. E. — 1938 — *Plant Ecology*, 2a. ed. — New York & London.
- (114) — Wenzl, H. — 1939 — Das Verhalten der Spaltoeffnungen von Wasser und Sumpfpflanzen. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 88, 1.
- (115) — Winkler, A. — 1913 — Einfluss der Aussenbeding. auf die Kaelteresistenz. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 52, 486.

