

TRANSPIRAÇÃO DE PLANTAS PERMANENTES
DOS
"CERRADOS"

(Tese de doutoramento)

por

Mario Guimarães Ferri

À minha esposa

A meus pais e irmãos

A meus mestres e amigos

INDICE

	<i>Pág.</i>
Introdução	161
O clima de Emas	163
A vegetação do cerrado de Emas	169
O método empregado para o estudo da transpiração	172
Pesagem rápida	172
Infiltração	175
Marcha diária da transpiração	176
Comportamento dos estômatos nas fôlhas "in situ"	207
Deficit de saturação	211
Transpiração cuticular	212
Conclusões	214
Resumo	219
Summary	220
Bibliografia	222

TRANSPIRAÇÃO DE PLANTAS PERMANENTES DOS "CERRADOS"

1) — *Introdução*

A necessidade de estudos ecológicos que nos esclareçam sobre o comportamento das plantas brasileiras em relação ao fator água, de há muito se faz sentir e foi salientada recentemente por Rawitscher (31). Tais estudos, e especialmente êles, poderão projetar alguma luz sobre velhos problemas de Fitoecologia que bem de perto interessam ao Brasil, como por exemplo a tão controvertida, mas ainda não solucionada questão da origem dos campos cerrados.

Muitos autores pensam que êsses campos existem graças a causas naturais, climáticas ou edáficas. Em oposição outros acham que os campos, pelo menos muitos dêles, têm a sua existência condicionada por causas acidentais, direta ou indiretamente ligadas à atividade humana, como derrubadas, queimadas, etc.

Ampla discussão sobre o assunto se encontra referida por Frenguelli (6) e pelo autor (5) que apresentam os prós e os contras sobre as idéias emitidas pelos vários autores.

Problemas como êsse, além do enorme interesse teórico que apresentam, ligam-se a questões de ordem econômico-social muito importantes: se ficar demonstrado, por exemplo, que a existência de campos cerrados é freqüentemente devida a causas acidentais, será possível obter reflorestamento espontâneo de zonas muito extensas do nosso País com o simples afastamento dessas causas.

O balanço ou economia d'água em relação à planta, abrange várias etapas, a saber: a entrada da água para a planta (absorção); o seu transporte para as regiões de consumo (condução) e a sua devolução para o meio (transpiração). Todos êstes assuntos são amplamente considerados em modernos compêndios, como os de Maximov (25) e Weaver e Clements (47). Rawitscher (32) discute especialmente os assuntos que mais de perto interessam ao Brasil meridional.

O estudo da economia d'água apresenta inúmeros problemas, iniciando-se com a determinação das reservas existentes nas diversas camadas de solo onde se encontrem raízes. Isso só, porém, não basta, pois que nem toda a água contida no solo pode ser

retirada pelas raízes. Quando as reservas de água descem abaixo de um certo limite, as partículas de solo as mantêm com forças tão grandes, que mesmo os maiores valores osmóticos encontrados nos pêlos absorventes são incapazes de vencer. É necessário, por conseguinte, conhecer as frações de água do solo que podem ser aproveitadas pelas diferentes espécies vegetais.

Outra questão é verificar se a água absorvida é eficazmente conduzida.

Quando a absorção ou a condução são pouco eficientes, as quantidades de água aduzidas às folhas são insuficientes para compensar as perdas pela transpiração (balanço negativo). A planta, neste caso, ou limita a sua transpiração fechando os estômatos, ou, quando não pode reduzi-la suficientemente, apresenta um deficit na sua saturação que se manifesta pela perda de turgescência das folhas (murchamento). Quando tal deficit ultrapassa um certo limite, variável para cada espécie, o vegetal morre.

Se a planta transpira com nenhuma ou pouca restrição, durante todo o dia, sem apresentar um grande deficit de saturação, isso nos indica claramente, não só que no solo há água, mas ainda que esta é absorvida e conduzida eficazmente.

Stocker (43) que modelarmente estudou a economia d'água de plantas das estepes húngaras, obteve resultados muito interessantes. Sob as mesmas condições, ao mesmo tempo, plantas diferentes podem apresentar comportamento bem diverso: umas podem transpirar livremente, sem nenhuma restrição, mesmo nas épocas e nas horas mais secas. A curva de transpiração destas plantas acompanha perfeitamente a curva da evaporação de uma superfície líquida, livre. Outras espécies, nas horas críticas, fecham seus estômatos, ficando somente com a transpiração cuticular ou, pelo menos, diminuem muito a transpiração, quando o fechamento dos estômatos não é completo. A curva de transpiração deste 2.º tipo de plantas sobe paralelamente à curva da evaporação, até quando os estômatos comecem a se fechar, momento em que ela desce, embora a curva de evaporação continue subindo. O fechamento dos estômatos permite um reabastecimento de água e agora eles podem novamente se abrir afim de que a planta, aproveitando a luz ainda existente, realize a fotossíntese. Essa reabertura dos estômatos explica um segundo máximo que a curva de transpiração pode apresentar em tais casos, antes de descer definitivamente, à tardinha, quando também a evaporação livre decresce. Em condições mais severas de seca, estas plantas finalmente não mais abrem os estômatos durante dias inteiros e até semanas, ao passo que as do primeiro tipo continuam com transpiração forte.

A explicação para a existência destes dois tipos tão diferentes de comportamento de plantas da mesma região e sob as mesmas condições, em relação ao fator água, reside no seguinte: as

primeiras possuem raízes muito profundas que exploram as camadas do solo que pouco ou nada são afetadas pela seca; as outras só possuem raízes superficiais, de sorte que nas horas de transpiração muito intensa a água falta, sobrevivendo então o fechamento dos estômatos.

* * *

Nossos estudos foram feitos nos campos cerrados de Emas, perto de Pirassununga e numa pequena comunicação preliminar (34) já salientamos alguns dos fatos mais interessantes: o solo tem uma profundidade de aproximadamente 18 ms. onde se encontra o lençol freático. Dêstes 18 ms. secam somente os 2 ou 3 ms. mais superficiais. A maioria das plantas tem suas raízes mais profundas, penetrando as de *Andira humilis* até o lençol. A transpiração destas plantas está em conformidade com as reservas de água existentes: os estômatos ficam, durante todo o dia, geralmente abertos, transpirando livremente, não sentindo um grande déficit de saturação, mesmo nas horas e nos dias mais secos.

O presente trabalho apresenta mais detalhadamente as questões relacionadas com a transpiração. A partir de duas séries de experiências realizadas, a primeira no começo (17 de Junho a 3 de Julho, 1943) e a segunda no fim (27 de Agosto a 1.º de Setembro, 1943) da estação seca. Sua realização só foi possível porque contamos com a colaboração de vários Institutos e pessoas. Os "Fundos Universitários de Pesquisas" contribuíram financeiramente para o desenvolvimento deste trabalho e por isso somos gratos aos seus dirigentes. Os Drs. Alcibiades Marques, Almir Peracio e Otto Schubart, respectivamente, diretor, ex-diretor e zoólogo da Estação Experimental de Caça e Pesca de Emas, proporcionaram todas as facilidades que solicitamos. O Sr. Joaquim Franco de Toledo, do Departamento de Botânica do Estado, auxiliou-nos na classificação de várias espécies. A todos expressamos aqui o nosso reconhecimento. Queremos também agradecer aos diversos funcionários do Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, o auxílio que nos prestaram. E, por fim, a nossa maior gratidão a quem orientou todo o desenvolvimento deste trabalho: o Prof. Felix Rawitscher.

2) — O Clima de Emas

Emas, perto de Pirassununga (Estado de São Paulo), com uma altitude de cerca de 575 ms., encontra-se a 4º 11' de longitude W do meridiano do Rio de Janeiro e a 21º 56' de latitude S. Desde poucos anos somente, conta com um posto meteorológico, de sorte que ainda não possui longas séries de observações. Emas, porém, tem um clima que pouco difere do de várias cidades circunvizinhas que possuem dados climatológicos mais extensos, como Ri-

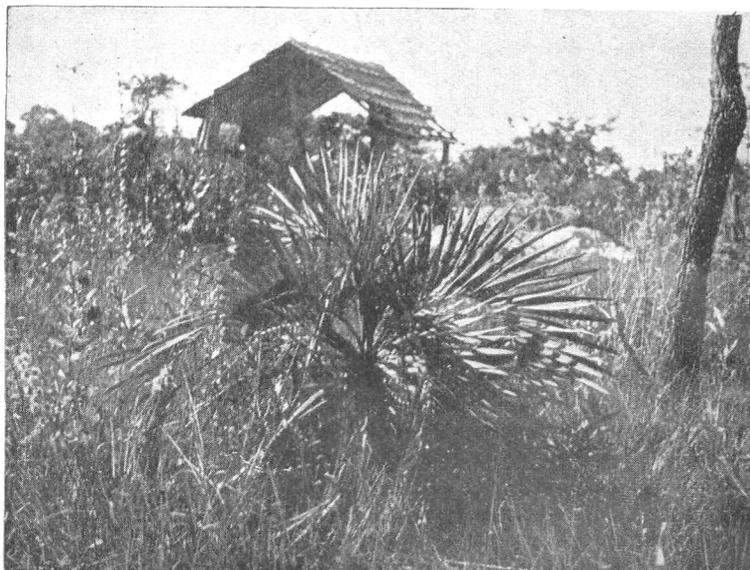


Fig. 1: Em cima, vista do cerrado de Emas e situação do nosso laboratório; em baixo, vista mais detalhada do mesmo.

beirão Preto, Rio Claro, Piracicaba e Araras. Todas estas cidades, aliás, têm o clima que caracteriza, de um modo geral, todo o interior do Estado de São Paulo e que, com exceção de invernos um pouco mais frios, não difere muito do clima descrito por Warming (46) para Lagoa Santa, mais ao norte.

Sobre os detalhes do andamento diurno dos fatores climatológicos no interior do estado, possuímos, porém, poucos dados. No entretanto, como êsses são dados de grande significação para o presente estudo, apresentamos aqui, em alguns gráficos, os mais importantes obtidos no decurso dos nossos trabalhos.

Todas as observações que fizemos, diariamente, foram realizadas no campo em estudo, servindo como abrigo e para sombreamento dos aparelhos, um telhado feito com o fim de proteger o poço de que nos servimos para as observações da água subterrânea (Fig. 1).

Os nossos dados referem-se, por conseguinte, às condições de sombra onde também foram feitas as observações sobre a transpiração.

A temperatura e a humidade relativa foram determinadas mediante os termômetros seco e húmido. Dispensamos as observações sobre o vento, pois é sabido que dentro da vegetação tais dados se tornam muito variáveis e incertos.

O fator mais importante é a evaporação cujos valores foram determinados com o evaporímetro de Piche. O disco de papel mata-borrão verde do nosso aparelho tinha uma superfície de 36, 30 cms.², contando-se ambas as faces evaporantes. Como explicou Rawitscher (31), o andamento da evaporação, assim determinado, não pode ser comparado diretamente com a transpiração de uma fôlha, influinto muito na ventilação, a posição e a mobilidade das superfícies evaporantes. Os valores obtidos, porém, apesar de relativos, refletem perfeitamente as condições gerais da evaporação no campo estudado, à sombra, durante as horas dos dias e durante os dias dos períodos que nos interessam. Êsses valores são expressos, em nossos gráficos, em miligramas de água evaporada por minuto.

Simple observações da humidade relativa ou do deficit de saturação não seriam suficientes, uma vez que a evaporação depende também de outros fatores, especialmente dos movimentos do ar.

Nosso gráfico 1 — escolhido entre os que foram estabelecidos diariamente — apresenta o andamento da temperatura, da humidade relativa e da evaporação num dia típico de inverno. Trata-se de um dia do início do inverno, que nesta região coincide com o período da sêca.

A temperatura apresenta inicialmente valores muito baixos que crescem, a princípio lentamente, depois com maior rapidez, sendo o máximo valor dêsse dia, 24,6° C., atingido às 15 horas.

Esta é a hora em que, geralmente, a temperatura culmina; o máximo pode ser um pouco superior ao indicado neste gráfico e o maior por nós observado neste período, foi de $27,4^{\circ}\text{C}$., às 15 horas do dia 30-6-1943. Às 17 horas, a temperatura é ainda bastante elevada (23°C). O que nosso gráfico, porém, não mostra é que, deste momento em diante, a temperatura cai rapidamente, podendo, durante a noite, ser constatados valores bem próximos (acima ou abaixo) de zero.

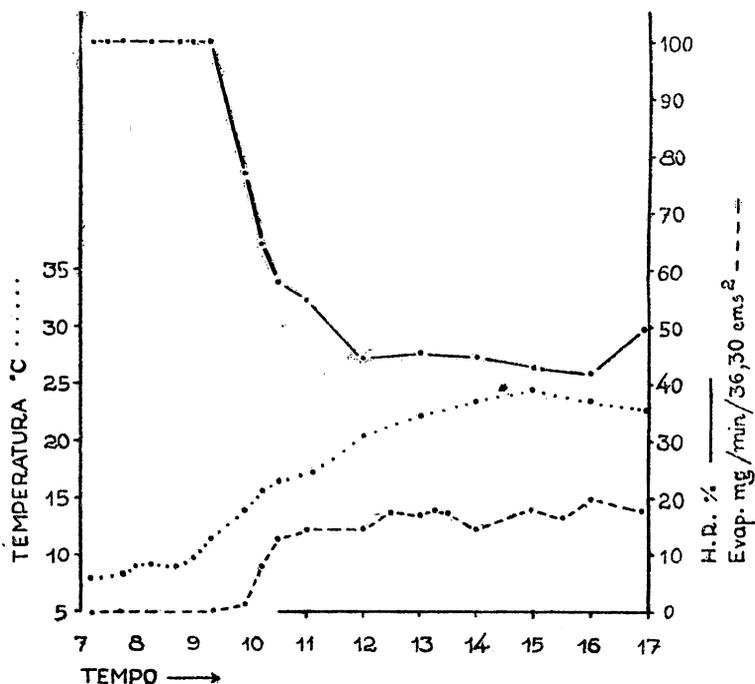


Gráfico 1: Andamento da temperatura, humidade relativa e evaporação, num dia do início da época seca (Emas, 28-6-1943).

A humidade relativa, nas primeiras horas desse dia, ficou no ponto de saturação. O nevoeiro atrasou o aparecimento do sol e o campo esteve coberto de orvalho até bem tarde: $9\frac{1}{2}$ horas aproximadamente. A partir de então, a humidade relativa começa a decrescer, sendo sua curva inversa à da temperatura. A menor humidade relativa, nesse dia, foi de 42 %, às 16 horas. Humidades relativas muito menores foram constatadas por nós: 21 %, por exemplo, às 16 horas do dia 26-6-1943. Deste momento em diante, a humidade começa novamente a crescer, ficando a

atmosfera, durante toda a noite, geralmente saturada ou muito perto desse estado.

A terceira curva do nosso gráfico mostra o andamento da evaporação. Enquanto a humidade relativa é de 100 %, nenhuma evaporação existe. Logo que aparece um deficit de saturação na atmosfera, inicia-se a evaporação. À medida que esse deficit se acentua e que a temperatura sobe, a evaporação se intensifica. Frequentemente, constata-se grandes oscilações dos valores da evaporação. Tais oscilações, especialmente observadas entre 11 e 16 horas aproximadamente, são ocasionadas pelo vento intenso que, de um modo intermitente, se apresenta com certa regularidade nesse periodo. A partir de 16 horas, geralmente, a evaporação assume valores cada vez menores, para ser nula, ou quasi nula, durante toda a noite. Vemos, assim, que o periodo de eva-

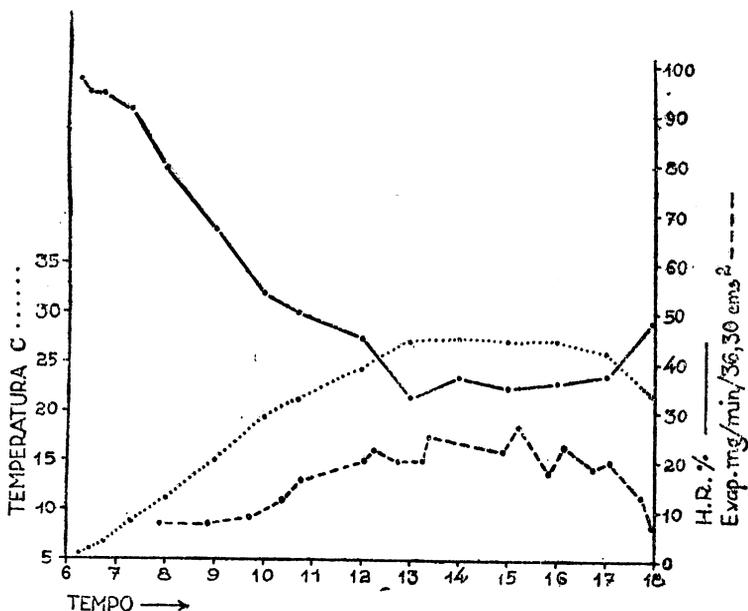


Gráfico 2: Andamento da temperatura, humidade relativa e evaporação, num dia do fim da estação seca (Emas, 31-8-1943).

poração é restrito a poucas horas do dia (7-8 horas) e, como já foi mencionado na publicação anterior citada (34), isto contrasta com o que se observa nas regiões secas até agora mais estudadas, da América do Norte, do Mediterrâneo, da Húngria e da Rússia meridional, onde a evaporação se processa durante um periodo de tempo duplo, na época seca que nestas regiões coincide com a estação estival.

Confrontemos os dados acima apresentados com os correspondentes obtidos num dia do fim da época sêca e reunidos no gráfico 2.

A temperatura, que apresenta mais cedo valores mais elevados, sobe com maior rapidez — devido à falta de nevoeiro — e o máximo de $27,6^{\circ}\text{C}$ é atingido, geralmente, um pouco antes (cêrca das 14 horas). Esses valores máximos são agora um pouco superiores, o maior observado por nós, neste período, tendo sido de $31,8^{\circ}\text{C}$, às 15 horas do dia 27-8-1943. As noites também não são tão frias como na época anterior; não foram anotados por nós valores menores que 4°C .

A humidade relativa, às 6 horas e 15 minutos, no nosso gráfico, já aparece um pouco abaixo do ponto de saturação (97 %).

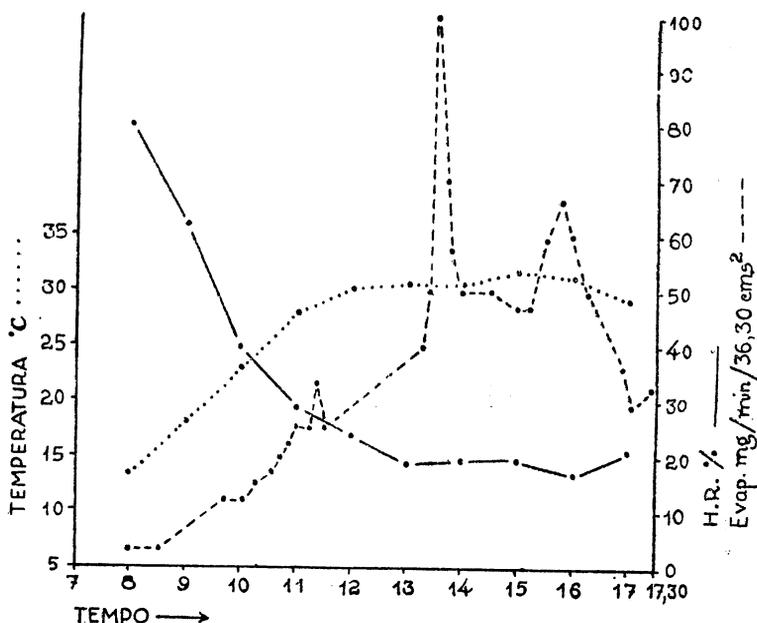


Gráfico 3: Andamento da temperatura, humidade relativa e evaporação, num dia do fim da sêca (Emas, 27-8-1943). As grandes oscilações na curva da evaporação são devidas aos ventos.

Às 8 horas, quando, por causas técnicas, geralmente começamos nossas observações, os valores oscilam entre 70 e 80 %. Decrescem rapidamente — neste dia até 33 % — e o menor valor que constatamos, nesta época, às 15 horas do dia 30-8-1943, foi de 17,5 %, um pouco menos do que o mínimo observado no começo

da sêca. Não observamos em nenhum dia formação de nevoeiro. Durante a noite a humidade relativa deve aos poucos se aproximar do ponto de saturação. A única determinação de noite que pudemos fazer, no dia 31-8-1943, às 21,30 horas, indicou uma humidade relativa de 68 %. Trata-se, como vemos, de um valor bastante baixo, levando-se em consideração que foi observado durante a noite e que a temperatura lida nessa ocasião não era muito elevada: 15,8° C. Esta é mais uma observação que demonstra que este segundo período dos nossos trabalhos coincidiu com uma sêca muito mais pronunciada, se lembrarmos que no período anterior, durante a noite, sempre tivemos a atmosfera saturada, prolongando-se esta saturação pelas primeiras horas da manhã.

A evaporação começa agora mais cedo e termina mais tarde. Seus valores, nesta época, podem ser, como mostra nosso gráfico 3, em certos dias, muito superiores aos maiores valores observados no começo.

Quanto ao regime das chuvas em Emas (vide 34, pág. 275), só queremos salientar aqui que, durante a sêca, caem geralmente apenas chuvas rápidas e escassas que são absorvidas pelas camadas superficiais do solo.

3) — A *Vegetação do Cerrado de Emas*

Os campos cerrados de Emas cobrem uma extensão de vários alqueires (1 alqueire paulista vale 24.200 ms²) e sua fisionomia bem como sua composição florística pouco difere da dos demais cerrados que se encontram cobrindo imensas regiões do Estado de São Paulo e de outros estados do Brasil.

Podemos assim aplicar, com pequenas modificações apenas, aos cerrados de Emas, as listas de plantas organizadas por Warming (46) para os cerrados de Lagoa Santa que êle tão cuidadosamente estudou.

Em Emas, no inverno, o solo apresenta um manto de *Grami- neae* (especialmente *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase e *Tristachya chrysothrix* Nees.) e relativamente poucas *Cyperaceae*. Este tapete herbáceo é interrompido, aqui e ali, por grupos mais ou menos densos de sub-arbustos, arbustos e árvores. Os sub-arbustos e arbustos, depois das plantas herbáceas, são as formas mais freqüentes e tornam o cerrado, por vezes, muito denso, mas, se o cerrado tem uma fisionomia característica, esta deve ser atribuída às formas arbóreas que quasi sempre se apresentam com os ramos contorcidos e recobertos de espesso suber. Como além da obra fundamental de Warming (46), vários autores, como Mello Barreto (28), Rawitscher-Ferri-Rachid (34), Hoehne (12) e Ferri (5), já publicaram extensas listas das espécies que crescem no cerrado, limitamo-nos aqui a citar apenas algumas, dentre as

permanentes mais freqüentes e características do cerrado de Emas:

Leguminosae { *Dimorphandra mollis* Benth. (Barbatimão de fôlha miuda)
Stryphnodendron Barbatimão Mart. (Barbatimão)
Andira humilis Mart. ¹⁾
Sweetia dasycarpa Benth.
Machaerium acutifolium Vog. (Jacarandá)
Dalbergia sp. (Cabiuna)
Copaifera Langsdorfii Desf. (Óleo de Copaiba)

Ternstroemiaceae: *Kielmeyera coriacea* Mart. (Pau Santo)

Rubiaceae { *Tocoyena formosa* Schum. *T. brasiliensis* Mart.
Palicourea rigida H.B.K. (Gritadeira, Douradinha)
Alibertia sessilis Schum. (Marmelinho)

Anacardiaceae: *Anacardium pumilum* St. Hil. (Cajueiro do campo)

Connaraceae: *Connarus suberosus* Planch.

Malpighiaceae: *Byrsonima coccolobifolia* Kth.,
B. verbascifolia Rich.

Erythroxylaceae: *Erythroxylum suberosum* St. Hil.,
E. tortuosum Mart.

Araliaceae: *Didymopanax vinosum* E. March.

Verbenaceae: *Aegiphila Lhotzkyana* Cham., *A. verticillata* Vell.

Palmae: *Butia leiopatha* (Barb. Rodr.) Becc. = (*Cocos leiopatha* Barb. Rodr.) ²⁾

Vochysiaceae: *Qualea grandiflora* Mart. (Pau terra)

Caryocaraceae: *Caryocar brasiliense* Cambess. (Piqui)

¹⁾ A sistemática das *Andiras* que crescem nos campos é dificultada, como já foi mencionado num trabalho anterior (34), pelas alterações morfológicas provocadas pelas queimadas. Depois de termos podido estudar as flores e fazer a comparação com o material do herbário do Depto. de Botânica do Estado, preferimos a denominação de *Andira humilis*. Continua, porém, aberta, a necessidade de revisão das espécies. As dificuldades de identificação seriam afastadas por experiências de cultura dessas plantas. O mesmo é válido para várias espécies dos gêneros *Anacardium*, *Ouatea*, etc.

²⁾ Na publicação preliminar (34) empregamos a denominação de *Cocos leiopatha*, mais conhecida.

Ochnaceae: *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl. ¹⁾

Anonaceae: *Anona coriacea* Mart., *A. dioica* St. Hil., *Duguetia furfuracea* (St. Hil.) Benth. et Hook. Fil. ²⁾

Bignoniaceae: *Zeyhera montana* Mart. (Bolsa de pastor);
Tecoma Caraiba Mart.

Myrtaceae }
Compositae } várias ainda não classificadas.

Devemos salientar ainda que entre as espécies vegetais que crescem no cerrado, podemos distinguir três tipos bem diferentes, pelo seu comportamento: o 1.º é constituído por formas que só vegetam na época das chuvas. Muitas entre elas permanecem, no período da seca, subterrâneamente, sob forma de xilopódios. Estes tubérculos subterrâneos foram descritos pela primeira vez no Brasil por Lindman (19); os autores ingleses empregam a denominação de "lignotubers". O 2.º tipo reúne as formas permanentes, isto é, as que vegetam durante todo o ano, conservando geralmente a sua folhagem mesmo no período da seca. Estas são as plantas que nos interessa estudar, pois como as primeiras vegetam somente no período de abundância de água, nada nos poderão dizer sobre as reservas de água do solo na época da seca. O 3.º tipo é formado pelas *Gramineas* que vivem, como o 1.º, da água da superfície, mas que vegetam até o esgotamento desta, durante a seca.

Como já vimos, o estudo isolado das reservas de água do solo pouco nos pode esclarecer, pois a determinação da água realmente aproveitável de um solo, constitui um problema dos mais complicados (vide 31, pág. 30). Se, ao contrário, estudarmos como as plantas gastam ou economizam as reservas do solo, teremos elementos imediatos para a compreensão do nosso problema.

1) Vide rodapé da pág. anterior. Não podemos distinguir claramente entre *Ouratea spectabilis* e *O. humilis*. A principal diferença entre estas duas espécies, assinalada pelos autores (vide diagnoses de Engler em Flora Brasil. de Martius, 23, pág. 330-331) diz respeito ao porte da planta que em *Ouratea humilis* não ultrapassaria a altura de 1 m. Trata-se, porém, de um caráter fenotípico que pode ser profundamente modificado pelas condições ambientes.

2) Esta planta que figura na Flora Brasiliensis (24) como *Anona furfuracea* St. Hil., foi descrita por Fries (7) como *Aberemoa furfuracea* (St. Hil.) Baill. Mais tarde o mesmo Fries identificou-a para o herbário do Depto. de Botânica do Estado como *Duguetia furfuracea* (St. Hil.) Benth. et Hook. Fil.

4) — O Método empregado para o Estudo da Transpiração

Em recente publicação, Rawitscher (32) expôs os vários métodos que podem servir para o estudo da transpiração, apresentando detalhadamente as vantagens e os inconvenientes do emprego de cada um.

Pesagem rápida

Para as nossas pesquisas servimo-nos especialmente do método da pesagem rápida ¹⁾, empregando uma balança de torsão. Esta balança permite pesar rápida e exatamente. No campo as pesagens exatas são dificultadas pelo vento. Por isso precisamos colocar a balança — como geralmente os autores o fazem, no campo — numa caixa cujas faces, com exceção da anterior, são todas de vidro ou celofane. No momento da pesagem, até a face anterior precisa ser protegida, o que se pode fazer com uma toalha. Dêste modo podemos colhêr uma fôlha, pendurá-la na balança e obter seu pêso. Depois de um curto lapso de tempo, durante o qual a fôlha continua pendurada na balança, efetuamos a segunda pesagem. A diferença entre o 1.º e o 2.º valores obtidos, relacionada com o tempo, nos dá a grandeza da transpiração.

Estas determinações podem ser feitas com dois propósitos diferentes. Primeiro, podemos procurar informações sobre a grandeza da água gasta pela planta no campo. Para tal fim, teríamos, como muitos autores o fazem, que colocar as fôlhas, durante o lapso de tempo entre as duas pesagens, no mesmo lugar de onde foram tiradas. Integrando os valores obtidos, teríamos a grandeza real da transpiração no campo. Tais estudos ainda não foram iniciados por nós. Foi nossa intenção determinar o grau de abertura dos estômatos no decorrer do dia. Como os outros métodos usados, por exemplo o de infiltração, porometria, etc., oferecem dados não muito satisfatórios (vide 32) recorreremos, para essas determinações, especialmente à balança. Os valores obtidos, nas condições mencionadas, ao abrigo, são comparáveis entre si. Nossas curvas mostram se ha ou não paralelismo entre o andamento da transpiração e o da evaporação. Devemos salientar, porém, que as caixas de proteção devem diminuir os valores extremos que seriam muito maiores em lugares expostos do campo.

Para ilustrar de que modo a balança nos indica o estado de abertura dos estômatos, serve ôtimamente uma observação que fizemos com *Andira humilis* e que vamos expor à pág. 178.

¹⁾ De que modo a perda d'água de uma fôlha recém-cortada, de minuto em minuto reflete o estado de abertura dos estômatos, já foi várias vezes explicado (31, 32, 33); dispensamos aqui, por êsse motivo, maiores detalhes.

Os intervalos entre as duas pesagens devem ser muito curtos, uma vez que certas plantas fecham os estômatos muito rapidamente. Seybold (39, cit. por Maximov, 26, pág. 275) empregou um intervalo de 15 mins. que sem dúvida, é muito grande.

Henrici (11), estudando a transpiração de várias plantas em regiões secas da África do Sul, servindo-se também do método da pesagem rápida, usou como intervalo entre as duas pesagens, 3 minutos. Outros autores empregaram intervalos ainda menores, como por exemplo Vasiljev (44), que no deserto Kara-Kum, no Turquestão, executou suas pesagens com um intervalo de apenas 1 minuto.

Intervalos muito pequenos revelaram-se inadequados para o nosso caso devido ao vento que até dentro da caixa de proteção da balança, permitia uma leitura certa, às vezes, só depois de 5 mins. Este foi, por isso, o intervalo que usamos para todas as nossas determinações. O fato de não termos podido empregar um intervalo menor não constitui um prejuízo grave, porém, porque quasi todas as plantas que estudamos fecham muito lentamente seus estômatos, como se constata pela nossa tabela 1.

Os valores dessa tabela foram determinados numa época em que as plantas apresentavam folhas novas, com estômatos que deveriam poder reagir rapidamente. No entanto, apenas *Byrsonima coccolobifolia* e *Didymopanax vinosum* apresentaram tal comportamento e, desse modo, os valores obtidos para essas plantas são mais baixos que os das folhas "in situ". Permitem ainda, porém, verificar se os estômatos estão abertos ou não.

Para que os valores obtidos na balança possam ser interpretados e comparados entre si, devem se referir ou ao peso ou à superfície das folhas; ambos os sistemas de referência são usados (vide 32). Como a transpiração é uma função direta da superfície, preferimos sempre que possível relacionar nossos valores a ela.

Estes valores de transpiração, agora transferidos para uma superfície unitária (100 cms²), são os dados que aparecem nas curvas que apresentamos. Nos nossos gráficos figura, além da curva de transpiração, a de evaporação, traçada com os valores indicados pelo evaporímetro, somente nos momentos das determinações da transpiração. Temos, desse modo, curvas bem simples que facilmente podem ser comparadas com as de transpiração.

De cada espécie estudada traçamos uma curva de transpiração no começo da seca. Esta curva foi obtida determinando a transpiração de folhas colhidas com certo intervalo, sempre da mesma planta e, tanto quanto possível, comparáveis, não só quanto à idade, mas também quanto à situação na planta. Isto é im-

TABELA 1 — 9-12-1943

<i>Erythroxyllum suberosum</i>			<i>Erythroxyllum tortuosum</i>			<i>Anona coriacea</i>		
Tempo	Pêso mg.	Perda mg/min.	Tempo	Pêso mg.	Perda mg/min.	Tempo	Pêso mg.	Perda mg/min.
8			8			9		
51	531		46	773		01	1114	
		2			4,5	03	1098	8
53	527		48	764		06	1077	7
		2	56	725	4,8	29	903	7,5
9		3,08	9		4,5	54	736	6,6
52	343		50	473				
		2,2	55	457	3,2			
57	332							
<i>Kielmeyera coriacea</i>			<i>Byrsonima coccolobifolia</i>			<i>Didymopanax vinosum</i>		
Tempo	Pêso mg.	Perda mg/min.	Tempo	Pêso mg.	Perda mg/min.	Tempo	Pêso mg.	Perda mg/min.
15			15			15		
21	1214		24	937		29	1088	
		16			10,5	31	1072	8
23	1182		26	916		59	1015	1,9
		13,6	55	776	4,5			
52	785				3,3			
		10,5						
54	764							
16		8,6	16			16		1,3
09	634		11	722				
					3,2			
			28	667		31	973	

portante considerar, pois, sabe-se pelas pesquisas de vários autores (Bartholomew 1, Huber 13, Keller 16) que as fôlhas de uma mesma planta, especialmente quando inseridas em diferentes posições, podem apresentar valores de transpiração muito diferentes. Assim, o comportamento de uma fôlha, num instante dado, pode não representar o comportamento médio de todas as fôlhas de uma árvore, mas somente o dessa fôlha em particular.

Para evitar este erro possível, diversos pesquisadores, entre eles Oppenheimer-Mendel (29), determinam a transpiração de várias folhas e tiram um valor médio. Parece-nos que este não é o melhor método para pesquisas num campo cerrado onde as condições de temperatura, humidade, agitação do ar, iluminação, podem oscilar muito num curto lapso de tempo. Para colher uma folha, colocá-la na balança, pesá-la e repesá-la depois de um certo intervalo, consomem-se vários minutos. A operação tem que ser repetida com várias folhas, de sorte que as últimas podem se encontrar em condições bem diferentes das primeiras.

Parece-nos mais acertado — no nosso caso — traçar várias curvas, num mesmo dia, para cada espécie. Se essas curvas concordam no seu aspecto geral, é claro que representam o comportamento geral da planta.

Por esse motivo, na segunda fase das nossas pesquisas, a mais importante por coincidir com as condições mais extremas da seca, traçamos, para cada espécie, pelo menos, duas curvas diárias de transpiração.

Além disso, como nossas conclusões gerais só são tiradas da análise em conjunto, de todas as curvas e em combinação com os demais dados, cremos que as causas de erro ficam anuladas.

Infiltração

Outro método de que nos servimos para a determinação da abertura dos estômatos, foi o de infiltração. Este consiste em colocar, delicadamente, sobre a superfície da folha, uma gota de xilol, benzol, éter de petróleo ou ainda outros líquidos. Se os estômatos estiverem abertos, o líquido penetrará, formando-se, então, manchas bem distintas do resto da superfície folhear.

Ha líquidos que só penetram quando as fendas estomáticas são bem grandes, outros que se infiltram através de aberturas mínimas. Em vista disto, alguns autores (Dietrich 4, Schorn 38) organizaram séries de diferentes líquidos para avaliação do grau de abertura dos estômatos. Essas escalas têm sido empregadas por diversos autores (Pisek e Cartellieri 30, Oppenheimer-Mendel 29), às vezes com pequenas alterações.

Sabe-se hoje que o método de infiltração só deve ser usado para obtenção de dados aproximados, provisórios. Se certos líquidos não penetram quando outros ainda o fazem, o resultado lógico que se pode esperar é que a infiltração, mesmo com os líquidos mais penetrantes, deve parar antes do fechamento perfeito dos estômatos. Este resultado foi obtido por nós (33) em *Cedrela fissilis*.

Maior confiança podemos ter quando a infiltração é positiva: se o líquido penetra, isso indica que os estômatos estão abertos. Até neste caso, porém, precisamos ter muita cautela: simples fen-

das existentes na cutícula podem permitir a infiltração mesmo que os estômatos estejam fechados.

Assim, desde que possuímos métodos mais precisos (balança) para avaliação do estado de abertura dos estômatos, devemos limitar o uso da infiltração, reservando-a só para a obtenção de dados preliminares. Nêste sentido, tal método pode nos prestar um ótimo auxílio; no campo, passeando entre as plantas, êle nos permite formar rapidamente uma idéia geral sôbre o comportamento dos estômatos das diferentes espécies nas diversas horas do dia. Como, porém, essas observações devem, posteriormente,

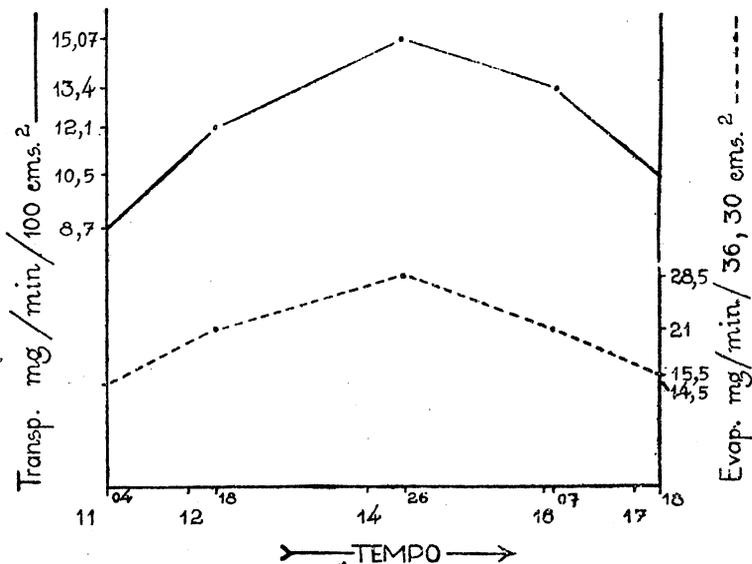


Gráfico 4: Marcha diária da transpiração de *Andira humilis*, no início da época sêca (27-6-1943).

ser controladas e completadas, cuidadosamente, por um método mais seguro, não se recomenda, hoje em dia, o emprego de grandes "séries de infiltração". Para a obtenção de informações preliminares, basta usar um ou dois líquidos. Isso fizemos, empregando sempre xilol e mais raramente benzol e éter de petróleo.

5) — Marcha diária da transpiração

Andira humilis

Apresentamos no gráfico 4 o andamento da transpiração de *Andira humilis* num dia do início da estação sêca. Os valores anotados caminham paralelamente aos valores da evaporação livre:

durante todo o dia a planta transpirou sem economia. A infiltração com xilol e benzol deu sempre resultados positivos, não podendo ser constatada uma diminuição na abertura dos estômatos.

No fim da época sêca, a situação não se alterou: a transpiração desta planta se processou de um modo irrestrito, durante todo o dia (gráfico 5).

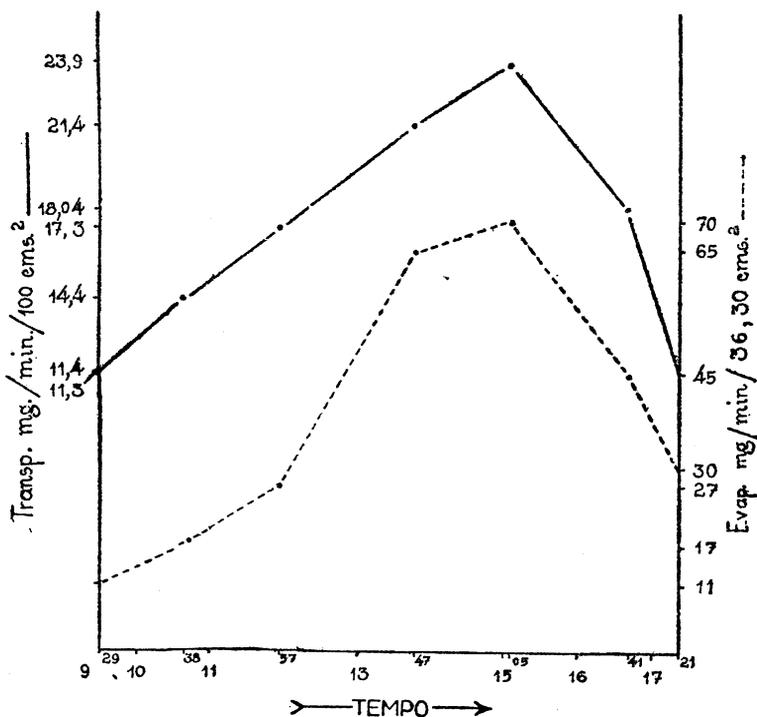


Gráfico 5: Marcha diária da transpiração de *Andira humilis*, no fim da sêca (28-8-1943).

A explicação para a possibilidade dêste consumo d'água sem economia, reside no seguinte: *Andira humilis*, uma das plantas mais interessantes do nosso cerrado, tem a sua parte aérea de pequeno porte, formada quasi exclusivamente pelas fôlhas penadas que pouco se afastam da superfície do solo. Abrindo-se a terra encontra-se, todavia, um vasto sistema de ramos pouco profundos, muito grossos e desenvolvidos, dos quais partem as raízes que penetram no solo até a profundidade de 18 ms. onde se encontra o lençol subterrâneo de água que nunca seca perfeitamente (34). Dêste modo, sempre existe água ao alcance das raízes dessa planta.

A estrutura de suas fôlhas é esquematizada na Fig. 2: uma cutícula muito espessa reveste a epiderme superior que não apresenta estômatos. Sob esta epiderme desenvolve-se um tecido clorofiliano paliçádico constituído por várias camadas de células, entre as quais só se encontram escassos e pouco desenvolvidos espaços de arejamento. Disseminados pelo

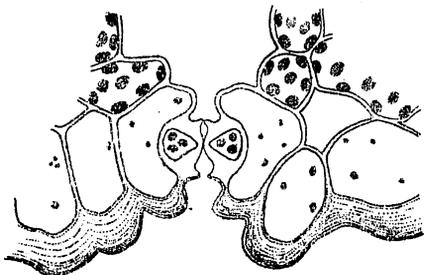
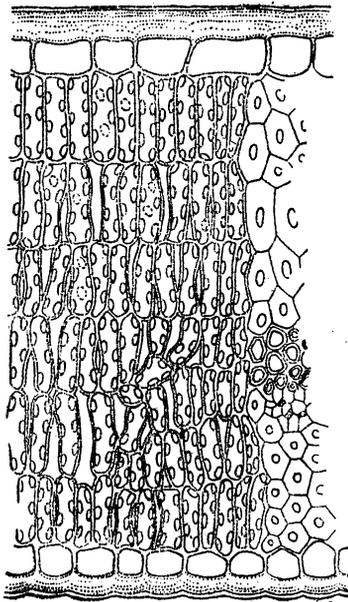


Fig. 2: Esquema mostrando a estrutura da fôlha de *Andira humilis* (corte transv.).

Fig. 3: Estômato de *Andira humilis*, em perfil.



parênquima, os feixes são acompanhados por relativamente poucos elementos esclerenquimáticos. Inferiormente a fôlha se reveste de uma epiderme protegida por uma cutícula bem forte, mas não tanto quanto a superior. Nesta cutícula, em pequenas excavações, alojam-se os estômatos (Fig. 3).

Poderíamos supor que estes estômatos fossem incapazes de movimento, o que explicaria a não restrição da perda de água. Este, porém, não é o caso: uma fôlha colhida e pendurada na balança reduz, gradativa, embora lentamente, a transpiração. Como, porém, a infiltração continua dando resultados positivos, poder-se-ia supor que tal diminuição fosse devida ao "incipiente drying" (Livingston and Brown, 20).

Que este não é o caso, mostrou-nos a observação que tivemos ensejo de fazer e que expomos a seguir: acompanhamos durante todo um dia a transpiração das fôlhas de um exemplar de *Andira*, do qual, parte do sistema subterrâneo foi desenterrada por nós (gráfico 6). Pela própria transpiração, estes ramos e raízes postos a descoberto e não protegidos contra a evaporação, perderam uma certa quantidade de água, o que resultou num abastecimento insuficiente da folhagem. As fôlhas, agora, restringiram a trans-

piração, reduzindo a abertura dos estômatos. Houve realmente um fechamento parcial dos estômatos como nos mostrou a infiltração que se fez, então, de um modo muito menos nítido do que nas folhas de plantas intactas.

O fechamento dos estômatos permitiu um reabastecimento de água, o que explica a reabertura dos ostiolos responsável pelo segundo máximo observado às 15 horas, antes que a transpiração declinasse definitivamente, á tardinha.

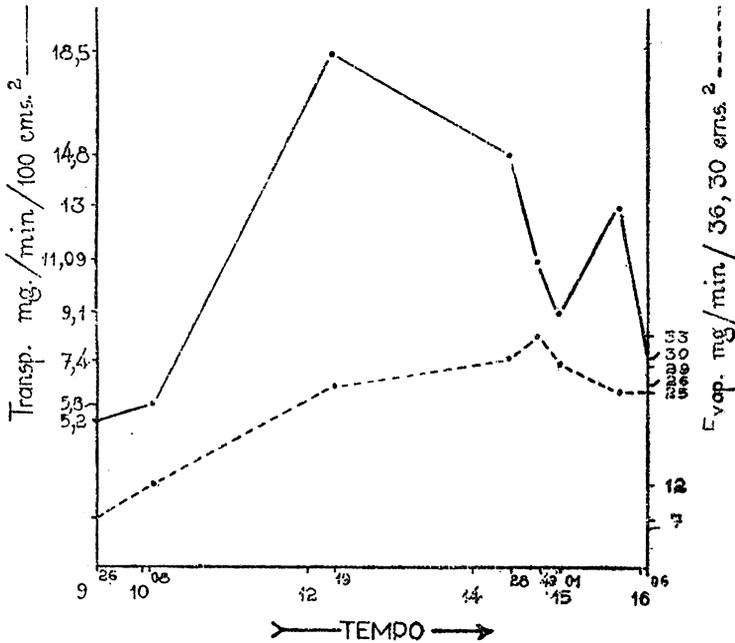


Gráfico 6: Marcha diária da transpiração de um exemplar de *Andira humilis*, cujo sistema subterrâneo foi parcialmente descoberto (24-6-1943).

A experiência acima exposta parece-nos muito interessante porque é mais uma observação que se opõe à idéia defendida e divulgada por diversos autores modernos que acham, como por exemplo Loomis and Shull (22), que "the earlier idea that the opening and closing of the stomates were important factors in controlling the transpiration rate has proved to be unfounded..." (l.c. pág. 42).

Essa opinião tem por base especialmente as experiências de Lloyd (21) as quais já foram, aliás, suficientemente criticadas por O. Renner (35). Stafelt (41) elaborou detalhadamente a dependência da transpiração da abertura dos estômatos, mostrando que essa dependência é tanto maior quanto mais perto do fechamento estejam os estômatos (vide também Oppenheimer-Mendel 29, pág. 76). Insistimos aqui sobre este fato porque observadores modernos como Henrici (11, pág. 16) conti-

nuam ainda inclinados a aceitar a não regulação estomatar da transpiração.

Kielmeyera coriacea

Comportamento análogo ao de *Andira humilis* apresenta o Pau Santo, *Kielmeyera coriacea*. Trata-se de uma espécie com porte arbóreo, mostrando seus ramos espesso suber.

Suas folhas erectas possuem uma estrutura extremamente interessante (Fig. 4): a epiderme, tanto inferior como superior, apresenta estômatos muito grandes que confinam com amplas câmaras subjacentes. As células companheiras das estomáticas formam uma grande saliência para dentro da câmara aerífera subjacente e uma saliência pouco nitida para o meio exterior, colocando os estômatos numa depressão, aliás pouco pronunciada (Fig. 5).

A cutícula, em ambas as faces, reveste-se de cera. Por baixo das células epidérmicas superiores ficam grandes células clorofilianas (muitas vezes com o formato dos ossos das falanges) entre as quais se encontram lacunas; em outros pontos essas células ficam mais unidas. Na região mediana, as células clorofilianas são menos regulares e entre elas as lacunas são mais freqüentes. Na parte inferior, logo abaixo da epiderme, fica um tecido incolor, formado por células muito grandes e de forma bastante variável, entre as quais se encontram, de novo, grandes câmaras de ar. Estas células mostram, muitas vezes, pequenos e pouco numerosos cloroplastos; em suas paredes podemos ver, às vezes, poros. Os feixes são acompanhados por algumas células grandes, incolores, em cujas paredes encontramos novamente poros (em nossa fig. 4 uma dessas células mostra os poros vistos de cima). Entre essas células encontram-se freqüentemente drusas de oxalato de cálcio. Não foram representados, em nossa figura, os numerosos tubos lactíferos que percorrem a folha. Elementos mecânicos são muito escassos.

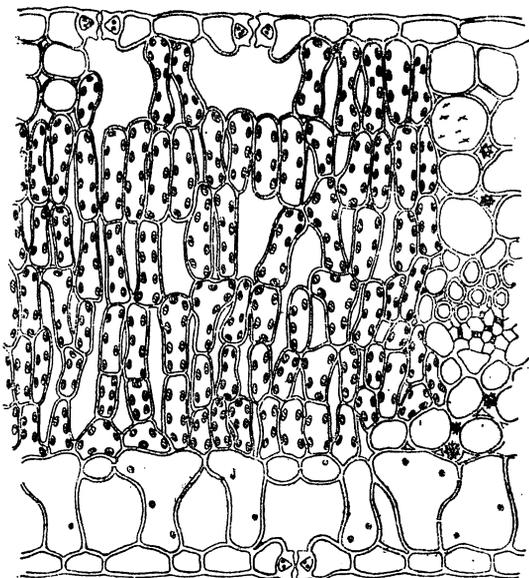
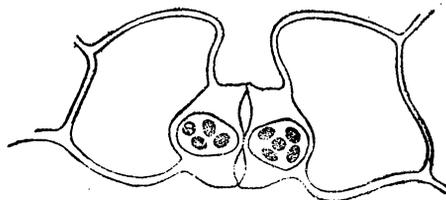


Fig. 4: Corte transv. da folha de *Kielmeyera coriacea*.

A estrutura aqui esboçada explica o fato da infiltração se fazer com rapidez muito grande: apenas colocada uma gota de

xilol, benzol, éter de petróleo, etc., sobre a epiderme superior ou a inferior, imediatamente o líquido atravessa toda a fôlha, aparecendo do lado oposto.

Fig. 5: Estômato de *Kielmeyera coriacea*, em perfil.



Durante todo o dia, as fôlhas adultas de *Kielmeyera* foram encontradas com os estômatos amplamente abertos. Os valores de transpiração, obtidos pela balança, acompanham perfeitamente a marcha da evaporação, no início como no fim da sêca (gráficos 7 e 8). Que as quantidades de água transpirada podem ser muito

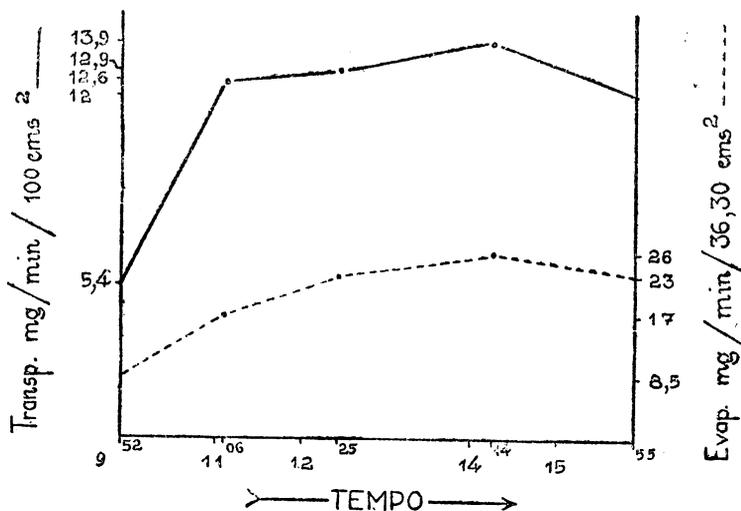


Gráfico 7: Marcha diária da transpiração de *Kielmeyera coriacea*, no início da sêca (23-6-1943).

grandes ¹⁾ mostram os nossos gráficos, nos quais também se observa como a transpiração, do mesmo modo que a evaporação, apresenta, no fim da época sêca, uma grandeza em muito superior à encontrada no início.

Uma planta com fôlhas novas, porém, apresentou, durante todo o dia, valores baixos de transpiração. Seus estômatos não se abrem muito e a infiltração deu sempre resultados negativos.

¹⁾ Fora da caixa, no campo livre, tais valores serão maiores. Determinações dos valores absolutos de transpiração, ainda não foram feitas por nós.

Infiltração negativa, porém, como já mencionamos, não significa sempre estômatos absolutamente fechados. Podem os ostíolos estar abertos, mas essa abertura ser insuficiente para permitir a passagem do líquido usado (vide Rawitscher-Ferri 33, pág.

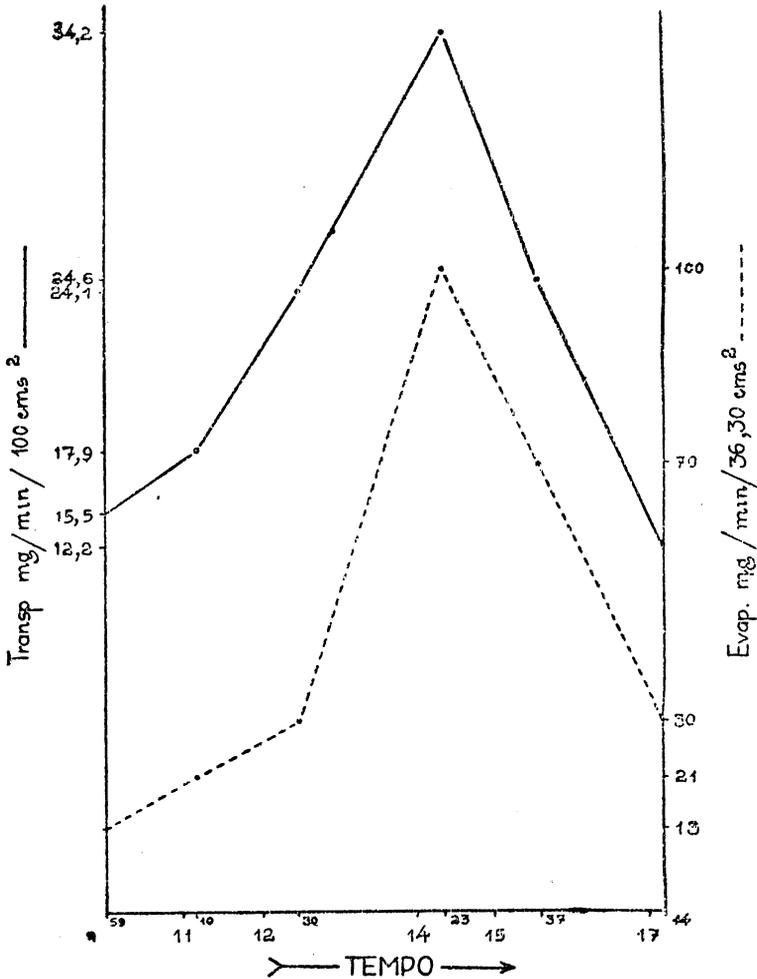


Gráfico 8: Marcha da transpiração de *Kielmeyera coriacea*, num dia do fim da época sêca (28-8-1943).

120-121). Nesses casos em que a infiltração dá resultados duvidosos, a balança decide sobre o estado em que se encontram os estômatos. Nosso gráfico 9 mostra, na curva de transpiração dessa fôlha nova de *Kielmeyera*, uma pequena depressão culminando às

13 horas aproximadamente, quando a evaporação ainda sobe. Essa queda indica um movimento dos estômatos no sentido de diminuir sua abertura. Depois esta abertura se ampliou novamente, o que determinou um aumento dos valores de transpiração antes da queda definitiva. A infiltração não indicou, no entanto, o movimento dos estômatos, dando sempre resultados negativos.

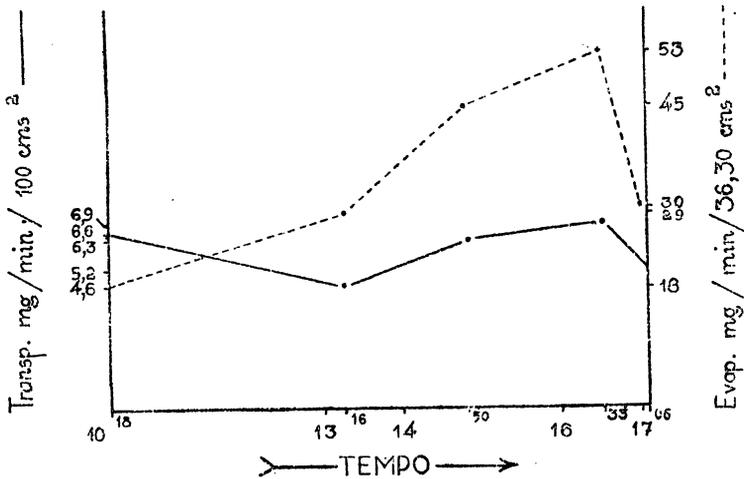


Gráfico 9: Transpiração de um exemplar de *Kielmeyera coriacea* com folhas bem novas, no fim da sêca (29-8-1943).

Como todas as árvores ou arbustos estudados aqui, *Kielmeyera* tem raízes profundas que atravessam os primeiros 2-3 ms. do solo. Sobre a profundidade máxima alcançada não temos ainda dados seguros. Que elas devem suprir suficientemente a copa com água, já nos diz o aspecto da planta: durante todo o dia as folhas mostram-se turgescentes, sem nenhum sinal de murchamento. Arrancando-se uma folha, ela murcha, entretanto, em poucos minutos.

Esta observação confirma os resultados das nossas experiências: nunca vimos as folhas adultas de *Kielmeyera* limitar a transpiração, o que indica não haver escassês d'água no solo da sua rizosfera. Uma certa economia no consumo da água, constatamos uma única vez, justamente no caso da folha nova acima mencionado.

Erythroxylum suberosum

Nos gráficos 10 e 11 apresentamos agora as curvas de transpiração de *Erythroxylum suberosum* no início e no fim da época sêca, respectivamente. No 1.º, constata-se uma franca subida dos

valores de transpiração, paralelamente ao crescimento dos valores de evaporação, até cerca de 12 ½ horas. O segmento da curva

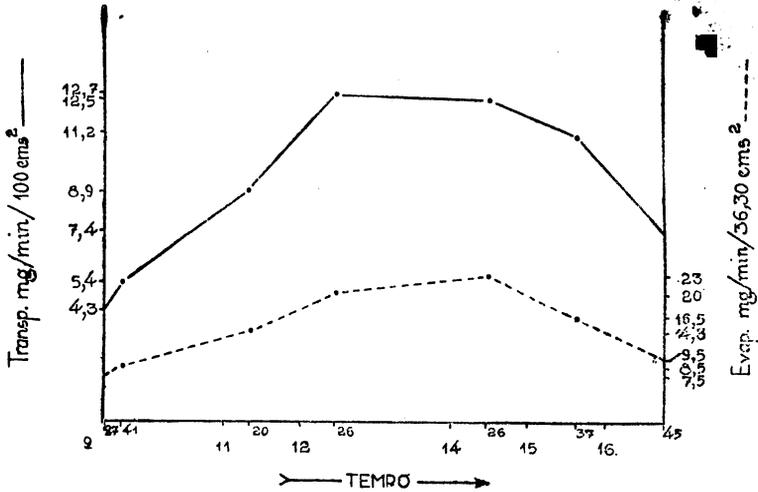


Gráfico 10: Marcha diária da transpiração de *Erythroxylum suberosum*, no início da seca (20-6-1943).

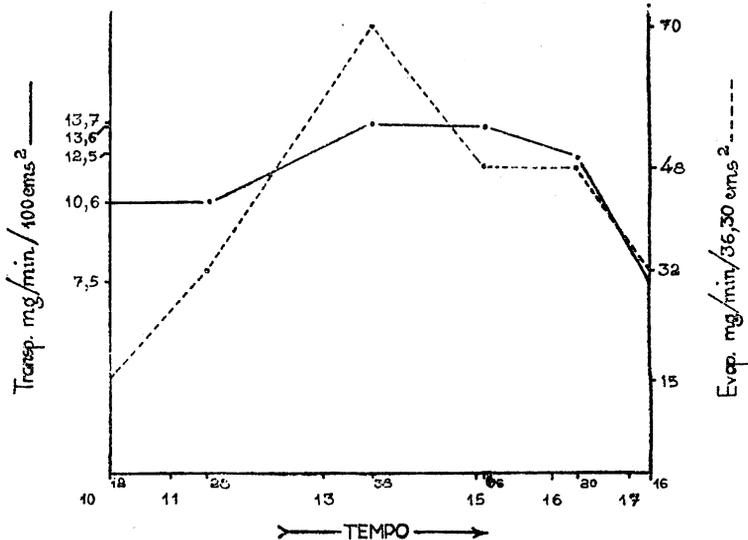


Gráfico 11: Marcha diária da transpiração de *Erythroxylum suberosum*, no fim da estação seca (27-8-1943).

de transpiração, deste momento até 14 ½ horas aproximadamente, indica um ligeiro declínio (a perda d'água caiu do valor de

12,7 mg/min, para o de 12,5 mg/min.), enquanto que o segmento correspondente, da curva de evaporação mostra ainda um fraco aumento (de 20 mg/min. às 12²⁶ passou a 23 mg/min. às 14²⁶ horas). De então em diante, transpiração e evaporação decrescem francamente. No gráfico 11 começamos a anotar os valores um pouco tarde, quando eles já eram relativamente altos. Vê-se, porém, que o andamento da transpiração acompanha, durante todo o dia, o da evaporação. Um declínio nítido da transpiração nas horas críticas, não foi por nós constatado também nesta época.

Erythroxylum suberosum é uma planta muito freqüente no nosso cerrado.

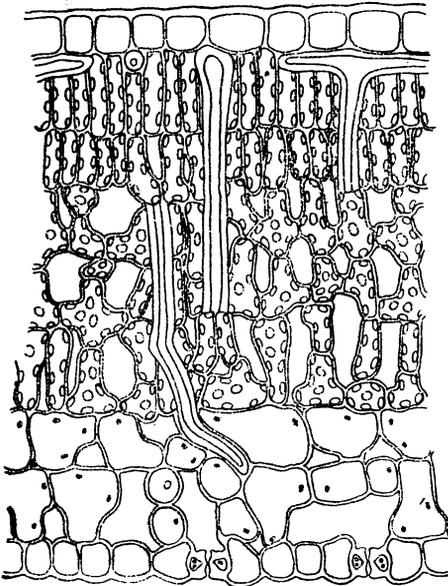


Fig. 6: Fôlha de *Erythroxylum suberosum*, vista em corte transversal.

Suas fôlhas apresentam uma estrutura muito interessante. Nossa fig. 6 mostra, esquematicamente, a epiderme superior desprovida de estômatos e suportada, em inúmeros pontos, por escleritos que descem depois por entre as células do parênquima limitado pelas duas epidermes, podendo chegar até a epiderme inferior. O parênquima clorofiliano, logo abaixo da epiderme superior, é formado por paliçadas não muito desenvolvidas, que se continuam por um amplo tecido lacunoso. Este repousa sobre 2-3 camadas de células quasi sem cloroplastos, às vezes pequenas, outras muito grandes e de forma muito irregular. Entre estas células encontram-se, além de outras grandes lacunas, as câmaras sub-estomáticas. Este tecido que encontramos em várias das plantas estudadas e que pelo aspecto parece ser um aerenquima aquífero, é, finalmente, revestido pela epiderme inferior onde se localizam os estômatos.

Um fato interessante, relacionado com o comportamento dos estômatos, é o que ilustramos com a tabela 2 (vide o mesmo fato na tabela 1, pág. 174): uma fôlha de *Erythroxylum* colhida e posta na balança apresenta, inicialmente, um declínio na razão da perda d'água; depois de um certo tempo, porém, a perda d'água pode se tornar até mais forte do que no primeiro momento e, finalmente, decrescer definitivamente. Como se vê em nossa tabela, várias outras plantas também podem apresentar fôlhas com este comportamento.

TABELA 2

<i>Erythroxyllum suberosum</i> 20-6-1943		<i>Anona coriacea</i> 21-6-1943		<i>Erythroxyllum tortuosum</i> 22-6-1943		<i>Andira humilis</i> 23-6-1943	
Tempo	Perda d'água mg/min. Pêso inic. 526 mg.	Tempo	Perda d'água mg/min. Pêso inic. 1.733 mg.	Tempo	Perda d'água mg/min. Pêso inic. 1.333 mg.	Tempo	Perda d'água mg/min. Pêso inic. 790 mg.
11 ²⁰	3,5	14 ⁴⁰	9	10 ⁵²	12	15 ⁴⁵	9
22	3	41	7,5	54	8	47	7,6
24	3,5	43	6	57	10,4	50	9,8
26	—	45	8,1				
28	3,5			11 ³⁶	7,2	16 ⁰¹	6
30	4,2	16 ⁰²	3,8	41		06	
12 ⁰⁴	3,4	07					
09							

Antes de tentarmos explicar êsse fenômeno, devemos adiantar que não se trata aqui do efeito que, segundo Iwanoff (14) poderia se apresentar ao cortarmos uma fôlha: em geral, em condições de evaporação intensa, o parênquima e os vasos estão sob pressão negativa, o que se demonstrava cortando-se um caule ou uma fôlha sob mercúrio. Êste, rapidamente absorvido, entra até a profundidade que os vasos permitirem. Num corte ao ar é êste que entra neutralizando a pressão negativa e uma porção da água antes retida nos vasos, pode agora caminhar mais livremente para as fôlhas cuja reserva de água seria, assim, momentaneamente aumentada. Isto determinaria um aumento imediato da transpiração. Pesquisas ulteriores de diversos autores não puderam confirmar a existência dêste efeito (31).

No nosso caso, já mencionado, aliás, na literatura (Darwin 3, e outros cit. por Maximov 25, p. 191), o "efeito de Iwanoff" fica excluído por não ser imediato. Parece, antes, tratar-se de um dêsses fenômenos descritos como consequência do "incipient wilting" e a explicação dada para o fato, que, aliás, necessita mais amplo estudo (vide 25, p. 191) será a seguinte: á medida que a

fôlha perde água, a diminuição da turgescência determina um movimento de fechamento dos estômatos e, então, decrescem os valores de transpiração; como, porém, a fôlha perde água e murcha muito rapidamente, podem existir casos em que os estômatos não podem mais continuar o fechamento, tornando-se, pelo contrário, até mais abertos, por serem arrastados pelas células epidérmicas confins, na sua contração. Isto ocasionaria os valores mais elevados. Depois, com o “incipient drying” a transpiração declina definitivamente.

Na verdade, este problema várias vezes discutido (lit. em Seybold 40, p. 622 e em Maximov 25, p. 191), não tem ainda sua solução definitiva.

Erythroxylum tortuosum

Erythroxylum tortuosum, uma dessas formas com fôlhas muito grandes, foi também estudada por nós.

A estrutura de suas fôlhas, esquematicamente representada na fig. 7, é diferente da da espécie anteriormente apresentada. A epiderme superior,

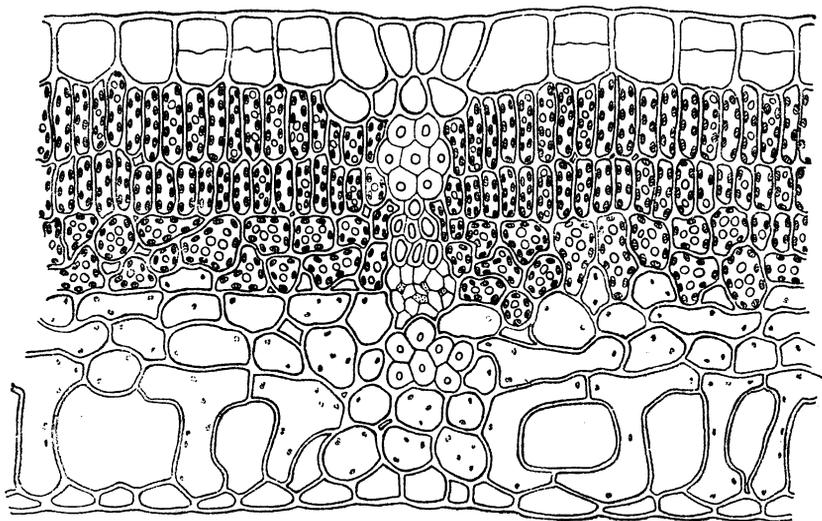


Fig. 7: Fôlha de *Erythroxylum tortuosum* (corte transv.).

também desprovida de estômatos, é formada por células muito grandes, às vezes subdivididas por um tabique paralelo à cutícula. Abaixo dessa epiderme fica um parênquima clorofiliano não muito desenvolvido cuja parte superior é formada por células alongadas, quasi sem espaços entre si. Mais para baixo esse parênquima torna-se irregular e os espaços intercelulares são um pouco mais frequentes e maiores. Este tecido confina

com um tecido incolor, do qual a camada vizinha da epiderme é constituída por células enormes, muito irregulares, entre as quais ficam câmaras de ar extremamente grandes. Na epiderme inferior cujas células são muito menores que as da superior, encontram-se os estômatos. Suas células companheiras projetam-se muito para o interior da câmara subestomática e também para o meio exterior, de sorte a colocar os estômatos numa pequena concavidade, como se vê na fig. 8.

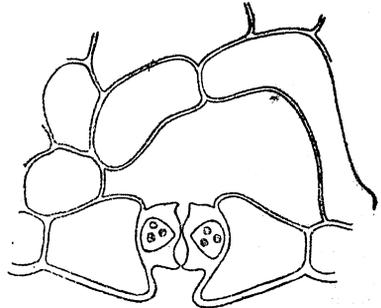


Fig. 8: Estômato de *Erythroxylum tortuosum*, visto de perfil.

Para as raízes desta espécie, bem como para as da espécie anterior vale o que foi dito para as de *Kielmeyera* (pág. 183).

No início da sêca, a transpiração d'êste *Erythroxylum* se fez do modo indicado no gráfico 12: os valores de evaporação atin-

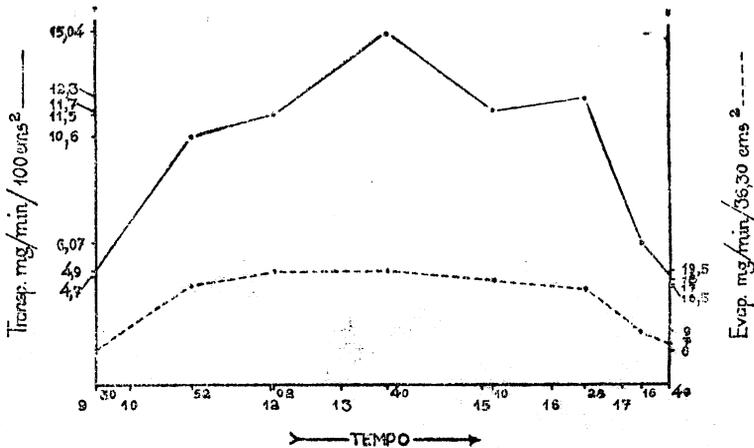


Gráfico 12: Marcha diária da transpiração de *Erythroxylum tortuosum*, no início da sêca (22-6-1943).

gem o máximo às 12 horas, não baixando senão a partir de 13 horas e 40 minutos. Neste momento encontramos o maior valor da transpiração que agora começa a decrescer. Um pequeno aumento foi verificado cerca de 16 ½ horas, caindo depois os valores, definitivamente. Êste segundo máximo coincidiu com o decréscimo da evaporação. Durante todo o dia, a infiltração com xilol deu valores positivos.

No fim da estação sêca esta planta estava destituída de sua folhagem, não sendo assim possível estudar sua transpiração.

Byrsonima coccolobifolia

Com o gráfico 13 ilustramos agora o andamento da transpiração de *Byrsonima coccolobifolia* num dia do início da estação seca. Do mesmo modo que nos casos até agora apresentados, também nesta planta, no início da seca, não pudemos constatar uma economia no consumo da água. Durante todo o dia os estômatos mantiveram-se abertos, oscilando a transpiração, paralelamente à evaporação livre.

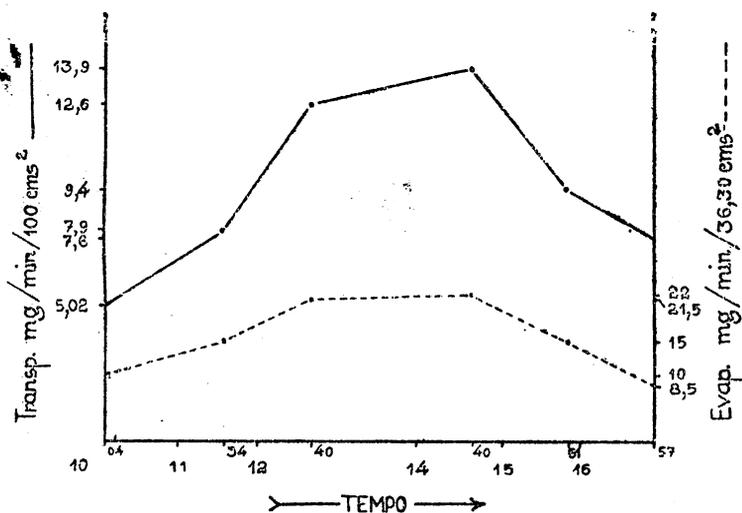


Gráfico 13: Marcha diária da transpiração de *Byrsonima coccolobifolia*, no início da seca (20-6-1943).

No fim da época seca, porém, a situação mudou para *Byrsonima coccolobifolia*: ou as reservas de água contidas nas camadas de solo atingidas pelas suas raízes eram insuficientes, ou a absorção ou a condução foram incapazes de substituir as quantidades de água transpirada. Do que não se duvida é que tenha havido necessidade de economizar o gasto de água; esta economia constata-se na curva de transpiração do nosso gráfico 14: os valores medidos às 13⁰⁴ e 14²⁷ horas são muito mais baixos que os anotados às 10⁵⁵ e 15⁴⁷ horas, o que indica ter havido um movimento de fechamento dos estômatos, seguido por uma reabertura que ocasionou um segundo valor máximo de transpiração. Este segundo máximo foi anotado na mesma ocasião em que também a evaporação mostrou seu máximo valor. De então em diante, evaporação e transpiração declinaram paralelamente.

Byrsonima coccolobifolia é um arbusto relativamente freqüente nos nossos cerrados. Suas raízes — também profundas — não foram estudadas detalhadamente por nós.

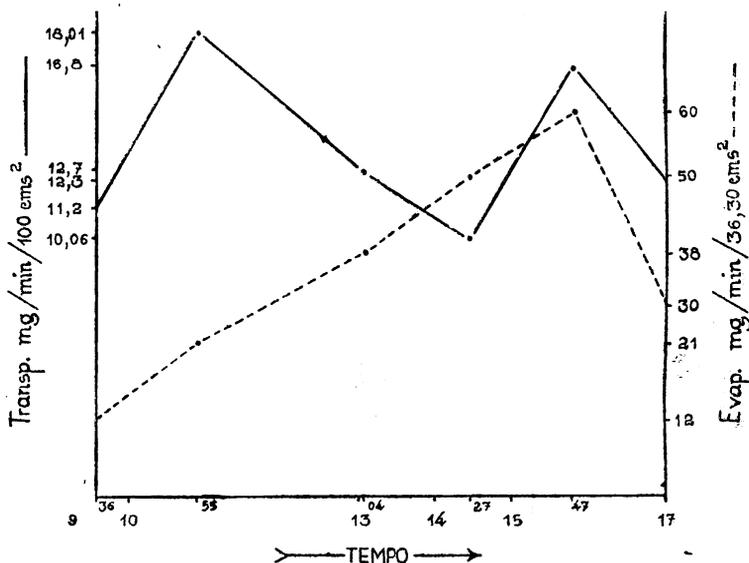


Gráfico 14: Transpiração de *Byrsonima coccolobifolia*, num dia do fim da época seca (27-8-1943).

Suas folhas têm a estrutura que esquematizamos na fig. 9: na face superior, abaixo da epiderme desprovida de estômatos, encontramos um parênquima clorofiliano paliádico constituído por 3 camadas de células. A terceira camada, formada por células menos alongadas que as anteriores, prolonga-se por um parênquima ainda clorofiliano, mas agora lacunoso, que se estende até a epiderme inferior onde se encontram os estômatos pouco protegidos. Elementos mecânicos, somente encontramos poucos, envolvendo os feixes. Na região da nervura mediana por onde passou o nosso corte, entre as epidermes e o feixe de vasos, encontra-se um conjunto de células incolores que muitas vezes incluem cristais. Ainda queremos mencionar que nesta região as células epidérmicas apresentam, em ambas as faces, um desenvolvimento bem menor.

Anona coriacea

As plantas até agora apresentadas não mostraram, no início da seca, um declínio nítido da transpiração e somente em poucos casos houve uma certa economia no consumo d'água, nas horas críticas do fim da estação. Com *Anona coriacea* a situação é outra. Para esta espécie, já no começo da seca, a água é escassa e suas folhas limitam a transpiração relativamente cedo, quando a eva-

poração apresenta ainda valores francamente ascendentes. Essa restrição é indicada no nosso gráfico 15, onde se constata tam-

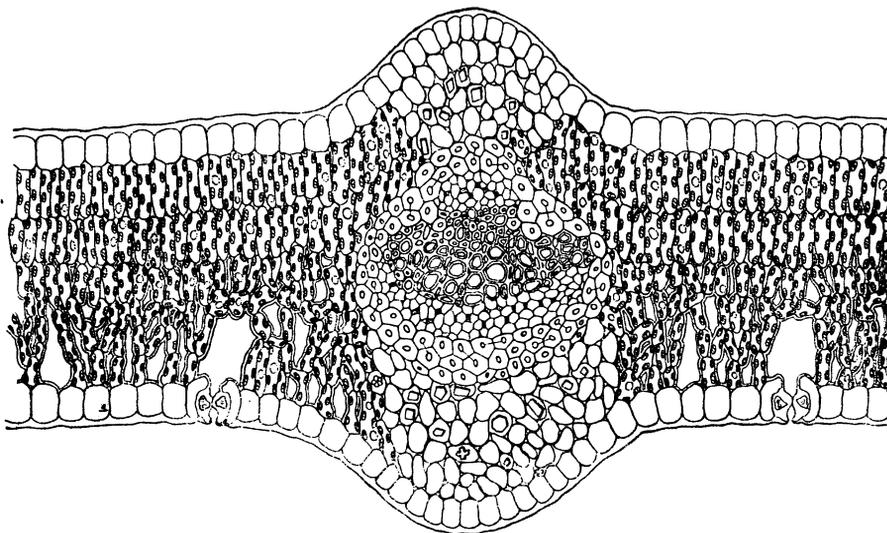


Fig. 9: Estrutura da fôlha de *Byrsonima coccolobifolia* (cortê transv. passando pela nervura principal).

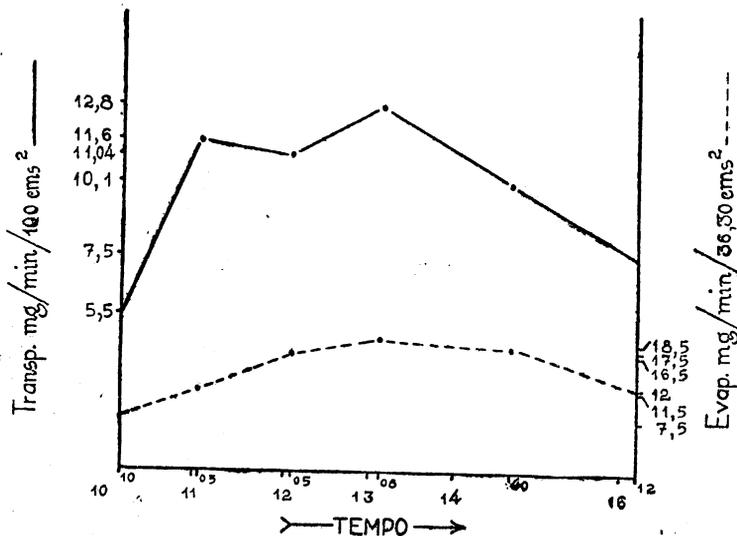


Gráfico 15: Andamento da transpiração de *Anona coriacea*, num dia do início da sêca (21-6-1943).

bém a existência de um segundo máximo que coincide com o máximo da evaporação. No gráfico 16 em que apresentamos a trans-

piração de *Anona coriacea* no fim da época sêca, vê-se, novamente, uma restrição do consumo d'água e a seguir uma reabertura dos estômatos. Que essa reabertura não é obrigatória e que pode não ocorrer em casos em que, provavelmente, a situação da fôlha na planta não permite um bom reabastecimento de água, mostramos o gráfico 17 obtido no mesmo dia, com fôlhas do mesmo in-

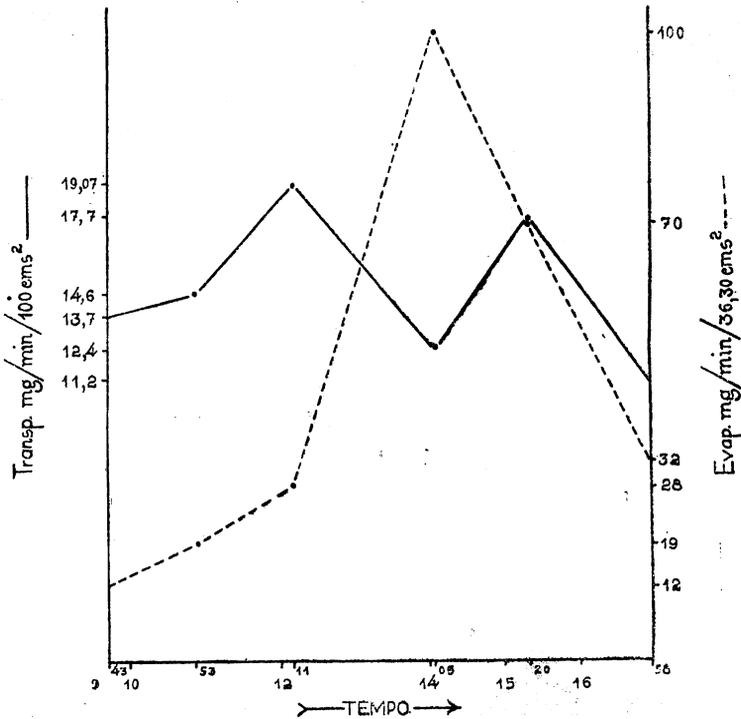


Gráfico 16: Marcha diária da transpiração de *Anona coriacea*, no fim da sêca (28-8-1943). Observe-se a existência de um segundo máximo.

divíduo: o decréscimo da transpiração foi observado à mesma hora que no caso anterior, mas, agora, o declínio é definitivo.

A estrutura da fôlha de *Anona coriacea* (Fig. 10) é uma das mais interessantes que pudemos observar, por causa da presença de grande número de escleritos, que, em todas as direções, percorrem a fôlha por entre as células do parênquima clorofiliano. Este parênquima, paliádico logo abaixo da epiderme superior desprovida de estômatos e revestida por uma cutícula muito espessa, torna-se depois muito lacunoso. As paliçadas ocupam cêrca de 1/3 do espaço compreendido entre as duas epidermes, sendo os 2/3 restantes preenchidos pelo tecido lacunoso que confina com a epiderme inferior. Inúmeros feixes circundados por fibras esclerenquimáticas

ficam disseminados entre as células do clorênquima. Na epiderme inferior encontram-se os estômatos, alojados no fundo de pequenas excavações da cutícula espessa. Frequentemente, como mostra

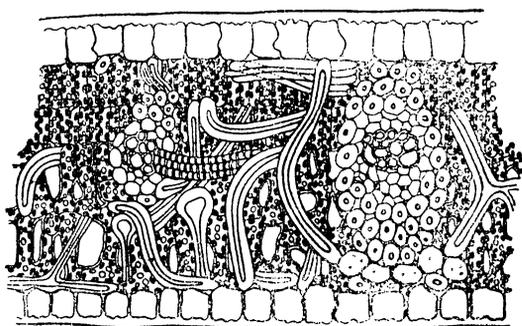


Fig. 10: Estrutura da fôlha de *Anona coriacea*.

nossa Fig. 11, nas vizinhanças das células estomáticas encontram-se escleritos que, de início, correm paralelamente à epiderme, suportando-a, e, depois enviam ramos que atravessam o parênquima folhear, podendo atingir a epiderme oposta.

A presença de tão grande quantidade de elementos mecânicos explica o fato das fôlhas desta planta não se dobrarem mesmo

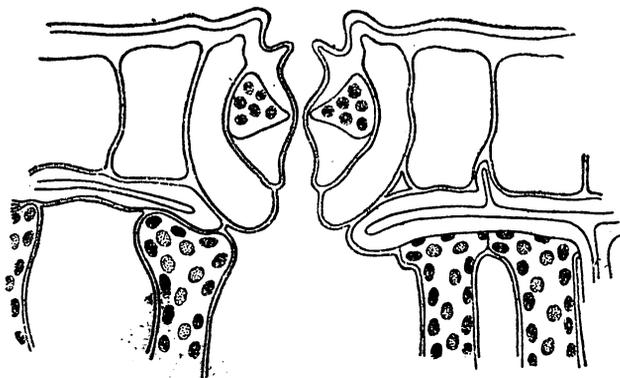


Fig. 11: Estômato de *Anona coriacea*, visto de perfil.

depois da perda de grandes quantidades d'água. Quando isto acontece, a cutícula, que na fôlha turgesciente apresenta um brilho intenso, torna-se opaca e apresenta, já a olho nu, muitas fendas. Chamamos a atenção para o fato de que esta é uma das plantas que encontramos com um aumento dos valores de perda d'água, depois de um certo tempo em que êsses valores declinaram normalmente (Tab. 2, pág. 186). A explicação para êsse aumento poderia residir, justamente, na formação de tais fendas, que, depois, com uma perda maior ainda do conteúdo d'água, são comprimidas pela retração de todas as membranas; o que explicaria o novo de-

créscimo, agora definitivo, dos valores. Infiltração com xilol deu em geral valores positivos, mostrando que a régulação não foi até o fechamento completo dos estômatos (vide tab. 3, pág. 209).

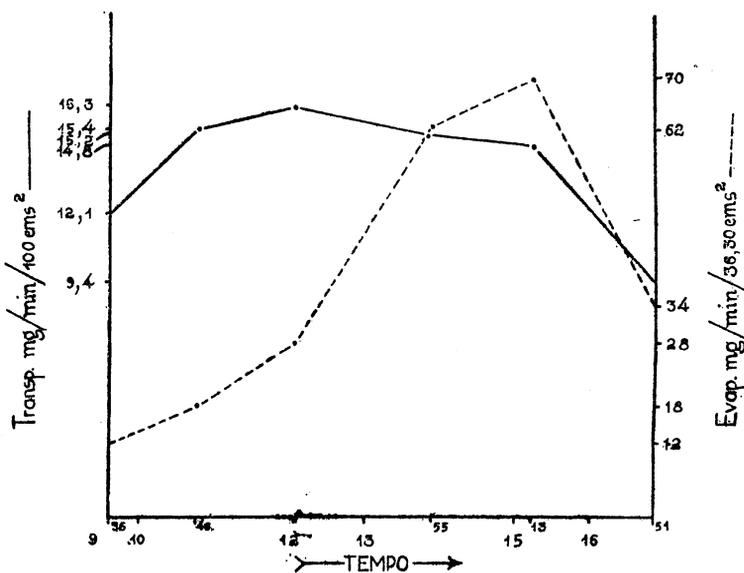


Gráfico 17: Marcha diária da transpiração de *Anona coriacea*, no fim da sêca (28-8-1943).

Duguetia furfuracea

Estudamos também o comportamento de *Duguetia furfuracea*, uma planta muito comum nos nossos cerrados. Apresenta-se como um arbusto que nunca vimos com altura muito superior a 1 m. Suas raízes, no entanto, podem atingir, como supomos, profundidades consideráveis: numa excavação que fizemos, a raiz principal, a 2 ms. de profundidade, apresentava quasi o mesmo diâmetro que logo abaixo da superfície, o que nos faz admitir que essa raiz deve se aprofundar ainda muito.

As fôlhas de *Duguetia furfuracea* são revestidas, superiormente, por pêlos epidérmicos muito ramificados. O revestimento da epiderme inferior é formado por pêlos "em escudo" muito parecidos com os de *Elaeagnus angustifolia* figurados por Kerner (17). Essas "escamas" (Fig. 12) formam um feltro protetor dos estômatos que só se encontram na epiderme inferior, em pequenas depressões. Abaixo da epiderme superior, em nossa Fig. 13, vemos um parênquima clorofiliano paliçádico, de 2 camadas, sendo a primeira formada por células muito altas, enquanto que as células da segunda camada são mais curtas e menos apertadas. Na região mediana, encontra-se um mesófilo clorofiliano constituído por células quasi sempre um pouco arredondadas. Este tecido, bastante lacunoso, confina

com mais uma camada de paliçadas que atingem a epiderme inferior. Desta, partem, como se pôde constatar em nossa figura, os pêlos com seus "escudos" superpostos no exterior. Do mesmo modo que as "escamas", os

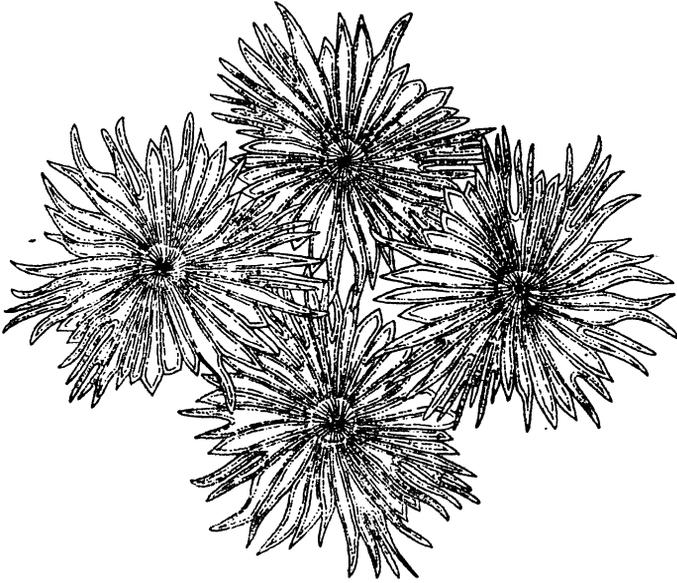


Fig. 12: Pêlos estrelados de *Duguetia furfuracea*, vistos de frente.

pêlos da epiderme superior aparecem em nossa figura, cortados: uns ramos, transversal, outros longitudinalmente.

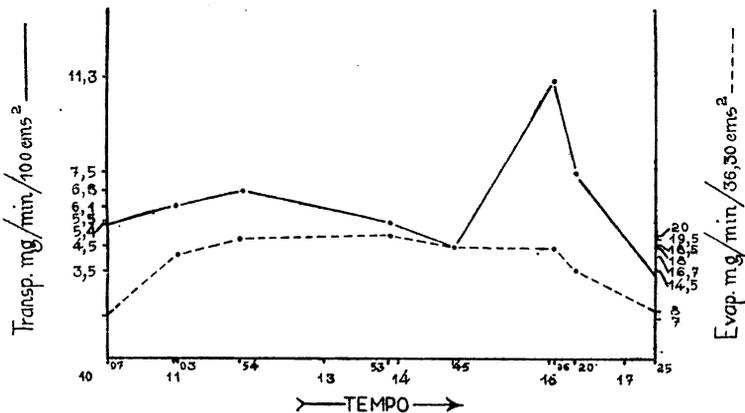


Gráfico 18: Marcha diária da transpiração de *Duguetia furfuracea*, no início da sêca (22-6-1943).

Apezar de ter raízes profundas, *Duguetia furfuracea* foi obrigada, do mesmo modo que *Anona coriacea*, a limitar o consumo d'água, já no início da estação sêca (gráfico 18).

No gráfico 19 que apresenta a transpiração de *Duguetia furfuracea* no fim da sêca, vê-se a mesma situação: primeiramente uma subida dos valores, depois um declínio, a seguir nova subida e queda final.

Em várias outras curvas que não publicamos, pudemos constatar a restrição, mas não o segundo máximo, que, realmente, como já foi mencionado, pode não ocorrer.

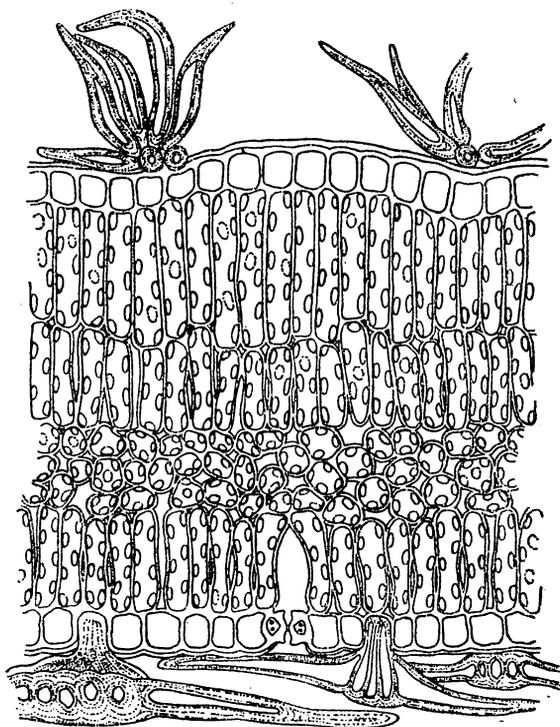


Fig. 13: Estrutura da fôlha de *Duguetia furfuracea*.

Apezar de ter raízes profundas que estão em contacto com camadas de solo que nunca são afetadas pela sêca, *Duguetia furfuracea* é obrigada a fechar os estômatos, o que significa, também, restrição da atividade fotossintética. Isto mostra que o abastecimento da copa não é perfeito, quer por deficiência da absorção, quer da condução, ou mesmo de ambas.

Butia leiospatha

Vamos apresentar agora o comportamento de uma palmeira, *Butia leiospatha*. Como, em geral as *Monocotiledôneas* não formam raízes muito profundas, era de se esperar que esta planta fosse obrigada a restringir seu consumo d’água, antes das demais espécies estudadas. Isso, porém, não se deu: a infiltração com xi-

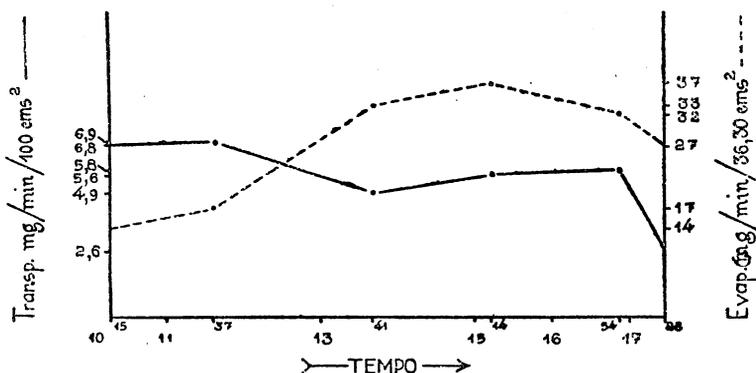


Gráfico 19: Transpiração de *Duguetia furfuracea*, num dia do fim da sêca (30-8-1943).

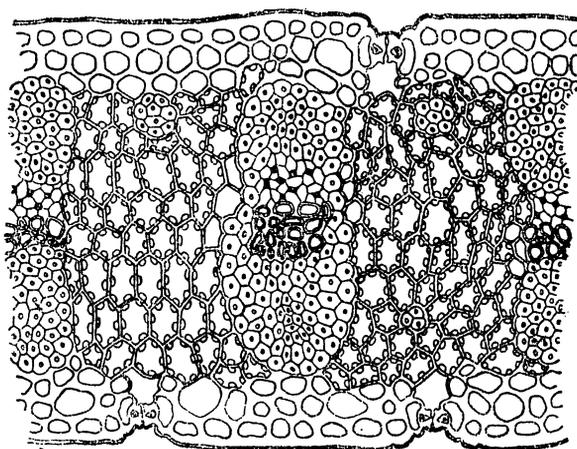


Fig. 14: Fôlha de *Butia leiospatha* (corte transv.).

lol sempre deu resultados positivos e como se vê no gráfico 20, obtido no começo da sêca, durante todo o dia, a planta manteve seus estômatos abertos, transpirando livremente. Lembramos que

das plantas já apresentadas, certas, como por exemplo *Anona coriacea*, foram obrigadas, já nessa época, a economizar o gasto de água nas horas críticas. Sòmente no fim da sêca (gráfico 21) *Butia leiospatha* sentiu necessidade de economia, justamente como outras plantas antes apresentadas. A restrição verificada após a subida inicial dos valores, levou a um segundo máximo. Em nossa curva não aparece a queda final da transpiração nem a da evaporação porque nêsse dia tivemos que interromper nossas observações mais cedo.

Butia leiospatha é uma das poucas palmeiras que crescem no cerrado, formando fôlhas penadas um pouco cinzentas.

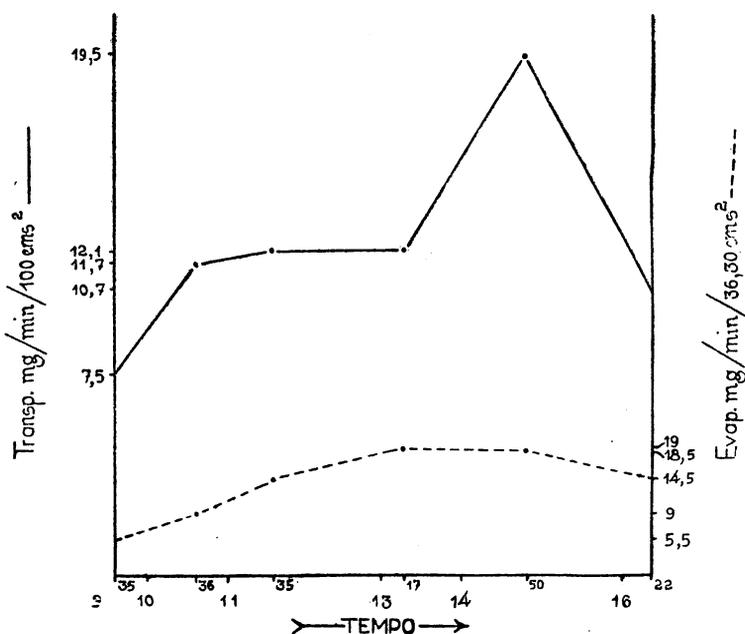


Gráfico 20: Transpiração de *Butia leiospatha*, no início da época sêca (21-6-1943).

Os folíolos erectos apresentam a estrutura que esquematizamos em nossa Fig. 14 e que lembra a dos esclerófilos do Linho da Nova Zelândia (*Phormium tenax*). Abaixo da epiderme encontra-se um tecido hipodérmico em ambas as faces. Esta hipoderme inclui o parênquima clorofílico que se distribue em zonas interrompidas por faixas muito fortes de esclerênquima que acompanha os feixes. Além dessas faixas algumas fibras esclerênquimáticas se encontram em grupos isolados dispersos no meio do clorênquima. Por fora do esclerênquima, na região mediana ficam umas poucas células incolores, provavelmente para reserva de água. A epiderme é revestida por forte cutícula. Os estômatos que se encontram em ambas as faces, ficam no fundo de pequenas depressões epidérmicas (Fig. 15). Es-

sas depressões apresentam-se cheias de cera, que impossibilita a vista de frente, dos estômatos, antes de sua remoção.

Didymopanax vinosum

Outra planta que estudamos, *Didymopanax vinosum*, comportou-se como mostram os gráficos 22 e 23 obtidos, respectivamente, no início e no fim da estação sêca. No primeiro gráfico constatamos uma queda dos valores de transpiração quando a evaporação é ainda francamente ascendente. Como tivemos que interromper nossas observações bem cedo, nesse dia, não pudemos apreciar a descida dos valores da evaporação.

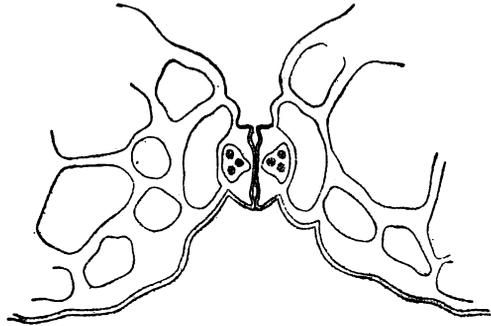


Fig. 15: Estômato de *Butia leio-patha* (perfil).

No fim da sêca (gráfico 23) a mesma restrição no consumo d'água pela planta foi observada após a subida inicial dos valores. Um pequeno segundo máximo coincidindo com o máximo da evaporação foi anotado.

Didymopanax é uma planta relativamente freqüente nos nossos cerrados e suas fôlhas palmadas apresentam a superfície superior com uma côr verde intensa enquanto que a face inferior mostra uma coloração ferrugínea.

A estrutura dessas fôlhas está esquematizada em nossa Fig. 16. A epiderme superior reveste-se de uma cutícula muito forte. Sob a camada epidérmica encontra-se uma hipoderme uni-estratificada cujas células possuem paredes muito espessas. Abaixo da hipoderme ficam duas camadas clorofílicas palicádicas formadas por células muito altas e bem unidas umas às outras. Vem, a seguir, uma terceira camada de células, ainda altas, mas irregulares, entre as quais já se encontram muitas lacunas. Esta camada confina com um parênquima lacunoso muito desenvolvido, cujas células, irregulares na forma e nas dimensões, limitam câmaras de ar bem amplas. Nossa figura inclui quatro destas câmaras, duas das quais mostrando suas paredes posteriores. Encontra-se finalmente a epiderme inferior, muito rica em pêlos. Sômente esta epiderme forma estômatos (Fig. 17) muito bem protegidos, não só por dobras da epiderme e da cutícula, como também pelos próprios pêlos epidérmicos.

Ouratea spectabilis

Como, no fim da estação, algumas das plantas que havíamos estudado no início, se apresentassem sêcas e mortas, como as *Gra-*

mineas, ou sem fôlhas, como *Erythroxyllum tortuosum* cujo comportamento já apresentamos, pudemos estudar, em substituição, algumas novas espécies.

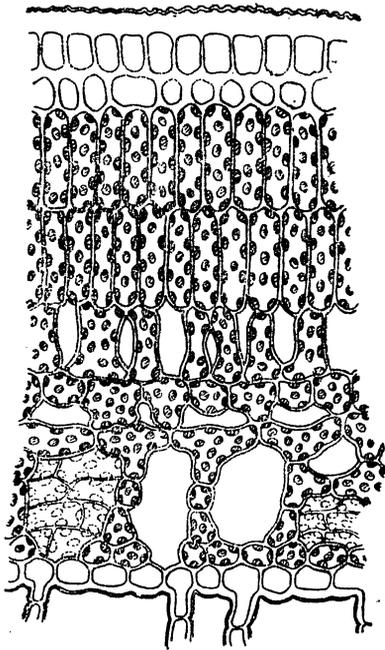


Fig. 16: Estrutura da fôlha de *Didymopanax vinosum*.

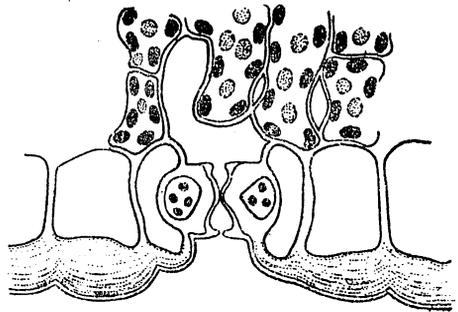


Fig. 17: Estômato de *Didymopanax vinosum*, visto de perfil.

Começaremos apresentando o comportamento de *Ouratea spectabilis*, muito freqüente no nosso cerrado e que em fins de Agosto estava em plena floração. Esta floração durante o período da sêca, observada também em muitas outras espécies como *Andira humilis*, *Anacardium pumilum*, *Tecoma caraiba*, *Salacia campestris*, *Bombax gracilipes*, *Alibertia sessilis*, etc., e já mencionada por Warming (46) indi-

ca, positivamente, que ha água no solo e que esta é aproveitada pela vegetação.

As fôlhas de *Ouratea* são muito rígidas e sua estrutura esquematizada em nossa Fig. 18 explica bem essa rigidês.

A epiderme apresenta estômatos em ambas as faces e é revestida por uma cutícula bem reforçada. Abaixo da epiderme, do lado superior, acha-se uma camada de parênquima clorofiliano paliçádico entre cujas células ficam somente pequenos espaços, salvo nas regiões onde se encontram estômatos, onde se abrem, então, grandes lacunas subjacentes. Por baixo desta camada paliçádica, encontra-se outra, de transição para o parênquima lacunoso. Suas células são menos altas, às vezes um pouco irregulares, apresentando lacunas maiores e mais freqüentes. Na região mediana o clorênquima torna-se tipicamente lacunoso e é formado por várias camadas que confinam com uma última constituída por células altas, mas irregulares que deixam entre si muitos espaços aeríferos além das câmaras estomáticas. Este tecido é, finalmente, revestido pela epiderme. De permeio com as células do parênquima clorofiliano, encontram-se numerosos escleritos de forma muito variavel que correm, ora paralelamente às epidermes, ora perpendicular ou obliquamente a elas. Além dos escleritos existem

muitas fibras esclerenquimáticas acompanhando os feixes. Todo este amplo tecido mecânico explica a rigidez acima mencionada. Por fora do esclerênquima encontram-se muitos canais glandulares.

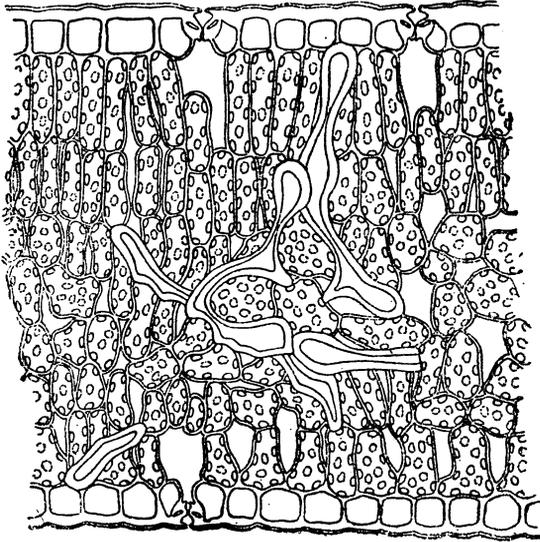


Fig. 18: Corte transv. da fôlha de *Ouratea spectabilis*.

Os estômatos de *Ouratea* são muito interessantes. Sua morfologia é comparável a dos *Cedrela fissilis* descritos por nós (33) e muito seme-

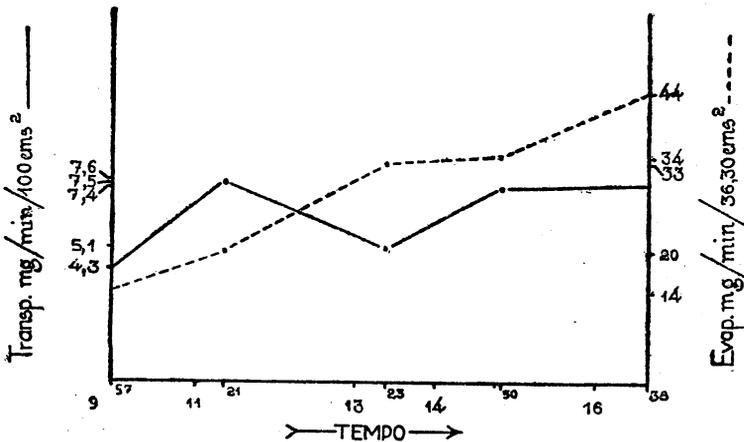


Gráfico 21: Andamento da transpiração de *Butia leiospatha*, num dia do fim da sêca (30-8-1943).

lhante a dos estômatos das *Gramineas*. Em nossa Fig. 19, em A, vemos um tal estômato em corte longitudinal: a região mediana apresenta as pare-

des muito reforçadas e o lume estreito; nas extremidades as paredes são delgadas e o lume se amplia. Em B e C vêem-se os cortes transversais passando, respectivamente, pela extremidade e pela região mediana do estômato.

Nossas observações permitiram-nos constatar que estes estômatos estão, durante todo o dia, mais ou menos abertos e que a transpiração, nos dias menos rigorosos se processa livremente, como se vê no gráfico 24. Nos dias em que a evaporação foi mais intensa, o que indica maior rigor das condições ambientes, houve

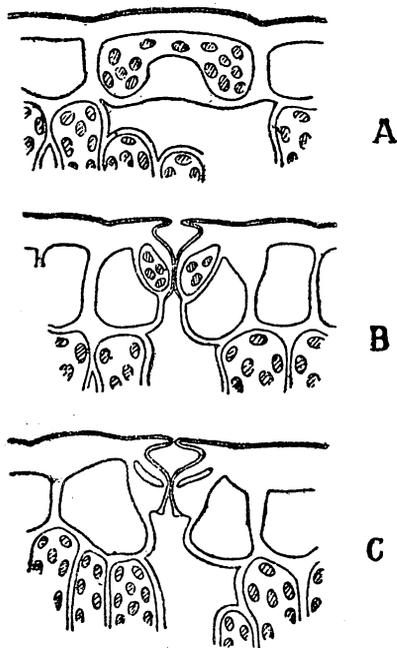


Fig. 19: Estômatos de *Ouretea spectabilis*; em A, corte long. de uma célula estomática; em B e C, cortes transversais passando, respectivamente, pela extremidade e pela região mediana do estômato.

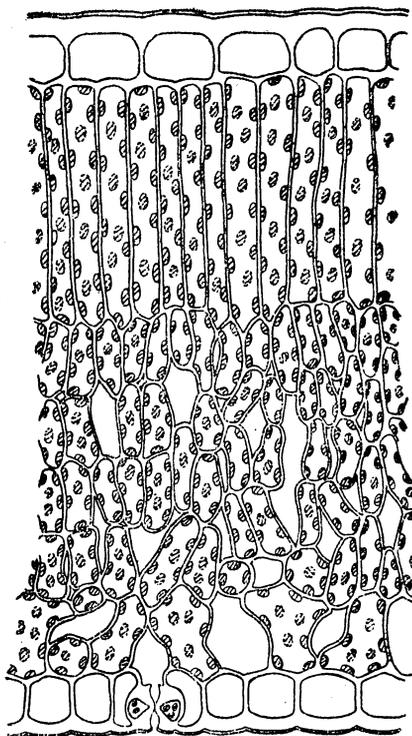


Fig. 20: Fôlha de *Alibertia sessilis* (corte transv.).

uma certa economia no consumo de água, nas horas críticas, sendo também constatada, em certos casos, a possibilidade de um novo aumento da abertura dos estômatos ocasionando um segundo máximo de transpiração (gráfico 25).

Alibertia sessilis

Apresentamos, agora, o comportamento de mais uma planta que estudamos, também somente no fim da época seca. Trata-se

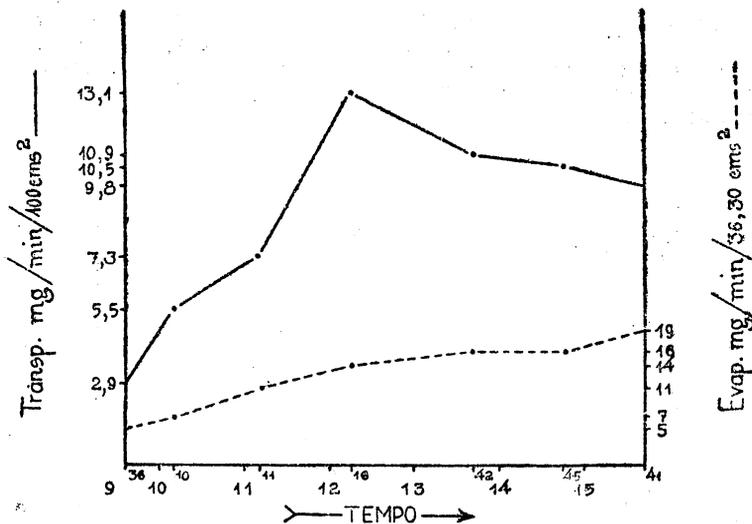


Gráfico 22: Marcha diária da transpiração de *Didymopanax vinosum*, no início da seca (19-6-1943).

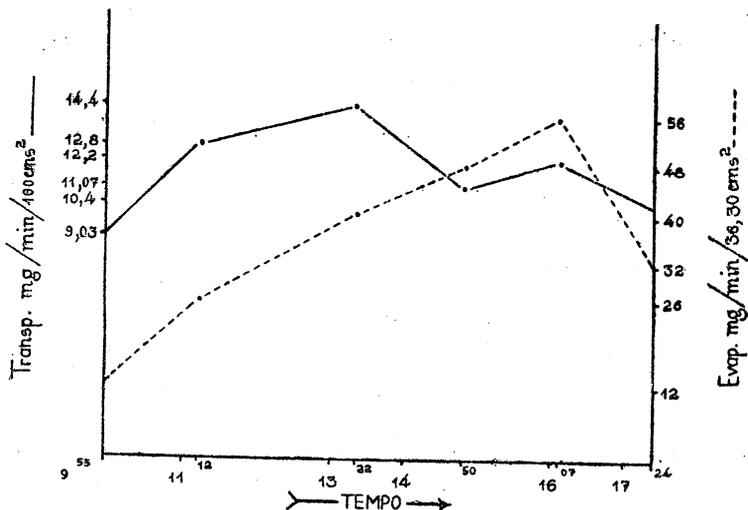


Gráfico 23: Marcha diária da transpiração de *Didymopanax vinosum*, no fim da seca (27-8-1943).

de *Alibertia sessilis* cujas fôlhas têm uma estrutura tipicamente dorsi-ventral como mostra nossa Fig. 20:

A epiderme superior desprovida de estômatos é muito bem protegida por uma espessa cutícula. Por baixo dessa epiderme encontra-se uma camada paliçádica, formada por células extremamente altas entre as quais não aparecem lacunas. A seguir, o parênquima torna-se cada vez mais lacunoso e sua última camada, em contacto com a epiderme inferior, é constituída por células grandes, de forma bastante irregular. Na epiderme inferior localizam-se os estômatos que nada apresentam de especial em sua organização.

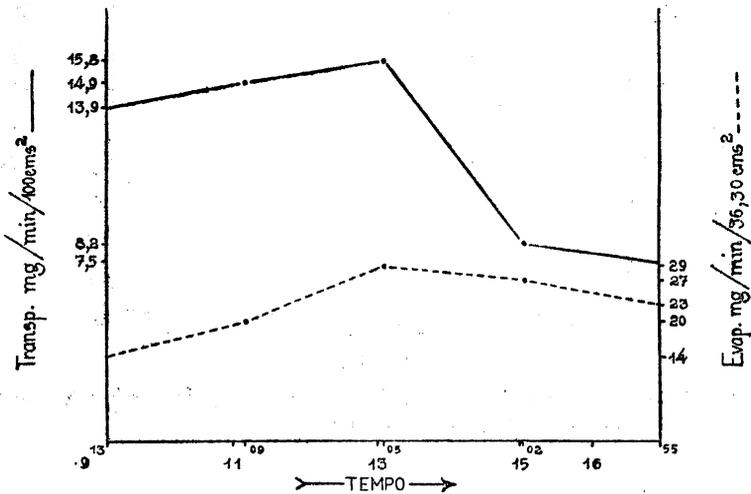


Gráfico 24: Marcha diária da transpiração de *Ouratea spectabilis*, no fim da sêca (1-9-1943).

Nosso gráfico 26 mostra uma queda seguida de nova ascensão dos valores de transpiração. Tivemos que interromper nossas observações antes de podermos anotar a queda definitiva dos valores.

Echinolaena inflexa

Estudamos também o comportamento de uma *Gramínea*, *Echinolaena inflexa*. De um modo geral, nossos resultados concordam com os obtidos por Henrici (10), na África do Sul. Segundo esta autora, lá, "the only plants which keep the stomata open when the temperature is high, the relative humidity and the soil moisture low, are the grasses" (l.c., p. 685). Estes resultados foram posteriormente confirmados por Mes e Aymer-Ainslie (1935; cit. em Fort.d.Bot., vol. VI, pág. 252).

Nossos gráficos 27 e 28, obtidos no início da estação sêca, mostram que uma restrição nítida da transpiração destas plantas não

existe. Durante todo o dia, a infiltração com xilol se dá com a mesma facilidade. Nas horas do meio dia, no entanto, a balança

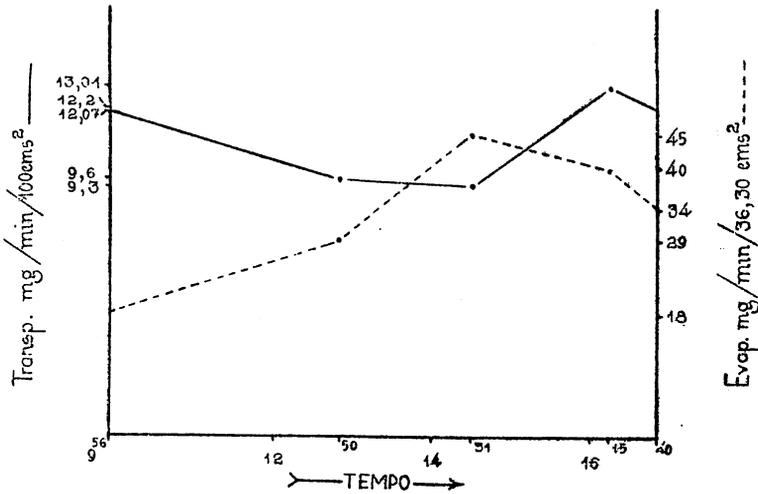


Gráfico 25: Marcha da transpiração de *Ouratea specabilis*, no fim da sêca (29-8-1943).

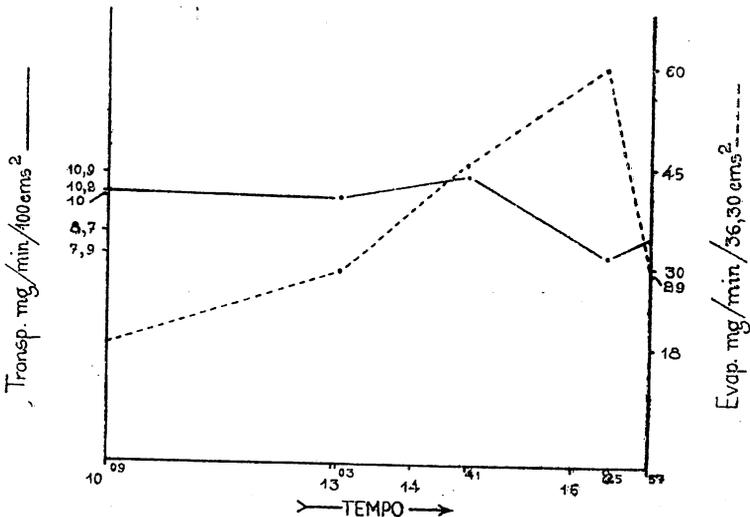


Gráfico 26: Transpiração de *Alibertia sessilis*, num dia do fim da época sêca (29-8-1943).

parece indicar um pequeno movimento de fechamento dos estômatos.

Henrici afirma ter encontrado "at noon a relatively large fall ..." que ela acredita, "corresponds to "the incipient drying" of American authors" (l.c., p. 674).

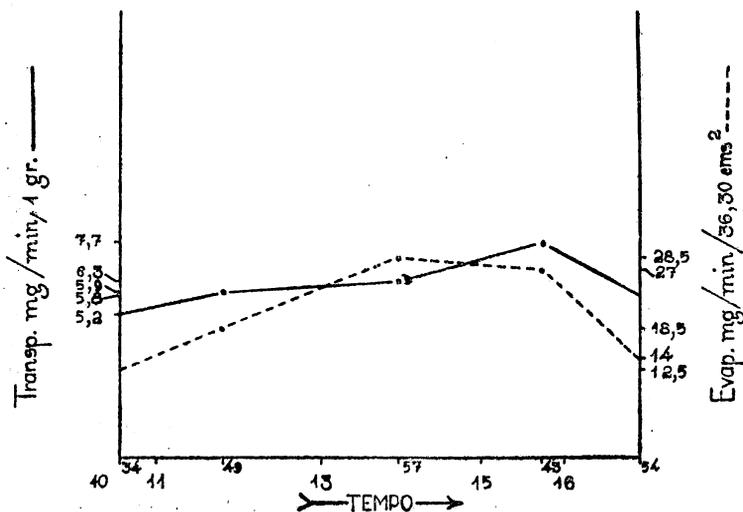


Gráfico 27: Marcha diária da transpiração de *Echinolaena inflexa*, no início da época seca (27-6-1943).

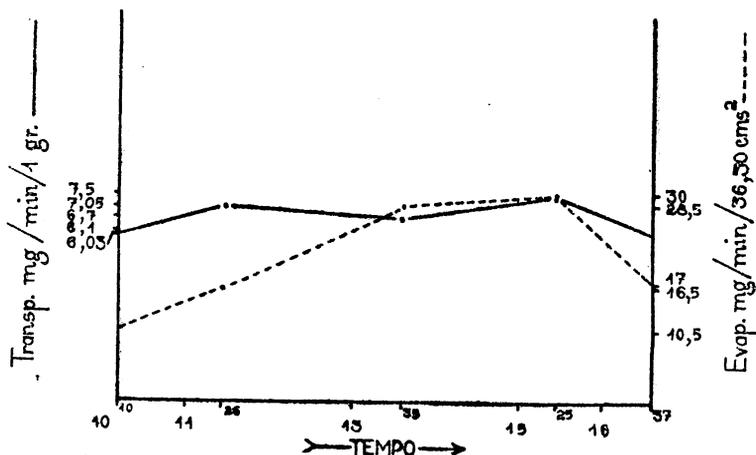


Gráfico 28: Transpiração de *Echinolaena inflexa* num dia do início da época seca (27-6-1943).

Só pudemos constatar, como mostram nossos gráficos, uma pequena queda e, isso mesmo, apenas em alguns casos. Em segundo lugar, essa pequena depressão por nós encontrada, às vezes, não deve ser atribuída, a nosso ver, ao "incipient drying", pois, como veremos detalhadamente num capítulo ulterior, um grande deficit de saturação não foi observado por nós, mesmo nas horas mais rigorosas do início da seca. Provavelmente, nesta planta, os estômatos reagem, porém fracamente.

No fim da estação, estas *Gramineas* se apresentaram secas com exceção de uma única fôlha apical que, em cada planta, ainda permaneceu verde. Foi, por isso, praticamente impossível estudar a transpiração de *Echinolaena*, neste período: para reunir um número de fôlhas verdes suficiente para cada pesagem, seria necessário empregar um lapso de tempo relativamente grande, de sorte que as primeiras folhinhas colhidas já estariam bem murchas e os resultados obtidos não seriam dignos de confiança.

O aspecto dessas *Gramíneas*, porém, em geral pardas e mortas, indica-nos por si só, que nesta época a água das camadas de solo onde se encontram suas raízes, não é suficiente para permitir sua manutenção.

* * *

Do comportamento de outras plantas estudadas, como *Pallicourea rígida*, *Anacardium pumilum*, *Solanum lycocarpum*, etc. damos só uma síntese ¹⁾: *Pallicourea rígida*, no início da seca, transpirou livremente, sendo obrigada a restringir o consumo d'água apenas no fim da estação. Após a restrição do meio dia, foi observado um segundo máximo dos valores. *Anacardium pumilum*, desde o início da época seca foi obrigada a limitar o consumo d'água. Seus estômatos parecem ter uma reação muito lenta de sorte que a restrição só poudeser constatada sempre mais tarde e o segundo máximo se estabeleceu, em geral, quando a evaporação já declinava. *Solanum lycocarpum*, estudada somente no fim da estação, nenhuma restrição mostrou no consumo d'água.

6) — Comportamento dos estômatos nas fôlhas "in situ"

Ao mesmo tempo que fazíamos nossas determinações com a balança, aproveitávamos os intervalos entre as pesagens para estudar, com a infiltração, o comportamento dos estômatos nas fôlhas não afastadas das plantas.

De um modo geral, podemos dizer que, sempre que tentamos a infiltração, os resultados foram positivos, o que vale dizer que, encontramos os estômatos, geralmente, abertos, durante as várias

¹⁾ Agradecemos à D. Mercedes Rachid o ter-nos autorizado a mencionar aqui estes resultados que obteve e que concordam perfeitamente com as nossas próprias observações.

horas dos diversos dias do início e do fim da estação sêca, em que fizemos nossas observações.

Na pág. 175 já tivemos ensejo de adiantar que o método de infiltração deve ser usado com muita cautela, só servindo para a obtenção de dados provisórios, sem grande precisão. Podemos agora reforçar essa opinião, dizendo que, mesmo em casos em que a balança acusou uma diminuição dos valores de transpiração, não pudemos constatar, com a infiltração, o movimento dos estômatos. Sômente quando a diminuição dos valores foi muito pronunciada, a infiltração se fez com maior dificuldade e apenas em muito poucos casos ela foi completamente obstada.

Tanto no início como no fim da estação sêca, os estômatos, não só das plantas cujo comportamento estudamos mais detalhadamente, com a balança, mas ainda os de muitas outras, como *Salacia campestris*, *Copaifera Langsdorffii*, *Casearia sp.*, *Bombax gracilipes*, etc., que só observamos com a infiltração, mantiveram-se abertos durante todo o dia. Até durante a noite, algumas observações que fizemos, mostraram que a maioria das plantas (*Kielmeyera coriacea*, *Andira humilis*, *Palicourea rigida*, *Anacardium pumilum*, *Stryphnodendron Barbatimão* e muitas outras) mantinham seus estômatos abertos.

Este é um fato digno de menção, porque é idéia corrente que, à noite, os estômatos das plantas terrestres estão, geralmente, fechados. Isto foi confirmado por Wenzl (48) que excetuou apenas as fôlhas muito novas e as moribundas, as primeiras com estômatos que ainda não se abrem, as outras com estômatos que não mais se fecham. Maximov (27, p. 308) cita o fato de que "in some (plants) ¹⁾ like the potato, cabbage, beet, etc. they (the stomata) ¹⁾ are usually open, and under optimum conditions of water supply they tend to remain so, throughout the day and night". Observações nossas (33) mostraram que também em *Cedrela fissilis* os estômatos não estão perfeitamente fechados até 22 ½ horas. Nossas atuais constatações com as plantas do cerrado são mais exceções a essa regra que, como vemos, não é tão geral como se costuma supôr.

Com a Tab. 3 ²⁾ ilustramos o comportamento dos estômatos de algumas de nossas plantas. Nessa tabela só indicamos se houve ou não infiltração, sem entrarmos em considerações sôbre o grau de abertura dos estômatos, uma vez que essas considerações são, a nosso ver, muito subjetivas. Os dados que apresentamos em nossa tabela, obtidos no fim da estação sêca, refletem também a situação encontrada no início.

1) Parênteses do autor.

2) Os dados desta tabela foram obtidos em conjunto com o Prof. F. Rawitscher e D. Mercedes Rachid, aos quais agradecemos a autorização para publicá-los aqui.

TABELA 3 — 30/31-8-1943

Infiltração: Xilol (X) e Éter de petróleo (E)

Planta	T e m p o													
	6.30		7.30		9.40		10.30		15.30		17.45		21.30	
	X	E	X	E	X	E	X	E	X	E	X	E	X	E
<i>Ouretea spectabilis</i>	$\frac{+}{+}$													
<i>Butia leiospatha</i>	$\frac{+}{+}$?	?									
<i>Echinolaena inflexa</i>	$\frac{+}{+}$													
<i>Kielmeyera coriacea</i>			$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$		$\frac{+}{+}$							
<i>Andira humilis</i>	+	+			+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Anona coriacea</i>	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	?
<i>Palicourea rigida</i>	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anacardium pumilum</i>	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$			$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$			$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$
<i>Alibertia sessilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stryphnodendron Barbatimão</i>	?	?	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$			$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$

Nota: com as frações indicamos a infiltração nas faces superior e inferior quando as fôlhas têm estômatos em ambas.

+ = infiltração nítida; ? = resultado duvidoso; o = não houve infiltração.

Outro fato bastante interessante, relativo ao comportamento dos estômatos das plantas que estudamos, é que estes se fecham muito lentamente (quando se fecham!) depois que as fôlhas são destacadas das plantas. Muitas dessas fôlhas murcham perfeitamente sem fechar seus estômatos e a infiltração pode continuar

TABELA 4 — DEFICIT DE SATURAÇÃO — 28-6-1943

Planta	Hora	Deficit em % do pêso saturado
<i>Didymopanax vlnosum</i>	10 ⁰⁷ 15 ⁰⁰	3,1 3,8
<i>Dimorphandra mollis</i>	10 ¹¹ 15 ⁰⁸	3,4 2,1 *
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	10 ¹⁶ 15 ⁰⁵	1,7 0,5
<i>Erythroxyllum suberosum</i>	10 ²¹ 15 ⁰⁸	1,8 2,1
<i>Erythroxyllum tortuosum</i>	10 ²⁴ 15 ¹¹	4,7 5,3
<i>Andira humilis</i>	10 ³⁰ 15 ¹⁵	? 1,4 **
<i>Echinolaena inflexa</i>	10 ⁵⁶ 15 ²⁰	1,07 4,2
<i>Butia leiospatha</i>	10 ⁴⁰ 15 ²³	1,8 2,3
<i>Anona coriacea</i>	10 ⁴⁵ 15 ²⁵	0,2 ?
<i>Duguetia furfuracea</i>	10 ⁴⁷ 15 ²⁸	4,2 4,7
<i>Kielmeyera coriacea</i>	10 ⁵² 15 ⁴⁰	1,1 ? ***

* — A presença de pêlos que podem reter água torna êste valor de pequena confiança.

** — A fôlha é rasteira e sempre mantem um pouco de terra que pode cair prejudicando o resultado.

*** — Houve diminuição de pêso, na câmara húmida, pela perda de latex.

a fazer-se livremente. Este fato não é novo e na literatura (vide por ex. Maximov, 25, p. 190) já se encontram referências a êle. Tais referências, porém, dizem respeito a plantas higrofiticas. E' muito significativo o fato de termos encontrado êsse comportamento em plantas do cerrado, tido, comumente, como uma formação xerofítica.

7) — *Deficit de saturação*

Num trabalho anterior (34) já mencionamos o fato de que no início da estação sêca, conquanto mantivessem os estômatos abertos, transpirando livremente durante todo o dia, as plantas do cerrado não apresentavam em suas fôlhas, grandes deficits de saturação.

A Tab. 4, que agora publicamos, apresenta maior número de dados que ilustram êsse fato. Salientamos, novamente, que os deficits determinados nas fôlhas colhidas á tarde, isto é, nas fôlhas que atravessaram um longo período de transpiração, não são maiores que os encontrados pela manhã.

Isto indica que o abastecimento da copa é bastante eficiente e que as reservas de água existentes nas camadas de solo em que se encontram as raízes dessas plantas, são suficientes para suprir suas necessidades.

No fim da estação, os deficits encontrados foram um pouco maiores, mas não tão grandes como se poderia esperar. Em condições realmente xerofíticas a perda de água seria de 15-50% (42). Os dados que obtivemos concordam com as nossas observações sôbre a transpiração: nesta época, foi maior o número das plantas que tiveram que limitar um pouco a transpiração. Mas, do mesmo modo que uma grande restrição do consumo de água nunca foi encontrada, também um grande deficit de saturação nunca foi constatado, como comprova a Tab. 5. Em geral, os valores desta tabela são da mesma ordem de grandeza dos da anterior.

Os dados que apresentamos não foram determinados em função do máximo conteúdo de água das fôlhas (vide Stocker, 42); para isso seria preciso determinar o pêso a sêco de todas as fôlhas estudadas que deveriam ser, então, conservadas durante vários dias e transportadas, depois, para o nosso laboratório, em São Paulo. Limitamo-nos a determinar os deficits de saturação em % dos pêsos das fôlhas saturadas. Como o pêso a sêco des-

As folhas é, em geral, muito pequeno, os valores constantes de nossas tabelas não deixam dúvida sobre a pequenez dos déficits constatados.

TABELA 5 — DEFICIT DE SATURAÇÃO — 29-8-1943

Planta	Hora	Deficit em % do peso saturado
<i>Anona coriacea</i>	9 ¹⁰	1,2
	15 ³⁸	1,6
<i>Kielmeyera coriacea</i>	9 ¹⁵	?
	15 ⁴³	1,5 *
<i>Erythroxylum suberosum</i>	9 ¹⁸	4,4
	15 ⁴⁶	5,1
<i>Andira humilis</i>	9 ²⁸	1,8
	15 ⁴⁸	1,9
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	9 ³⁰	2,9
	15 ⁵⁰	3,8
<i>Butia teiospatha</i>	9 ³⁵	1,7
	15 ⁵⁵	1,8
<i>Didymopanax vinosum</i>	9 ³⁷	6,5
	15 ⁵⁸	4,2 **
<i>Alibertia sessilis</i>	9 ⁴⁶	4,6
	16 ⁰⁷	5,3
<i>Ouratea spectabilis</i>	9 ⁴⁴	1,3
	16 ⁰⁵	0 (?)
	16 ⁴⁰	0,8

* — Houve diminuição do peso pela perda de latex.
 ** — Valor de pouca confiança por causa dos pêlos da superfície.

8) — Transpiração cuticular

Apenas para formarmos uma idéia sobre a ordem de grandeza dos valores de transpiração cuticular das plantas do cerrado, fizemos umas determinações que apresentamos na tabela 6.

TABELA 6 ¹⁾ — TRANSPIRAÇÃO CUTICULAR

P l a n t a	Tr. cut.	Tr. cut.
	Tr. t. %	Ev. %
<i>Andira humilis</i> (4 fôlhas)	32,1	10
	35	8,2
	28	10,2
	37	13,7
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	15,4	5,7
<i>Palicourea rigida</i>	36,5	11,2
<i>Anona coriacea</i> (2 fôlhas)	1,9	0,9
	2,5	1,02

Tr. cut. = transpiração cuticular; Tr. t. = transpiração total;
Ev. = evaporação de um molde da fôlha, de papel mata-borrão verde, nas mesmas condições.

Nota: todas estas plantas só têm estômatos na face inferior.

Êstes valores só são aproximados. Foram obtidos em fôlhas hipoestomáticas, revestindo-se sua face inferior com uma camada de vaselina. Não foram levadas em consideração as quantidades d'água que a vaselina deixa passar. Essas quantidades são, na verdade, pequenas, mas quando se desejam valores muito exatos devem ser levadas em conta (vide 33).

Muitas das plantas do cerrado apresentam estômatos em ambas as faces o que dificulta a determinação dos valores de transpiração cuticular, porque nem sempre é possível saber-se, com certeza, se os estômatos estão perfeitamente fechados. Como, no momento, tínhamos interesse em obter apenas uns valores que nos permitissem avaliar a ordem de grandeza da transpiração cuticular, deixamos de lado essas plantas.

Nossa tabela mostra que êsses valores podem ser muito grandes, o que é um pouco surpreendente, pois como já foi exposto, essas plantas possuem, com exceção de *Palicourea rigida*, uma cutícula muito espessa. *Anona coriacea*, entre as demais aqui

¹⁾ Alguns dados desta tabela já foram apresentados por nós numa publicação anterior (34).

apresentadas, é a que tem menor transpiração cuticular e no entanto não é a que tem a cutícula mais forte. *Andira humilis*, ao contrário, tem uma cutícula das mais espessas e apresenta, apesar disso, alta transpiração cuticular. Vemos, assim, que não ha uma correlação muito estreita entre a espessura da cutícula e a proteção que ela exerce. Isto concorda com observações de outros autores (Kamp, 15).

Parece-nos significativa a coincidência de que *Anona coriacea*, com a melhor eficiência de proteção cuticular constatada por nós, seja também uma das poucas plantas que encontramos, já no início da sêca, com uma restrição no consumo de água. De outro lado, *Andira humilis*, sempre bem suprida de água, pode manter seus estômatos abertos até nas horas de sêca mais intensa e apresentar uma proteção cuticular menos eficiente.

9) — Conclusões

Resumindo nossos resultados em conjunto, podemos constatar que as plantas estudadas por nós não têm absolutamente o comportamento de xerófitas. Isto, diante dos vários trabalhos realizados anteriormente no nosso Departamento (5,34), era de se esperar, embora esteja em discordância com as idéias geralmente emitidas sôbre os nossos campos cerrados.

Assim Warming, o melhor conhecedor dos campos brasileiros, quando na sua obra fundamental (45) trata dêste problema, coloca os campos cerrados entre as associações xerofíticas, onde aparecem entre as estepes de *Gramíneas* da Rússia, as “prairies” e os pampas americanos, de um lado e as estepes rochosas do Mediterrâneo e da Ásia, o “sage brush” da América do Norte e os planaltos do Texas e do México, do outro.

Schimper (36) o outro fundador da Ecologia contemporânea, não só compartilhou dêsse ponto de vista, mas acentuou-o até, de tal modo, que provavelmente não teria tido o apoio do próprio Warming. Como esta sua opinião prevalece ainda hoje nos conceitos emitidos pela Ecologia e pela Fitogeografia atuais, citamos literalmente um trecho que, colocado na primeira edição de sua obra, foi mantido por Von Faber (37) até a última (1935):

“Só a serra costeira do Brasil meridional possui ainda tanta humidade que permite o desenvolvimento de uma floresta pluvial.

A diferença entre o clima das florestas (Gehoeizklima) e o das campinas (Grassflurklima) apresenta-se muito instrutivamente ao transpormos esta serra do Mar sul-brasileira que dirigida do norte para o sul, subtrai aos ventos marítimos tanta humidade que êstes se tornam ventos assás mais sêcos quando so-

pram por cima do planalto brasileiro até os Andes cuja muralha formidável condensa o restante da humidade.

A leste da Serra do Mar estende-se, sempre verde, a grandiosa floresta costeira do Brasil, mostrando interrupções quasi só provocadas pela cultura; ao oeste predomina a savana. A floresta retira-se até as margens dos rios (Galeriewald) ou reveste, freqüentemente, como floresta rala e baixa de savana, às vezes também como floresta alta, as encostas orientais das montanhas que são expostas aos ventos marítimos, encontrando-se ainda em bacias do solo, onde a água subterrânea se acumula.

Só as fraldas dos Andes são novamente cobertas por verdadeiras e sempre verdes florestas pluviais, porque subtraem dos ventos, devido a sua formidável altura, o resto de sua humidade.

Quem aporta, por ex., em Santos, na província de São Paulo, reconhece no porte conspícuo de árvores sempre verdes, na existência em massa de epífitas e trepadeiras vigorosas, que se encontra na região da floresta alta, embora esta, perto da cidade, seja derrubada. Santos, com efeito, tem 233 cms. anuais de chuva.

Raiz da Serra, ao pé da Serra (21 ms. acima do mar), apresenta uma quantidade de chuvas ainda maior que o pôrto de Santos, com 280 cms. e Alto da Serra (800 ms. acima do mar), situado na própria Serra, possui mesmo 370 cms. Uma vez ultrapassada a crista da montanha, a quantidade das chuvas torna-se inferior ao necessário para floresta alta; não é, porém, floresta baixa, mas sim savana, que domina" (l.c. p. 414).

A improcedência desta apresentação torna-se evidente pela existência de inúmeras e contínuas florestas do tipo pluvial que revestem o interior ocidental do Estado de São Paulo, já mencionadas por Rawitscher (31).

Tais florestas, porém, são quasi inacessíveis e pouco conhecidas: as partes alcançadas pelas estradas de ferro e de rodagem já perderam a vegetação inicial. Assim, não surpreende que Wettstein (49) tenha aceito quasi literalmente o ponto de vista de Schimper.

Nessas florestas do interior não caem, porém, precipitações mais abundantes que nos planaltos cobertos por cerrados, de sorte que, a falta de água, não pode ser o único fator para explicar o aspecto sêco dessa vegetação.

Não é de estranhar a falta de tipos xeromorfos nos cerrados, fato este já assinalado por Warming (46). Na sua época, no entanto, o julgamento baseava-se no aspecto exterior. Hoje, porém, sabemos que nem sempre a morfologia revela o xerofitismo; é necessário estudar fisiologicamente o balanço d'água. Nos últimos anos foram realizados estudos d'este tipo em várias partes da terra. Onde se encontrou vegetação verdadeiramente xerofítica, constatou-se sempre um comportamento bem diverso

do encontrado por nós: diminuição forte da transpiração na época sêca.

Isso se depreende dos trabalhos, entre outros, de Guttenberg e Buhr (8) para as "Macchias" da Córsega, dos de Birand (2) para a Ásia Menor e dos de Henrici (11) para os "velds" da África do Sul.

Existem, porém, alguns casos excepcionais: na Ásia Central, quasi no deserto, encontra-se o "arbusto dos camelos" (*Alhagi camelorum*), descrito por Kostytschew (18): "Essa planta é uma das maravilhas do deserto limoso da Ásia Central. Vegeta em condições que impedem a existência das outras plantas do deserto, quer pela ausência absoluta das precipitações, quer pelo conteúdo excessivo de sal. Isso pode ser explicado pela estrutura especial desta planta. A parte aérea do *Alhagi camelorum* forma um pé com muitos espinhos compridos e apresenta um desenvolvimento insignificante de fôlhas; a parte subterrânea, no entanto, apresenta uma coluna de lenho não raramente da grossura de um braço que se aprofunda verticalmente, atravessando, muitas vezes, camadas de loess de 20 ms. para chegar sempre, finalmente, ao lençol d'água. Desta maneira, a planta é sempre suprida com excesso de água. Mecanismos para diminuir a transpiração não existem" (l.c. p. 117).

Quem não assimilaria tal caso ao da nossa *Andira humilis*?

Até no deserto do Saara, Harder e seus colaboradores (9) encontraram plantas com transpiração ininterrupta, durante a sêca. Esse comportamento, a nosso ver, pressupõe a existência não observada — e não procurada — pelos autores, de reservas d'água em camadas mais profundas do solo.

Smyrnovia turkestanica, estudada por Vasiljev (44) parece pertencer à mesma categoria.

Todos êstes são, porém, casos excepcionais. Nos nossos cerrados, o aproveitamento de grandes reservas de água de profundidades menores, torna-se o caso geral. Exceptuadas são, sòmente, as plantas que dependem da água dos 2 ms. mais superficiais do solo. As outras estudadas por nós, pelo comportamento de seus estômatos que muitas vezes até não podem se fechar, lembram mais plantas de brejo.

Na realidade poderíamos assimilar as condições dos nossos cerrados às de um brejo que fosse separado da superfície por uma camada de terra que anualmente pode secar até 2-3 ms., como mostra a tabela 7, reproduzida de nossa publicação preliminar (34). Nessa publicação já mostramos que a água dêsse grande reservatório subterrâneo provém sòmente das chuvas estívais, água essa que não é esgotada, na época sêca, pela vegetação escassa do cerrado. O excesso se escoia continuamente, durante a sêca como durante a época das chuvas, para os riachos e rios que nunca secam.

TABELA 7

CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO EM % DO PÊSO DA TERRA SÊCA

Profundi- dade (m.)	23-6-1942 %	27-7-1942 %	18-3-1943 %	22/23-6-943 %
0,00	5,5	5,7	5,7	—
0,50	6,0	7,7	11,8	7,9
0,60	8,4	5,8	14,8	7,9
1,00	9,4	7,5	14,6	7,2
1,50	9,9	—	—	—
1,60	—	—	—	7,5
2,00	13,0	9,5	17,0	—
3,00	13,6	14,0	18,7	—
4,00	—	14,0	17,6	—
5,00	16,0	14,1	16,7	—

O esquema que reproduzimos adiante (Fig. 21) ilustra o modo pelo qual são distribuídas as raízes das plantas do cerrado: as *Gramíneas* limitam suas raízes à parte superficial que pode ser afetada pela sêca; por êsse motivo tais plantas secam, depois que as reservas de água dessa camada se esgotam, no nosso caso, quando a terra contém cêrca de 6 % de água; as árvores e arbustos podem alcançar, com suas raízes, profundidades muito maiores onde formam, de preferência, seu sistema absorvente.

Isto explica porque essas plantas podem vegetar permanentemente: servem-se da água, que nunca escasseia, das camadas mais profundas.

Além de todas as observações já mencionadas, inúmeras outras que se fazem "in loco", conduzem à conclusão de que os nossos cerrados não são um tipo xerofítico de vegetação. Duas, entre as mais, parecem-nos de grande significação: em pleno cerrado, nas vizinhanças das habitações, não raramente nos cumes dos espigões, sempre se encontram culturas de várias plantas (mangueira, laranjeira, bananeira, etc.) em franca produção. Essas culturas não contam com outra água que a que lhes fornece a natureza através das chuvas da região, porque as próprias casas só dispõem da água de poços, água essa que, sem ser escassa, ape-

nas chega para o consumo doméstico. A segunda observação, aliás já mencionada em páginas anteriores, refere-se à possibilidade de floração e de frutificação de plantas do cerrado, em plena seca. Para o desenvolvimento de flores e frutos, a planta necessita de grandes quantidades de água. Esta água só pode sair do solo. Nêste mesmo sentido, tivemos ensejo de fazer uma observação muito sugestiva: na primeira fase dos nossos trabalhos, em Emas, deixamos expostos, sem nenhuma proteção contra a evaporação, plantas como *Andira humilis* e *Anacardium pumilum*, com as partes subterrâneas descobertas até quasi 2 m. Dois meses depois, quando voltamos para a continuação de nossas pesquisas, encontramos várias plantas em flor, e, entre elas, êsses mesmos exemplares cujos ramos ficaram, durante êsse longo período — quasi sem chuva — sem a menor proteção, sujeitos aos rigores do tempo! É' claro que os ramos e raízes expostos, não só não puderam absorver água, mas, ainda, perderam muita por sua própria transpiração; apesar disso, a água aduzida aos pontos vegetativos foi suficiente para permitir a formação de novas fôlhas, de flores e o desenvolvimento de frutos.

Em face de todo êste amplo material de observações que agora possuímos, podemos reafirmar nossa opinião já enunciada em trabalhos anteriores (5,34) de que nos campos cerrados, pelo menos nos do tipo do estudado em Emas, não falta água para uma vegetação mais exigente. Esta não se desenvolve por causa das queimas anuais. A vegetação estudada não corresponde, pois, ao estado final ou climax de seu desenvolvimento. A perturbação contínua fá-la parar no estado de sub-climax que corresponde ao sub-climax de fogo dos autores americanos.

Qual seria a associação climax que se estabeleceria se as causas que impedem o desenvolvimento do cerrado — derrubadas,

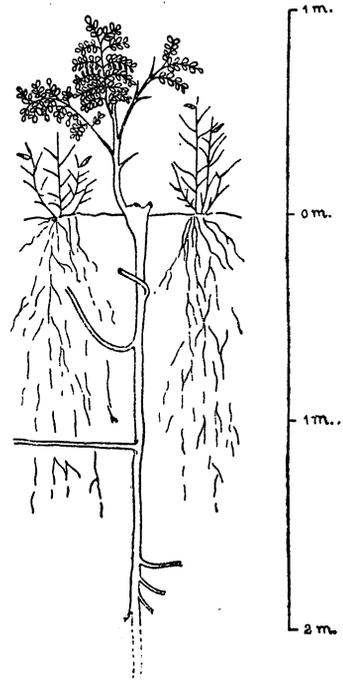


Fig. 21: Esquema da distribuição das raízes de plantas do cerrado: *Stryphnodendron Barbatimão* sem raízes absorventes nos 2 primeiros ms; *Echinolaena inflexa* cujas raízes são limitadas às camadas mais superficiais (Original de F. Rawitscher).

queimadas — fossem afastadas, não podemos precisar, por não dispormos ainda, para isso, de elementos suficientes.

Esperamos poder desenvolver neste sentido os nossos estudos, agora que — além da colaboração da Estação de Emas — contamos com o apoio dos "Fundos Universitários de Pesquisas".

Resumo

Continuando o estudo da vegetação dos campos cerrados, sobre o qual já foi feita uma publicação preliminar (34), este trabalho refere-se, especialmente, ao comportamento das plantas permanentes do cerrado, em relação ao fator água.

Depois de uma introdução em que são considerados os vários aspectos do problema do balanço d'água em relação à planta, o clima da região (Emas, próxima de Pirassununga, Estado de São Paulo) onde os trabalhos foram realizados, é caracterizado nos seus traços gerais. Em 3 gráficos apresentam-se os dados mais significativos (temperatura, humidade relativa e evaporação) obtidos nos períodos em que as pesquisas foram feitas (início — 17/6 a 3/7/1943 — e fim — 27/8 a 1/9/1943 — da estação seca que nessa região coincide com o inverno). A temperatura e a humidade relativa foram determinadas com os termômetros seco e húmido e a evaporação com um evaporímetro de Piche.

A vegetação do cerrado em estudo é dividida em três tipos: 1.º - das plantas — com ou sem xilopódios — que só vegetam na época das chuvas (verão); 2.º - das plantas permanentemente verdes; 3.º - das plantas (*Gramineae*) que vegetam até o esgotamento total das reservas de água das camadas de solo atingidas por suas raízes. No presente trabalho são estudadas especialmente as plantas do 2.º tipo, as únicas que podem fornecer dados sobre a economia d'água na estação seca. Uma lista das espécies permanentes mais características do cerrado é apresentada às págs. 170-171.

O método empregado para o estudo da transpiração foi especialmente o da pesagem rápida. As pesagens foram realizadas com uma balança de torsão e o intervalo usado entre as duas primeiras determinações foi, em geral, de 5 minutos. Intervalo menor não foi aconselhável por causa dos ventos, nem foi necessário porque as plantas estudadas fecham os estômatos muito lentamente, quando os fecham (Tab. 1). Foram feitas observações sobre o comportamento dos estômatos nas folhas "in situ" com o método da infiltração com xilol, benzol e éter de petróleo.

A marcha diária da transpiração de 12 plantas é apresentada em 25 gráficos que, ao lado da curva de transpiração, trazem a da evaporação. Os resultados obtidos po-

dem ser resumidos do seguinte modo: a maioria das plantas transpira sem restrição, durante todo o dia, no início como no fim da época seca; algumas diminuem a transpiração nas horas mais rigorosas do fim da seca, podendo ou não aumentá-la, mais tarde, novamente; muito poucas limitam o consumo d'água já no início da estação seca. A estrutura das fôlhas e dos estômatos das plantas estudadas é representada esquematicamente em 19 figuras.

O comportamento dos estômatos nas fôlhas "in situ" foi acompanhado com a infiltração que deu, durante todo o dia, valores positivos; algumas determinações feitas (21 ½ horas) tanto no início como no fim da seca, mostraram estômatos abertos durante a noite (Tab. 3).

O deficit de saturação das fôlhas foi, em geral, muito pequeno — apesar dos estômatos estarem sempre abertos — mesmo nas fôlhas colhidas à tarde. Também os valores determinados no fim da seca não foram maiores que os obtidos no início (Tabs. 4 e 5).

A transpiração cuticular deu, em geral, valores muito altos (Tab. 6) o que não é típico de plantas xerofíticas.

Como conclusão mais importante impõe-se a confirmação das nossas considerações anteriores (5,34) de que o cerrado estudado não é um tipo primário de vegetação e que deve sua existência a fatores contingentes (derrubadas, queimadas). Afastados êstes, o campo transformar-se-ia numa forma mais exuberante de vegetação, cujo tipo ainda não pode ser determinado com precisão.

Summary

Proceeding with the studies on the vegetation of "campos cerrados", on which we have already made a preliminary publication (34), this paper deals specially with the behaviour of permanent plants of the "cerrado" in relation to water.

After an introduction — in which the question of the water balance in relation to the plant is considered in its several aspects — the Climate of the region (Emas, near Pirassununga, State of S. Paulo, Brasil) where the work was done, is characterized in its main lines. Three graphs show the more significant data (temperature, relative humidity and evaporation) obtained during the periods of experiences (June 17 to July 3, and August 27 to September 1st, 1943; dry season, which, in this region, coincides with winter). Temperature and relative humidity were determined with the dry and moist thermometers and evaporation was measured with Piche's evaporimeter.

The vegetation of the studied "cerrado" can be divided into three types: 1) - plants with or without xylopedes, which vegetate only during the rain period (summer);

2) - ever-green plants; 3) - plants (*Gramineae*) which vegetate until the complete exhaustion of the water reserves in the soil layers reached by their roots. This paper deals particularly with plants of the second group, the only ones which can give us some data on the water balance during the dry season. A list of the more characteristic permanent species of the "cerrado" is given on pages 170 and 171.

The method used in the study of transpiration was specially that of rapid weighing. Weighings were made on a torsion balance and the two first determinations were generally made with intervals of 5 minutes. Shorter intervals were not advisable on account of the wind, and were not necessary as the plants under study close their stomata very slowly, if they close them at all (Table 1). The behaviour of stomata "in situ" was studied by means of the infiltration method with xylol, benzol and petrol ether.

The daily march of transpiration of 12 plants is presented in 25 graphs which show the transpiration curve compared with that of evaporation. The results obtained may be resumed as follows: the majority of plants transpire with no restriction during the whole day, at the beginning as well as at the end of the dry season; some plants lower their transpiration during the more severe hours at the end of the dry season, being sometimes able to increase it again, later on; there are only a few which limitate their water loss from the beginning of the dry season. The structure of the leaves and of the stomata of the studied plants is given in 19 figures.

The behaviour of the stomata on the leaves "in situ" gave, with the infiltration method, positive values all the day long; some determinations made during the night (9 p.m.), at the beginning as well as at the end of the dry period, have shown open stomata (Table 3).

The saturation deficit of the leaves was usually very low — though the stomata were always open — even on leaves picked in the afternoon. The values determined at the end of the dry season were not higher than those obtained at the beginning (Tables 4 and 5).

The cuticular transpiration gave usually very high values (Table 6), a fact not typical for plants which grow in dry conditions.

Thus, the plants studied do not show any feature of xerophytic behaviour; they use freely great quantities of water even during the driest periods. The explanation lies upon the great amounts of water stored in the deeper layers of the soil and in the depth of the root system of the studied plants. In consequence, it is not the lack of water that causes the existence of the apparently dry "campos cerrados". As the "campos" are burned every year, the

vegetation may be that of a fire sub-climax. If these camp-fires were eliminated the region should be able to cover itself with a richer — forest-like — vegetation, the type of which should be determined by further studies.

Bibliografia

- 1 — BARTHOLOMEW, E. T. — 1931 — Certain phases in Citrus leaf transpiration. — Amer. Journ. of Bot., 18, p. 765-783.
- 2 — BIRAND, H. AHMET — 1938 — Untersuchungen zur Wasseroekologie der Steppenpflanzen bei Ankara. — Jahrb.f.wiss. Bot., 87, p. 93.
- 3 — DARWIN, F. — 1898 — Observations on stomata. — Phil. Trans. Roy. Soc. London, 190 B, p. 531-621.
- 4 — DIETRICH, M. — 1926 — Transpiration von Schatten - und Sonnenpflanzen usw. — Jahrb.f.wiss. Bot., 65.
- 5 — FERRI, M. G. — 1943 — Observações sobre Lagoa Santa — Ceres, vol. IV, n.º 21. — Esc. Sup. Agric. Viçosa — Minas Gerais.
- 6 — FRENGUELLI, J. — 1940 — Rasgos principales de Fitogeografia Argentina. — Publicaciones del Museo de La Plata, n.º 2 — La Plata.
- 7 — FRIES, ROB. E. — 1905 — Die Anonaceen der zweiten Regnell'schen Reise. — Arkiv för Botanik, 4, 19, p. 9.
- 8 — GUTTENBERG, H. VON e BUHR, H. — 1935 — Studien ueber die Assimilation und Atmung Mediterraner Macchiapflanzen waehrend der Regen - und Trockenzeit. — Planta, 24, 2, p. 163.
- 9 — HARDER, R., FILZER, P. und LORENZ, A. — 1931 — Ueber Versuche zur Bestimmung der Kohlensaure-assimilation immergruener Wuestenpflanzen waehrend der Trockenzeit in Beni Unif (algerische Sahara). — Jahrb.f.wiss. Bot., 75, 1.
- 10 — HENRICI, M. — 1927 — Physiological plant studies in South Africa, part II — Transpiration of Grasses and other plants under arid conditions. — Department of Agriculture, Union of South Africa.
- 11 — HENRICI, M. — 1940 — The transpiration of different plant associations in South Africa. — Part I — Transpiration of Karoo bushes. — Science Bulletin nr. 185. — Department of Agriculture and Forestry, Union of South Africa.
- 12 — HOEHNE, F. C. — Observações gerais e continuação do estudo da flora e fitofisionomia do Brasil, III — Excursões 1927 (Relatório sem data).
- 13 — HUBER, B. — 1923 — Transpiration in verschiedener Stammhoehe. — Ztschr.f.Bot., 15, p. 465-601.
- 14 — IWANOFF, L. — 1928 — Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. — Ber.d.Deutsch.Bot.Ges., 46, p. 306.
- 15 — KAMP, H. — 1930 — Untersuchungen ueber Kutikularbau und kutikulare Transpiration von Blaettern. — Jahrb.f.wiss.Bot., 72, 3.
- 16 — KELLER, BORIS — 1930 — Die Methoden zur Erforschung der Oekologie der Steppen — und Wuestenpflanzen — Handb. d.biol.Arbeitsmethoden — Lief. 335, Abt. XI, T. 6, H. 1.

- 17 — KERNER, A. VON MARILAUN und HANSEN, A. — 1913 — Pflanzenleben, Bd. I. — Leipzig e Viena.
- 18 — KOSTYTSCHEW, S. und KARDO-SYSSOIEWA — 1930 — Untersuchungen ueber den Tagesverlauf der Photosynthese in Zentralasien. — *Planta*, 11, p. 117.
- 19 — LINDMAN, C. A. M. — 1906 — A vegetação no Rio Grande do Sul (trad. por Lofgren, A.) — Porto Alegre.
- 20 — LIVINGSTON, B. E. and BROWN, W. H. — 1912 — Relation of the daily march of transpiration to variations in the water content of foliage leaves. — *Bot. Gaz.*, 53, 309-330.
- 21 — LLOYD, F. E. — 1908 — The physiology of stomata. — *Carnegie Inst. Washington Publ.* 82, 1-142.
- 22 — LOOMIS, W. E. and SHULL, C. A. — 1937 — Methods in plant physiology — London and New York.
- 23 — MARTIUS, C. F. PH. — 1872-1877 — Flora Brasiliensis, vol. XII-2, p. 330-331 (*Ochnaceae* : Engler).
- 24 — MARTIUS, C. F. PH. — 1841-1872 — Flora Brasiliensis, vol. XIII-1, p. 8-9 (*Anonaceae* : Martius).
- 25 — MAXIMOV, N. A. — (1929) 1935 — The plant in relation to water. — London.
- 26 — MAXIMOV, N. A. — 1931 — The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. — *Journ. of Ecology*, XIX, 2.
- 27 — MAXIMOV, N. A. — 1938 — Plant Physiology — New York and London.
- 28 — MELLO BARRETO, H. L. — 1942 — Regiões Fitogeográficas de Minas Gerais. — Bol. 4 do Depart. Geográfico do E. de Minas Gerais — Belo Horizonte.
- 29 — OPPENHEIMER, H. R. and MENDEL, K. — 1939 — Orange leaf transpiration under orchard conditions. — *Agricultural Research Station, Rehovot, Bull.* 25.
- 30 — PISEK, A. and CARTELLIERI, E. — 1931 — Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. I — Sonnenpflanzen. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 75, 2.
- 31 — RAWITSCHER, F. — 1942 — Algumas noções sobre a transpiração e o balanço dagua de plantas brasileiras. — *An. Acad. Bras. Cienc.*, T. XIV, n.º 1.
- 32 — RAWITSCHER, F. — 1942-44 — Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sôbre o Brasil meridional. — *Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras — Botânica*, ns. 3 e 4.
- 33 — RAWITSCHER, F. K. e FERRI, MARIO G. — 1942 — Observações sobre a metodologia para o estudo da transpiração cuticular em plantas brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*. — *Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras, Botânica*, n.º 3.
- 34 — RAWITSCHER, F., FERRI, M. G., RACHID, M. — 1943 — Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. — *An. Acad. Bras. Ciênc.*, T. XV, n.º 4.
- 35 — RENNER, O. — 1910 — Beitrage zur Physik der Transpiration. — *Flora*, 100, 451-547.
- 36 — SCHIMPER, A. F. W. — 1898 — Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. — Jena.
- 37 — SCHIMPER, A. F. W. — 1935 — Idem, Idem. — 3.ª ed. revista e aumentada por F. C. von Faber. — Jena.
- 38 — SCHORN, M. — 1929 — Untersuchungen ueber die Verwendbarkeit der Alkoholfixierungs und der Infiltrationsmethode zur Messung von Spaltoeffnungsweiten. — *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 71, H. 5.

- 39 — SEYBOLD, A. — 1929 — Untersuchungen ueber die Transpirationswiderstaende und ueber die Temperatur aegyptisch-arabischer Wuestenpflanzen. — *Planta*, Bd. 9, 270-314.
- 40 — SEYBOLD, A. — 1930 — Die Pflanzliche Transpiration. — *Ergebnisse der Biologie*, Bd. 6, p. 559.
- 41 — STALFELT, M. G. — 1932 — Der stomataere Regulator der pflanzlichen Transpiration. — *Planta*, 17, 22-85.
- 42 — STOCKER, O. — 1929 — Das Wasserdefizit von Gefaesspflanzen in verschiedenen Klimazonen. — *Planta*, 7, 2/3.
- 43 — STOCKER, O. — 1933 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen, II — Untersuchungen in der ungarischen Alkalisteppe. — *Jahrb.f.wiss. Bot.*, 78, 751.
- 44 — VASILJEV, I. M. — 1931 — Ueber den Wasserhaushalt von Pflanzen der Sandwueste im Suedoestlichen Kara-Kum. — *Planta*, 14, 2, 225.
- 45 — WARMING, E. — 1902 — Lehrbuch der Oekologischen Pflanzengeographie. — 2a. ed. — Berlin.
- 46 — WARMING, E. — 1908 — Lagoa Santa (trad. por Lofegren, A.), Belo Horizonte.
- 47 — WEAVER, J. E. and CLEMENTS, F. E. — 1938 — *Plant Ecology*, 2a. ed., New York and London.
- 48 — WENZL, H. — 1939 — Das Verhalten der Spaltoeffnungen von Wasser und Sumpfpflanzen. — *Jahrb.f.wiss. Bot.*, 88, 1.
- 49 — WETTSTEIN, R. R. VON — 1904 — Vegetationsbilder aus Suedbrasilien. — Leipzig e Viena.