

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM N.º 195

BOTÂNICA 12

MARIO GUIMARÃES FERRI

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA
ECOLOGIA DO CERRADO E DA CAATINGA

ESTUDO COMPARATIVO DA ECONOMIA D'ÁGUA
DE SUA VEGETAÇÃO



SÃO PAULO — BRASIL
1955

Os Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, são editados pelos Departamentos das suas diversas secções.

Tôda correspondência deverá ser dirigida para o Departamento respectivo da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras — Caixa Postal 8.105 — São Paulo, Brasil.

The “Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de S. Paulo” are edited by the different Department of the Faculty.

All correspondence should be addressed to the Department concerned. Caixa Postal 8.105, São Paulo, Brasil.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: — Prof. Dr. Alípio Correia Neto

Diretor: — Prof. Dr. Eurípedes Simões de Paula

Secretário: — Odilon Nogueira de Mattos

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

Diretor: — Dr. Mario Guimarães Ferri

Assistentes: Dr. Aylthon Brandão Joly

Dra. Mercedes Rachid Edwards

Dra. Berta Lange de Morretes

Auxiliares de ensino: D. Maria Ignez da Rocha e Silva

Lic. Maria Amélia Braga de Andrade

SECÇÃO GRÁFICA da Faculdade de Filosofia, Ciências
e Letras da Universidade de São Paulo, *imprimus*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM N.º 195

BOTÂNICA 12

MARIO GUIMARÃES FERRI

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA ECOLOGIA DO CERRADO E DA CAATINGA

**ESTUDO COMPARATIVO DA ECONOMIA D'ÁGUA
DE SUA VEGETAÇÃO**



SÃO PAULO — BRASIL
1955

À Ruth

A meus pais e irmãos

A meus mestres e amigos

**Faculdade de Filosofia
Ciências e Letras
Biblioteca Central**

Í N D I C E

AGRADECIMENTOS	5
INTRODUÇÃO	7
O AMBIENTE	14
A VEGETAÇÃO	34
METODOLOGIA	55
Determinação da transpiração	55
Infiltração	58
Determinação da evaporação livre	60
Determinação da transpiração cuticular	61
Deficit de saturação	62
ANDAMENTO DIÁRIO DA TRANSPIRAÇÃO	63
Plantas do cerrado	63
Plantas da caatinga	69
COMPORTAMENTO DOS ESTÔMATOS EM SUA SITUAÇÃO NATURAL	96
RAPIDEZ DOS MOVIMENTOS ESTOMÁTICOS E TRANS- PIRAÇÃO CUTICULAR	103
Movimentos hidroativos	104
Movimentos fotoativos	114
DEFICIT DE SATURAÇÃO	117
ESTRUTURA DAS FÔLHAS DAS PLANTAS DO CERRADO E DA CAATINGA	120
DIVERSOS ELEMENTOS DE PROTEÇÃO CONTRA A SÊCA	132
COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES	141
Contrôle da transpiração pelos estômatos	141
Xerofitismo — nova conceituação	143
Problemas centrais, teóricos e práticos	146
RESUMO	155
SUMMARY	159
BIBLIOGRAFIA	163

AGRADECIMENTOS.

A diversos Governos do Estado de São Paulo, a sucessivos Reitores da Universidade de São Paulo, a vários Diretores da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da mesma Universidade, a inúmeras instituições e pessoas que me auxiliaram, de qualquer modo, na realização dos estudos aqui reunidos, rendo, num ato de justiça e reconhecimento, sincera homenagem.

Especial menção faço ao nome do Prof. Felix Rawitscher, organizador e primeiro Diretor do Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Foi quem me iniciou e me orientou nos árduos, mas sempre atraentes caminhos da pesquisa científica, após haver cuidado de minha formação básica. A êle cabe o mérito de me haver indicado os interessantes problemas da ecologia dos campos cerrados.

A diversos órgãos técnicos e administrativos da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, manifesto-me profundamente grato, por inúmeros serviços que me prestaram, o mesmo fazendo com relação a muitos funcionários do Departamento de Botânica: D. Else Graf Kalmus que me auxiliou no preparo da bibliografia e do manuscrito; D. Maria José Guimarães que desenhou, à nanquim, as ilustrações; Sr. Aléssio Padula que preparou e cuidou de todo o material empregado nas pesquisas e colaborou nas excavações feitas em Emas, para estudo do desenvolvimento de sistemas radiculares.

A diversos ex-alunos, pelo auxílio nos cálculos, tão simples quão fastidiosos, exigidos no presente estudo, sou igualmente grato: Kaoru Hosoe, Helena Villaça, Lúcia Soares Vieira de Camargo e Bernardo Beiguelman. Êste, além disso, estagiou comigo na caatinga, em julho de 1953, auxiliando-me de diversos modos.

Da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, ainda, de seu Departamento de Biologia, ao Dr. Antônio Brito da Cunha, devo valiosas sugestões e críticas.

E a meu pai, Prof. Mário Ferri, devo cuidadosa revisão do manuscrito.

Cumpre-me salientar o auxílio inestimável obtido em Emas, da Estação Experimental de Biologia e Piscicultura, do Ministério da Agricultura, através de seus diretores, o Dr. Almir Perácio e o saudoso Dr. Alcebíades Marques. Sou especialmente grato ao Dr. Otto Schubart pela atenção e interesse com que acompanha meus trabalhos, desde o início, prestando-me a mais eficiente colaboração.

Em Paulo Afonso tive a ventura de encontrar o Dr. José Alves de Souza, Diretor da Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco, a cujo espírito de alta compreensão devo muito do que pude realizar na caatinga. Ao Dr. Eloi Medeiros, ao Sr. Pimentel, ao Sr. Ivan Lopes da Silva, ao Sr. Hortêncio do Nascimento, funcionários da referida companhia, deixo aqui meu agradecimento, por inúmeros serviços que me prestaram. Também agradeço ao Sr. Leocádio Pereira da Silva, proprietário das terras, em Paulo Afonso, onde pude fazer as observações na caatinga.

No Ceará e no Pará, tenho muitos credores. Do primeiro, são os Drs. Plácido A. Castelo — então Secretário de Agricultura, que me facilitou as viagens pelo interior — Manuel Negreiros Bessa e Manuel Mateus Ventura — que me cumularam de gentilezas durante essas viagens. Do Pará, do Instituto Agrônomo do Norte, saliento os nomes dos botânicos João Murça Pires, Paul Ledoux e Ricardo Frois, com quem visitei matas e campos da região.

Trabalho como o presente requer muitos recursos, inclusive dinheiro “na mão”, facilmente mobilizável. Êsses recursos vieram-me de diversas fontes: verbas da **FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS**; subvenções do **CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS** e da **COMISSÃO DE PESQUISA CIENTÍFICA DA REITORIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO** e vários “grants” da **ROCKEFELLER FOUNDATION**. À última devo muitos instrumentos usados nos trabalhos e também a camicnete na qual muitas excursões se realizaram. Das demais instituições obtive equipamento indispensável e recursos que em parte cobriram despesas de transporte, estadia, e gratificações a trabalhadores braçais e técnicos.

Terei omitido aqui, involuntariamente, o nome de diversas pessoas que me auxiliaram. Peço-lhes que me desculpem e que aceitem meus sinceros agradecimentos.

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA ECOLOGIA DO CERRADO E DA CAATINGA.

ESTUDO COMPARATIVO DA ECONOMIA D'ÁGUA DE SUA VEGETAÇÃO.

INTRODUÇÃO.

Com oito milhões e meio de quilômetros quadrados, o território brasileiro se estende desde latitudes ao norte do equador, que passa pelos Estados do Amazonas e Pará, pelo território do Amapá e próximo, ao norte, da Ilha Marajó, até latitudes ao sul do trópico de Capricórnio, que atravessa a cidade de São Paulo. Isso é suficiente para explicar a grande diversificação de solo e clima, com notável influência na distribuição das associações vegetais.

Essa distribuição já foi esboçada por Martius (65)¹ num mapa onde a flora nacional se encontra dividida em cinco províncias fitogeográficas, das quais os limites aproximados são visíveis na Fig. 1: 1 — Naiades (correspondendo à Hiléia amazônica), 2 — Hamadryades (a região ocupada pelas caatingas do nordeste), 3 — Oreades (a região dos campos do Brasil central e meridional), 4 — Dryades (a vegetação das matas costeiras) e 5 — Napaeae (abrangendo a zona temperada ao sul do país).

Apesar de decorridos mais de cem anos, os mapas atuais, ainda contêm, como esquema fundamental, a divisão de Martius. O Conselho Nacional de Geografia, por exemplo, editou em 1950, um mapa, aqui reproduzido sem grandes alterações (Fig. 2), no qual, além de algumas mudanças nos limites das províncias de Martius, aparecem, como novidade, individualizadas, três outras zonas de vegetação: a das matas com babaçú, nos limites da Hiléia com a caatinga, freqüentemente denominada zona dos cocais; o complexo do pantanal, ao sudoeste de Mato Grosso, cuja separação em zona especial não é, provavelmente, justificável, pois não apresenta uma composição florística própria; e as matas com *Araucária*, ao sul do país.

(1) — Martius veio ao Brasil sob os auspícios de Maximiliano José I, em 1817. Aqui permaneceu quase três anos, e, na companhia de Spix, excursionou pelos Estados de Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Piauí, Maranhão, Pará e Amazonas. Informações históricas mais detalhadas, relativas à Botânica brasileira, encontram-se em Ferri (26).

Assim, o território brasileiro, no que concerne à sua vegetação, pode ser dividido, sem alterar fundamentalmente o esquema de Martius, nas seguintes regiões fitogeográficas: 1 — Hiléia amazônica; 2 — Caatingas; 3 — Cocais; 4 — Matas costeiras; 5 — Matas temperadas; 6 — Campos (Vide também as divisões de Sampaio 103, e de Rawitscher 97).

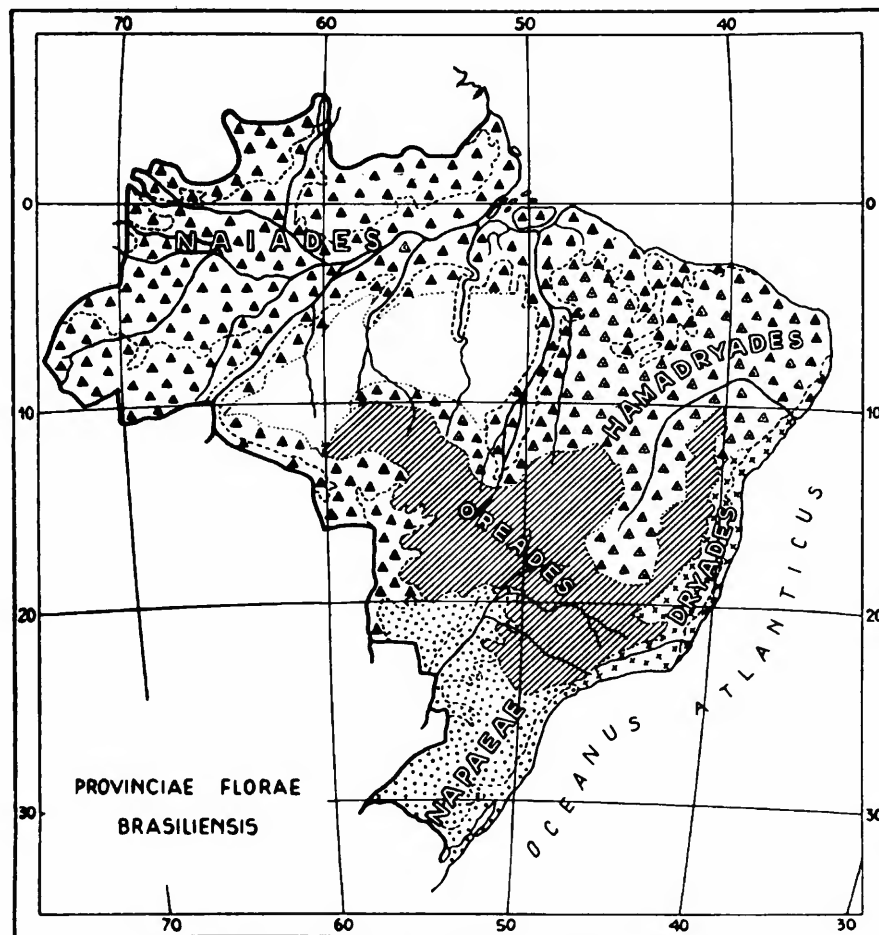


Fig. 1: Províncias fitogeográficas brasileiras. Baseado em Martius (65).

A Hiléia amazônica ocupa aproximadamente 40% da superfície do Brasil. E' constituída de florestas equatoriais do tipo higrofítico. Trata-se de matas exuberantes cujas árvores dispõem suas copas em diversos níveis. Sôbre elas encontra-se um grande número de trepadeiras, epífitas, parasitas e saprofitas. A Hiléia, que ultrapassa as fronteiras nacionais, cobre a maior parte dos Estados do Amazonas e Pará. Abrange diversas formações vegetais: os igapós, em regiões de inundação permanente; as várzeas, onde êsse fenômeno é periódico; a vegetação de

terra firme e os campos, nunca a êle sujeitos. Os campos, de diversos tipos, distribuem-se como ilhotas de vegetação de aparência sêca, circundadas pela impressionante massa de vegetação higrofítica da Hiléa. Excelente estudo fitogeográfico dessa região foi publicado recentemente por Ducke e Black (18).

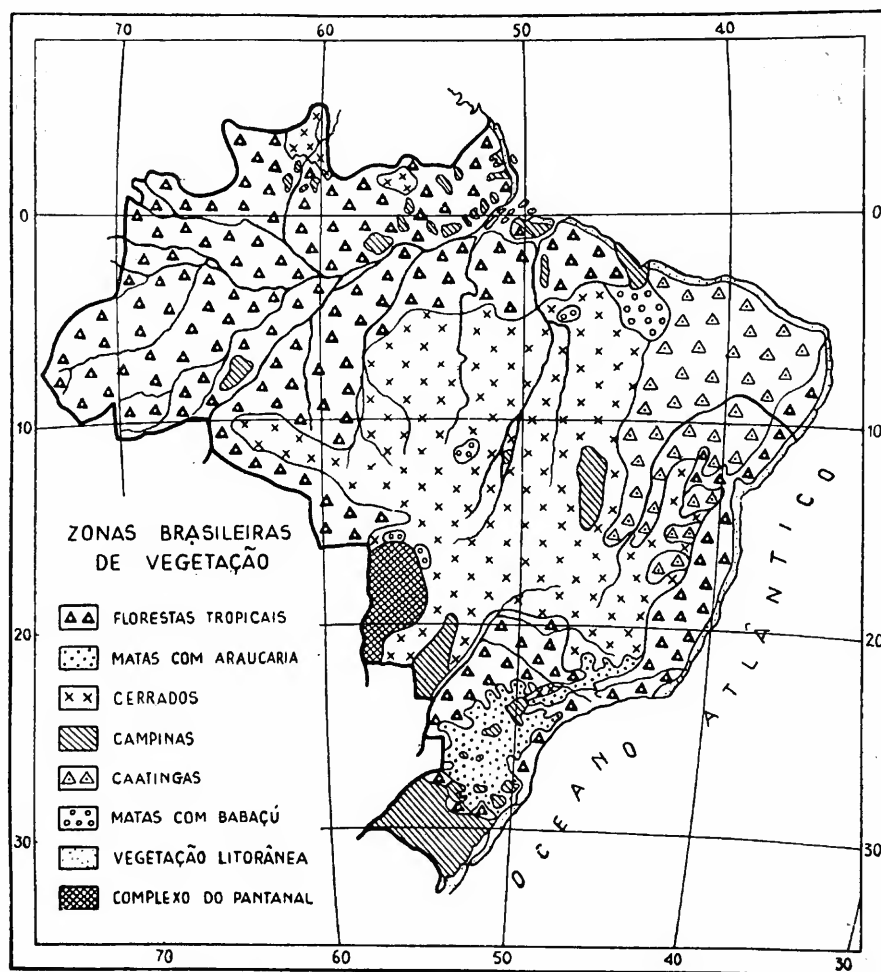


Fig. 2: Zonas brasileiras de vegetação. Baseado no mapa de 1950, do Cons. Nac. de Geogr.

A região das caatingas, que ocupa cerca de 10% da superfície do território nacional, restringe-se ao nordeste do Brasil, ocupando extensas áreas dos Estados da Bahia, Piauí, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas e Sergipe. Nessa região, caracterizada por florestas decíduas (*Silva aestu aphylla*, de Martius), muito raros são os cursos de água perenes. Destaca-se por sua importância máxima, o Rio São Francisco. O trabalho mais extenso sobre a vegetação do nordeste é o de Luetzelburg (61).

A região dos cocais é composta, essencialmente, de carnaúba (*Copernicia cerifera*) e de babaçú (*Orbignya martiana*). Aí se encontram, com frequência, cursos d'água perenes.

A região das matas costeiras dispõe de amplas reservas de água no solo e, além disso, como em quase toda a costa se encontram cadeias de montanhas de altura considerável, a umidade do ar é sempre muito elevada, porque as referidas serras servem de anteparo aos alísios oriundos do sudeste, que nelas depositam a umidade que transportam. Tais matas, embora do mesmo tipo higrofítico que as da Hiléa, apresentam, necessariamente, diversidades fisionômicas e taxonômicas que se acentuam quanto mais se afastam do equador. Modelar é o estudo desta vegetação feito por Wettstein (148).

As matas temperadas são bem diferentes. Menos densas, mais secas, com muito menor número de trepadeiras e epífitas, encontram-se em regiões com clima de caráter temperado, sujeitas a geadas, no sul do País. Destaca-se, nesta província, uma associação especial, composta principalmente de pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), de imbuia (*Phoebe porosa*) e de mate (*Ilex paraguariensis*). Dentro desta região Hueck (41) estabeleceu os limites de distribuição de *Araucaria angustifolia*, fazendo diversas correções nos mapas anteriormente existentes.

Estende-se a zona dos campos sobre o Brasil central e meridional. Distinguem-se, aí, dois tipos principais de vegetação: a dos campos cerrados e a dos campos limpos. O primeiro é caracterizado pela ocorrência de pequenas árvores e numerosos arbustos situados entre ervas e gramíneas que vegetam enquanto houver bastante umidade disponível. Na seca, estas plantas desaparecem. As árvores e arbustos, em geral de folhagem permanente, apresentam-se, frequentemente, com casca muito grossa, troncos retorcidos e sinais evidentes de queimas constantes. Ocupam os cerrados, extensas áreas dos Estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e vão até o Paraná. O segundo tipo, dos campos limpos, desprovidos praticamente, de árvores e arbustos, empresta ao Rio Grande do Sul, fisionomia peculiar. Com referência à vegetação dos campos, é obrigatória a citação de dois trabalhos clássicos: "A Lagoa Santa" de Warming (144, 145), no qual se descrevem, especialmente, os campos cerrados da região, e a "Vegetação do Rio Grande do Sul", de Lindman (54), onde os diversos tipos de campos da região são descritos.

E' provável que o estado atual da vegetação não represente o climax em muitas partes. Exceções se encontram, e, entre elas, destaca-se logo, a vegetação da Hiléa, em muitos trechos virgem. As atividades humanas, iniciadas antes mesmo da chegada do homem branco ao país, produziram alterações no aspecto primitivo da vegetação. Essas alterações ainda hoje se processam, no sentido de eliminar, preferencialmente, as matas e favorecer o progresso de vegetação menos exuberante.

Numerosos testemunhos dêsse fato encontram-se em diversos trabalhos que serão oportunamente citados. O que nos interessa, no momento, é fazer uma avaliação sumária da extensão do território nacional coberta por vegetação pobre: cerrado, campo limpo e caatinga. Rawitscher (97) atribui à caatinga, uma área de 700.000 km². Alvim e Araújo (3) afirmam que "La vasta región fitogeográfica del centro-oeste del Brasil conocida como zona de los campos cubre una área aproximada de 1,5 millones de kilómetros cuadrados, o sea la sexta parte de la extensión total del país". A soma das duas áreas referidas, cobertas, no centro e ao norte do Brasil, por campos e caatingas, já atinge aos 28% de sua superfície total. Computando-se também os vastos campos do Brasil meridional e os que se encontram dispersos na Hiléia, obter-se-á um valor aproximado de 50% da área total do país, ocupada por vegetação escassa². Com tôda a certeza esta porcentagem deve ser ainda aumentada, em consequência da tremenda devastação das regiões florestadas. De qualquer forma, o quadro descrito deve ser suficiente para relevar a importância de estudos ecológicos nas regiões de vegetação pobre do nosso país. E o mapa reproduzido abaixo (Fig. 3), dá bem idéia da extensão dessas formas de vegetação.

Do exposto se conclui, o que não é, aliás, novidade, que para o Brasil os problemas de reflorestamento estão a exigir medidas urgentes. As poucas reservas florestais ainda existentes, além da Hiléia, são de valor econômico relativamente pequeno, prestando-se antes à produção de lenha e carvão do que a outros fins mais lucrativos. Essa pobreza relativa das matas tropicais já foi assinalada por Wettstein (148) e reside no fato de que a diversidade da vegetação é extrema e os indivíduos da mesma espécie encontram-se, em geral, separados por grandes distâncias. Isso dificulta muito o aproveitamento econômico dessas matas. O reflorestamento se impõe, seja espontâneo, seja artificial. Em qualquer dos casos é indispensável um programa de estudos que busquem estabelecer medidas necessárias a facilitar e tornar mais rápido seu processo. Com relação ao reflorestamento artificial, mais numerosos são os problemas que esperam solução, especialmente os de identificação das espécies que se adaptem bem às condições ambientes, e os ligados à eventual necessidade de irrigação. E' evidente, pois, que, especialmente nas zonas que oferecem condições mais severas à vegetação, os problemas são mais sérios. E como em geral, nessas regiões, o fator limitante do crescimento das plantas é água, todos os estudos li-

(2) — Pode-se chegar a um resultado semelhante, por outro caminho: estimando-se em 40% a superfície do território, a extensão da Hiléia, e em 10%, a das matas restantes, de todos os tipos.

gados à economia hídrica de sua vegetação não só se justificam, mas devem ser estimulados.

Quem estuda o balanço de água de certa vegetação, defronta-se com diversos problemas. Em primeiro lugar, o das disponibilidades de

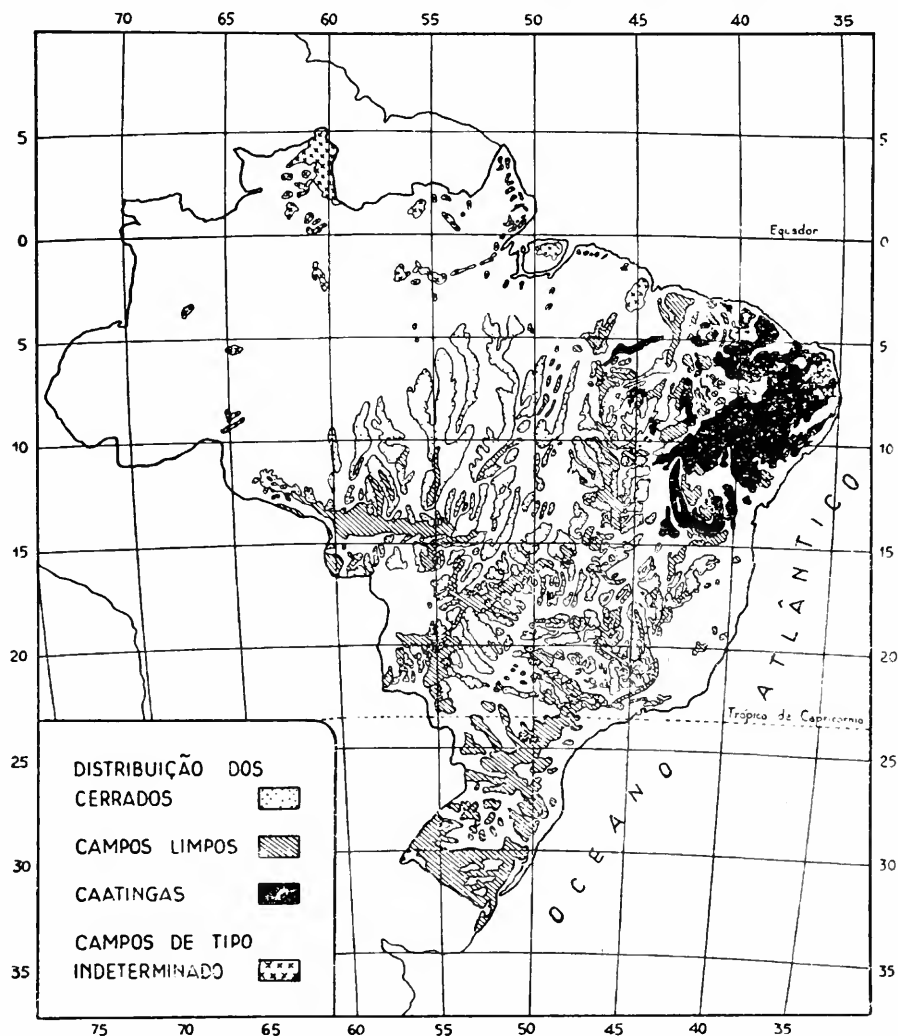


Fig. 3: Mapa do Brasil indicando a distribuição aproximada dos principais tipos de campos e caatingas. Baseado principalmente no mapa de Gonzaga de Campos.

água, o que depende, de um lado, de condições climáticas, principalmente das precipitações, e de outro, de fatores pedológicos, tais como a permeabilidade dos solos e sua capacidade de armazenagem, o que, por sua vez, é função de inúmeros fatores. Em seguida, o do conhecimento da profundidade dos solos e dos sistemas radiculares que devem entrar

em contacto com a água existente e absorvê-la. A quantidade a ser aproveitada pelas plantas dependerá, principalmente, do poder de retenção do solo, poder que, por seu turno, cresce em razão direta do aumento das partículas de menor tamanho, que condicionam maior superfície de adsorção. Influi sobre o volume d'água a ser absorvida, a capacidade de sucção das raízes que espelha o valor osmótico de suas próprias células e a força de sucção de toda a planta, principalmente da copa, que é onde os maiores deficits de saturação se originam, por ser a principal sede da perda de água (transpiração) para a atmosfera. Como a quantidade das precipitações oscila no decurso do ano, e oscilam também, a temperatura, a umidade relativa da atmosfera e, conseqüentemente, o deficit de saturação e os demais fatores que determinam o valor da evaporação, variam igualmente, durante o ano, as disponibilidades de água no solo. Torna-se, por conseguinte, necessário conhecer o ritmo anual das flutuações do conteúdo das diversas camadas de solo alcançadas pelas partes absorventes dos sistemas radiculares. Outros problemas de balanço d'água ligam-se à eficiência do transporte das raízes às copas, através dos caules. Finalmente, a quantidade de água transpirada, que se perde na atmosfera, na forma de vapor, principalmente pelas folhas, é função de diversos fatores: extensão da superfície transpirante, número e distribuição dos estômatos, sua situação nas folhas e eventual existência de elementos especiais que os protejam, eficiência de seus movimentos foto e hidro-induzidos, etc., cada um dos quais sugere novos e interessantes problemas.

Enorme soma de dados necessária à completa interpretação da economia de água das plantas de certa região, exige, obrigatoriamente, trabalho de equipe de pesquisadores capazes e dedicados, durante anos. Quando se impõe uma avaliação rápida da situação, pode-se concentrar na transpiração das plantas, colhendo-se, colateralmente, outros dados e observações que facilitem a compreensão dos problemas existentes.

A escolha da transpiração não é destituída de bom fundamento. Baseia-se no fato de que, em última análise, ela reflete a influência de todos os demais fatores em jogo na economia d'água da vegetação. Com efeito, se uma planta transpira livremente, sem apresentar sinais evidentes de murchamento, compreender-se-á que no solo há água aproveitável, e que esta é absorvida e conduzida à copa com a eficiência requerida para compensar o consumo e não permitir à planta entrar em deficit acentuado, que a levaria ao murchamento, e, se agravado, à morte.

E' razoável, portanto, principiar sempre pelo estudo da transpiração e prosseguir com observações em outros setores do problema.

No Brasil, a tradição desses estudos foi iniciada pela escola de Rautscher. Desde 1943, quando o primeiro trabalho sobre tais assuntos foi publicado (99), até hoje, diversas pesquisas referentes ao balanço de água de plantas do cerrado foram executadas (23, 89, 94). Em 1952,

Ferri e Labouriau (27) estenderam tais observações à caatinga. No mesmo ano, Rawitscher e colaboradores (96) apresentaram, também, uma contribuição ao conhecimento do balanço de água dessa interessante vegetação.

Que trabalhos experimentais dessa natureza nunca haviam sido empreendidos na caatinga, depreende-se das palavras seguintes de Alvim (2, p. 105): "Muito se tem escrito sobre a flora da região semi-árida do Nordeste brasileiro, mas os estudos até hoje publicados têm sido quase que exclusivamente fisionômicos, isto é, relativos à descrição e enumeração das espécies botânicas que crescem na região, com pouca ou nenhuma informação sobre a ecologia das plantas nordestinas". E, mais adiante: "Embora faltem ainda dados científicos que permitam qualquer conclusão definitiva sobre o assunto, muitos autores se aventuram em fazer certas afirmativas duvidosas, que, infelizmente, já se vem tornando crônicas em nossa literatura botânica". Ainda que contenha judiciosas considerações, às quais voltaremos, o próprio trabalho citado de Alvim, não é experimental. Que o autor viu, claramente, o problema, não há dúvida, pois que são suas as seguintes palavras: "Há falta de dados sobre a intensidade de transpiração ou sobre o consumo de água pelas plantas do Nordeste, cultivadas ou nativas. Um estudo sobre o assunto seria de grande interesse ecológico, pois permitiria pôr termo, de uma vez por todas, à debatida questão da flora natural do habitat nordestino, como também elucidaria, de certo modo, o problema de reflorestamento sem o concurso de irrigação, igualmente muito discutido" (1. c., p. 108).

O presente trabalho é um estudo comparativo da economia d'água da caatinga e do cerrado. Confrontam-se novos dados obtidos na caatinga pelo presente autor, com aqueles estabelecidos no cerrado, na maior parte divulgados em diversas publicações citadas. As pesquisas na caatinga foram realizadas em Paulo Afonso, Estado da Bahia, e no cerrado, em Emas, próximo de Pirassununga, Estado de São Paulo. Observações eventuais foram feitas em diversos outros pontos do território nacional, pontos esses assinalados na Fig. 4 que também indica localidades de vegetação pobre, ainda que de outro tipo, visitadas esporadicamente pelo autor.

O AMBIENTE.

O posto de estudos no cerrado foi instalado em terrenos da Estação Experimental de Biologia e Piscicultura do Ministério da Agricultura, a cerca de um quilômetro da estação da estrada de ferro da Companhia Paulista, em Emas, próxima de Pirassununga, Estado de São Paulo. Essa localidade se encontra a 47° 30' de longitude W do meridiano de Greenwich e a 22° 2' de latitude S. Sua altitude, na estação, é de 575 m.

O solo, constituído por camadas limoso-arenosas, pertence ao Permiano (Tatuí) conforme mapas de Washburne e o Atlas Geológico do Brasil, como nos informa Rachid (89). Em seu trabalho se encontra

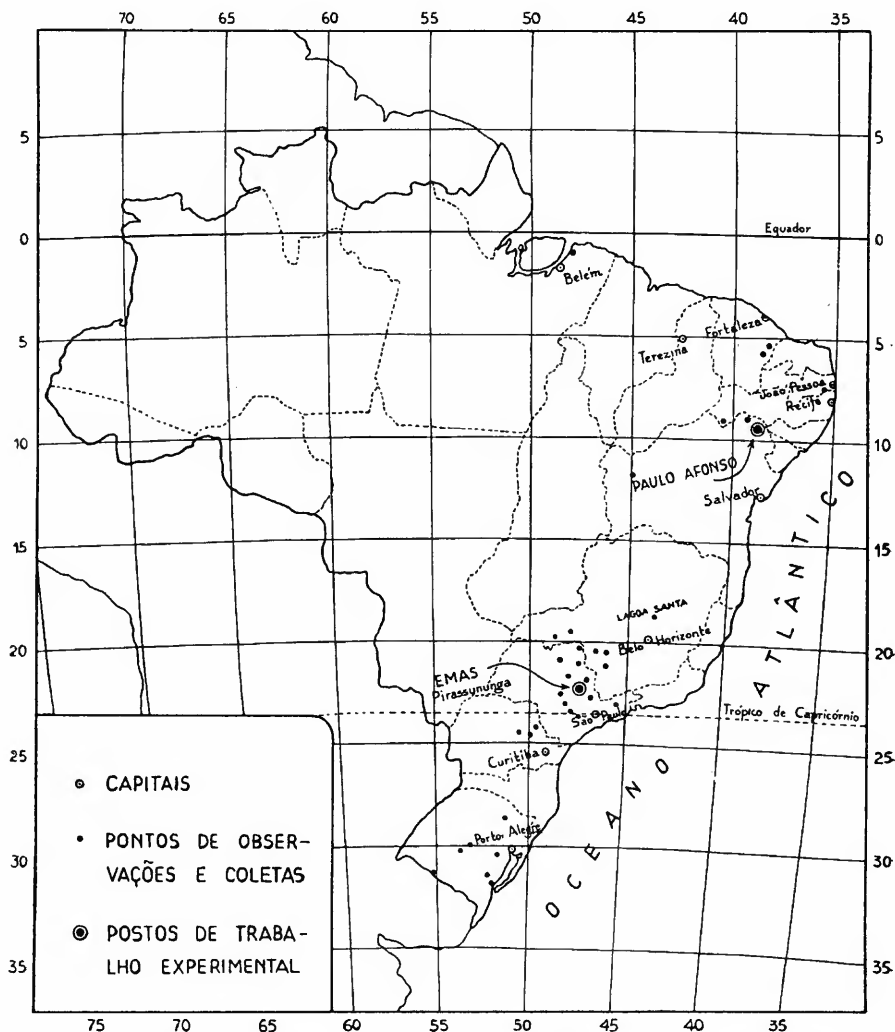


Fig. 4: Mapa indicando os pontos onde foram feitas observações e coletas, e os locais onde se efetuou o trabalho experimental que serviu de base ao presente estudo: Vigia (Pará); Fortaleza, Russas, Limoeiro (Ceará); local na rodovia entre João Pessoa (Paraíba) e Recife (Pernambuco); Petrolina (Pernambuco); Glória, Paulo Afonso e Barreiras (Bahia); Lagoa Santa, Frutal, Uberaba (Minas Gerais); Franca, Bebedouro, Ribeirão Preto, Mococa, Emas, Casa Branca, Mogi-Mirim, São José dos Campos, Guareí, Angatuba, Sorocaba, Itapetininga, Botucatu (São Paulo); Jaguariaíva, Campo Mourão, Ponta Grossa (Paraná); Vacaria, Camaquã, Pelotas, Rio Grande, Livramento, Caçapava, Lavras (Rio Grande do Sul).

também a indicação de que, sendo o leito do Rio Mogi-Guaçu, bem como o da maioria dos rios da região, excavado em diabásio, deve exis-

tir, provavelmente, a pouca profundidade, um lençol contínuo de diabásio. Com efeito, nas perfurações feitas pelos poceiros, sempre se encontram na região, muitos fragmentos de pedra ferro. Às margens do rio, próximo do cerrado, encontra-se terra roxa. No próprio cerrado, porém, o aspecto do solo é diverso e não é possível decidir se ele mantém o aspecto original ou se houve, primitivamente, terra roxa, mais tarde degradada. O que se pode afirmar é que tais solos não são de má qualidade, porque suportam, sem qualquer adubação, muitas culturas³. Sabemos, perfeitamente, que muitos pedólogos discordam desta opinião. Setzer (113), por exemplo, se expressa da seguinte forma: "Os solos do grupo 7 ostentam vegetação péssima de campo-cerrado, como à esquerda da E. F. Mogiana, de Mogí-Guaçú a Casa Branca. São os piores solos do Estado, mas ocupam mais de 5% do território paulista". E, adiante, à mesma página, acrescenta: "No triângulo Leme-Campinas-Santa Bárbara d'Oeste ocorrem muitas manchas de terras roxas misturadas que pertencem a outro grupo de solos, mas são afinal os solos que contribuem com o grosso da produção agrícola da faixa geológica Itararé-Tubarão. Esse fato ilustra a pobreza geral dos solos dos grupos 6 e 7" (1. c. p. 5).

O que ocorre, muitas vezes, é que as análises pedológicas limitam-se às camadas superficiais dos solos, onde, devido à lavagem superficial, e, principalmente, à lixiviação, que carrega para baixo, dissolvida na água que se infiltra, grande quantidade de sais, a pobreza é evidente⁴. Mas as plantas não limitam, obrigatoriamente, suas raízes a essas camadas. Rawitscher (93, p. 100) menciona o fato de que mesmo as Gramíneas podem formar raízes que se aprofundam muitos metros. Em cana de açúcar, por exemplo (informação do Prof. Jardel Nery, da Escola Superior de Agricultura de Viçosa, Minas Gerais), elas podem ir até 5 m de profundidade. Dicotiledôneas podem lançar raízes bem mais profundas. Meinzer (71) relata que as de alfafa atingem 4 m, já no primeiro ano. Além do "arbusto do camelo" (*Alhagi camelorum*) dos russos, lembramos, para voltarmos a exemplos nacionais, a cabreúva (*Myrocarpus frondosus*) e a peroba (*Aspidosperma polyneuron*) citadas (93, p. 108-9) como de raízes muito profundas (além de 10 metros). No próprio cerrado de Emas, Rawitscher, Ferri e Rachid (99) constataram a existência de numerosas plantas de raízes com essa caracterís-

(3) — Em diversos cerrados de outros pontos do país, os solos variam. Assim é que em Lagoa Santa, em muitos pontos, predominam calcários; em Casa Branca, os solos são mais arenosos; no Estado da Paraíba, não muito distante de João Pessoa, na estrada de rodagem que liga esta cidade a Recife, encontra-se um cerrado típico, cujo solo, em parte muito arenoso, apresenta, todavia, manchas onde a argila é mais abundante.

(4) — Esperamos poder contar, dentro em breve, com análises de amostras dos solos do cerrado de Emas, colhidas em diversas camadas, da superfície às vizinhanças do lençol subterrâneo.

tica, entre elas destacando-se *Andira humilis* e *Anacardium pumilum*. Da primeira foram encontradas raízes até à profundidade do lençol subterrâneo (cêrca de 18 m)⁵.

Rawitscher, Ferri e Rachid (1. c. p. 291) determinaram o conteúdo de água dêsses solos, da superfície ao lençol subterrâneo (entre 17 e 18 m de profundidade) e estudaram também as oscilações da umidade nas diversas camadas, em várias épocas do ano. Basta, por conseguinte, mencionar duas conclusões de maior significação a que chegaram: 1 — “A água contida nas camadas de solo acima do lençol equivale, em quantidade, ao total das precipitações médias da região, durante 3 anos”; 2 — “Água gravitativa move-se para baixo durante todo o ano”.

Essas conclusões são, realmente, de importância máxima. A primeira indica que a água existente em reserva no solo seria suficiente para permitir vegetação muito mais exuberante do que a encontrada no cerrado, a qual não consegue exaurir-lhe tôda a umidade. A segunda mostra que essa água pode ser aproveitada pelas plantas que tenham raízes em contacto com ela, porque água gravitativa é aproveitável enquanto persistir em contacto com as raízes.

Informações complementares sôbre a água armazenada nos solos do cerrado, foram publicadas por Schubart e Rawitscher (110) que estudaram as oscilações do nível do lençol subterrâneo durante os anos de 1943 a 1950. Mostraram êles que êsse nível sobe sômente no fim da estação das chuvas ou mesmo depois, precisando a água, para gravitar da superfície até ao lençol, cêrca de 5 meses⁶.

Referências ao clima de Emas já foram feitas em várias publicações anteriores (Rawitscher, Ferri e Rachid, 99; Ferri, 23; Rachid, 89. Em trabalho mais recente, sôbre o rio Mogí-Guassú, também Schubart (109) apresenta numerosos dados climáticos da região, onde a estação sêca coincide com o inverno. Observações nossas permitem caracterizar as condições aí vigentes nessa época.

A umidade relativa, no início da sêca, pode ser de 100% até 9 horas da manhã e mesmo até mais tarde, nos dias em que o denso nevoeiro atrasa o aparecimento do sol. Em geral, no início da época sêca, a umidade relativa, que decresce rapidamente quando o sol aparece, não cai até valores muito baixos. Um dos menores observados no transcurso desta pesquisa foi de 42%, em 28 de junho de 1943. Ao cair da tarde, a umidade sobe rapidamente de novo. No fim da sêca, já às 6 horas da manhã, valores inferiores a 100%, foram constatados: 97% no dia 30-8-43. O mínimo, igualmente, foi muito inferior àquêle ano-

(5) — Meinzer (71) chama freatofitas às plantas que enviam suas raízes até ao lençol subterrâneo d'água, ou às suas vizinhanças.

(6) — Schubart continua observando sistematicamente as variações do lençol subterrâneo por medidas do nível d'água de dois poços excavados no cerrado e protegidos de forma que nenhuma água possa entrar ou sair, a não ser pelos interstícios entre as partículas do solo.

tado no início da seca: 17,5% às 15 horas do mesmo dia. A temperatura, no início da estação, começa com valores muito baixos ao amanhecer e sobe pouco a pouco, para culminar ao redor das 15 horas. O máximo observado nessa ocasião (dia 30-6), foi de 27,4°. À tarde, a temperatura cai rapidamente, ficando durante a noite, próxima de zero que pode, eventualmente, ser ultrapassado. No fim da estação, a temperatura durante o dia é superior (31,8° às 15 horas do dia 27-8-43 foi o máximo observado) e as temperaturas noturnas só excepcionalmente são tão baixas, quanto no começo da seca.

Quanto à evaporação, pode seu valor ser zero até 9-10 horas no início da seca, nos dias com nevoeiro⁷. No fim da estação, já às 7 horas constata-se valores positivos, embora baixos. Em ambas as ocasiões, o máximo de evaporação se observou entre 15 e 16 horas. No início da seca o período de evaporação não é superior a 7 ou 8 horas, mas no fim dessa época pode haver evaporação durante um período muito mais longo.

Da pluviosidade da região trataremos adiante, ao estudarmos o assunto em relação com a caatinga. Nessa oportunidade, para comparação, juntaremos algumas tabelas contendo informações, não só sobre as chuvas, mas ainda sobre as temperaturas (máximas e mínimas) e a umidade relativa.

Limitamo-nos, por ora, a apresentar, do mapa de distribuição de chuvas no território nacional, a parte que interessa ao presente estudo (Fig. 5).

* * *

Os estudos na caatinga foram realizados nas vizinhanças da cachoeira de Paulo Afonso, Estado da Bahia, num local chamado Alto Bonito, de propriedade do Sr. Leocádio Pereira de Carvalho. Paulo Afonso fica a 38° 13' W do meridiano de Greenwich e a 9° 25' de latitude S. Toda a zona forma um conjunto uniforme, cuja altitude oscila entre 230 e 280 metros. Como observa Domingues (17, p. 30) "é constituída por uma série de colinas alongadas e encostas suaves e vales largos, onde riachos secos divagam no meio de sedimentos que são in-

(7) — Sobre a importância do orvalho para a vegetação do cerrado, Warming (145) já se expressou, com referência à de Lagoa Santa, da seguinte maneira: "O orvalho se forma durante o tempo secco quasi todas as noites; às vezes extraordinariamente abundante, o que sem dúvida é de grande importância para o crescimento das plantas e, sem este orvalho, os phenomenos primaveris certamente seriam bem diferentes, o que mencionarei em outro capítulo". (l. c., p. 27).

Hoje não se duvida mais do importante papel ecológico do orvalho (133), e há pesquisas em andamento, orientadas justamente no sentido de estabelecer a extensão de sua influência principalmente nas regiões áridas e semi-áridas (Went 146).

Das mais impressionantes é a descoberta recente de Duvdevani e Went (20; vide Calder, 12), de que, em certas condições, a planta pode absorver a umidade atmosférica pelas folhas e bombeá-la no solo, pelas raízes, invertendo-se, assim, o ciclo normal, de absorção do solo pelas raízes e eliminação, na atmosfera, pelas folhas.

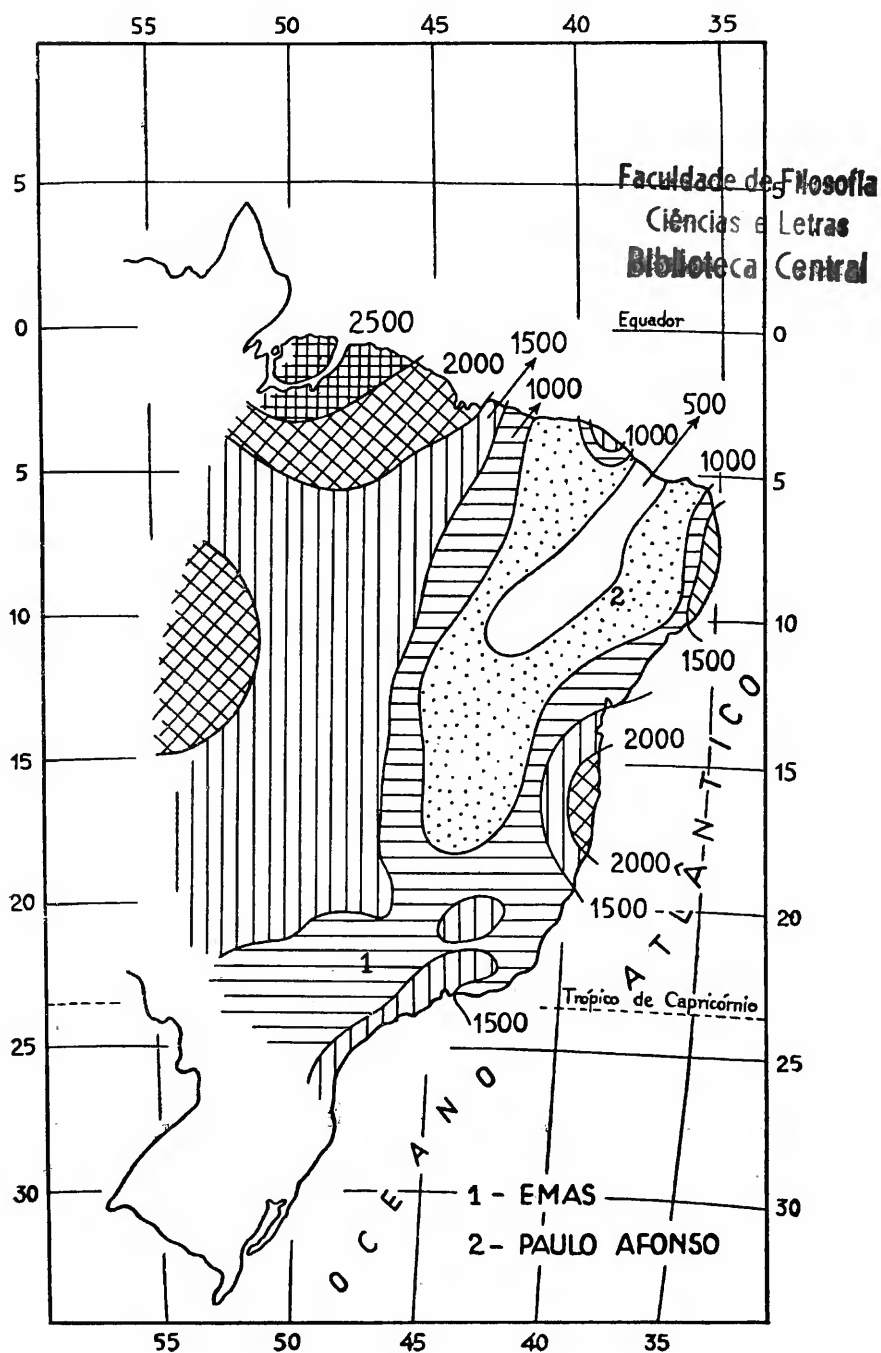


Fig. 5: Mapa de distribuição das chuvas na parte do território nacional que interessa ao presente estudo. Seg. Serebrenick (111) modif.

capazes de transportar". As rochas da região, segundo o mesmo autor, são principalmente de natureza granítica, apresentando, todavia, em diversos pontos, inclusos, gnaisses micáceos e também sienito. A determinação da idade desse granito ainda é problemática, segundo o autor, que o coloca provisoriamente, no Arqueano, embora tenha "uma

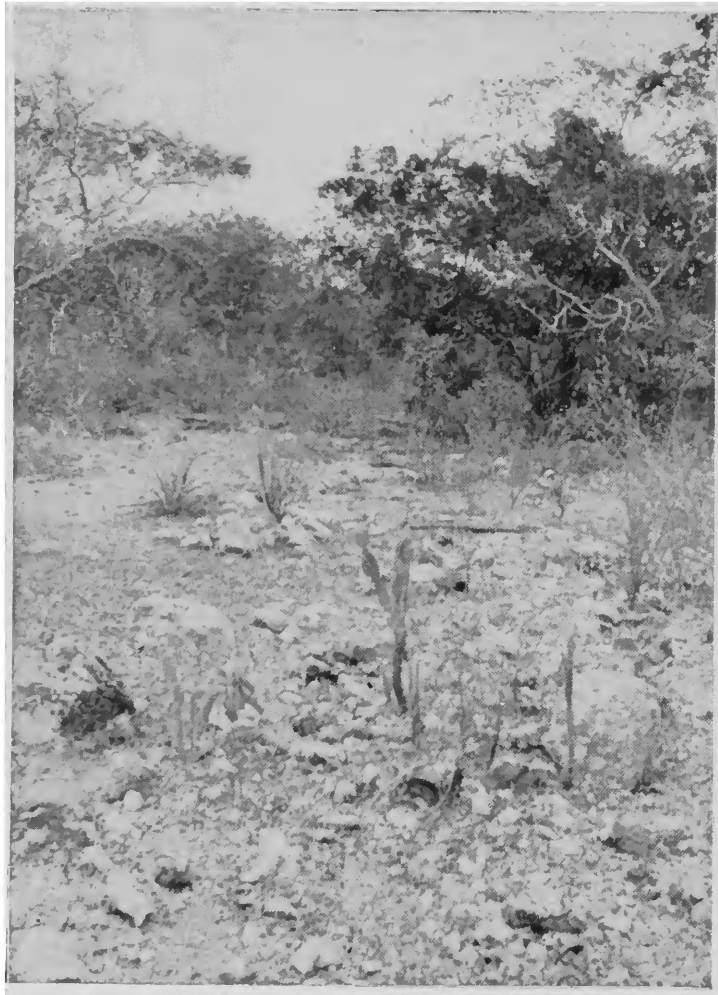


Fig. 6: Fotografia mostrando o aspecto mais freqüente da superfície do solo da caatinga de Paulo Afonso, no local do presente trabalho.

tendência a colocá-lo como Algonquiano, pois este mesmo granito engloba xenólitos de filitos algonquianos a N W da fôlha⁽⁸⁾, no município de Ouricuri" (1. c. p. 351). A superfície, os fragmentos de rocha de tamanhos variáveis são muito abundantes, testemunhando o intenso

(8) — O autor se refere à fôlha de Paulo Afonso, elaborada pelo Conselho Nacional de Geografia, na escala de 1:250.000.

trabalho de desintegração mecânica (Fig. 6). Nos vales, a água pode-se acumular, formando um lençol subterrâneo conhecido especialmente pelos estudos de Waring (143), Crandall (14), Small (120, 121), e Sopper (123). Este lençol é formado por infiltração das águas meteóricas através do solo derivado da decomposição de granitos e gnaisses, e acumuladas quando atingem a rocha não decomposta, menos porosa. A profundidade em que tal rocha se encontra varia, sendo maior nas serras, devido à maior umidade. Somente nos casos em que a rocha subjacente ao solo é permeável e apresenta topografia favorável ao escoamento, por exemplo, taboleiros de arenitos, a água se escôa para profundidades muito grandes. Quando o lençol está próximo é aproveitado pelo homem que, para explorá-lo, constrói poços rudimentares conhecidos como caçimbas. Muitas vezes, no entanto, essa água é tão salgada que não serve nem mesmo para uso dos animais.

Os dados climáticos relativos a Paulo Afonso, a serem discutidos em seguida, são, na maior parte, do serviço meteorológico da Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco, que iniciou suas observações há poucos anos; alguns, porém, são do próprio autor, que acompanhou as medidas de transpiração com observações sobre o andamento diário da temperatura, da umidade relativa e da evaporação. A Tabela 1 dá as umidades relativas observadas nos três últimos anos. Podemos notar que maio, junho e julho são os meses de maior umidade, e novembro, o mais seco. Quanto à temperatura, a Tabela 2 apresenta para os mesmos anos, as médias mensais das máximas, e a Tabela 3, as das mínimas. O estudo comparado de ambas permite concluir que o inverno, na região, vai de maio a agosto e é muito brando, com temperatura mínima média, em geral acima de 18°. A média das máximas fica entre 26 e 31°, aproximadamente. Em oposição ao que ocorre nos cerrados do Brasil meridional, a estação fria é, na caatinga, a época das chuvas⁹. E', igualmente, o período de maior umidade atmosférica. Deve-se, pois, esperar que nessa época a evaporação seja menos intensa. Isso realmente ocorre, como se depreende da Tabela 4, que reúne os dados da evaporação total (em mm) para os anos mencionados. Pode-se ver claramente que, de maio a julho, a evaporação é muito baixa, em relação aos meses restantes, nos quais são consideravelmente maiores os valores encontrados.

Finalmente, a distribuição das chuvas, nos últimos cinco anos, pode ser apreciada na Tabela 5. Pode-se ver que as precipitações, na região, oscilam ao redor de 600 mm. Os meses de chuvas mais abundantes são os de abril a julho; janeiro, setembro e outubro são, em geral, menos chuvosos. Novembro é, geralmente, muito seco ainda, mas com frequência se observam, nessa época, chuvas rápidas e pesadas, conhecidas como trovoadas.

(9) — O nordestino usa a palavra inverno, não no sentido habitual, de época de frio, mas para indicar o período das chuvas.

Os dados que apresentamos mostram uma grande irregularidade, típica da caatinga, na distribuição das chuvas, como já foi mencionado por Rawitscher e colaboradores (96) que comparam tal distribuição em janeiro de 1927 a 1946, em Jatinã (dados de Dárdano de Lima), com a do cerrado de Emas, no mesmo mês, de 1940 a 1950. Segundo esses dados, em Jatinã, no mês de janeiro, as chuvas foram iguais a 0 mm nos anos 1927, 30 e 33; superiores a 50 mm nos anos de 1928, 1929, 1935, 1937, 1940 e 1941; superiores a 100 mm em 1929, 1935, 1940 e 1941; e superiores a 150 mm em 1935 e 1941, alcançando, em 1935, o valor de 189 mm. Essa irregularidade verifica-se em diversos meses, em nossa Tabela 5. E', talvez, mais acentuada em março, que se apresenta com chuvas entre 5 e 20 mm nos demais anos, mas, em 1952, com 206,3 mm.

Emas, onde as precipitações oscilam ao redor de 1300 mm, e o clima, de modo geral, não difere muito do de cidades vizinhas, como Ribeirão Preto, Rio Claro, Piracicaba, Araras, etc., (vide dados em Setzer, 112), conta com uma época de seca de, aproximadamente, 5 meses de duração (maio a setembro), tempo em que só ocorrem chuvas esporádicas, de pequena influência sobre o regime de água nos solos. Essa região também não difere muito, quanto ao clima, da de Lagoa Santa¹⁰, descrita por Warming, porém, localizada mais ao sul, apresenta invernos mais frios.

As tabelas 6, 7 e 8 reúnem as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa, nos anos de 1951 a 1953, em Emas; e a tabela 9 indica as precipitações, de 1949 a 1953. Os períodos indicados foram escolhidos para possibilitar confronto com os dados que da caatinga apresentamos. Não dispomos, infelizmente, de informações detalhadas sobre a evaporação em Emas. Todos os dados constantes das tabelas 6 a 9 nos foram fornecidos pelo Posto Meteorológico da Estação Experimental de Biologia e Piscicultura.

Na caatinga de Paulo Afonso, além das precipitações totais representarem, aproximadamente, apenas 45% das do cerrado de Emas, as condições se tornam muito mais sérias para a vegetação, porque, de um lado, os solos armazenam menos água, e de outro, a evaporação atinge a valores bem mais elevados e se processa por um período muito mais longo.

A necessidade de correlacionar o volume de água aduzido à região pelas chuvas, com o retirado pela evaporação, quando se comparam duas regiões, e não apenas confrontar as precipitações de ambas, foi salientada, entre outros, por Alvim (2), que comparou a situação de São Gonçalo à de Viçosa. Olhando somente para as precipitações, não

(10) — Em Lagoa Santa a temperatura média oscila ao redor de 20,5° C; as precipitações principais ocorrem de outubro a março, havendo em janeiro 2 a 3 semanas de seca, período esse conhecido como "veranico"; a estação da seca propriamente dita, vai de abril a setembro, com ocorrência de apenas algumas chuvas rápidas, em junho (cf. Warming, p. 21 e segs.).

se poderia perceber quão diversas são as condições dessas localidades. Na primeira, as precipitações são de 868,5 mm (média de 9 anos) e na segunda, de 1280,9 (média de 10 anos). Acontece que em Viçosa a evaporação é de 592,2 mm, enquanto que em São Gonçalo é de 1814,3 mm. Assim, embora as chuvas de Viçosa representem 147% das de São Gonçalo, isto não significa que a situação seja apenas uma vez e meia mais séria nesta região; é muito mais, porque aqui a evaporação é cerca de 3 vezes maior do que lá.

Voltando a considerar a caatinga de Paulo Afonso, apresentamos a Tabela 10 que resume os dados climáticos mais significativos, nas quatro épocas em que as medidas de transpiração foram efetuadas: janeiro de 1953, abril de 1952, julho de 1953 e outubro-novembro de 1953.

Êsses dados permitem verificar: que abril e julho são mais frios, apresentam maior umidade relativa atmosférica, maior quantidade de chuvas e menor evaporação, que em janeiro e outubro-novembro.

Tal situação é novamente comprovada pelas seguintes observações: em janeiro de 1953, a umidade relativa máxima observada foi 86,5%, às 7 horas da manhã, do dia 28; a umidade relativa mínima, 25%, às 14 e 15 horas, do mesmo dia; a temperatura máxima, atingiu a 36° C, à sombra, nos dias 28, 29 e 30, entre 14 e 15 horas. Em abril de 1952 constatamos, às vezes, 100% de umidade relativa, pela manhã, por exemplo até às 7,45 horas do dia 9; a umidade relativa mínima foi 42%, às 15 horas do mesmo dia; a temperatura máxima, 33° C, ocorreu entre 14 e 15 horas. Em julho de 1953, o máximo de umidade relativa foi 87%, às 7,30 horas do dia 11 e a mínima, 37%, às 13 horas, do dia 10; a temperatura máxima alcançou 30° C, entre 12 e 15 horas do mesmo dia. Finalmente, em outubro-novembro de 1953, o máximo de umidade relativa observado foi 80%, entre 5,30 e 6,00 horas da manhã, do dia 31; o mínimo, 23%, às 15 horas do dia 30-10 e às 13 horas do dia 1-11; a temperatura máxima observada na ocasião foi 38,5° C, à sombra.

Todos êsses dados parecem não deixar dúvida quanto aos seguintes fatos: 1.º) que na caatinga, realmente, a situação é extremamente mais severa para a vegetação do que no cerrado; 2.º) que em nossos estudos na caatinga, incluímos duas épocas bastante secas e quentes (janeiro e outubro-novembro de 1953), uma relativamente úmida e quente (abril de 1952) e outra, menos quente (o inverno na caatinga) e mais úmida (julho de 1953)¹¹.

Deixamos de discutir os fatores luz e vento, embora de considerável importância ecológica, por falta de observações quantitativas. Mas, uma vez que tais fatores não foram excluídos das experiências, seus efeitos estão presentes nas determinações de transpiração e evaporação.

(11) — Embora os extremos de umidade relativa sejam mais altos em abril de 1952 que em julho de 1953, as médias são consideravelmente maiores em julho (Tab. 1); acresce que, em geral, nos meses precedentes a este, chove mais do que nos que antecedem abril, sendo, pois, provável que o teor d'água disponível, no solo, aumente em julho.

TABELA 1

Médias da umidade relativa (H. R.), %. Paulo Afonso.

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	—	49	54
Fevereiro	52	49	54
Março	52	63	55
Abril	67	60	55
Maiο	73	74	72
Junho	81	69	77
Julho	73	68	81
Agosto	60	66	69
Setembro	57	56	56
Outubro	51	48	54
Novembro	49	46	54
Dezembro	51	57	—

TABELA 2

Médias da temperatura máxima, °C. Paulo Afonso.

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	—	31,1	34,0
Fevereiro	35,6	36,7	35,1
Março	35,4	32,5	34,7
Abril	31,3	32,8	32,7
Maio	29,7	29,4	29,9
Junho	26,2	29,5	27,4
Julho	26,2	30,9	27,5
Agosto	28,8	30,5	29,1
Setembro	31,0	32,8	32,6
Outubro	33,4	34,1	34,2
Novembro	34,1	35,4	34,6
Dezembro	34,6	34,2	—

TABELA 3

Médias da temperatura mínima, °C. Paulo Afonso.

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	—	23,3	—
Fevereiro	22,0	23,5	—
Março	23,2	23,0	27,8
Abril	22,3	22,2	22,2
Maio	21,5	21,1	20,0
Junho	19,6	19,0	19,2
Julho	18,2	19,4	18,4
Agosto	18,6	19,0	18,2
Setembro	19,6	20,0	20,4
Outubro	21,2	—	21,1
Novembro	21,4	—	22,2
Dezembro	22,9	—	—

TABELA 4

Evaporação total, mm. Paulo Afonso.

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	—	394,1	331,0
Fevereiro	397,6	355,9	306,4
Março	351,8	215,0	337,2
Abril	242,1	229,1	263,2
Maiο	152,9	155,9	183,3
Junho	98,2	181,2	120,2
Julho	130,1	186,1	119,0
Agosto	226,2	222,9	210,2
Setembro	315,9	275,4	306,7
Outubro	375,4	388,1	346,2
Novembro	394,8	351,9	338,0
Dezembro	348,1	289,7	—

TABELA 5

Chuvas, mm. Paulo Afonso.

Meses	1949	1950	1951	1952	1953	Médias
Jan.	8,4	1,6	—	0,0	2,9	—
Fev.	23,8	1,7	17,0	10,0	45,5	19,6
Mar.	4,6	17,6	15,0	206,3	12,6	51,1
Abr.	16,1	138,4	145,7	18,2	87,8	81,2
Mai.	60,4	30,5	32,6	115,2	36,7	55,0
Jun.	101,6	68,4	87,5	30,2	84,9	74,5
Jul.	50,6	61,7	53,7	12,0	58,2	47,2
Agô.	42,3	8,5	6,8	21,3	10,5	17,8
Set.	17,8	1,5	2,2	5,0	0,0	5,3
Out.	16,6	3,1	4,0	7,8	0,0	6,3
Nov.	124,0	3,0	4,1	0,0	58,7	37,9
Dez.	49,6	—	76,8	254,2	—	—
Total anual	515,8			680,2		

TABELA 6

Médias da temperatura máxima, °C. Emas (Pirassununga).

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	28,3	30,6	31,3
Fevereiro	29,5	29,4	30,4
Março	30,1	29,5	29,9
Abril	26,7	27,3	28,2
Maiο	27,2	27,9	26,8
Junho	24,9	25,2	26,0
Julho	25,6	26,8	25,4
Agosto	27,2	29,3	29,5
Setembro	30,5	29,3	30,0
Outubro	30,7	29,7	30,2
Novembro	30,5	30,5	29,8
Dezembro	29,6	30,9	30,7

TABELA 7

Médias da temperatura mínima, °C. Emas (Pirassununga).

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	17,2	17,9	17,3
Fevereiro	17,8	18,2	17,1
Março	17,1	17,2	16,8
Abril	10,0	11,1	12,6
Maio	7,6	8,3	10,1
Junho	6,3	8,8	7,3
Julho	3,5	7,0	5,3
Agosto	7,6	8,3	7,6
Setembro	9,3	10,8	13,1
Outubro	13,6	14,5	15,2
Novembro	16,3	15,5	15,0
Dezembro	15,4	15,5	16,2

TABELA 8

Médias da umidade relativa (H. R.), %. Emas (Pirassununga).

Meses	1951	1952	1953
Janeiro	84,0	77,0	72,0
Fevereiro	80,0	82,7	76,3
Março	78,6	77,4	76,2
Abril	72,3	74,5	73,9
Maiο	73,0	67,0	74,2
Junho	71,4	76,1	74,3
Julho	66,6	67,3	66,8
Agosto	64,7	60,9	55,7
Setembro	55,9	62,0	63,8
Outubro	60,8	65,9	68,1
Novembro	67,4	70,2	69,5
Dezembro	71,8	69,4	71,4

TABELA 9

Chuvas, mm. Emas (Pirassununga).

Meses	1949	1950	1951	1952	1953	Médias
Jan.	262,6	301,9	422,6	262,9	106,0	271,2
Fev.	257,9	208,6	252,9	259,4	180,7	231,9
Mar.	117,9	164,4	125,7	253,9	107,6	153,9
Abr.	81,6	116,2	63,0	17,4	65,4	68,7
Mai.	47,9	13,4	10,7	1,5	23,5	19,4
Jun.	44,1	9,4	11,1	77,2	29,6	34,3
Jul.	2,3	12,6	1,0	0,7	21,0	7,5
Agô.	4,3	0,5	43,0	6,7	21,7	15,2
Set.	0,0	13,2	1,5	20,8	58,9	18,9
Out.	131,7	142,0	66,9	245,3	81,4	133,5
Nov.	118,8	310,9	236,4	123,0	108,4	179,4
Dez.	256,7	155,8	130,0	150,4	156,6	169,9
Total anual	1325,2	1448,9	1364,8	1419,2	960,8	1303,8

TABELA 10

Resumo dos principais dados meteorológicos relativos a Paulo Afonso, nos períodos em que o presente trabalho foi executado.

	Jan. 1953	Abr. 1952	Jul. 1953	Out.-Nov. 1953
Temp. máx. °C (média)	34,0	32,8	27,5	34,4
Temp. mín. °C (média)	—	22,2	18,4	21,6
H. R. % (média)	54,0	60,0	81,0	54,0
Chuvas, mm (total)	2,9	18,2	58,2	29,3
Evaporação, mm (total)	331,0	229,1	119,0	34,2

A VEGETAÇÃO.

Os campos cerrados de Emas, de grande extensão, apresentam fisionomia e composição florística muito semelhantes às dos outros cerrados do Brasil, por exemplo, do de Lagoa Santa, descrito magistralmente por Warming (144, 145).

Foi a escola de Rawitscher que, modernamente, em diversas publicações (22, 23, 89, 92, 93, 94, 95, 99), reviveu o interesse por estudos sobre o cerrado¹². Alguns desses trabalhos trazem listas das principais espécies que o compõem.

O cerrado possui característicos fisionômicos que impressionam mesmo o leigo: frequência de árvores raquíticas e retorcidas, com casca muito espessa, folhas muitas vezes coriáceas e brilhantes, caracteres esses xeromorfos¹³.

As plantas do cerrado são, habitualmente, distribuídas por vários grupos, segundo critérios diferentes. Warming (145), por exemplo, distinguiu os seguintes: 1 — Ervas erectas e sub-arbustos; 2 — Ervas campestres volúveis e trepadeiras; 3 — Arbustos e árvores. Rachid (89) serviu-se de outra divisão: 1 — Plantas periódicas (com raízes até 1 m de profundidade); 2 — Plantas intermediárias (com raízes de 1 a 2 m); Plantas permanentes (com raízes ultrapassando 2 m). Distribuição mais completa é a de Rawitscher (94): 1 — Plantas com raízes profundas; a — sempre (ou quase sempre) verdes; b — verdes no verão; 2 — Plantas com raízes superficiais, verdes no verão; 3 — Plantas com raízes intermediárias; 4 — Gramíneas.

A lista seguinte ¹⁴ apresenta os principais componentes do cerrado, pertencentes às várias categorias, com os seus nomes científicos e, sempre que possível, os vulgares; incluem-se, também, as famílias dessas plantas e certas informações, principalmente relativas aos sistemas radiculares.

(12) — Encontram-se, na literatura botânica nacional antiga, numerosos trabalhos relativos ao cerrado (vide Ferri, 26). Recentemente, também outros autores têm se ocupado dessa vegetação, por exemplo Waibel (140) que a estudou no Planalto Central do Brasil.

(13) — Em ecologia moderna distingue-se xeromorfismo de xerofitismo. A primeira expressão refere-se a caracteres morfológicos de adaptação às condições de seca; a segunda, a caracteres fisiológicos dessa adaptação. Nem sempre há superposição dos dois fenômenos, donde a necessidade de distinção. Exatamente no caso do cerrado, Rawitscher, Ferri e Rachid (99) demonstraram que as plantas, embora frequentemente xeromorfas, não são, na verdade, xerofíticas. Voltaremos a este problema.

(14) — A lista presente foi organizada à base de outras, publicadas anteriormente, por: Rawitscher, Ferri e Rachid (99); Ferri (22, 23); Rachid (89); Rawitscher (94), Mello Barreto (73).

Nome científico	Nome vulgar	Família	Sistemas radiculares e outras observações
<i>Acanthococcus emensis</i> Toledo		Palmácea	raízes intermediárias; verde no verão
<i>Achyrocline</i> sp.		Composta	
<i>Aegiphila lhotzkyana</i> Cham.		Verbenácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.		Verbenácea	
<i>Alibertia sessilis</i> Schum.	Marmelinho	Rubiácea	
<i>Aracardium pumilum</i> St. Hil.	Cajueiro do campo, cajú		
<i>Andira humilis</i> Mart.	Mata-barata	Anacardiácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Andropogon paniculatus</i> Kunth		Leguminosa	raízes profundas; sempre verde
<i>Andropogon selloanus</i> Hackel		Gramínea	
<i>Anemia anthriscifolia</i> Schrad		Gramínea	
<i>Anemia fulva</i> Sw.		Esquiséacea	Filicínea
<i>Anona coriacea</i> Mart.		Esquiséacea	Filicínea
<i>Anona dioica</i> St. Hil.	Cabeça de negro, araticum, marolo	Anonácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Aristida circinalis</i> Lindm.		Anonácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Aristida megapotamica</i> Spreng.		Gramínea	
<i>Aristida pallens</i> Cav.		Gramínea	
<i>Aristolochia gilberti</i> Hook.	Barba de bode	Gramínea	
	Papo de peru, cachimbo de turco	Aristolochiácea	
<i>Arrabidaea platyphylla</i> (Cham.) Bur.		Bignoniácea	
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Peroba do campo	Apocinácea	raízes provavelmente profundas; verde no verão
<i>Aspilja reflexa</i> Baker		Composta	raízes superficiais; verde no verão

<i>Attalea exigua</i> Drude	Indaiaí	Palmácea	
<i>Axonopus longecilius</i> (Hackel) Parodi		Gramínea	
<i>Baccharis rufescens</i> Spreng.	Paina do campo	Composta	raízes provavelmente profundas; verde no verão
<i>Bombax gracilipes</i> Schum.		Bombacácea	
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trec.		Morácea	raízes intermediárias, verde no verão
<i>Butia</i> (Cocos) <i>leiopatha</i> (Barb. Rodr.) Becc.		Palmácea	
<i>Büttneria sagittifolia</i> St. Hil.		Esterculiácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Murici	Malpigiuiácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Byrsonima verbascifolia</i> Rich.	Murici	Malpigiuiácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Calea platylepis</i> Schultz Bip.		Composta	
<i>Camarea affinis</i> St. Hil.		Malpigiuiácea	
<i>Campomanesia</i> sp.	Guabirola	Mirtácea	
<i>Caryocar brasiliense</i> St. Hil.	Piqui	Cariocarácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Cassia cathartica</i> Mart.		Leguminosa	raízes superficiais; verde no verão
<i>Cassia flexuosa</i> Linn.		Leguminosa	
<i>Cassia pilifera</i> Vog.		Leguminosa	
<i>Centrosema bracteosum</i> Benth.		Leguminosa	raízes superficiais; verde no verão
<i>Cestrum pedicellatum</i> Sendth		Solanácea	
<i>Chaptalia</i> sp.		Composta	
<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.		Menispermácea	
<i>Clitoria guyanensis</i> Benth.		Leguminosa	raízes intermediárias; verde no verão
<i>Cochlospermum insignre</i> St. Hil.		Coclospermácea	
<i>Collaea decumbens</i> Benth.		Leguminosa	raízes superficiais; verde no verão
<i>Connarus suberosus</i> Planch.		Conarácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	Copaíba	Leguminosa	raízes profundas; sempre verde
<i>Craniolaria integrifolia</i> Cham.		Martiniácea	raízes superficiais; verde no verão

<i>Croton pohlianus</i> Müll. Arg.			Euforbiácea	
<i>Crumenaria polygaloides</i> Reiss.			Ramnácea	
<i>Curatella americana</i> Linn.		Caimbê, lixeira, sam- baíba	Dileniácea	
<i>Dalbergia</i> sp.		Caviuna	Leguminosa	raízes profundas; sempre verde
<i>Dichromena ciliata</i> Vahl			Ciperácea	
<i>Didymopanax vinosum</i> E. March.			Araliácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.		Barbatimão de folha miúda	Leguminosa	raízes profundas; sempre verde
<i>Dipladenia gentianoides</i> Müll. Arg.		Jalapa	Apocinácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Diplothemium campestre</i> Mart.			Palmácea	raízes intermediárias; verde no verão
<i>Diplusodon virgatus</i> Pohl			Litrácea	
<i>Distictis mensoana</i> (DC.) Bur.			Bignoniácea	
<i>Dorstenia opifera</i> Mart.		Caiapiá, carapiá	Morácea	
<i>Duguetia furturacea</i> (St. Hil.) Benth. & Hook. fil.			Anonácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Dyckia coccinea</i> Mez			Bromeliácea	
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase		Capim flecha	Gramínea	
<i>Eragrostis lugens</i> Nees			Gramínea	
<i>Eragrostis perennis</i> Döll.			Gramínea	
<i>Eremanthus sphaerocephalus</i> (DC.) Baker			Composta	
<i>Eriope crassipes</i> Benth.			Labiada	raízes superficiais; verde no verão
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.		Mercúrio do campo	Eritroxilácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.		Mercúrio do campo	Eritroxilácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Eugenia</i> sp.		Pitanga do campo	Mirtácea	
<i>Gesnera allagophylla</i> Mart.			Gesnerácea	
<i>Gomphrena macrocephala</i> St. Hil.			Amarantácea	
<i>Gomphrena officinalis</i> Mart.			Amarantácea	

<i>Gomphrena prostrata</i> Mart.	Mangabeira Saca-rôlha	Amarantácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Hancornia speciosa</i> Gomez		Apocinácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Helicteris brevispira</i> St. Hil.		Esterculiácea	
<i>Hyptis eriophylla</i> Pohl.		Labiada	
<i>Hyptis virgata</i> Benth.		Labiada	
<i>Ipomoea albiflora</i> Moric.		Convolvulácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Ipomoea procurrens</i> Meissn.		Convolvulácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Ipomoea villosa</i> Meissn.		Convolvulácea	
<i>Ipomoea virgata</i> Meissn.		Composta	raízes superficiais; verde no verão
<i>Isostigma peucedanifolium</i> Less.		Bignoniácea	raízes intermediárias; verde no no verão
<i>Jacaranda decurrens</i> Cham.	Carobinha		
<i>Jacaranda semiserrata</i> Cham.	Carobinha	Bignoniácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart.	Pau santo	Ternstroemiácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Lippia lupulina</i> Cham.		Verbenácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	Jacarandá do campo	Leguminosa	raízes superficiais; verde no verão
<i>Macrosiphonia verticillata</i> Müll. Arg.		Apocinácea	
<i>Macrosiphonia virescens</i> Müll. Arg.		Apocinácea	
<i>Marloth tripartita</i> Müll. Arg.		Euforbiácea	raízes intermediárias; verde no verão
<i>Mikania officinalis</i> Mart.		Composta	
<i>Mimosa distans</i> Benth.		Leguminosa	
<i>Nautonia nummularia</i> Decne.		Asclepiadácea	
<i>Neea theifera</i> Oerstedt		Nictaginácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.		Oxagrácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Palicourea rigida</i> H. B. K.		Rubiácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Panicum olyroides</i> H. B. K.	Gritadeira, douradinha	Gramínea	
<i>Paspalum carinatum</i> Fl.		Gramínea	

<i>Paspalum erianthum</i> Nees		Gramínea	
<i>Pavonia speciosa</i> H. B. K.		Malvácea	
<i>Perianthopus espinosa</i> Manso		Cucurbitácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Platfia gnaphalioides</i> (Vahl) Mart.		Amarantácea	
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less) Baker		Composta	raízes profundas; sempre verde
<i>Piriqueta rosea</i> (Camb.) Urb.		Turnerácea	
<i>Poikilacanthus humilis</i> Lindau		Acantácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.		Composta	
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau terra	Voquistácea	raízes profundas; sempre verde
<i>Rhodocalyx rotundifolia</i> Müll. Arg.		Apocinácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Ruellia dissitifolia</i> (N. ab Es.) Hiern.		Acantácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Ruellia geminiflora</i> (N. ab Es.) H. B. K.		Acantácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Salvia rosmarinoides</i> St. Hil.		Labiada	
<i>Salvertia convallariodora</i> St. Hil.	Pau de arara, fôlha lar- ga	Voquistácea	raízes superficiais; verde no verão
<i>Sebastiania serrulata</i> (Mart.) Müll. Arg.		Euforbiácea	
<i>Sebastiania virgata</i> Müll. Arg. var. <i>scoparia</i> Müll. Arg.		Euforbiácea	
<i>Serjania erecta</i> Radlk.		Sapindácea	raízes intermediárias; verde no verão
<i>Sida macrodon</i> DC.		Malvácea	

<i>Smilax cissoides</i> Mart. ex Griseb. <i>Smilax urdulata</i> A. DC. <i>Solanum grandiflorum</i> Ruiz et Pavon	Fruta de lobo	Esmilacácea Esmilacácea Solanácea	raízes intermediárias; verde no verão
<i>Sorghastrum minarum</i> (Nees) Hitchc. <i>Strychnos pseudo-quina</i> St. Hil. <i>Stryphnodendron barbatimam</i> Mart.	Quira do campo Barbatimão	Gramínea Loganiácea Leguminosa	raízes profundas; sempre verde raízes profundas; sempre verde
<i>Stylosanthes</i> sp. <i>Styrax</i> sp. <i>Sweetia dasycarpa</i> Benth. <i>Sweetia elegans</i> Benth. <i>Tabebuia caraiba</i> Mart.	Ipê	Leguminosa Estiracácea Leguminosa Leguminosa Bignoniácea	raízes profundas; sempre verde raízes profundas; sempre verde raízes provavelmente profundas; verde no verão
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart. <i>Tocoyena formosa</i> Schum. <i>Trachypogon canescens</i> Nees <i>Tristachya chrysotrix</i> Nees <i>Tristachya leiostachya</i> Nees <i>Vernonia bardanoides</i> Less. <i>Vernonia brevifolia</i> Less. <i>Vernonia grandiflora</i> Less. <i>Viguiera hassleriana</i> Chodat <i>Vitis salutaris</i> Baker	Capim flecha	Rubiácea Rubiácea Gramínea Gramínea Gramínea Composta Composta Composta Composta Vitácea (Ampe- lidácea) Esterculiácea Bignoniácea	raízes profundas; sempre verde raízes profundas; sempre verde raízes superficiais; verde no verão raízes superficiais; verde no verão raízes superficiais; verde no verão raízes superficiais; verde no verão
<i>Waltheria communis</i> St. Hil. <i>Zeyhera montana</i> Mart.	Bolsa de pastor		

Algumas fotografias (Fig. 7 a 10) descrevem, melhor do que palavras, a fisionomia da vegetação do cerrado, a qual, tanto quanto a composição florística, apresenta certa diversificação em conexão com a área



Fig. 7: Cerrado de Emas, vista geral (Foto: Rawitscher-Ferri-Rachid).



Fig. 8: *Kielmeyera coriacea*. Foto: Rawitscher-Ferri-Rachid.

considerada. Alguns exemplos ilustram esse fato. Em Emas, *Annona coriacea* é uma planta que nunca encontramos com desenvolvimento

superior a 1 m. A mesma planta, no vizinho cerrado de Casa Branca, é, freqüentemente, vigoroso arbusto e às vezes atinge dimensões de grande árvore. Em Lagoa Santa, o piquí (*Caryocar brasiliensis*) pode, ao menos quando protegido contra as queimas, desenvolver-se muito, cobrindo com sua copa, extensa área (vide Ferri, 22 p. 14). Essa planta, nos cerrados de Emas e Casa Branca, nunca se desenvolve muito. *Hancornia speciosa* (mangabeira), freqüente no cerrado de Lagoa Santa, é rara em Emas. Nesta localidade, *Byrsonima verbascifolia* (muri-cí), de fôlhas grandes e pilosas, é comum. Falta, porém, no cerrado

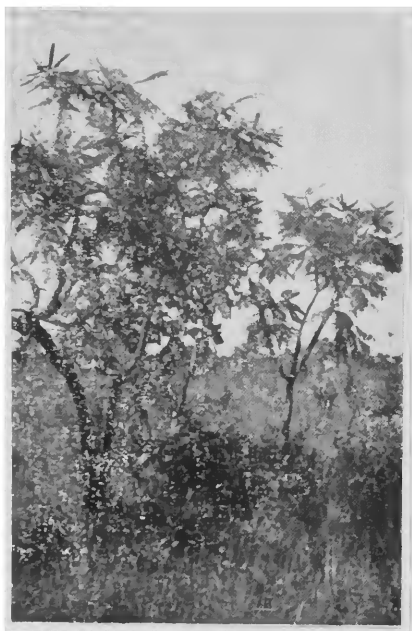


Fig. 9: *Dimorphandra mollis*. Foto: Rawitscher - Ferri - Rachid.



Fig. 10: *Bombax gracilipes*; note o espesso suber do caule. Foto: Rawitscher-Ferri-Rachid.

existente à margem da estrada de rodagem que liga João Pessoa a Recife, já no Estado da Paraíba, onde é substituída por *Byrsonima cydonifolia*. As plantas que logo nos chamaram a atenção nesse cerrado são as seguintes: *Ouratea* sp., *Hancornia speciosa*, *Curatella americana*, *Miconia* sp., *Hirtella* sp., *Erythroxylum* sp.; *Ruellia geminiflora*, *Eriosema simplicifolia*, *Hymenolobium alagoanum*. A maioria destas espécies ocorre, também, nos cerrados do Brasil centro-meridional. Limitada ao norte é, porém, *Anacardium occidentale*. As plantas que fazem o revestimento do solo podem, do mesmo modo, variar, e isso ocorre, aparentemente, em consequência da diversificação dos solos, pois, no mesmo cerrado, certas áreas encontram-se cobertas por determinadas plantas que em outras não existem. Assim, no referido cer-



Fig. 11: "Tabuleiro" da Paraíba. A grande árvore ao fundo é um cajueiro (*Anacardium occidentale*); note o solo arenoso parcialmente revestido por gramíneas.

rado da Paraíba, se o solo é arenoso, acha-se revestido por gramíneas (Fig. 11), se é argiloso, nele predomina *Andira humilis*, que se desen-



Fig. 12: "Tabuleiro" da Paraíba; note o denso revestimento do solo argiloso por *Andira humilis*.

volve tanto e tão densamente (Fig. 12), a ponto de impossibilitar a visão da superfície do solo¹⁵. Finalmente, desejamos chamar a atenção para mais um caso apenas, em que a associação do cerrado é reconhecida mais pela fisionomia do que pela composição florística. Trata-se de um campo existente próximo de Vigia, cidade localizada ao norte de Belém, Estado do Pará. Não há qualquer dúvida nem para os botânicos, nem para os leigos, de que seja um cerrado. As árvores retorcidas que conferem à vegetação essa característica fisionômica, pertencem quase tôdas, no entanto, a uma única espécie: *Curatella americana*, que não falta, aliás, nos cerrados do Brasil central e meridional.

A vegetação da caatinga tem sido, igualmente, objeto de vários estudos. Dela já se ocupou Martius, que viajou pelo Brasil em companhia de Spix, com quem publicou, em 1823, "Reise in Brasilien" (124).



Fig. 13: Paisagem de inverno em clima temperado. Foto tirada no jardim do "Boyce Thompson Institute", Yonkers, New York, U.S.A.

Foi, aliás, Martius (65), quem denominou a caatinga *Silva aestu aphylla*, para indicar o caráter de plantas decíduas dessa vegetação. Concorde com essa caracterização, a própria palavra caatinga, de etimologia indígena, que significa mata branca: durante a sêca, quando a caatinga se despe de suas folhas, sobressai a côr esbranquiçada dos caules.

(15) — Vizinho ao cerrado que acabamos de descrever, mais próximo à cívica entre os Estados de Pernambuco e Paraíba, encontra-se uma associação fisionômica diversa da primeira, mas denominada, igualmente, "tabuleiro". Sua vegetação dominante, com altura média entre 2,5 e 3 m. é constituída de: *Cassia apocouita* (coração de negro), *Plumieria bracteata* (Angélica), *Andira frondosa* (aff) (Angelim), *Maytenus* sp., *Hymenolobium alagoanum*, *Ouratea* sp. Em seu solo arenoso encontram-se as grandes esferas espinoscentes de *Melocactus bahiensis* (corôa de frade). Não se notam, nesta vegetação, os sinais de queima evidentes na primeira. É interessante observar que *Hymenolobium alagoanum* e *Ouratea* sp. são comuns às duas vegetações descritas. Não menos curioso é o fato de que *Melocactus bahiensis* é planta freqüente na caatinga.

A descrição da caatinga, feita por Euclides da Cunha (15), em “Os Sertões”, é magnífica: “...a caatinga o afoga (ao viajante)*; abrevia-lhe o olhar; agride-o e estonteia-o; enlaça-o na trama espinescente e não o atrai; repulsa-o com as fôlhas urticantes, com o espinho, com os gravetos estalados em lanças; desdobra-se-lhe na frente, léguas e léguas, imutável no aspecto desolado: árvores sem fôlhas, de galhos estorcidos e sêcos, revoltos, entrecruzados, apontando rijamente no espaço ou estirando-se flexuosamente pelo solo, lembrando um bracejar imenso de tortura da floresta agonizante...” (páginas 37 e 38). E depois (página 44): “Vingado um cômodo qualquer, postas em tórno as vistas, perturba-as o mesmo cenário desolador: a vegetação agonizante, doente e informe, exausta, num espasmo doloroso...”. “E’ a *Silva aestu aphylla*,



Fig. 14: Paisagem de sêca na caatinga de Paulo Afonso. A árvore grande é uma imburana (*Amburana cearensis*).

a Silva horrida de Martius, abrindo no céu iluminado da natureza tropical, um vácuo de deserto”. “Compreende-se, então, a verdade da frase paradoxal de Aug. de St. Hilaire: Há, ali, tôda a melancolia dos invernos com um sol ardente e os ardores do verão”!

Loefgren (58 p. 20) faz a mesma associação de idéias ao escrever: “Inteiramente despidas de suas fôlhas e apenas com os botões, de ordinário reunidos nas extremidades dos ramos, causam a ilusão de uma paisagem de inverno em clima temperado frio”.

As fotografias que aqui estampamos, mostram, respectivamente, uma paisagem de inverno em clima temperado (Fig. 13: Yonkers, N. Y., U. S. A.) e outra, de sêca, na caatinga (Fig. 14: Paulo Afonso, Bahia,

(*) — O parêntesis é do autor do presente trabalho.

Brasil). Abstração feita da neve e das ginospermas da primeira, em nada se distinguem, fisionômicamente, as duas paisagens.

O que acaba de ser visto, refere-se à caatinga no período da seca (vide também a Fig. 15), o qual, como nos informa Euclides da Cunha, é chamado, na região por êle descrita (Canudos, vizinha de Paulo Afonso), "magrém". Em oposição, a época das chuvas denomina-se "verde". E' quando a caatinga pode mostrar vegetação muito densa, com o aspecto ilustrado nas fotografias aqui apresentadas (Fig. 16 a 18).

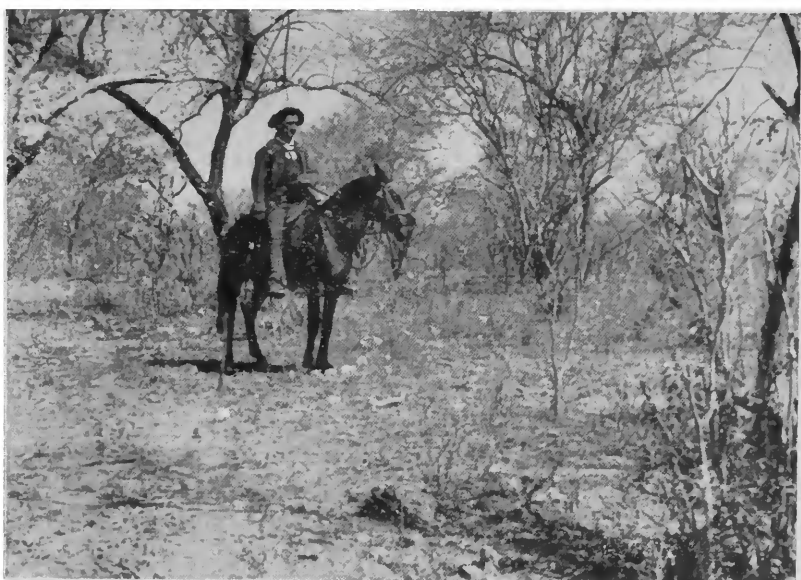


Fig. 15: Caatinga seca, em Paulo Afonso; note a vestimenta tôda de couro que protege o cavaleiro.

Descrições da caatinga, incluindo também comentários sôbre sua composição florística, foram feitas por vários autores, entre êles Loefgren, já citado (58), que a estudou especialmente no Ceará. Mencionamos também Mcraes Rêgo (76)¹⁶, cuja monografia sôbre o vale do São Francisco inclui dados fisionômicos e florísticos da caatinga.

Na região estudada no presente trabalho, devem-se distinguir, na caatinga, dois grupos de plantas: o das rasteiras, herbáceas ou não, e o das arbustivas e arbóreas. Entre as primeiras destacamos pela sua frequência: velame (*Croton campestris*), mela-bode (*Bogenhardia tiubae*)¹⁷, várias Rubiáceas não identificadas, hervança (diversas Amarantáceas), beldroega (*Portulaca oleracea*), jarrinha (uma *Aristolochia*); igualmen-

(16) — Não sendo botânico, mas sim geólogo, são compreensíveis seus enganos ao citar nomes de várias plantas. Como erro mais grave mencionamos apenas o ter atribuído à quixabeira (*Bumelia sartorum* — Fam. Sapotácea) o nome científico de *Anacardium* sp.

(17) — Agradecemos ao Prof. Honório Monteiro Filho a indicação do nome desta planta sôbre a qual, segundo nos informou por carta, deverá publicar algo, dentro em breve.

te freqüentes são: *Jatropha urens* (cansação), *Cuscuta* sp. (muito abundante em julho, parasitando as plantas rasteiras), marmelada (*Comeli-*



Fig. 16: Caatinga verde, em Paulo Afonso. Ao centro, uma faveleira (*Jatropha phyllacantha*).



Fig. 17: Caatinga verde, em Paulo Afonso. A árvore grande é a mesma imburana (*Amburana cearensis*) da Fig. 14.

nácea), macambira (*Bromelia laciniosa* — Fig. 19) e diversas Cactáceas de pequeno porte, como os quipás (*Opuntia*, várias espécies) e corôa de



Fig. 18: Caatinga verde; a cactácea ao centro é o faxeiro (*Cereus squamosus*).

frade (*Melocactus bahiensis*). Em certas áreas encontram-se grandes aglomerações de *Selaginella convoluta* (jericó) que, em condições de maior umidade, se distende completamente, enrolando seus ramos e fô-



Fig. 19: Denso aglomerado de macambira (*Bromelia laciniosa*) em uma caatinga cearense.

lhas ao se dessecarem¹⁸. Nas épocas chuvosas o solo pode, de preferência sob árvores e arbustos, ou sob blocos maiores de rochas, achar-se revestido de uma quantidade considerável de plantinhas oriundas de sementes germinadas à custa de água aduzida pelas primeiras chuvas. Constatamos aí, a existência de plantinhas muito novas (e também em estágios mais avançados de desenvolvimento) de: *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira), *Jatropha urens* (cansação), *Jatropha pohliana* (pinhão), *Portulaca oleracea* e outra Portulacácea, afora muitas que não podemos reconhecer.

Além das cactáceas mencionadas, de pequeno porte, sobressaem na caatinga, emprestando-lhe fisionomia peculiar, as seguintes: xique-xique (*Pilocereus gounellei*), faxeiro (*Cereus squamosus*), mandacarú (*Cereus jamacuru*) e chegue-pra-lá (*Harrisia adscendens*).

Sobre as árvores e arbustos ocorrem raras trepadeiras, como cipó cobra (*Cissus* sp.), batata de teiú (?), salsa branca (?), *Melloa populi-folia* (cipó de cesta), *Ipomoea* sp. etc.

A lista seguinte reúne os principais componentes da vegetação da caatinga, salientando as espécies arbóreas e arbustivas¹⁹.

(18) — Morello (77) publicou recentemente um estudo bastante detalhado sobre a ecologia dessa espécie que se enquadra no grupo das plantas poiquilohídricas, de Walter (141, 142).

(19) — Para a organização da presente lista servimo-nos de informações gentilmente prestadas por Dárdano de Lima e Luiz F. Gouvêa Labouriau e consultamos, com frequência, os trabalhos de Luetzelburg (61) e de Renato Braga (11).

Nome científico	Nome vulgar	Família	Observações
<i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) Smith	Cumarú, imburana de cheiro	Leguminosa	O fato de Hueck (42) descrever esta espécie num habitat muito mais úmido, deixa-nos em dúvida quanto à sua identificação.
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Pereiro	Apocinácea	
<i>Astronium urundeuva</i> Engl.	Aroeira	Anacardiácea	
<i>Boerhaavia repens</i> Linn.	Pega pinto	Nictaginácea	típica das caatingas mais sêcas; m Pernambuco <i>Bromelia fastuosa</i> Lindl.
<i>Bogenhardia tiubae</i> (K. Schum.) H. Monteiro	Mela bode	Malvácea	
<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.	Macambira	Bromeliácea	
<i>Bumelia sartorum</i> Mart.	Quixabeira, rompe-gibão	Sapotácea	frutos abrem-se explosivamente; estalam nas horas mais sêcas. introduzida, provávelmente da África tropical.
<i>Bursera leptophloeos</i> Engl.	Imburana de cambão	Burserácea	
<i>Caesalpinia microphylla</i> Mart.	Catinga de porco	Leguminosa	
<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Catingueira	Leguminosa	sempre verde, tóxica aos equinos; cresce à sombra de outras plantas.
<i>Calotropis procera</i> (Willd.) R. Br.	Algodão de seda	Asclepiadácea	
<i>Capparis cynophallophora</i> Linn.	Feijão bravo, feijão de boi	Caparidácea	
<i>Capparis jacobinae</i> Moric.	Icó preto	Caparidácea	
<i>Capparis yco</i> (Mart.) Mart. et Eichl.	Icó	Caparidácea	

<i>Cassia bicaupsullaris</i> Willd.	Mata-pasto	Leguminosa	típica, mas não ocorre na região.
<i>Cassia uniflora</i> Mill.	Mata-pasto	Leguminosa	
<i>Cavanillesia arborea</i> K. Schum.	Barriguda	Bombacácea	
<i>Cereus jamacaru</i> P. DC.	Mandacará, cardeiro	Cactácea	
<i>Cereus squamosus</i> Guerke	Faxeiro	Cactácea	não encontrei na região; freqüente no Ceará.
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	Combretácea	
<i>Cordia leucocephala</i> Moric.	Moleque duro	Boraginácea	
<i>Croton campestris</i> St. Hil. emend. Müll. Arg.	Velame	Euforbiácea	
<i>Croton sincorensis</i> Mart.	Marmeleiro	Euforbiácea	
<i>Euphorbia phosphorea</i> Mart.	Pau de leite	Euforbiácea	não encontrada na região; latex fosforescente, seg. Martius.
<i>Harrisia adscendens</i> Brit. et Rose	Chegue-pra-lá	Cactácea	
<i>Jatropha elliptica</i> (Pohl) Müll. Arg.	Raiz de teiú	Euforbiácea	
<i>Jatropha phyllacantha</i> Müll. Arg.	Faveleira	Euforbiácea	
<i>Jatropha pohliana</i> Müll. Arg.	Pinhão bravo	Euforbiácea	caule suculento; urticante
<i>Jatropha urens</i> Linn.	Cansanção	Euforbiácea	não encontrei na região
<i>Kallstroemia tribuloides</i> (Mart.) Wight et Arg.	Rabo de calango	Zigofilácea	
<i>Licania rigida</i> Benth.	Oitica	Rosácea	acompanha cursos d'água; muito resistente à seca; não encontrei na região; freqüente no Ceará.
<i>Manihot glaziovii</i> Müll. Arg.	Manicoba	Euforbiácea	algumas raízes tuberosas reservam água
<i>Maytenus rigida</i> Mart.	Bom-nome ou pau-de-colher	Celastrácea	muito resistente à seca
<i>Melanoxylon brauna</i> Schott		Leguminosa	

<i>Melloa populifolia</i> Bur. ex Benth. et Hook. fil.	Cipó de cesta	Bignoniácea	trepadeira
<i>Melocactus bahiensis</i> (Brit. et Rose) Wandern.	Corôa de frade	Cactácea	
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.	Sabiá	Leguminosa	não encontrei na região; freqüente no Ceará.
<i>Mimosa hostilis</i> Mart.	Jurema preta, espinheiro	Leguminosa	
<i>Neoglaziovia variegata</i> Mez	Caroá	Bromeliácea	
<i>Nicotiana glauca</i> Grah.	Dor de cabeça	Solanácea	nas depressões; acompanha estradas; quase inerte
<i>Opuntia bahiensis</i> Brit. et Rose	Quipá	Cactácea	
<i>Opuntia inamoena</i> K. Schum.	Quipá	Cactácea	
<i>Opuntia palmadora</i> Brit. et Rose	Quipá, palmatória	Cactácea	
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	Quebra-facão	Litrácea	
<i>Pilocereus gounellei</i> Weber ex K. Schum.	Xique-xique	Cactácea	
<i>Piptadenia macrocarpa</i> Benth.	Angico	Leguminosa	
<i>Portulaca oleracea</i> Linn.	Beldroega	Portulacácea	
<i>Quebractia brasiliensis</i> (Engl.) Griseb.	Barauna, brauna	Anacardiácea	
<i>Ruellia asperula</i> Lindau	Melosa	Acantácea	
<i>Sesum cicatricosum</i> Pax et K. Hoffm.	Burra leiteira	Euforbiácea	
<i>Selaginella convoluta</i> (Walk et Arnoff) Spring.	Jericó	Selaginelácea	resiste a forte dessecação
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Imbuseiro	Anacardiácea	algumas raízes tuberosas (bucús) reservam água
<i>Tabebuia caraiba</i> Mart.	Caraibeira	Bignoniácea	acompanha cursos d'água; floresce no auge da seca.
<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	Joazeiro	Ramnácea	mais freqüente em baixadas; muito resistente à seca.

Ao terminar esta parte descritiva de nosso trabalho, lembraríamos novamente o estudo botânico mais extenso sobre o Nordeste, o de Luetzelburg (61). Juntamente com muitos dados fisionômicos e florísticos, o autor apresenta, sobre vários problemas, numerosas informações de valor. E' lamentável, no entanto, que tudo seja feito de maneira desordenada, tornando difícil, quase impossível, o encontro de qualquer informação específica que se deseje, nas numerosas páginas reunidas em três volumes. Tal dificuldade ainda mais se acentua, pela circunstância de se encontrarem as informações de ordem geral, relativas à caracterização dos diversos tipos de vegetação descritos anteriormente, só no 3.º volume. Isso é, em verdade, lamentável, especialmente porque, com referência à vegetação nordestina, há uma série de nomes de uso corrente, cujas acepções variam com os lugares. Assim, a vegetação conhecida como caatinga, em Paulo Afonso, toma o nome de carrasco, no Ceará, onde se reserva o nome de caatinga a uma associação bem diversa. Análogamente, o agreste, que é mais denso e menos sêco do que a caatinga baiana, e que, segundo Moraes Rego (76), recebe a denominação de carrasco, em certas zonas do vale do São Francisco, é equivalente ao que, na região de Paulo Afonso, tem o nome de raso.

Essa vegetação, que conhecemos próximo de Paulo Afonso, no local denominado Raso da Catarina, tem, realmente, composição bem diversa da caatinga estudada^{19a}. O solo, muito mais arenoso do que em geral os da caatinga, é desprovido dos numerosos fragmentos de rocha que o revestem na região de Paulo Afonso. Segundo Moraes Rego, em "região próxima a São Francisco, o agreste recebe a denominação de raso confinando com os tabuleiros, que são campos cerrados" (l.c. p. 135). Esta informação está em desacôrdo com o que afirmam Rawitscher e colaboradores (96, p. 290): "As listas extensas de Luetzelburg (1923) não dão uma distinção clara. Mencionamos somente, que a vegetação de campos cerrados, neste autor, aparece misturada com a das caatingas, embora, na verdade constitua uma vegetação bem diferente, da qual, em todo percurso da caatinga não encontramos nenhum representante". Também não vimos associação típica de cerrado na região. Não se pode duvidar, porém, de que Moraes Rego conhecesse os cerrados. Além disso, na Paraíba, essa vegetação que é, realmente, conhecida como "tabuleiro", pode-se encontrar ao lado da caatinga, havendo mesmo, em certas zonas, confluência de elementos de ambas as associações. Foi o que vimos também no Ceará, nas vizinhanças de Fortaleza. E Loeftgren (58, p. 15), descrevendo a vegetação desse Estado,

(19a) — Dominam os arbustos, as árvores são poucas, a vegetação herbácea é escassa, quase inexistente. Das plantas da caatinga confinante, persistem: pinhão bravo, imbú, imburana, faxeiro, quipá, mandacarú, corôa de frade. Relativamente freqüentes, mas não encontradas na caatinga, são: caçatinga (Malvacea), premprem (provavelmente uma espécie próxima de *Caesalpinia pyramidalis*, catingueira), murici (*Byrsonima* sp.), quatro patas (uma Apocinácea: *Allamanda violacea* Gardn.), etc.

diz: "Uma parte do centro desta chapada (região de Viçosa, São Benedito, etc.)²⁰ e alguns outros lugares, principalmente para o lado da vertente do Piauí, é bastante arenosa e ali se desenvolveu uma vegetação especial na qual entram muitas das espécies características dos serrados geraes do Brasil. Encontramos alli o *stryphnodendron barbatimão*, *byrsonima verbascifolia*, *piptadenia rígida*, varias *heteropteris* e *smilax*. Até o *eremanthus sphaerocephalus*, *psychotria rígida*, *miconia albicans*, uma *escallonia* e uma *styrax*, todas habitantes dos serrados mineiros e paulistas. As nossas listas darão melhor ideia desta flora semioreadica, na qual as espécies hamadryadicas dos juremas, caatingueiros, sabiás e outros lançam uma nota de verdadeira confusão"²¹.

(20) — Parêntesis do autor do presente trabalho.

(21) — Mantivemos nesta citação, como nas demais, a grafia empregada pelo autor, mesmo com relação aos nomes científicos.

**Faculdade de Filosofia
Ciências e Letras
Biblioteca Central**

METODOLOGIA.

Determinação da transpiração.

As medidas de transpiração foram feitas pelo método das pesagens rápidas, com o emprêgo de uma balança de torção (Torsionswage Jung, Heidelberg, Alemanha). A balança, numa caixa de vidro aberta apenas na face anterior, ficava, no cerrado, sob um telheiro construído para proteger um poço, especialmente excavado com o fim de permitir o estudo das oscilações do lençol subterrâneo; na caatinga, abrigava-se, como os demais instrumentos, à sombra de uma árvore qualquer. Tudo preparado, permanecíamos à mesa onde se encontrava a balança e mediante um aviso, outra pessoa cortava um ramo da planta em observação, para não-lo entregar sem perda de tempo, correndo; escolhíamos rapidamente uma fôlha do ramo e lhe determinávamos o pêso. Todas essas operações, com prática e boa organização, podem ser executadas em poucos segundos.

Embora vários autores, por exemplo Konis (cf. Mendel 74, p. 46), acreditem que as fôlhas devem, entre as pesagens, ser recoladas na planta, em seus lugares naturais, outros, como Mendel (74) desprezam tal precaução. Não a tivemos também; deixamos a fôlha pendurada na balança, por julgarmos menos prejudicial essa técnica, do que levar e trazer a fôlha, de um lugar para outro, várias vezes. Como o método das pesagens rápidas que adotamos, já foi usado entre nós, muitas vezes (23, 24, 25, 27, 89, 91, 92, 98, 100, 139) e a justificação de sua preferência se encontra em trabalhos anteriores dispensamo-nos de reproduzi-la aqui.

Introduzido no Brasil em 1942 por Rawitscher (91) era, todavia empregado há muito tempo em outros países. Entre os que o utilizaram com preferência, em estudos de transpiração, sob condições de campo, cita-se Stocker (129, 130, 131, 132). De seus trabalhos, interessam-nos mais, no momento, os que realizou nas estepes secas da Hungria (130), e no Sahara (132), porque lá muitos problemas são bastante semelhantes aos que investigamos.

Desde o início de seu emprêgo, o método das pesagens rápidas vem sofrendo críticas sistemáticas. Assim, em 1928, Iwanoff (45) constatou que a transpiração pode mostrar valores mais elevados, alguns minutos após a obtenção do valor inicial determinado logo após a colocação da fôlha cortada, na balança. A explicação dada, habitualmen-

te, para êsse “efeito de Iwanoff”, é a seguinte: o corte do pecíolo determina a libertação das tensões sob as quais se encontram os vasos, e dêsse fato resulta um impulso da água neles existente, para a periferia da fôlha, que se apresentará, assim, momentâneamente, num estado de super-saturação. Pfeleiderer (85), em cuidadoso estudo crítico, não pôde, todavia confirmar êsse efeito. Rawitscher (92) refere-se a experiências próprias, que ainda não havia publicado, nas quais, fôlhas de *Tropaeolum majus* e de *Cissus discolor*, saturadas, foram cortadas sob parafina fundida, que penetra prontamente nos vasos lenhosos e os obtura. Colocadas na balança, a perda de água de tais fôlhas pode ser acompanhada de minuto a minuto. À medida que decresce o seu conteúdo d’água, desenvolvem-se tensões cada vez maiores no interior de seus tecidos. Depois de algum tempo, quando as fôlhas haviam perdido cêrca de 25% da água que possuíam no estado de saturação, novo corte era feito no pecíolo, acima da parte obturada pela parafina. Verificou o autor que os valores não se alteravam pelo segundo corte. Essas experiências foram repetidas recentemente por Rawitscher e Morrello (100) que intentaram esclarecer a dúvida novamente levantada por Franco e Inforzato (29b) sôbre a aplicabilidade do método de pesagens rápidas. Êsses autores, comparando os resultados obtidos por pesagens rápidas, com os fornecidos pela potometria, e, encontrando divergências entre os mesmos, concluíram pela inconveniência do uso do primeiro método. Concordamos com a opinião de Rawitscher e Morrello (100), segundo a qual não se pode “a priori” optar em favor de um de dois métodos cujos resultados sejam divergentes, sem primeiro se estabelecer, experimentalmente, qual dos dois é, realmente, o preferível.

Em estudos de campo não há necessidade de se considerar o efeito de Iwanoff, embora seja sempre desejável excluir a possibilidade de sua ocorrência, em cada caso.

Objeção mais séria ao método das pesagens rápidas, é a de poderem os primeiros valores ser mais baixos do que os realmente existentes na fôlha, antes de destacada da planta. Todos os que têm certa experiência em trabalho experimental sôbre a transpiração, empregando o referido método, sabem, todavia, que durante um certo intervalo, variável para diversas plantas, a transpiração permanece quase constante. Só depois que a fôlha, tendo já perdido certa porcentagem de água, inicia o fechamento dos estômatos, é que uma queda apreciável da transpiração se verifica. Assim, trabalhando-se com a rapidez necessária, os primeiros valores não devem diferir muito daquêles que a fôlha *in situ* apresenta. A tais conclusões foi levado Stalfelt (125, 126), cujos dados estão hoje amplamente confirmados.

Muito elucidativo é o trecho que a seguir transcrevemos de Oppenheimer (83, p. 105), com o qual concordamos inteiramente: “The use

of the torsion balance for the establishment of natural transpiration figures is certainly fraught with serious objections. We are however, convinced that the information on the water expense of plants in their natural habitat, as gained by weighings of isolated organs at brief intervals is basically sound".

Resta somente estabelecer o intervalo de tempo conveniente entre as duas pesagens que devem fornecer o valor da razão de transpiração. Intervalos como os empregados por Seybold (114), de 15 minutos, são, certamente, muito grandes. Henrici (36), que estudou a transpiração de várias plantas em regiões secas da África do Sul, achou conveniente o intervalo de 3 minutos entre as duas pesagens. Outros autores empregaram intervalos ainda menores. Vasiljev (138), por exemplo, autor de estudos das plantas do deserto do Kara-Kum, no Turquestão, realizou as duas pesagens com intervalo de 1 minuto apenas. Em nossos trabalhos, no cerrado, verificamos que, mesmo estando a balança protegida por uma caixa aberta somente na parte anterior, as correntes de vento, muito intensas, impediam uma leitura precisa antes de 5 minutos. O fato de escolhermos esse intervalo para nossas pesquisas não prejudica nossos resultados, porque em quase todas as plantas estudadas, o fechamento dos estômatos é muito lento (23).

Na caatinga verificamos, desde logo, a conveniência de diminuir o intervalo entre as pesagens porque a reação estomática é, em geral, muito mais rápida (27).

A fim de possibilitar comparação e interpretação de valores obtidos por pesagem, é necessário convertê-los a uma unidade comum, seja referindo tais valores ao peso das folhas, seja à sua superfície. Ambos os sistemas são comumente empregados, preferindo-se o segundo por ser a transpiração uma função da superfície. Entre os que se referem ao peso (peso fresco, isto é, o peso da folha no momento em que foi colhida) citamos Oppenheimer (83) e Mendel (74).

Os valores da transpiração foram, pois, referidos a uma superfície unitária (100 cm^2) e só depois utilizados na confecção das curvas a serem apresentadas. A determinação da superfície das folhas foi feita por comparação do peso de moldes recortados em papel, com o de um pedaço do mesmo papel, de superfície conhecida.

De cada espécie de planta estudada, diversas curvas de andamento diário da transpiração foram traçadas, nas várias épocas em que a pesquisa se realizou. Essas curvas foram construídas à base de determinações da transpiração de folhas colhidas a certos intervalos, sempre da mesma planta, e comparáveis, dentro do possível, quanto à idade, às dimensões e à situação na planta. Todos estes fatores devem, obrigatoriamente, ser considerados, pois, as pesquisas de diversos au-

tores, como Bartholomew (5), Huber (39), Keller (48), mostraram que folhas inseridas em posições diferentes, da mesma planta, podem apresentar grandes variações nos valores de transpiração. Dessa forma não se pode esperar que o comportamento de uma só folha, num dado instante, represente o comportamento médio de toda a planta. Isto se torna mais claro, quando se considera que diferentes lados da planta podem estar sujeitos a condições diversas em dado momento, e, por conseguinte, a transpiração de folhas de um lado poderá ser muito diversa da transpiração de qualquer outro. E' o que se verifica, por exemplo, nas experiências de Poljakov (88) que estudou, na Palestina, o balanço de água de certas árvores mediterrâneas. O mesmo fenômeno foi descrito por Ferri e Labouriau (27) na caatinga, com relação ao comportamento do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*).

Para contornar essa dificuldade, vários pesquisadores, por exemplo, Oppenheimer e Mendel (84), determinam a transpiração de diversas folhas e estabelecem o valor médio. Em nossas pesquisas no cerrado, preferimos traçar várias curvas para cada espécie, no mesmo dia, sendo cada ponto de uma curva, resultante da determinação de uma única folha. Desde que as curvas concordem em seu aspecto, devem representar o comportamento geral da planta. A razão da preferência deste processo está no fato de, no cerrado, poderem oscilar muito, num curto lapso de tempo, as condições de temperatura, umidade, ventilação e iluminação. Para colher uma folha, colocá-la na balança, fazer a primeira e a segunda pesagens, com um certo intervalo, consomem-se alguns minutos. E o repetir esse trabalho com várias folhas, leva a atrasar as determinações, de vários minutos, e, conseqüentemente, a colocar em condições diferentes, as últimas folhas em relação às primeiras. Na caatinga, esse perigo se reduz, graças às condições ambientes, geralmente, muito mais estáveis. Além disso, o intervalo entre as pesagens foi menor, como dissemos. Assim, neste caso, cada ponto das curvas representa a média de 3 determinações, no mínimo.

Qualquer que seja, porém, o processo que se empregue, as conclusões gerais só devem ser tiradas da análise conjunta de todas as curvas, levando-se sempre em consideração todas as outras observações. Tal conduta anula as eventuais causas de erro.

Infiltração.

Este método, introduzido na pesquisa botânica por Molisch (75), consiste em colocar, delicadamente, à superfície da folha, uma gota de xilol, benzol, éter de petróleo, óleo de parafina, ou outros líquidos de tensão superficial e viscosidade baixas; se os estômatos estiverem abertos, haverá penetração do líquido, que expulsará o ar dos interstícios intercelulares, dos parênquimas subjacentes, formando-se, em conseqüên-

cia, manchas de maior transparência, bem distintas do resto da folha. Certos líquidos como a parafina, só penetram quando as aberturas estomáticas são bem grandes. Outros infiltram-se por fendas bastante reduzidas, por exemplo, o xilol. Em vista disso, certos autores, como Dietrich (16) e Schorn (108), organizaram séries de diversos líquidos para avaliarem o grau de abertura dos estômatos. Essas séries têm sido empregadas com certas alterações por outros pesquisadores, como Pisek e Cartellieri (87b), Oppenheimer e Mendel (84), entre outros. Hoje sabemos que o método de infiltração é muito impreciso e, por esse motivo só deve ser utilizado na obtenção de dados provisórios, que permitam uma avaliação rápida a ser posteriormente comprovada por métodos mais seguros. Em publicação recente Oppenheimer (83), que estudou o balanço de água de florestas mediterrâneas, assim se expressou: "As to the use of Molisch's infiltration method we found its application to our objects by no means easy" (1. c., p. 106). O autor empregou em suas investigações, querozene, mistura de terpinol e óleo de rícino (na proporção de 2: 1), e óleo de parafina.

Convém esclarecer ainda que, quando há penetração, isso nem sempre indica abertura dos estômatos, porque o líquido pode se infiltrar por pequenas fendas muito freqüentes, em especial na cutícula das folhas mais velhas. De outro lado, o fato de não haver infiltração, não indica fechamento perfeito dos estômatos, porque antes que isso aconteça, as fendas estomáticas se reduzirão de tal forma que mesmo a passagem dos líquidos mais infiltrantes será impossível. Além disso, há a considerar o caso das folhas heterobáricas, isto é, com câmaras subestomáticas isoladas, que não permitem infiltração, ainda quando os estômatos estejam bem abertos, porque a própria gôta impede a expulsão do ar dos tecidos subjacentes (vide observações de Rawitscher e Ferri (98) em *Cedrela fissilis*). A dificuldades desta ordem reporta-se Oppenheimer (80), com referência à transpiração de *Quercus ithaburensis*: "The decline of transpiration intensity is probably a consequence of stomatal regulation. But this could not be established since the structure of the leaves of this tree is unfavorable for the use of Molisch's injection method". (1.c., p. 178).

Como foi dito acima, esse método deve ser reservado à coleta de dados preliminares, porque exige sempre confirmação posterior. Com ele se pode fazer uma avaliação rápida do comportamento dos estômatos de numerosas espécies, nas diversas horas do dia. Nesse sentido o método pode ser muito útil, se usado com critério; e pode mesmo ser empregado para fins práticos, ligados, por exemplo, ao estabelecimento das necessidades de irrigação de culturas (vide Oppenheimer 82). Para isso, bem como para pesquisas do tipo da presente, não é necessário o emprego de uma série completa de infiltração. Em nossas experiências limitamo-nos, em geral, ao emprego de xilol.

Determinação da evaporação livre.

A fim de estabelecer o andamento diário da evaporação, servimo-nos de valores obtidos com um evaporímetro de Piche, de construção própria. Consta de uma pipeta de 5 cc, graduada ao décimo, fechada ao fogo, na parte afilada, onde se fixou um pequeno filamento metálico que permitisse suspender o evaporímetro. A extremidade oposta foi introduzida numa rôlha de cortiça perfurada, à qual se prende, por meio de pequena mola de aço, um disco de papel mataborrão verde. À pipeta, rigorosamente limpa, e cheia de água, adapta-se o disco de mataborrão na posição devida. À medida que a água se evapora do disco, êle se reabastece da água do interior da pipeta, cujo menisco se desloca e permite estabelecer a quantidade evaporada. Essa quantidade, dividida pelo tempo, dá a razão de evaporação da superfície livre do disco, que em nosso instrumento é de 36,30 cm². No cálculo dessa superfície foi descontada a parte coberta pela rôlha à qual está prêso o disco. Todos os valores foram posteriormente convertidos a uma superfície de 100 cm².

Não havia, na presente investigação, interêsse em determinar valores absolutos de transpiração, nem em obter dados que servissem para comparar a grandeza da transpiração de várias plantas. Para tais fins é necessário estabelecer-se o valor da evaporação com maior rigor e os ecologistas (23, 47, 91, 92, 126), costumam, então, servir-se de evaporímetros de fôlha (Blatt-Evaporimeter). Em nosso caso, tais evaporímetros só foram usados ocasionalmente, para determinar a transpiração

relativa²² $\left(\frac{\text{Transpiração}}{\text{Evaporação}} \times 100 \right)$ e também para algumas determina-

ções de transpiração cuticular. O molde da fôlha cuja transpiração se estabeleceu, é recortado em papel mataborrão verde e embebido de água; após escoamento do excesso é pendurado na balança, na mesma posição em que estivera a fôlha; por pesagens sucessivas, obtem-se a razão da evaporação de uma superfície igual à da fôlha, em condições comparáveis à daquela, dentro do possível. A côr verde do mataborrão, aproximando-se à côr da fôlha, determina absorção comparável das radiações luminosas, o que é importante a fim de garantir temperatura aproximadamente igual em ambos os casos; desvios de temperatura da superfície evaporante modificam a umidade relativa das camadas adjacentes de ar e, em consequência, alteram a evaporação.

Como diversos investigadores mostraram, entre êles Sierp e Seybold (119), até a posição do molde influi sôbre a razão de sua evaporação: na vertical é maior do que na horizontal, devido a correntes de

(22) — O conceito de transpiração relativa foi introduzido na literatura botânica por Livingston (55) que mostrou poder êsse valor variar consideravelmente no decurso do dia.

convecção. Kamp (47), por exemplo, constatou valores de evaporação de 1,6 a 2,7 vezes maiores num molde de fôlha pendurado do que em equivalente superfície livre de água, colocada numa placa de Petri. Martin (64) também chamou a atenção para o fato de que a forma, o tamanho e a posição do evaporímetro devem ser levados em conta. E todos os fatores que influem sobre a evaporação, agem, igualmente, na transpiração (40, 64, 69, 115).

Nos gráficos em que traçamos as curvas diárias de evaporação, incluímos outras que representam o andamento da temperatura e da umidade relativa do ar, determinadas com termômetro de máxima e mínima e com um higrômetro de cabelo²³, respectivamente. Melhor fôra estabelecer, não a umidade relativa, mas o deficit de saturação da atmosfera, do qual depende diretamente a evaporação. Como, no entanto, conhecendo-se a umidade relativa e a temperatura, não há dificuldade em se encontrar o deficit de saturação, limitamo-nos a registrar a variação da umidade relativa, de constatação direta. Todos os aparelhos foram mantidos à sombra, em condições comparáveis às das fôlhas, no momento em que a transpiração estava sendo estudada.

Determinação da transpiração cuticular.

A metodologia do estudo da transpiração cuticular encontra diversas dificuldades já analisadas, entre nós, por Rawitscher e Ferri (98).

Nas presentes determinações, a transpiração cuticular foi obtida, em plantas da caatinga, quando as curvas de perda de água de fôlhas isoladas assumiram um trajeto quase horizontal, indicando perdas pequenas e praticamente constantes. Em tais circunstâncias, o fechamento estomático verifica-se em consequência do estabelecimento de um certo deficit de saturação nos tecidos, e o valor de transpiração cuticular obtido é um pouco inferior àquêlê que a fôlha apresentaria se perfeitamente saturada. Nas plantas da caatinga, êsse fato não precisa ser considerado, porque em geral os estômatos têm reação muito rápida; fecham-se perfeitamente em poucos minutos depois da fôlha colhida; a quantidade de água perdida é, assim, muito pequena e o deficit de saturação estabelecido, muito baixo. Já nas plantas do cerrado, cuja reação estomatar é, em geral, muito mais lenta, o fechamento perfeito dos estômatos, na fôlha destacada da planta, quase nunca ocorre; quando isso acontece, é somente após um período de tempo relativamente longo, depois do aparecimento de um elevado deficit de saturação. Assim, a transpiração cuticular encontrada nas condições descritas será, realmente, bem inferior à que a fôlha *in situ* apresentaria. Em casos como

(23) — Êsse higrômetro era cuidadosamente aferido, antes de ser usado em cada estágio no campo, por comparação de seus resultados, durante vários dias, com os obtidos através das variações de dois termômetros, um seco, outro umedecido.

êsse, costuma-se revestir com uma camada uniforme e delgada, de vaselina, a superfície inferior de folhas que têm estômatos somente nessa face. Esse revestimento se faz na folha ainda presa à planta. A transpiração, cujo valor é obtido por pesagens, dar-se-á só pela superfície não vaselinada e, por conseguinte, os cálculos devem basear-se nessa superfície somente. Como a vaselina não é perfeitamente impermeável (47, 98) necessário se torna estabelecer qual a quantidade de água que pode atravessá-la. Consegue-se isso vaselinando-se uma folha em ambas as faces.

Se, como indicamos, uma folha com perda de certa quantidade de água, isto é, não perfeitamente saturada, sofre redução do valor da transpiração cuticular, outra, com a face inferior vaselinada, que transpire cuticularmente apenas pela face superior, apresenta um pequeno aumento da perda de água, porque a impermeabilização de uma face acarreta à face oposta, um acúmulo de água, tornando-a, ao menos temporariamente, supersaturada.

Todos esses fatos devem ser tomados em conta quando se deseja obter valores precisos. Mas, em pesquisas de campo, esse rigor que é praticamente impossível, torna-se desnecessário, pois em tais casos, o que se pretende é determinar a ordem de grandeza dos fenômenos. Assim, em nossas pesquisas, a transpiração cuticular de plantas da caatinga só foi determinada em folhas destacadas, após fechamento dos estômatos; quanto às do cerrado, empregamos de preferência, folhas vaselinadas, sem, todavia, computar a fração de água que atravessa a vaselina.

Deficit de saturação.

Perdendo água com grande rapidez, a planta nem sempre consegue reabastecer-se perfeitamente. Isso acontece, quer por deficiência de água nas camadas de solo exploradas pelas raízes, quer por ineficiência do sistema de absorção ou de condução, ou, ainda, de ambos. Daí resulta o estabelecimento de um deficit de saturação, que, em folhas mais delicadas, se manifesta pelo murchamento. Em folhas coriáceas, mesmo depois de perderem muita água, é difícil notar-se qualquer alteração. Nestes casos, especialmente, a determinação experimental dos deficits de saturação é indicada.

Em trabalhos de laboratório, a determinação rigorosa de deficits de saturação segue, geralmente, o critério estabelecido por Stocker (129).. A folha colhida é pesada rapidamente (pêso fresco). E' em seguida posta numa câmara úmida, onde deve permanecer cerca de 24 horas, com o pecíolo nágua, a fim de atingir pêso constante (pêso saturado), que indica saturação; é então transferida para uma estufa onde fica à temperatura de 75 a 80° C, durante outras 24 horas, aproximadamente;

tempo em geral suficiente para dessecá-la por completo, o que se constata por pesagens sucessivas, a intervalos determinados. Retirada da estufa, a folha é colocada num dessecador, onde aguarda resfriamento à temperatura ambiente. Só então é pesada (pêso sêco). A diferença entre o pêso saturado e o pêso sêco indica o conteúdo máximo de água; e a diferença entre o pêso fresco e o pêso sêco dá o conteúdo real, no momento em que a folha foi colhida. O deficit de saturação é calculado, partindo-se dêsses dois valores, pela fórmula de Stocker (129):

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

Em pesquisas de campo, nem sempre é possível determinar-se o pêso sêco das folhas, pois estas deveriam ser conservadas durante vários dias, talvez, e depois, transportadas para o laboratório. Nesse ínterim ocorreriam processos catabólicos que conduziriam à diminuição do pêso sêco, alterando, pois, os resultados.

Assim, os valores de deficit de saturação não foram determinados, em geral, em função do conteúdo máximo de água, mas estabelecendo-se a diferença entre o pêso saturado e o pêso fresco, e calculando-se tal diferença como porcentagem do pêso saturado. Como o pêso sêco é muito pequeno, geralmente, o êrro em determinações feitas pela forma indicada não pode ser grande. Em alguns casos, todavia, em que foi possível adiar as determinações até o último momento, o que permitiu ter as folhas em condições desfavoráveis, durante um período de tempo relativamente curto, preferimos trazê-las para o laboratório, a fim de determinar-lhes o pêso sêco e calcular o deficit de saturação de acôrdo com as referidas instruções de Stocker.

ANDAMENTO DIARIO DA TRANSPIRAÇÃO.

Plantas do cerrado.

Antes de analisarmos o andamento diário da transpiração, desejamos indicar o curso das condições climáticas dominantes no cerrado de Emas, nos dias em que as determinações de transpiração foram executadas. Para isso apresentamos dois gráficos (Fig. 20) que mostram a marcha da temperatura, da umidade relativa, e da evaporação, em dois dias, um do início e outro do fim da estação sêca de 1943. Êsses gráficos, escolhidos entre os numerosos que foram feitos, são típicos das épocas em que o estudo da transpiração foi realizado. Observa-se pelo primeiro, que no início da sêca o dia começa, freqüentemente, com temperatura muito baixa, às vêzes, próxima de zero; só a partir do meio dia, ela atinge valores relativamente altos, que persistem até 16 horas mais ou menos, quando, com o cair do sol, baixa depressa e se mantém,

durante a noite, próxima a zero, que eventualmente pode ser ultrapassado. Num só dia podemos, por conseguinte, observar uma diferença de temperatura de cerca de 30 graus, entre a máxima e a mínima. A umidade relativa começa com o valor de 100% que pode persistir até às 9 horas ou mais tarde, caso nevoeiro denso atrase o aparecimento do sol. Caem depois os valores rapidamente, atingindo o mínimo (ao redor de 40%, em geral), quase sempre por volta das 15 horas. À tarde, a umidade relativa sobe de novo, rapidamente. Com o grande abaixamento da temperatura noturna, o excesso de umidade condensa-se e cai, com frequência, sobre a vegetação, em forma de orvalho tão abundante nessa época, a ponto de molhar por completo o vestuário de quem caminhe entre as plantas. Até às 9 horas e, muitas vezes, até mais tarde, a eva-

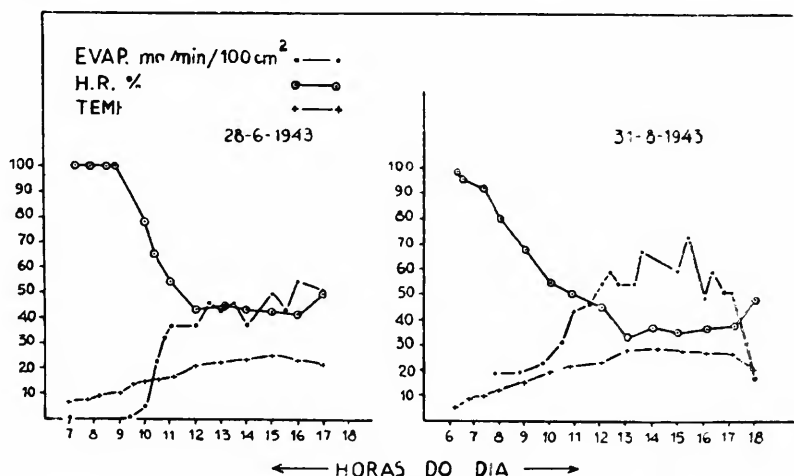


Fig. 20: Andamento diário da evaporação, umidade relativa e temperatura, no início e no fim da seca, no cerrado de Emas. Seg. dados de Ferri (23).

poração é nula ou seus valores são extremamente baixos. Entretanto, assim que a umidade relativa começa a decrescer e a temperatura a se elevar, os valores positivos de evaporação surgem e sobem rapidamente, indo ao máximo entre 15 e 16 horas.

O segundo gráfico da mesma figura, de um dia típico do fim da seca, confirma a maior severidade das condições dessa época. Assim é que a umidade relativa, já ao redor das 7 horas, embora muito próxima, está abaixo de 100%. A mínima, em geral, atingida mais cedo, é um valor mais baixo do que o da época anterior. A temperatura noturna não apresenta, via de regra, valores tão baixos quanto os do início da seca em cujo fim, excepcionalmente, podem ocorrer geadas tardias. A temperatura máxima supera de alguns graus a observada no princípio da seca. Em concordância com estes dados, os valores positivos de evaporação iniciam-se mais cedo e são, geralmente, bem mais elevados que os obtidos no começo da estação. Os dois gráficos apresentados mos-

tram, por exemplo, que o máximo de evaporação observado às 16 horas do dia 28 de julho, foi de $54 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$, enquanto que no dia 31 de agosto foi de $73 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$ ²⁴.

* * *

No cerrado devemos distinguir logo dois grupos de plantas: o das permanentes e o das que vegetam apenas na época das chuvas, isto é, no verão. As plantas dêste último grupo foram estudadas detalhadamente por Rachid (89), que se dedicou principalmente a pesquisar-lhes a transpiração e os sistemas subterrâneos. Do primeiro grupo nós nos ocupamos, analisando, especialmente, sua transpiração (23). Como êste é incontestavelmente, o grupo que mais interessa às questões em estudo neste trabalho, por ser o que persiste em vegetação mesmo na época da seca, apresentaremos alguns gráficos representativos dos tipos mais

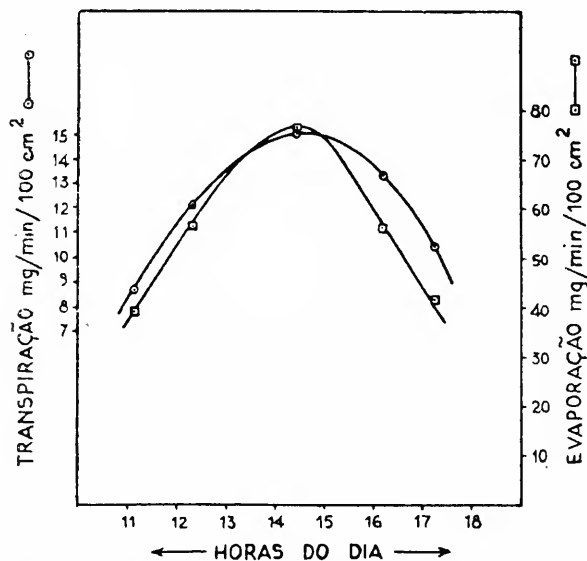


Fig. 21: Andamento diário da transpiração de *Andira humilis*, no início da seca (27-6-1943). Seg. dados de Ferri (23).

freqüentes de andamento diário da transpiração de suas plantas. Com exceção do gráfico que se refere ao comportamento de *Andira humilis*, no fim da estação seca de 1943, que é inédito, os demais foram construídos a partir de dados que já publicamos e que agora foram recalculados, a fim de se apresentarem numa forma comparável aos demais do presente trabalho.

O primeiro tipo é o de *Andira humilis*, cuja transpiração, no início da época seca, tem um andamento que se sobrepõe, quase perfeitemen-

(24) — Valores muito mais elevados podem ocorrer, sobretudo em horas da tarde, quando ventos mais intensos renovam rapidamente as camadas de ar ao redor das superfícies evaporantes. São, todavia, excepcionais (vide Fig. 22 e 26).

te, ao da evaporação (Fig. 21). No fim da sêca, não há alterações sensíveis, ainda que o máximo de transpiração antecipe de uma hora e meia, mais ou menos ao da evaporação (Fig. 22). Outras plantas de comportamento semelhante ao de *Andira humilis*, são as seguintes: *Kielmeyera coriacea*, *Erythroxylum suberosum* e *Echinolaena inflexa* (uma gramínea). Quanto a *Erythroxylum tortuosum*, no início da sêca não restringiu o consumo d'água, mas não pôde ser estudado no fim, por se apresentar sem fôlhas. Devemos mencionar também as fôlhas muito novas de *Kielmeyera coriacea* que mostraram pequena restrição no fim da sêca, mas não no início.

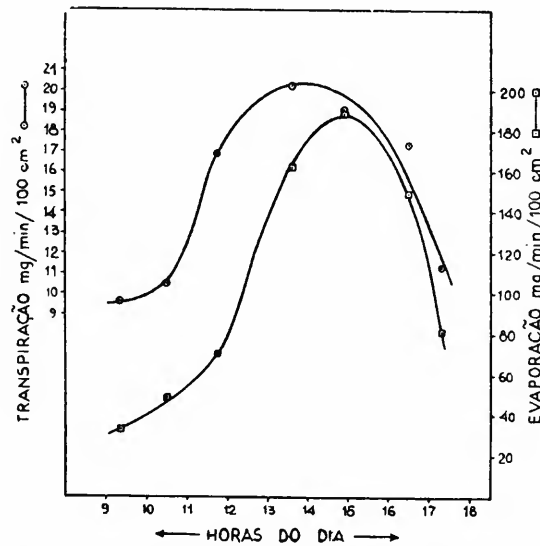


Fig. 22: Andamento diário da transpiração de *Andira humilis*, no fim da sêca (28-8-1943).

O segundo tipo a ser considerado, é o de *Byrsonima coccolobifolia*. O andamento da transpiração desta planta, no início da sêca, está representado na Fig. 23, comparável à de *Andira humilis*, na mesma época. No fim da estação, todavia, enquanto *Andira humilis* mantém-se transpirando irrestritamente, *Byrsonima coccolobifolia* é forçada a restringir o consumo de água durante as horas em que a sêca se agrava. Assim, o gráfico que representa o andamento diário de sua transpiração mostra dois máximos, um às 11, antecipando de 5 horas ao máximo de evaporação, e outro, com êste coincidindo, às 16 horas (Fig. 24). O segundo máximo é explicável sem dificuldade: com o fechamento dos estômatos, durante certo período, há possibilidade de reabastecimento parcial de água, o que permite às fôlhas uma reabertura estomática mais tarde, havendo, em consequência, aumento da transpiração. Comportamento comparável ao de *Byrsonima coccolobifolia* foi encontrado em *Butia leiospatha* (uma palmeira), embora a restrição não tenha sido tão acentuada quanto naquela planta. *Didymopanax vinosum* mostrou,

igualmente, pequena restrição, no fim da sêca. Em *Ouratea spectabilis* a restrição foi mais acentuada e os dois máximos da curva de transpi-

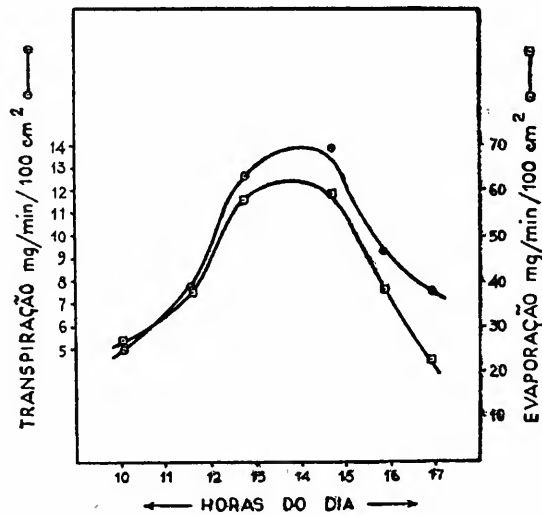


Fig. 23: Andamento diário da transpiração de *Byrsonima coccolobifolia*, no início da sêca (20-6-1943). Seg. dados de Ferri (23).

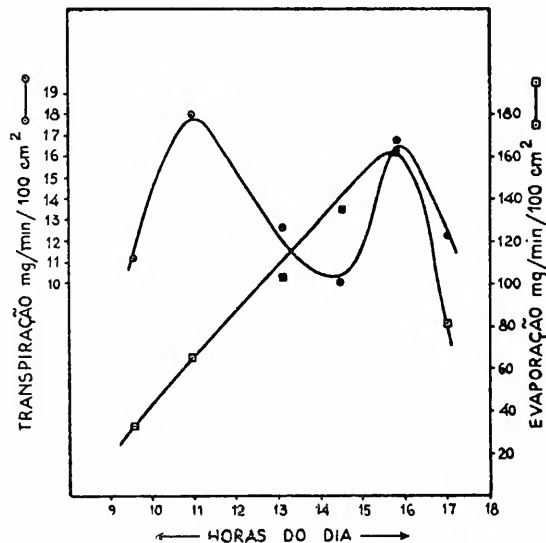


Fig. 24: Andamento diário da transpiração de *Byrsonima coccolobifolia*, no fim da sêca (27-8-1943). Seg. dados de Ferri (23).

ração, no fim da sêca, são bem nítidos como no caso de *Byrsonima*; o fechamento dos estômatos iniciou-se às 10 horas, isto é, uma hora antes que em *Byrsonima*.

O terceiro tipo é representado por *Anona coriacea*, cujo gráfico de transpiração mostra, já no início da seca, uma tendência, ainda que pou-

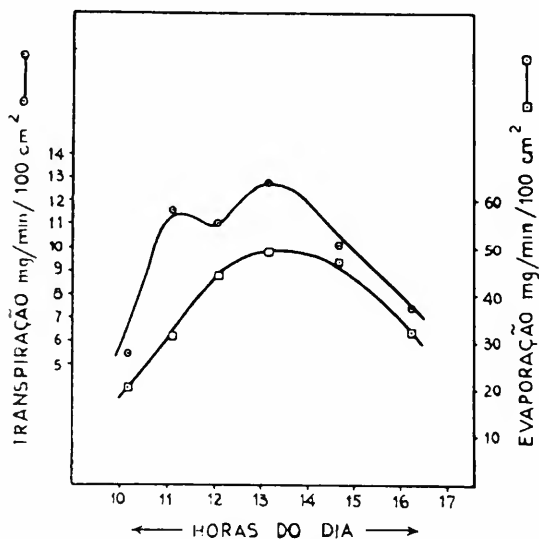


Fig. 25: Andamento diário da transpiração de *Anona coriacea*, no início da seca (21-6-1943). Seg. dados de Ferri (23).

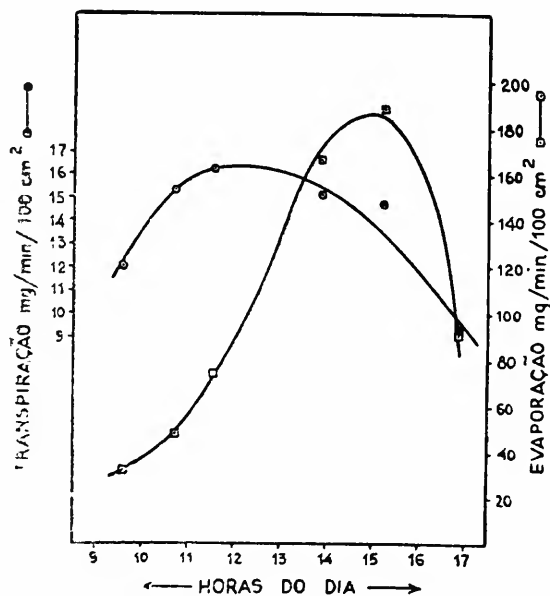


Fig. 26: Andamento diário da transpiração de *Anona coriacea*, no fim da seca (28-8-1943). Seg. dados de Ferri (23).

co notável, a uma depressão entre 11 e 12 horas (Fig. 25). Esta planta, no fim da seca, como era de esperar, mostrou restrição mais acentuada

da transpiração: em certas curvas os dois máximos são evidentes, enquanto que em outras, houve início de fechamento estomático às 12 horas, quando os valores da transpiração revelaram ligeiro decréscimo, que se acentuou gradativamente, sem que sobreviesse o segundo máximo (Fig. 26). Comportamento idêntico não foi encontrado em nenhuma outra planta estudada. O que mais se aproximou do caso de *Anona coriacea* foi o de *Duguetia furfuracea*²⁵ da qual, porém, a restrição de transpiração determinou curvas de dois máximos, no início e no fim da seca.

Finalmente, desejamos mencionar o exemplo de *Alibertia sessilis* estudada só no fim da estação seca, quando mostrou apenas pequena restrição; é, pois, admissível que não precise fazer qualquer economia de água no início da seca.

Plantas da caatinga.

As condições climáticas dominantes em Paulo Afonso, em abril de 1952, quando fizemos o primeiro estágio na caatinga, estão representadas na Fig. 27 pelas curvas do andamento diário da temperatura, da umidade relativa e da evaporação, nos dias 7, 8, 9 e 10. Os dados obtidos nessa época, adiante resumidos, resultaram de um trabalho de colaboração com Labouriau, e já foram em parte publicados (27). Em contraste com o que ocorre no cerrado, vê-se que a curva do andamento da temperatura, na caatinga, não se desvia muito de uma reta horizontal²⁶: realmente, a diferença entre a máxima e a mínima, durante o período em que as observações foram feitas (em geral cerca de 10 horas) não alcança 10 graus²⁷, enquanto no cerrado, como vimos, constata-se uma diferença de 25 a 30 graus, no mesmo período. A umidade relativa, que nesta época pode ser 100%, de manhã bem cedo, cai rapidamente, ficando os valores mínimos não muito afastados de 50%. Deve-se logo salientar que esta é a época de chuvas na caatinga e que as presentes observações foram feitas antes das últimas precipitações da estação. Não é, pois, de estranhar que as condições de seca da atmosfera não sejam, aparentemente, muito mais severas do que as que caracterizam nossos estágios no cerrado, feitos somente na estação seca. Ainda assim, pode-se verificar que o número de horas de menor umidade, durante o dia, é superior na caatinga, mesmo durante a estação de chuvas, que no cer-

(25) — Esta planta, aliás, como já indicamos em trabalho anterior (23), figura na Flora Brasiliensis (66) como *Anona furfuracea* St. Hil., mas foi descrita por Fries (31) como *Abermoa furfuracea* (St. Hil.) Baillon e, mais tarde, o próprio Fries identificou-a, para o herbário do Instituto de Botânica do Estado, como *Duguetia furfuracea* (St. Hil.) Benth. et Hook. fil.

(26) — Os valores apresentados em todos os nossos gráficos estão na mesma escala e podem ser comparados diretamente.

(27) — À noite, porém, pode haver grande queda de temperatura. Isso, aliás, caracteriza bem o clima da região: dia muito quente, noite fresca, quase fria, como já lembrou, entre outros, Azevedo (4), referindo-se ao clima do médio São Francisco.

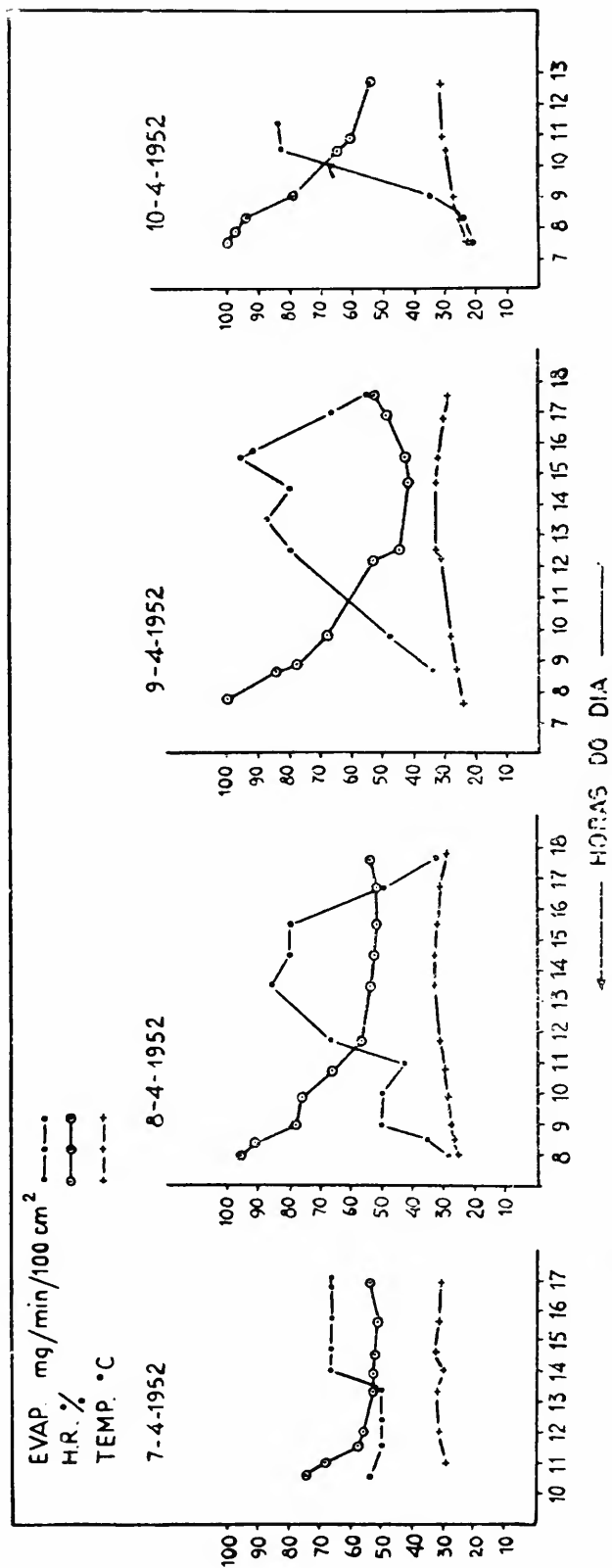


Fig. 27: Andamento diário da evaporação, umidade relativa e temperatura, na caatinga de Paulo Afonso, em abril de 1952. Seg. dados de Ferri e Labouriau (27).

rado, na época seca. E, enquanto o período de evaporação no início da seca no cerrado, durante o dia é de 7 a 8 horas, é de quase o dobro na caatinga, já na estação chuvosa, como se depreende de nossos gráficos. Esses gráficos mostram ainda que os valores máximos da evaporação são muito mais elevados na caatinga do que no cerrado. Do mesmo modo, são mais freqüentes, na caatinga, os valores altos de evaporação. Razões tão altas de evaporação, no cerrado, só se obtêm quando um vento intenso sopra, o que ocorre ocasionalmente, enquanto que na caatinga uma ventilação intensa é normal, em particular, durante as horas da tarde, quase todos os dias.

As plantas estudadas em maiores detalhes foram escolhidas entre as árvores mais freqüentes da região. Quatro espécies apenas foram analisadas no primeiro estágio: imbuzeiro (*Spondias tuberosa* — Anacardiácea); catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* — Leguminosa); faveleira (*Jatropha phyllacantha* — Euforbiácea) e bonomeiro (*Maytenus rigida* — Celastrácea).

A Fig. 28 mostra o curso diário da transpiração de *Spondias tuberosa*, comparado ao da evaporação livre. Deve-se notar que o maior va-

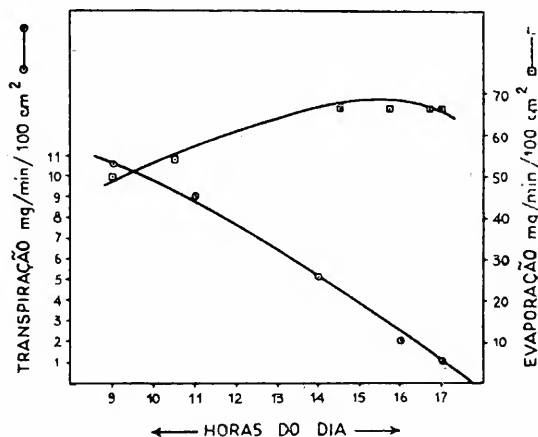


Fig. 28: Andamento diário da transpiração do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*) em 7-4-1952. Seg. dados de Ferri e Labouriau (27).

lor de transpiração (às 9 horas) precede de 7 horas o máximo de evaporação livre. A partir das 9 horas, os valores de transpiração caem gradativamente, em oposição franca à subida progressiva dos valores de evaporação, cujo máximo só foi atingido ao redor das 15 horas.

Comportamento semelhante foi observado em *Maytenus rigida*, como se vê na Fig. 29. No dia em que a transpiração dessa planta foi estudada, o máximo de evaporação ocorreu por volta das 13 horas, quando a transpiração apresentava um valor bem próximo do mínimo, tendo-se verificado o máximo às 10 e meia.

Caesalpinia pyramidalis mostrou um comportamento oposto ao das duas plantas anteriormente citadas: transpirou irrestritamente to-

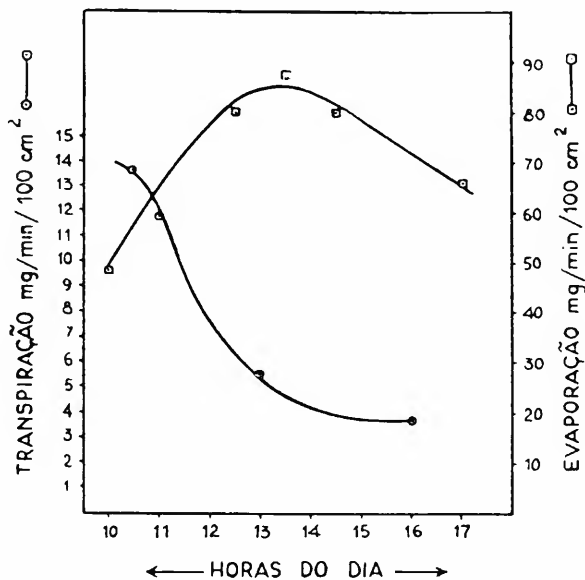


Fig. 29: Andamento diário da transpiração do bonomeiro (*Maytenus rigida*) em 9-4-1952. Seg. dados de Ferri e Labouriau (27).

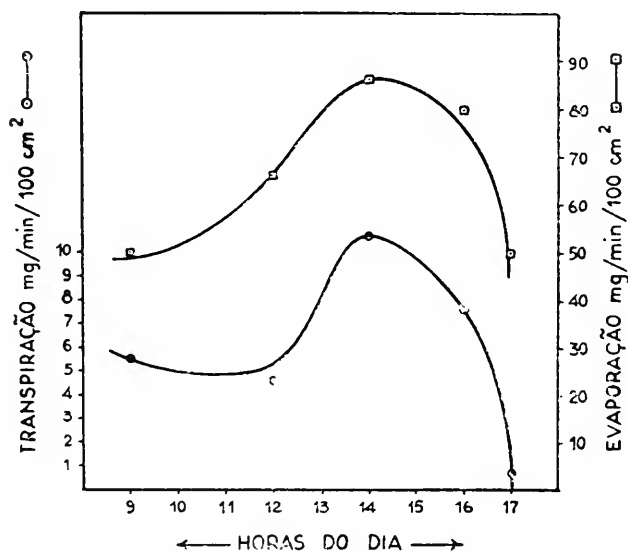


Fig. 30: Andamento diário da transpiração de catigueira (*Caesalpinia pyramidalis*) em 8-4-1952. Seg. dados de Ferri e Labouriau (27).

do o dia e a curva diária de sua transpiração (Fig. 30) tem, realmente, um trajeto quase paralelo ao da curva que representa o andamento diá-

rio da evaporação. O máximo de transpiração coincidiu com o de evaporação, às 14 horas.

Finalmente, *Jatropha phyllacantha* teve comportamento de um terceiro tipo: a Fig. 31 que o representa, indica um período de transpiração máxima das 10 e meia às 13 horas e um segundo máximo às 17 horas; entre êsses dois máximos, encontra-se um valor muito baixo, às 16 horas, quando a evaporação esteve próxima do máximo desse dia.

Resumindo: das quatro plantas estudadas, somente uma não mostrou necessidade de restrição do consumo de água durante a estação de chuvas da caatinga — *Caesalpinia pyramidalis*; uma teve de limitar um pouco sua transpiração, nas horas mais severas do dia — *Jatropha phyllacantha*; as duas outras indicaram necessidade de uma restrição acentuada, revelando transpiração mais elevada de manhã, quando as condições climáticas são mais brandas.

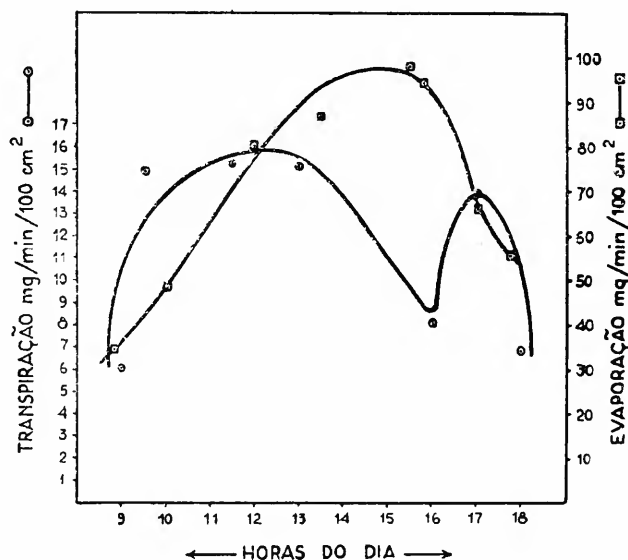


Fig. 31: Andamento diário da transpiração de faveleira (*Jatropha phyllacantha*) em 9-4-1952. Seg. dados de Ferri e Labouriau (27).

Se nos lembrarmos de que, mesmo durante a sêca mais extrema no cerrado, as plantas em geral não apresentam nenhuma ou quase nenhuma restrição em seu consumo de água, concluiremos tratar-se de dois grupos de plantas de comportamento totalmente oposto: as do cerrado, que consomem água sem economia, mesmo na época de relativa escassez; e as da caatinga, com necessidade de economizar, até na ocasião de relativa abundância.

Mais um ponto exige nossa atenção: os valores de transpiração das plantas da caatinga, mesmo os maiores observados, são muito inferiores

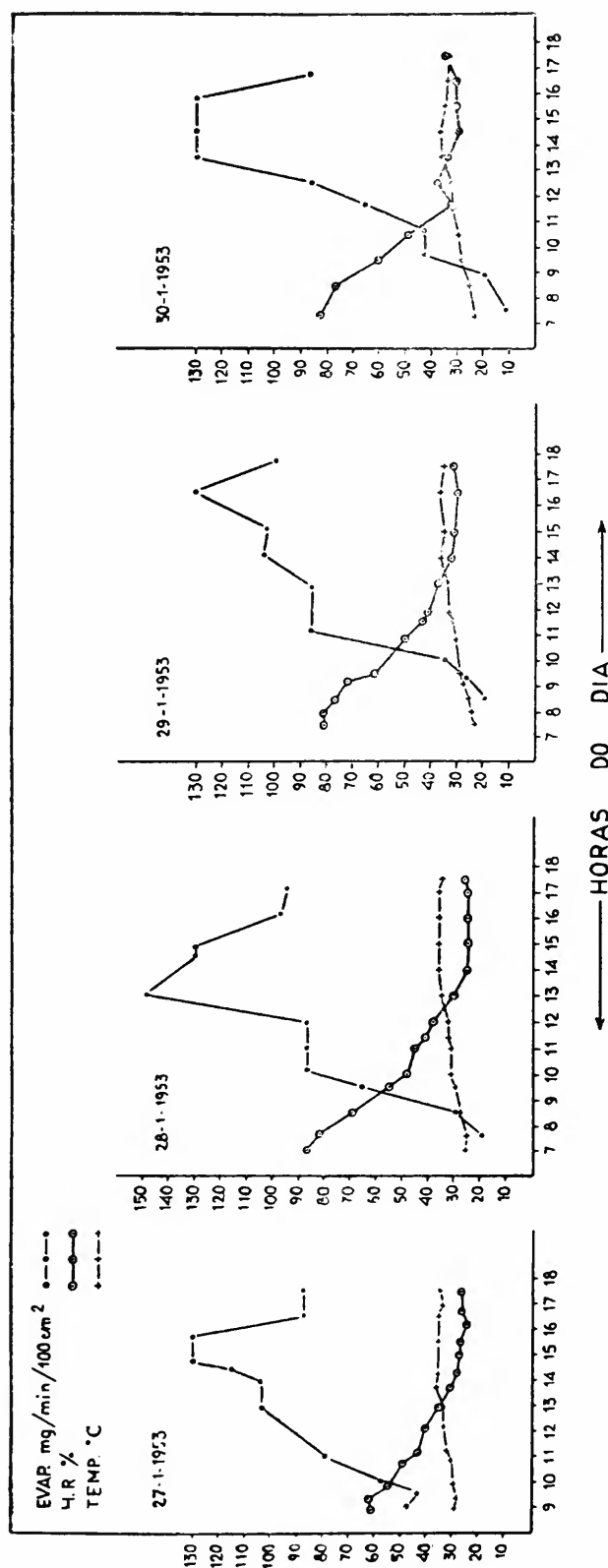


Fig. 32: Andamento diário da evaporação, umidade relativa e temperatura, na caatinga de Paulo Afonso, em janeiro de 1953.

aos máximos obtidos no cerrado. Daremos apenas alguns exemplos escolhidos entre as espécies de transpiração mais elevada: o máximo de transpiração de *Jatropha phyllacantha* foi de 15 mg/min/100 cm² e o de *Maytenus rigida*, cerca de 14, no dia 9 de abril de 1952, enquanto que o máximo de transpiração de *Kielmeyera coriacea* foi de 34,2 e o de *Andira humilis* de 23,9, no dia 28 de agosto de 1943. Tendo-se em conta que a razão de evaporação na caatinga, em geral é muito mais elevada que no cerrado, compreende-se que a restrição da transpiração na caatinga deva se desenvolver ativamente pelas plantas que, em verdade, se opõem às exigências de grande consumo impostas pelos fatores do meio. E essa restrição ativa da transpiração só pode ser exercitada por regulação estomatar que, admitida pela maioria dos autores (59, 84, 101, 125, 126) é, às vezes, combatida (36, 57, 60). Voltaremos a tratar detalhadamente dêste assunto.

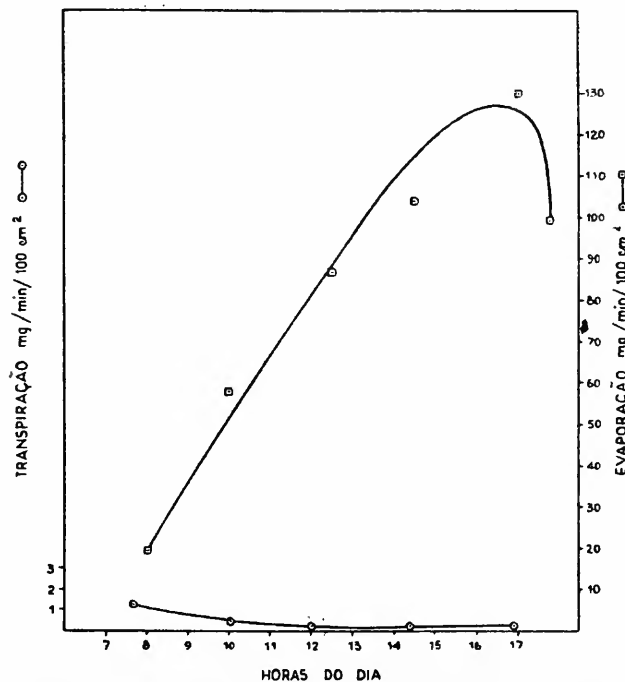


Fig. 33: Andamento diário da transpiração do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*) em 29-1-1953.

O segundo estágio na caatinga foi realizado no princípio de janeiro de 1953. As condições climáticas dominantes acham-se representadas nos gráficos da Fig. 32. Como já salientamos em publicação anterior (25), janeiro é, em geral, mais quente e mais sêco do que abril. Assim, não é de estranhar que a evaporação seja mais intensa em janeiro. São raros os dias em que a curva da umidade relativa se inicia próxima de 100%. Já às 7 horas os valores estão ao redor de 80%, e caem

ràpidamente, atingindo valores pouco superiores a 20%, por volta das 14 horas; tais valores baixos persistem até às 17-18 horas. Em geral, já às 7 horas, a temperatura é muito elevada, freqüentemente acima de 20° e logo ultrapassa os 30°, mantendo-se nesse nível até às 17-18 horas. A evaporação pode, freqüentemente, atingir valores de 130 a 150 mg/min/100 cm². Era, pois, de esperar, que as plantas que em abril, sob condições climáticas menos severas, apresentaram, muitas vêzes, restrição em seu consumo de água, devessem agora mostrar restrição muito mais acentuada. Isso foi, realmente, o que se verificou, como passaremos a expor.

A Fig. 33 mostra o curso diário da transpiração de *Spondias tuberosa*. Pode-se ver que essa curva, em todo o trajeto, se mantém bem próxima do eixo das abscissas. O maior valor (1,2 mg/min/100 cm²) foi observado antes das 8 horas; é tão pequeno que não admite qualquer dúvida quanto a representar exclusivamente transpiração cuticular.

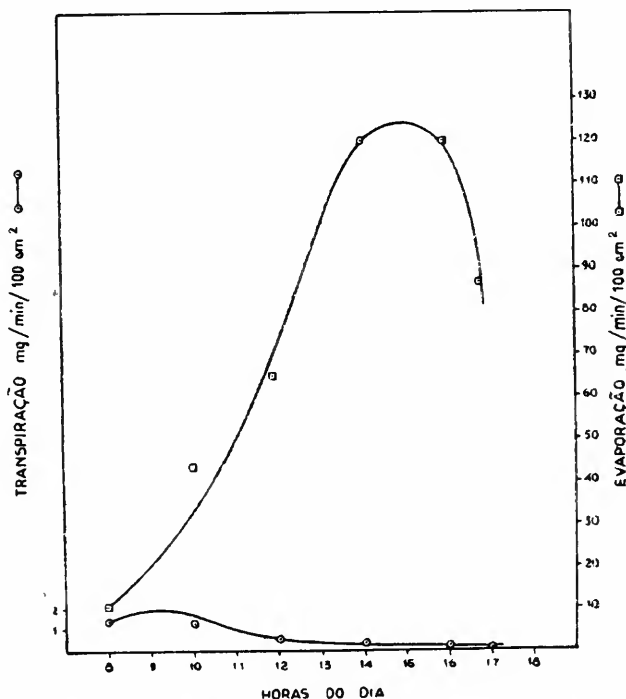


Fig. 34: Andamento diário da transpiração de faveleira (*Jatropha phyllacantha*) em 30-1-1953.

A situação é quase a mesma com referência à *Jatropha phyllacantha* (Fig. 34), cujo máximo de transpiração observado, 1,4 mg/min/100 cm², ocorreu às 8 horas.

A curva de transpiração de *Maytenus rigida* acompanha, em tipo, à da evaporação (Fig. 35), mas os valores são todos extremamente baixos, e o máximo foi observado às 14 horas (6,5 mg/min/100 cm²).

Lembraremos que este máximo foi obtido numa hora em que o valor da evaporação livre era de $130 \text{ mg/min/100 cm}^2$. No estágio anterior, o máximo, observado às 10 e meia, foi de $13,6 \text{ mg/min/100 cm}^2$, quando o valor da evaporação livre era de cerca de $50 \text{ mg/min/100 cm}^2$. Esses dados mostram de maneira insofismável, que no presente estágio, essa planta foi forçada a uma restrição muito mais acentuada do que no anterior.

Caesalpinia pyramidalis, cuja transpiração diária está representada na Fig. 36, e que no estágio anterior não teve necessidade de qualquer economia no consumo de água, mostra agora uma curva de dois máxi-

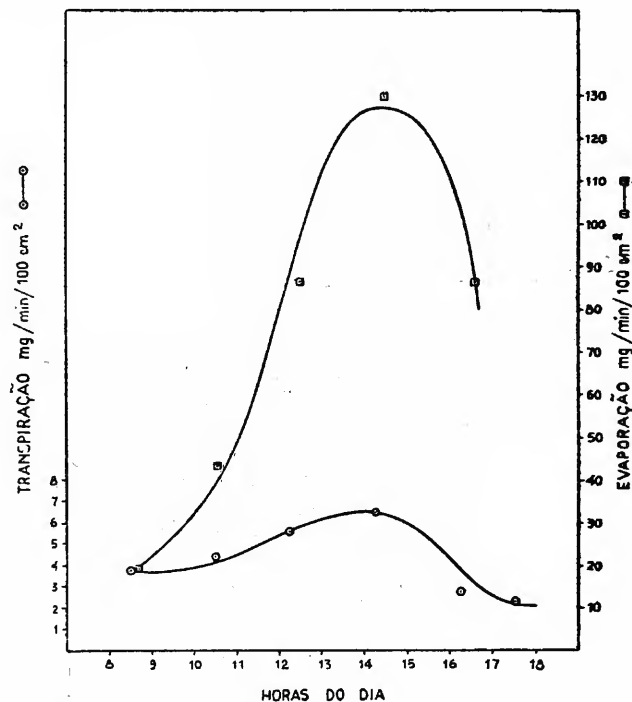


Fig. 35: Andamento diário da transpiração do bonomeiro (*Maytenus rigida*) em 30-1-1953.

mos e isso indica restrição durante um certo número de horas. Os maiores valores obtidos coincidem com o início da subida da curva de evaporação pela manhã, e com o início de sua descida, à tarde. Os valores mínimos de transpiração correspondem, inversamente, aos valores mais elevados da evaporação. O máximo observado na época anterior foi de $10,7 \text{ mg/min/100 cm}^2$, às 14 horas, quando a evaporação era de $85 \text{ mg/min/100 cm}^2$. Neste novo estágio, o primeiro máximo foi de $8,2$ e o segundo de $8,6 \text{ mg/min/100 cm}^2$. Este segundo máximo foi observado quando a evaporação livre era de $130 \text{ mg/min/100 cm}^2$ e o primeiro, quando era de $57,5 \text{ mg/min/100 cm}^2$. Não resta, pois, dú-

vida de que a transpiração relativa desta planta foi, igualmente, mais baixa que a da época anterior. Já divulgamos (25), aliás, o fato de havermos constatado, pelo cômputo da transpiração total de um dia, de *Caesalpinia pyramidalis*, que ela representava 10,2% da evaporação total desse dia, em abril, e apenas 6,9%, em janeiro.

Quatro outras espécies foram incluídas em nossas pesquisas, neste estágio: quixabeira (*Bumelia sartorum* — Sapotácea); joazeiro (*Zizyphus joazeiro* — Ramnácea); aroeira (*Astronium urundeuva* — Anacardiácea) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* — Apocinácea).

Bumelia sartorum apresentou os maiores valores de transpiração pela manhã, até 13 horas, aproximadamente. De então em diante, os valores decresceram. Em comparação com as demais plantas estudadas neste período, essa espécie é das menos econômicas no tocante ao con-

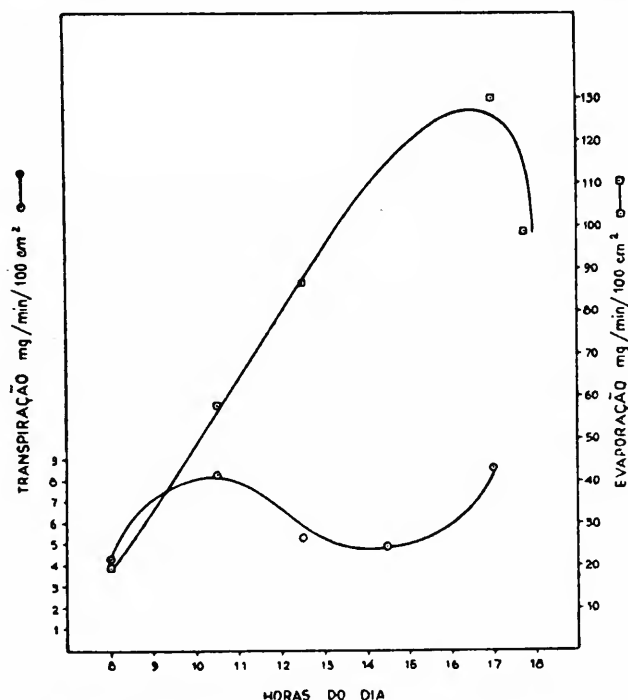


Fig. 36: Andamento diário da transpiração de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) em 29-1-1953.

sumo de água: os valores de sua transpiração, embora muito baixos relativamente às plantas do cerrado, figuram entre os mais altos das plantas da caatinga, nesta época. Todavia, *Bumelia sartorum* indicou restrição no consumo de água, pois os valores de sua transpiração persistem quase inalterados durante 4 horas, enquanto os de evaporação se elevam de 40 a cerca de 120 mg/min/100 cm² (Fig. 37).

Zizyphus joazeiro, cujo andamento diário de transpiração está representado na Fig. 38, apresenta uma curva de dois máximos, o primeiro

de manhã, ao redor das 9 horas, e o segundo às 17 horas. O valor mínimo ($1 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$) ocorreu às 15 horas, exatamente quando a evaporação foi ao máximo ($130 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$). Mesmo os maiores valores de transpiração dessa planta são muito baixos, não ultrapassando os $4 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$. A respeito desta planta escrevem Rawitscher e col. (96, p. 290): "Que as fôlhas novas em certas horas da manhã, e também da tarde, têm os estômatos abertos, ou pelo menos não perfeitamente fechados, mostraram algumas pesagens rápidas e infiltração com xilol...". Os autores não descrevem com maiores detalhes suas experiências, nem seus resultados; por isso não podemos saber se observaram também a depressão presente em nosso gráfico.

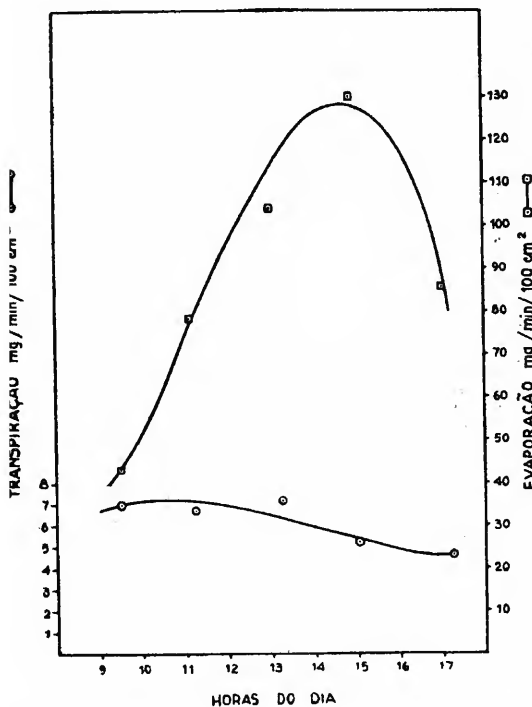


Fig. 37: Andamento diário da transpiração de quixabeira (*Bumelia sartorum*) em 27-1-1953.

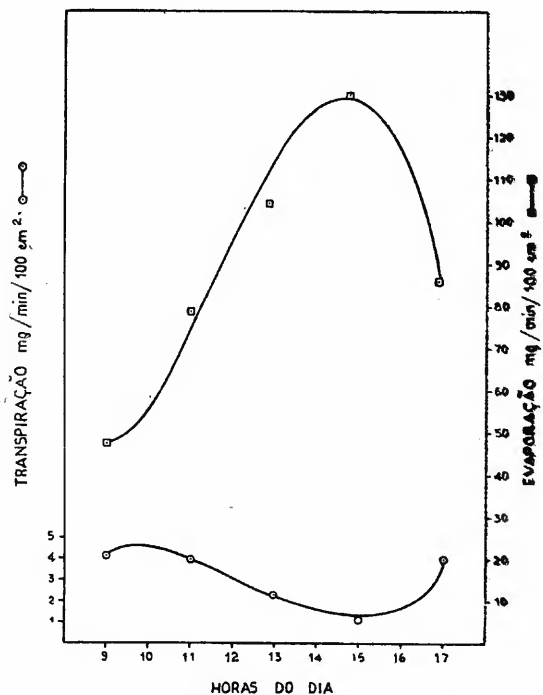


Fig. 38: Andamento diário da transpiração de joazeiro (*Zizyphus joazeiro*) em 27-1-1953.

Aspidosperma pyrifolium figura entre as espécies mais econômicas quanto ao dispêndio de água. Os valores de transpiração obtidos nesta época, os quais permitiram traçar a curva da Fig. 39, são todos muito pequenos e indicam que toda a perda d'água provavelmente se processa através da cutícula.

Finalmente, *Astronium urundeuva* mostrou restrição ainda maior nesta ocasião. Não pode haver dúvida de que, das 8 às 17 horas do dia em que foi estudada, só transpirou cuticularmente (Fig. 40).

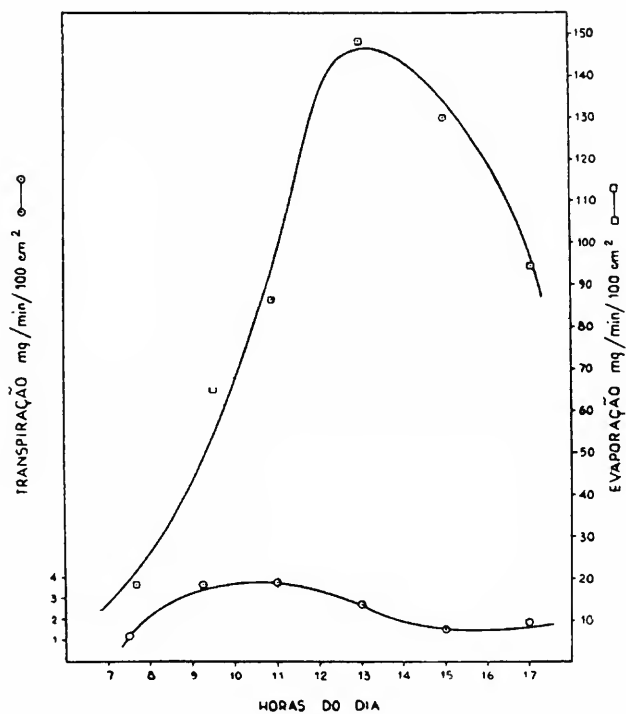


Fig. 39: Andamento diário da transpiração do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) em 28-1-1953.

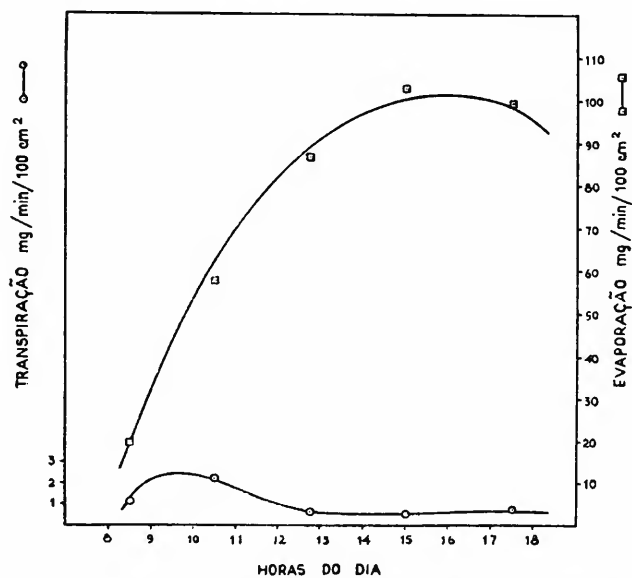


Fig. 40: Andamento diário da transpiração de aroeira (*Astronium urundeuva*) em 29-1-1953.

Resumindo os resultados obtidos neste segundo estágio na caatinga, verificamos que, das oito espécies estudadas, quatro limitaram-se à transpiração cuticular durante todo o período de observações diárias: cêrca de 10 horas. Essas espécies são: *Spondias tuberosa*, *Jatropha phyllacantha*, *Astronium urundeuva* e *Aspidosperma pyrifolium*. Apesar de perderem água apenas cuticularmente, tôdas elas mostram uma depressão nas curvas de transpiração nas horas mais severas do dia. Isso se explicará, provavelmente, por efeito do "incipient drying", que determina uma retração de água nos capilares das membranas celulares dos tecidos das fôlhas, o que produz um aumento das fôrças de retenção d'água e, conseqüentemente, decréscimo da transpiração.

Seguem-se duas outras espécies, *Zizyphus joazeiro* e *Caesalpinia pyramidalis*, as quais restringem menos que as espécies anteriores o consumo de água. Suas curvas de transpiração mostram valores mais elevados e apresentam dois máximos, um pela manhã, outro à tarde. Lembremos que *Caesalpinia pyramidalis*, não apresentou qualquer restrição do consumo de água, na época anterior.

As duas espécies restantes, *Bumelia sartorum* e *Maytenus rigida*, são as que mostraram menor economia neste período. Os valores de transpiração de *Maytenus rigida* não são muito elevados, e, provavelmente, não se afastam muito, nesta época, dos valores de transpiração cuticular. *Bumelia sartorum*, finalmente, com valores de transpiração relativamente altos, mostra os maiores, de manhã, quando as condições do clima são mais amenas.

Em conclusão: a maioria das espécies mostram, de maneira indubitável, ter necessidade de reduzir grandemente o consumo d'água, neste período; e aquelas em que tal necessidade é menor, revelam ainda, também, claramente, estar sob condições de carência, muito diversas das condições vigentes no cerrado, as quais facultam às suas plantas, durante todo o ano, um consumo liberal.

As condições climáticas vigentes durante o terceiro estágio na caatinga, em julho de 1953, estão representadas nas curvas da Fig. 41. Como se poderia esperar, em vista das informações gerais apresentadas no capítulo em que descrevemos o ambiente onde realizamos êste trabalho, julho revelou para a vegetação condições menos severas do que janeiro. A temperatura permaneceu durante todo o dia abaixo de 30°. A umidade relativa foi mantida ao redor de valores bastante elevados, tendo uma única vez alcançado 35%. A evaporação em geral mais baixa do que nos estágios precedentes, mostrou como valor mais elevado, 100 mg/min/100 cm² às 13 horas do dia 14-7. Várias vêzes nosso trabalho teve que ser interrompido, temporária ou definitivamente, em certos dias, em virtude de chuvas, rápidas ou duradouras.

O andamento diário da transpiração das mesmas espécies estudadas anteriormente, foi, outra vez, estabelecido nesta ocasião.

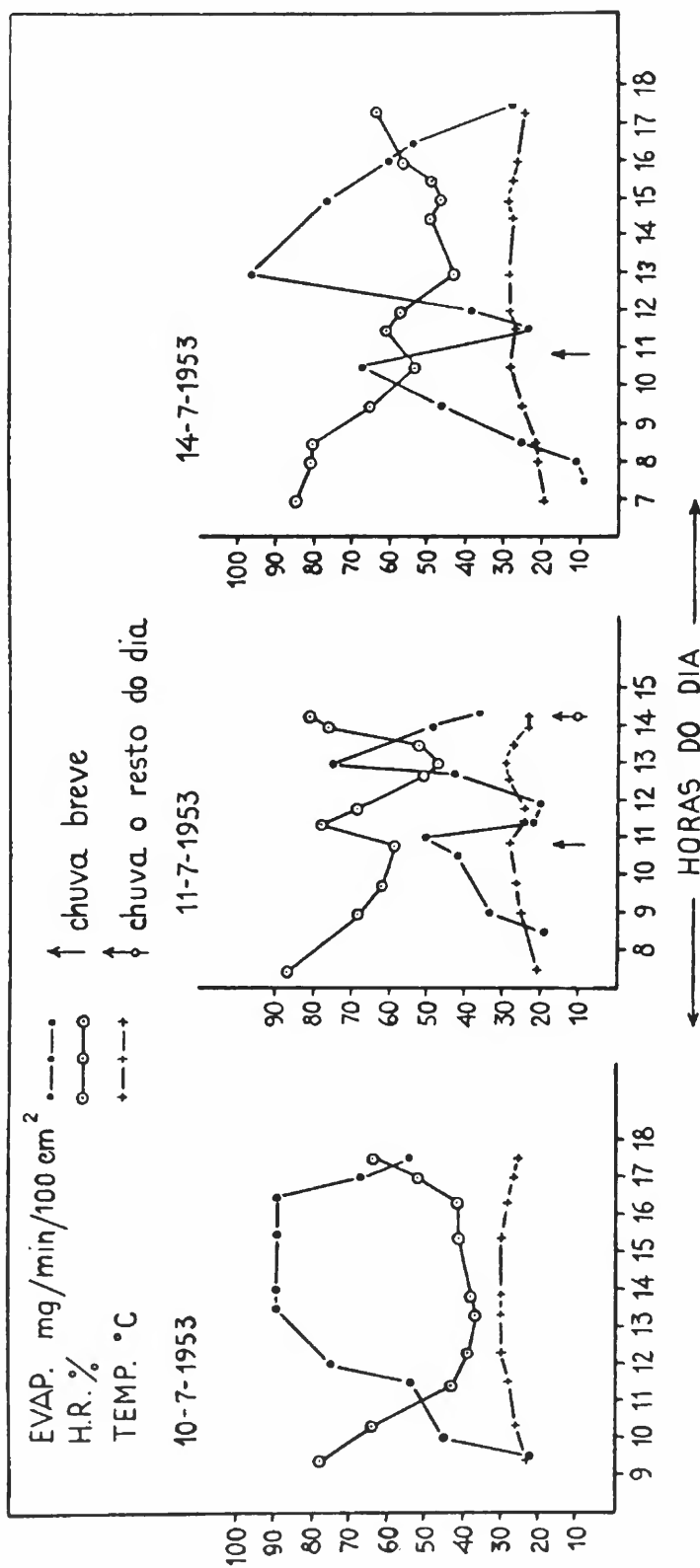


Fig. 41: Andamento diário da evaporação, temperatura e umidade relativa, na caatinga de Paulo Afonso, em julho de 1953.

Jatropha phyllacantha não mostrou restrição do consumo de água: sua curva (Fig. 42) revela o máximo cêrca das 14 horas, quase coincidindo com o máximo de evaporação. E' interessante notar que um

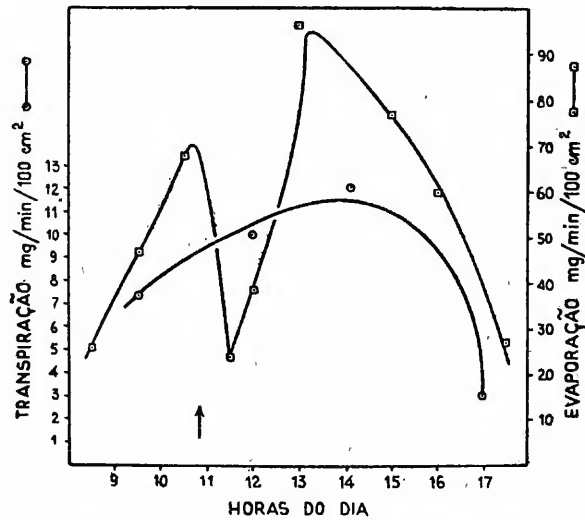


Fig. 42: Andamento diário da transpiração de faveleira (*Jatropha phyllacantha*) em 14-7-1953. A seta indica chuvisco passageiro.

breve chuvisco tenha feito decrescer enormemente, pouco depois de 11, o valor da evaporação livre, que, em seguida subiu de novo, rapidamente, para ir ao máximo às 13 horas.

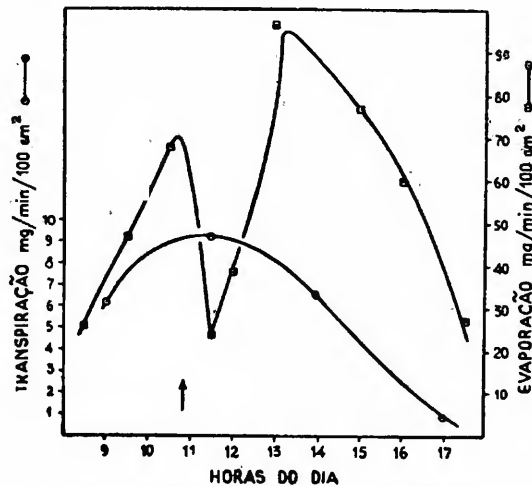


Fig. 43: Andamento diário da transpiração do bonomeiro (*Maytenus rigida*) em 14-7-1953. A seta indica chuvisco passageiro.

A Fig. 43 mostra o andamento da perda de água de *Maytenus rigida*. E' de notar que nesta época a transpiração dessa planta pôde fa-

zer-se livremente durante quase todo o dia, atingindo o máximo pouco antes das 12 horas. O fato dêse máximo antecipar-se ao de evaporação, sugere que houve necessidade de ligeira economia no consumo d'água.

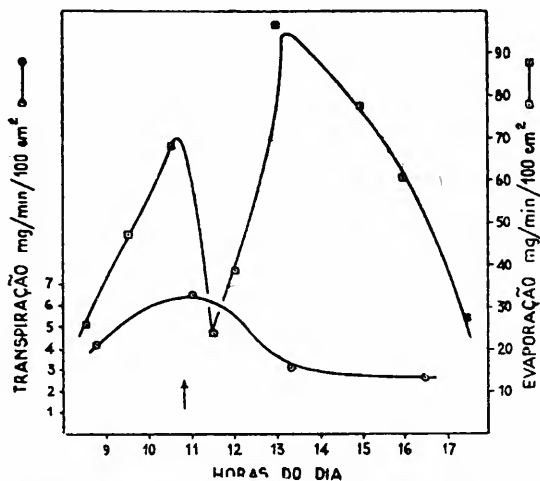


Fig. 44: Andamento diário da transpiração de quixabeira (*Bumelia sartorum*) em 14-7-1953. A seta indica chuvisco passageiro.

Na Fig. 44 apresentamos o andamento diário da transpiração de *Bumelia sartorum*. Essa espécie, quer pelos menores valores de trans-

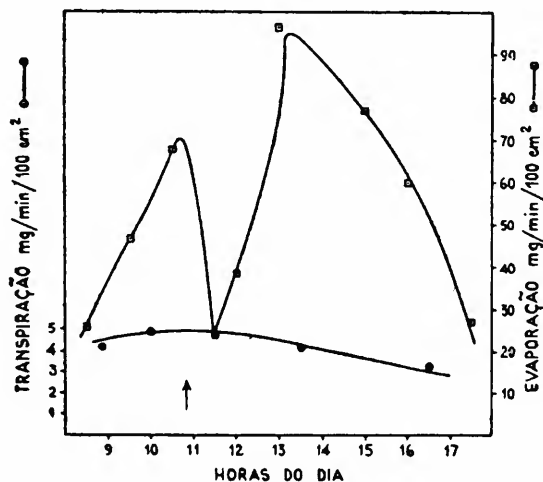


Fig. 45: Andamento diário da transpiração do joazeiro (*Zizyphus joazeiro*) em 14-7-1953. A seta indica chuvisco passageiro.

piração, quer pelo maior fechamento dos estômatos às 11 horas, revelou mais claramente que a anterior, necessidade de restringir o dispêndio d'água.

O mesmo se dá com referência a *Zizyphus joazeiro*: seus valores de transpiração foram sempre muito baixos (Fig. 45).

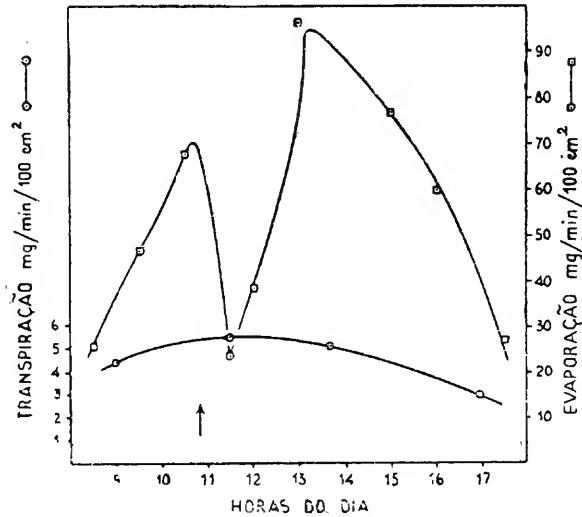


Fig. 46: Andamento diário da transpiração de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) em 14-7-1953. A seta indica chuva passageira.

Caesalpinia pyramidalis é mais uma espécie cujo consumo se faz nesta época, com grande restrição (Fig. 46).

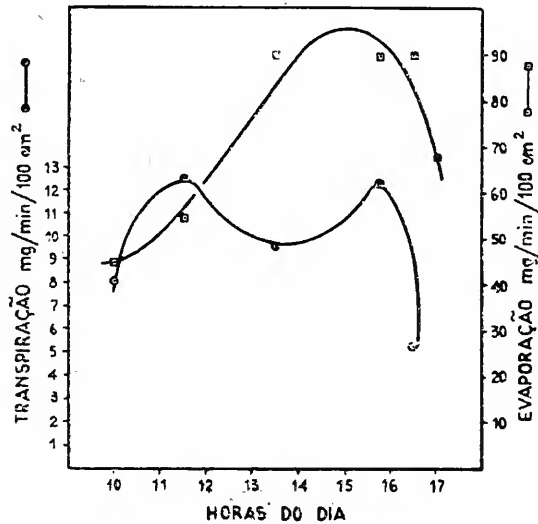


Fig. 47: Andamento diário da transpiração do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) em 10-7-1953.

Aspidosperma pyrifolium (Fig. 47) apresentou curva da marcha diária da transpiração com dois máximos: às 11 e às 16 horas, apro-

ximadamente; o mínimo, no período de declínio entre tais máximos, foi verificado entre 13 e 14 horas. Foi, no entanto, de tôdas as espécies a que maiores valores de transpiração revelou, neste período. Deve-se notar ainda, que seu estudo se realizou no dia de condições mais severas dêste estágio.

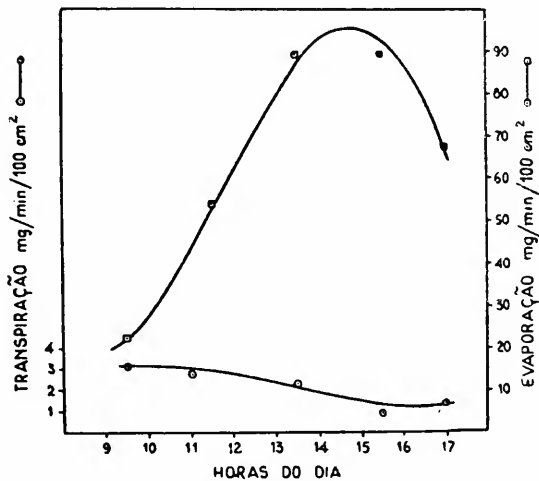


Fig. 48: Andamento diário da transpiração do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*) em 10-7-1953.

As duas espécies restantes, *Spondias tuberosa* e *Astronium urundeuva*, mostraram durante todo o dia em que foram estudadas, valores

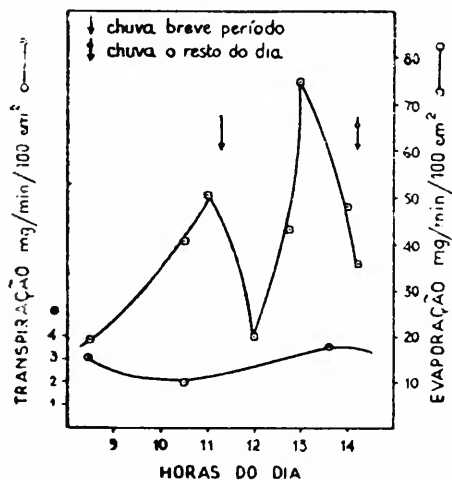


Fig. 49: Andamento diário da transpiração de arceira (*Astronium urundeuva*) em 11-7-1953. A seta da esquerda indica chuvisco passageiro, a da direita, chuva mais intensa, o resto do dia.

muito baixos de transpiração, revelando, pois, necessidade de grande economia de água, mesmo neste período de condições mais brandas que os anteriores (Figs. 48 e 49).

Em conclusão, devemos assinalar o fato de que, apesar das condições médias serem mais severas em abril do que em julho, os valores de transpiração mostraram-se, em geral, mais baixos neste mês. Isso parece constituir um paradoxo, mas encontra explicação nos seguintes fatos: 1.º — em julho os dias são freqüentemente nublados, sobretudo nos momentos que precedem às chuvas, que, com certa freqüência, podem cair; essa diminuição da luminosidade terá influência sobre a transpiração, reduzindo as aberturas estomáticas; 2.º — a umidade atmosférica é, freqüentemente muito alta, podendo mesmo haver condensações e precipitações na forma de chuvas passageiras ou duradouras; isso, por si, é suficiente para explicar uma queda dos valores de transpiração e de evaporação; e mais, a temperatura mantém-se, igualmente, num nível inferior ao constatado nos estágios anteriores; 3.º — sendo a vegetação da caatinga um climax, bem adaptado às condições ambientes, pode-se esperar que exista em muitas espécies, um ritmo no comportamento, adequado a prepará-las para resistirem à seca; é possível, pois, que em consequência desse ritmo, se reduza progressivamente a transpiração das plantas, à medida que nos avizinhemos da época da seca. 4.º — finalmente, não devemos esquecer que em abril a folhagem das plantas estudadas era mais nova, embora adulta; inúmeros dados da literatura permitem concluir pela freqüente diminuição da eficiência dos movimentos estomáticos nas folhas que envelhecem (147).

O último estágio na caatinga, abrangendo alguns dias do fim de outubro e outros do início de novembro, revelou condições extremamente severas. Isso se depreende, sem dificuldade, das curvas da Fig. 50 que mostram valores de temperatura oscilando entre os limites aproximados de 20 e 40º; predominam, durante todo o dia, valores acima de 30º, muitos dos quais, superiores a 35º. Constata-se, com freqüência, uma temperatura de 30º, já às 8 horas; a partir de então, os valores crescem rapidamente e se mantêm no nível máximo, entre 13 e 14 horas; há, geralmente, a partir de então, um pequeno declínio, mas uma queda sensível da temperatura só se verifica entre 16 e 17 horas. O maior valor observado nessa ocasião, foi de 38,5º, à sombra, no dia 1-11-53, às 17 horas, e o mínimo, de 22º, às 5 e meia do dia 31-10-53.

A umidade relativa mostrou, na ocasião, como valor máximo, 80%, entre 5,30 e 6 horas do dia 31-10. A partir daí, já aparecido o sol, a umidade cai rapidamente, e atinge o mínimo ao redor das 14 horas; esse mínimo, que pode estar perto de 20%, persiste até 16-17 horas, quando a umidade começa a subir de novo.

Verifica-se, pois, que, durante um grande número de horas a umidade é muito baixa e a temperatura muito elevada. Isso explica os altos valores de evaporação encontrados. Assim, já às 5 e meia do dia 31-10, observamos quase 20 mg/min/100 cm²; às 9 horas, quase todos os dias, se encontram valores entre 80 e 90 mg/min/100 cm²; o máxi-

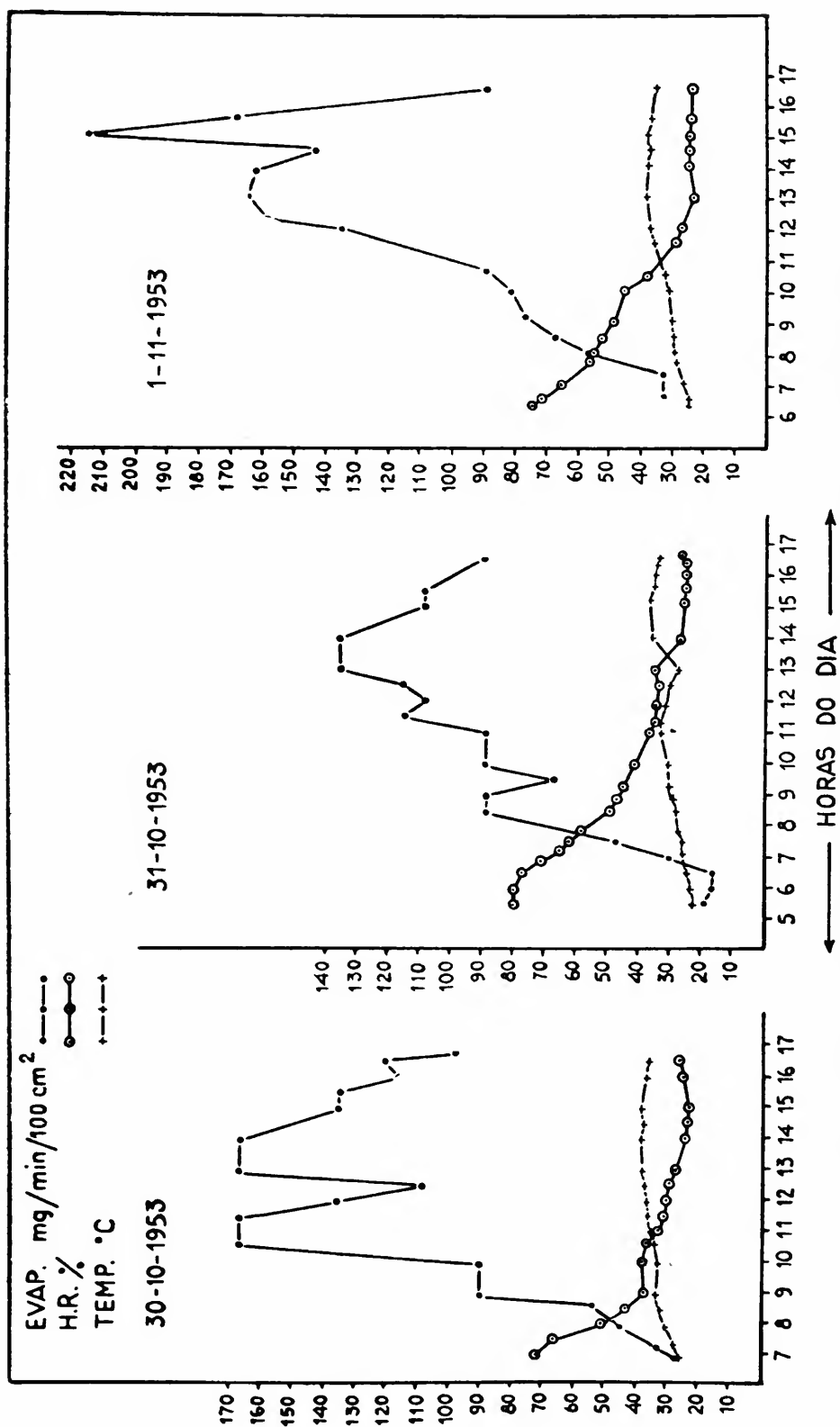


Fig. 50: Andamento diário da evaporação, temperatura e umidade relativa, na caatinga de Paulo Afonso, em outubro e novembro de 1953.

rio ocorre, geralmente, entre 13 e 14 horas, com freqüência ao redor de 150 mg/min/100 cm²; o maior valor observado nessa ocasião foi 214 mg/min/100 cm², às 15 horas do dia 1-11. A partir de então, geralmente, observa-se uma queda progressiva nos valores da evaporação, determinada pelo ligeiro declínio da temperatura e pelo aumento da umidade relativa. Mantêm-se êles, todavia, bastante elevados durante muito tempo ainda, e às 17 horas, se encontram ao redor de 90 mg/min/100 cm².

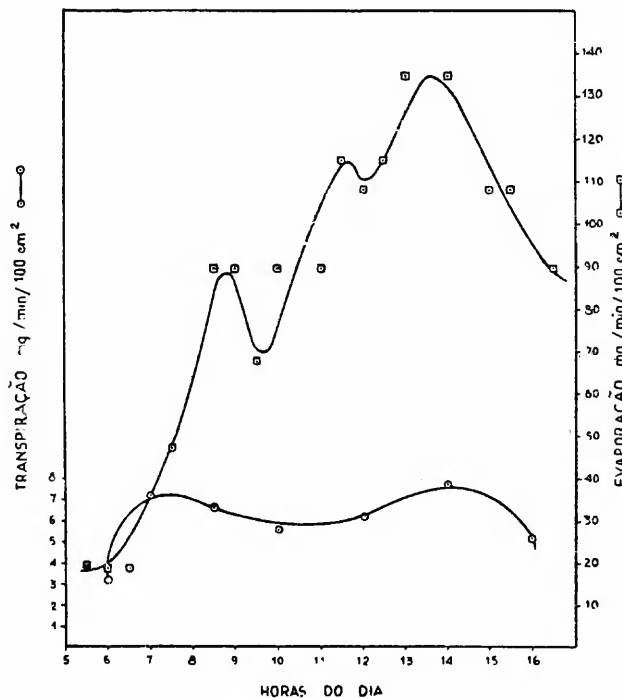


Fig. 51: Andamento diário da transpiração do joazeiro (*Zizyphus joazeiro*) em 31-10-1953.

Diante de condições tão severas, seria perfeitamente justificável esperar que as plantas mostrassem o máximo de restrição no consumo de água. Isso, de fato, se verificou. Lembremos, inicialmente, que a maior restrição da transpiração é feita quando a planta se desfaz das folhas, e, nesta época, quase tôdas estão, realmente, sem elas. Das oito espécies que vínhamos estudando, sistematicamente, apenas alguns exemplares de joazeiro, faveleira, bonomeiro e quixabeira se conservavam enfolhados. Mesmo assim, apresentavam sinais nítidos de sofrimento, embora se achassem quase todos, próximos do leito de um "rio sêco". O exemplar de faveleira estava no próprio leito do rio.

Zizyphus joazeiro mostrou uma curva de transpiração com ligeiro declínio entre 8 e meia e 13 horas e os máximos valores às 7 e às 14 (Fig. 51). A curva da evaporação desse dia mostra algumas osci-

lações e valores muito elevados. Os máximos foram obtidos entre 13 e 14 horas.

Jatropha phyllacantha (Fig. 52) indicou enorme restrição do consumo durante todo o dia; os máximos valores de transpiração foram determinados, o primeiro às 6 e meia, e o segundo às 16 horas. E' de notar que no dia em que a transpiração desta planta foi estudada, a evaporação atingiu os maiores valores que observamos na caatinga.

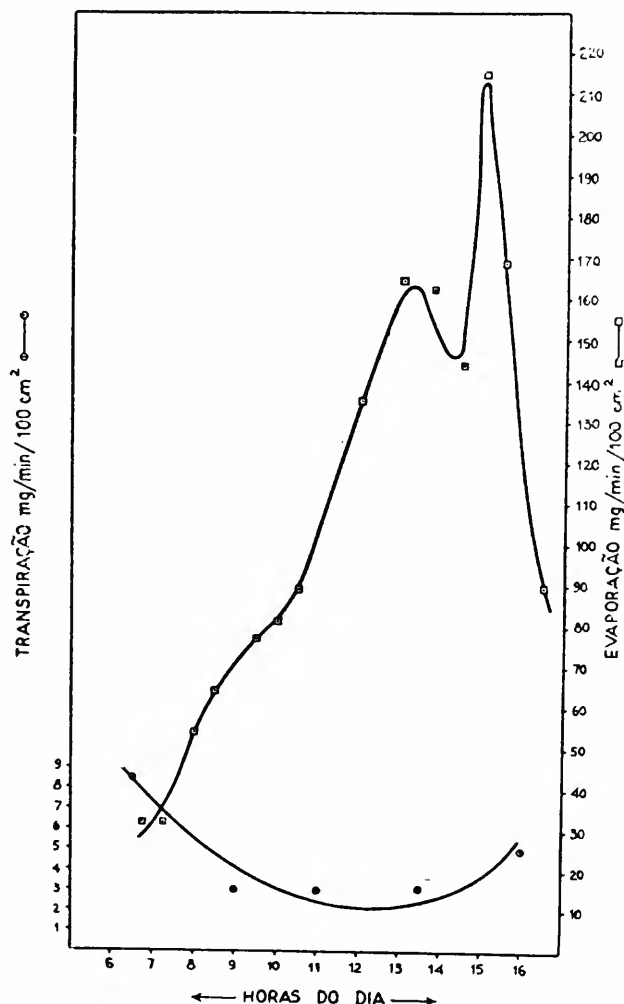


Fig. 52: Andamento diário da transpiração de faveleira (*Jatropha phyllacantha*) em 1-11-1953.

Maytenus rigida revelou comportamento especial: sua curva de transpiração, representada na Fig. 53, mostra três máximos nítidos, um às 7 e meia, outro às 10 e o último, às 16 horas. Parece bastante significativo haver ocorrido o maior máximo de transpiração pela manhã,

justamente quando a evaporação se encontrava com valores baixos. Isso indica que os estômatos apresentam as maiores aberturas nessas horas em que as condições ambientes, menos severas, permitem à planta realizar fotossíntese sem grande risco. Os outros máximos devem resultar de reabertura dos estômatos, em consequência de um reabastecimento parcial de água, dos tecidos das folhas, graças ao fechamento dos estômatos nas horas precedentes. Sua curta duração se explicará por ocorrerem em condições ambientes tão severas, que determinam acentuados deficits de saturação das folhas em pouco tempo e isso obri-

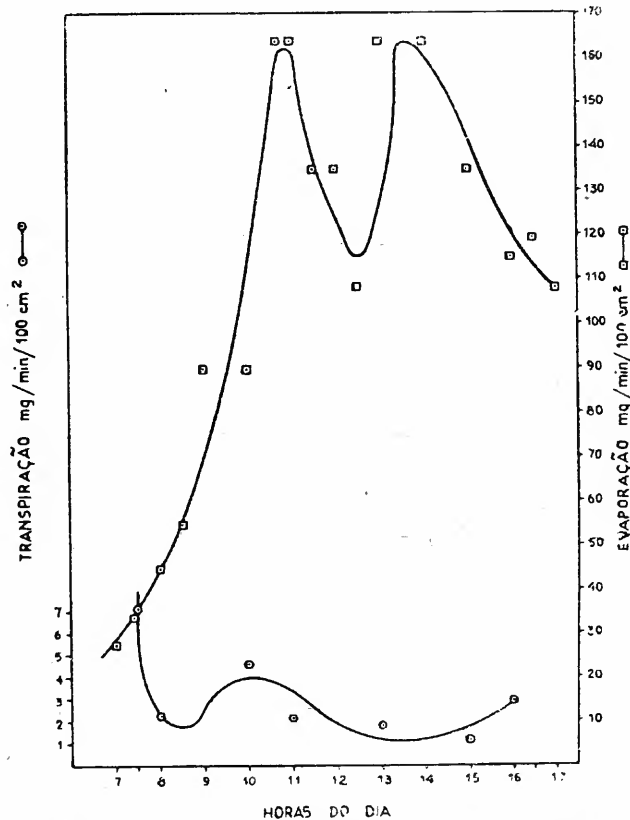


Fig. 53: Andamento diário da transpiração do bonomeiro (*Maytenus rigida*) em 30-10-1953.

ga a planta a fechar logo, de novo, os estômatos. Esse comportamento, que não tinha sido ainda encontrado em plantas da caatinga, já era conhecido em espécies de regiões áridas e semi-áridas. A literatura cita casos de três ou mais máximos de transpiração para muitas plantas nativas ou cultivadas. Em certas espécies de *Eucalyptus*, por exemplo, cultivadas em Drakensburg (África do Sul), tal fato foi observado por Henrici (37); em laranja, Oppenheimer e Mendel (84) constataram 3 e 4 máximos, em condições de pomares, na Palestina.

Finalmente, *Bumelia sartorum* mostrou, durante todo o dia, valores baixos de transpiração, apresentando dois máximos em sua curva, um às 7 e meia, outro às 13 horas e meia (Fig. 54).

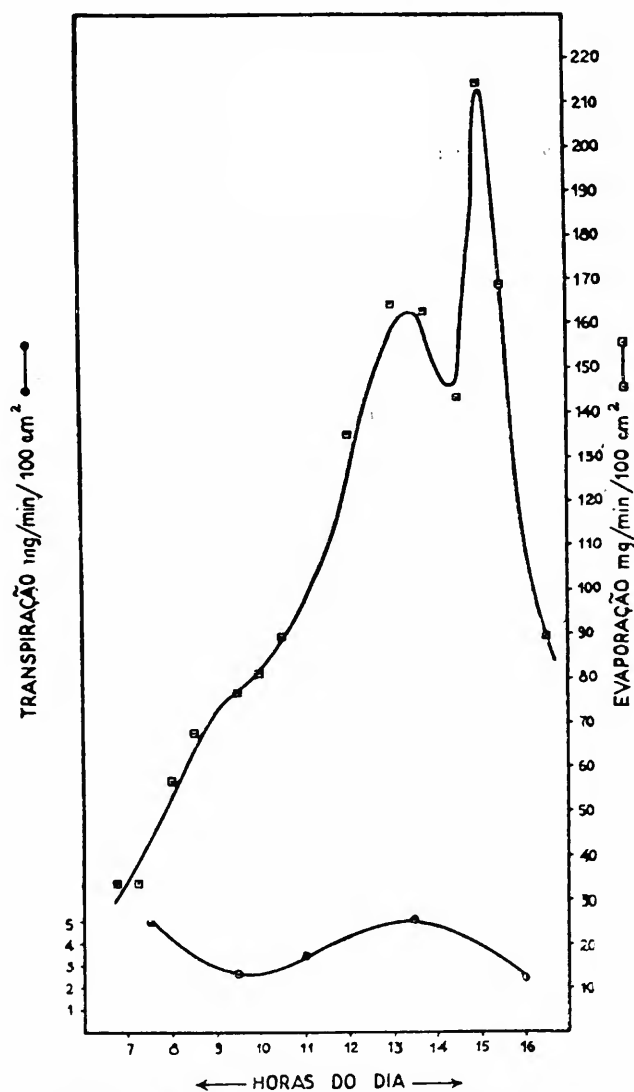


Fig. 54: Andamento diário da transpiração de quixabeira (*Bumelia sartorum*) em 1-11-1953.

Não tendo sido possível estudar a transpiração de *Spondias tuberosa*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Astronium urundeuva*, porque não encontramos, na região, um só exemplar dessas plantas, com folhas, resolvemos estender nossas observações a duas espécies freqüentes na caatinga, e enfolhadas, nessa ocasião: caraibeira — *Tabebuia caraiba* (Bignoniácea) e icó — *Capparis yca* (Capari-

dácea). Convém lembrar que a primeira planta se limita às margens dos rios. Isso significa que suas raízes devem encontrar no solo mais umidade, embora nessa época tais rios estejam perfeitamente secos. Mais curioso, talvez, seja o comportamento de icó: só o encontramos à sombra de outras plantas, como quixabeira, catingueira e imbuzeiro. Despertada nossa atenção por êsse fato, procuramos exemplares isolados dessa planta, porém, sem sucesso. Notável é que, freqüentemente, as plantas, à cuja sombra o icó se abriga, despem-se das folhas, enquanto

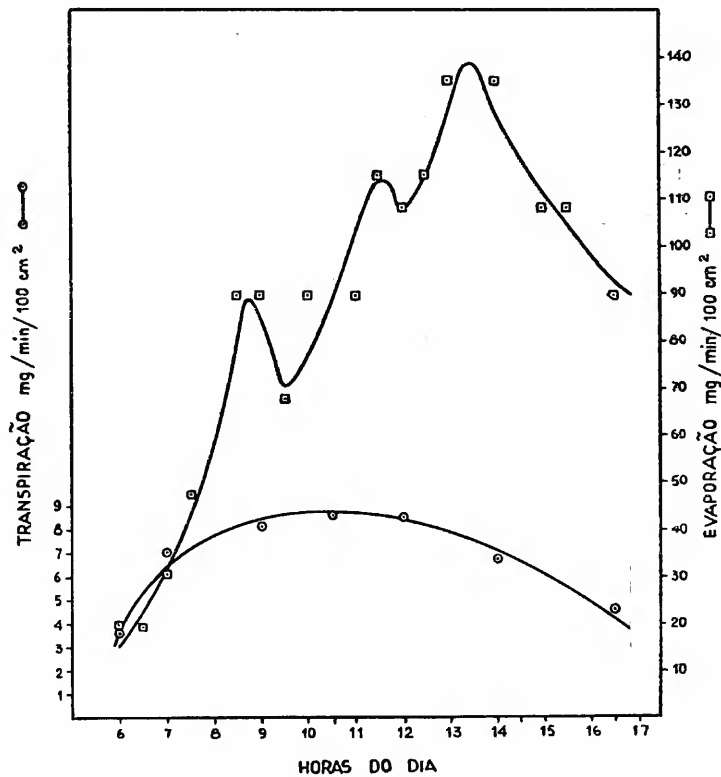


Fig. 55: Andamento diário da transpiração de caraibeira (*Tabebuia caraiba*) em 30-10-1953.

que êle próprio as mantém. Tal observação sugere a possibilidade de que a planta adulta não precise de proteção (aliás, não lha podem dispensar as plantas desfolhadas), e que as plantinhas novas, recém-brotadas das sementes, só poderão sobreviver sob proteção de uma sombra qualquer.

A Fig. 55 mostra o andamento diário da transpiração de *Tabebuia caraiba* e, embora os valores de transpiração não sejam muito elevados, se dispõem segundo uma curva que acompanha, em andamento, a de evaporação.

A transpiração de *Capparis yco*, cujo andamento está representado à Fig. 56, mostrou dois máximos, um às 7 horas e o outro às 16. Todos os valores são, no entanto, extremamente baixos, sugerindo uma grande restrição do consumo de água.

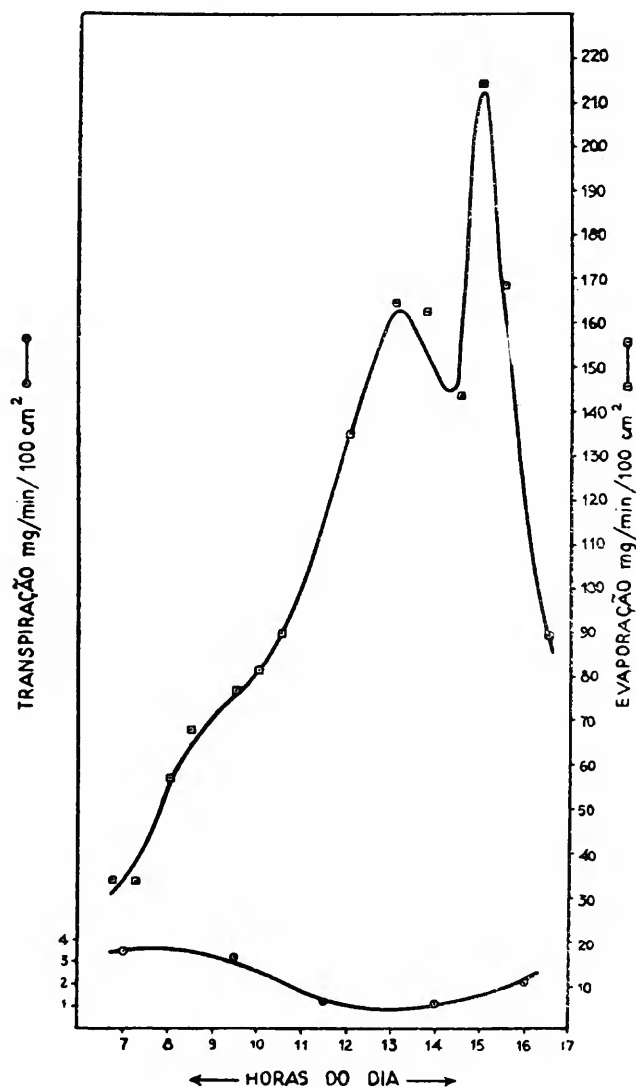


Fig. 56: Andamento diário da transpiração do icó (*Capparis yco*) em 1-11-1953.

O comportamento dessas duas espécies parece enquadrar-se, perfeitamente, no esquema geral das condições a que estão sujeitas: a primeira não necessita restringir muito seu consumo de água por ter raízes em camadas de solo que devem manter sempre certa umidade; a segunda, ainda que só cresça à sombra de outras plantas, necessita de

estar apta a restringir sua transpiração, porque, se aquela que lhe dá abrigo se despoja das folhas, como de fato ocorre com frequência, ela estará aparelhada a sobreviver às mais severas condições.

Resumindo tudo o que foi até agora visto sobre o andamento da transpiração das plantas da caatinga, desejamos salientar os seguintes pontos: 1.º) entre as plantas que mostraram maiores valores de transpiração, figuram *Jatropha phyllacantha*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Maytenus rigida*, *Spondias tuberosa* e *Caesalpinia pyramidalis*; 2.º) entre as de menores valores, destacam-se *Astronium urundeuva*, *Zizyphus joazeiro* e *Bumelia sartorum*; 3.º) as espécies que mais restringem o consumo de água, quando tal restrição é suficiente para lhes garantir sobrevivência, sem que seja necessário eliminar as folhas, são *Spondias tuberosa*, *Jatropha phyllacantha* e *Astronium urundeuva*; 4.º) a planta que menos restringe o consumo é *Caesalpinia pyramidalis* que, também, é a primeira a derrubar suas folhas; 5.º) *Maytenus rigida* mostrou seu maior consumo em abril e o menor em novembro; *Spondias tuberosa*, de maior consumo também em abril, apresentou o menor em janeiro, achando-se sem folhas em novembro; *Caesalpinia pyramidalis*, igualmente sem folhas em novembro, revelou o maior consumo em abril e o menor em julho; *Jatropha phyllacantha*, de maior consumo em abril e menor em janeiro, tinha quase todos os exemplares sem folhas, na região, em novembro; o exemplar estudado, vivendo no próprio leito de um "rio seco", mostrava através de suas folhas, nítidos sintomas de sofrimento; *Bumelia sartorum*, cujo exemplar estudado se encontrava próximo desse rio, revelou seu maior consumo em janeiro e o menor em novembro; *Aspidosperma pyrifolium* com o maior consumo em julho e o menor em janeiro, estava sem folhas em novembro, e o exemplar estudado, próximo às margens do referido "rio seco", apresentava sintomas de sofrimento e começava a derrubar as folhas mais velhas; *Astronium urundeuva* teve seu maior consumo em julho e o menor em janeiro; em novembro nenhum exemplar dessa planta tinha folhas; *Tabebuia caraiba*, que se limita às margens dos rios, foi a planta de maior consumo, dentre as espécies estudadas em novembro; *Capparis yco*, cujo exemplar estudado estava abrigado à sombra de *Bumelia sartorum*, mostrou, apesar disso, restrição do consumo de água, em novembro.

De tudo isso se conclui que as plantas da caatinga estão sujeitas a uma grande falta de água e não podem manter o nível de transpiração que as condições do meio exigiriam. Assim, essas plantas, tomadas em grupo, apresentam-se em franca oposição às do cerrado, igualmente consideradas em conjunto: enquanto que as primeiras mostram necessidade de enorme restrição no consumo de água, as segundas revelam prescindir de qualquer economia. Na seca mais extrema, no cerrado, o consumo de água pelas plantas pode, em geral, ser maior do que na caatinga, mesmo na época das chuvas. Aí, já nessa época, a

maioria das plantas deve limitar sua transpiração, ao menos durante certas horas do dia. Chegada a sêca, na caatinga, tôdas as espécies necessitam restringir muito seu consumo de água e muitas, então, só transpiram cuticularmente. Quando nem mesmo isso é bastante para garantir a sobrevivência da planta, só resta o recurso extremo da eliminação das fôlhas. Algumas espécies são a isso forçadas mais cêdo, enquanto que outras, só mais tarde. São das mais resistentes *Maytenus rigida*, *Bumelia sartorum* e *Zizyphus joazeiro*. Mesmo estas, porém, quando a sêca se agrava, são forçadas a derrubar as fôlhas. Persistem enfolhadas, então, sômente as plantas que se encontram em depressões do solo, nas margens dos rios, isto é, nos lugares onde, provàvelmente, suas raízes conseguem ainda encontrar e aproveitar alguma água.

COMPORTAMENTO DOS ESTÔMATOS EM SUA SITUAÇÃO NATURAL.

De conformidade com o exposto na parte metodológica, a análise das aberturas estomáticas, em fôlhas não destacadas das plantas, foi feita pelo método de infiltração, usando-se xilol como infiltrante. A

TABELA 11

Espécie	HORAS DO DIA							
	6.30	7.30	8.30	9.40	10.30	15.30	17.45	21.30
<i>Ouratea spectabilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Butia leiospatha</i>	+	+	+	+	+		?	
<i>Echinolaena inflexa</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Kiellmeyera coriacea</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>Andira humilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anona coriacea</i>	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>Palicourea rigida</i>	?	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anacardium pumilum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Alibertia sessilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stryphnodendron barbatimão</i>	?	+	+	+	+		+	+
Nota: + indica infiltração intensa +- " " fraca ? " " duvidosa - " ausência de infiltração Os espaços em branco indicam ausência de observações								

tabela 11 reúne os resultados obtidos no cerrado, no fim de uma época sêca. Pode-se constatar que quase tôdas as plantas estudadas mantiveram seus estômatos abertos durante todo o dia. Com efeito, resultados de infiltração francamente negativos, que indicam, com grande probabilidade, estômatos fechados, obtivemos apenas em *Anona co-*

riacea, às 6 horas e meia e às 21 e meia. *Palicourea rígida* e *Stryphnodendron barbatimão*, às 6 e meia apresentaram infiltração duvidosa, o mesmo ocorrendo com *Butia leiospatha*, às 17 horas e 45 minutos. Todos os demais resultados indicam estômatos abertos, pois a infiltração com xilol operou-se de maneira clara. Na última coluna da tabela, acham-se algumas observações feitas às 21,30 horas, as quais revelam que, mesmo em plena noite, horas após o pôr do sol, as plantas em observação mantinham estômatos abertos.

Êsses resultados concordam, em tese, com os obtidos pelo método das pesagens rápidas: em nenhum caso se constatou um valor tão baixo de transpiração que permitisse supor fechamento completo dos estômatos.

E' conveniente reafirmar que o método de infiltração não é muito preciso e seus resultados necessitam de confirmação por outro meio mais seguro. Realmente, mesmo naquêles casos em que a balança permitiu constatar declínio dos valores de transpiração, não pudemos verificar, pelo método de infiltração, os movimento dos estômatos. E' verdade que tal declínio nem sempre está ligado à diminuição das fendas estomáticas; pode ocorrer sem que haja alteração das dimensões dessas fendas e até mesmo em ocasiões em que elas se tornem maiores, se as condições de evaporação o determinarem. Êsse não foi, porém, o caso nas presentes observações, pois os declínios de transpiração ocorreram sempre em momentos em que os valores de evaporação estavam em franco acesso.

A tabela apresenta apenas alguns dados referentes a certas espécies cuja transpiração estudamos. Outras, todavia, como *Salacia campestris*, *Copaifera langsdorffii*, *Casearia* sp., *Bombax gracilipes*, etc., cuja transpiração não analisamos, tiveram seu comportamento estomático controlado por infiltração. Mantiveram-se, igualmente, com estômatos abertos durante todo o dia.

As observações feitas à noite merecem especial atenção, porque muito generalizada é a idéia de que as plantas terrestres fecham normalmente seus estômatos nesse período. Essa concepção se encontra, por exemplo, em Wenzl (147), que excetua as fôlhas muito novas cujos estômatos ainda não se abrem, e as velhas, já em franco declínio, no período que precede à morte, nas quais não mais se fecham. Algumas observações contrariam a opinião de Wenzl: Maximov (70b) verificou em algumas plantas — batatinha, couve, beterraba, etc. — que os estômatos, em condições ótimas de suprimento de água, tendem a permanecer abertos durante todo o dia e mesmo à noite; Rawitscher e Ferri (98) constataram que em *Cedrela fissilis*, às 22 horas e meia não havia estômatos ainda perfeitamente fechados. De outro lado, as observações de Villaça e Ferri (139) mostram que, em *Eucalyptus terebinthifolia*, enquanto as fôlhas adultas e as mais velhas fecham os estômatos à noite, as muito novas os conservam abertos ainda às 23 horas.

mais severas; *Maytenus rigida* mostra o máximo de abertura dos estômatos às 8 horas, decréscimo às 10, e fechamento total, do meio dia em diante.

Seguem-se outras observações feitas pelo método de infiltração, em plantas cuja transpiração não estudamos: *Aspidosperma pyrifolium*²⁸ exibiu maior abertura às 8 horas, manteve os estômatos fechados às 10 e às 12 horas, e indicou reabertura às 14; *Astronium urundeuva* revelou abertura máxima às 8 horas, início de fechamento às 10, fechamento completo às 12; *Amburana cearensis* teve o máximo de abertura estomática às 8 horas e fechamento ao meio dia; em *Manihot glaziovii*, os máximos de infiltração ocorreram até às 10 horas, e a partir do meio dia os estômatos mantiveram-se fechados; *Melanoxylum brauna*, finalmente, com abertura máxima às 8 horas, mostrou diminuição das fendas estomáticas das 10 às 14 horas, não tendo sido constatado fechamento total. As observações nesse dia foram interrompidas a essa hora.

TABELA 13

Espécie	HORAS DO DIA									
	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.30
<i>Spondias tuberosa</i>	+-	+-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	+	+	+	+	+-	-	+-	+-	+-	+-
<i>Jatropha phyllacantha</i>	+-	+-	+-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maytenus rigida</i>	-	+-	+-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	+-	+		+-	-	-	-	-	-	-
<i>Astronium urundeuva</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zizyphus joazeiro</i>	+-	-		-	-	-	-	-	-	-
<i>Bumelia sartorum</i>		+		+-		+-		-		-
<i>Amburana cearensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Manihot glaziovii</i>	+-	+	+-	-	-	-	-	-	-	-
Nota: + indica infiltração intensa +- " " fraca - " ausência de infiltração Os espaços em branco indicam ausencia de observações										

Durante o segundo estágio maior número de observações pôde ser feito. Se a tabela anterior indicava, para a maioria das plantas, necessidade evidente de restrição do consumo de água, por fechamento dos estômatos, a partir de cerca do meio dia, a que reúne os dados obtidos de 27 a 30 de janeiro, (Tab. 13), indica, como era de esperar, uma restrição muito mais acentuada. Já às 11 horas, apenas *Caesalpinia pyramidalis* mantinha seus estômatos bem abertos; *Aspidosperma pyrifolium* e *Bumelia sartorum* ainda permitiram infiltração, embora fraca;

(28) — E' de notar que nesta planta a infiltração se dá, de preferência, pelos bordos da gota do líquido infiltrante, tratando-se, provavelmente, de um caso comparável ao de *Cedrela fissilis* (98).

tôdas as demais plantas tinham os estômatos perfeitamente fechados, a essa hora. De um modo geral, a abertura máxima dos estômatos ocorreu, para a maioria das plantas, entre 8 e 9 hors, sendo que num grande número delas, às 10 horas, os estômatos já estavam fechados e não se reabriram o resto do dia. A única espécie que não fechou os estômatos completamente, durante todo o dia, foi *Caesalpinia pyramidalis*. Estas observações confirmam, de um modo geral, as observações por pesagem. As discrepâncias devem se explicar pela falibilidade do método de infiltração e pela dificuldade em avaliar seus resultados.

Durante o terceiro estágio, de 10 a 14 de julho, pudemos constatar estômatos abertos, em muitas plantas, quase que o dia todo (Tab. 14): em *Caesalpinia pyramidalis* até 15 horas, tendo persistido com abertu-

TABELA 14

Espécie	HORAS DO DIA									
	7.00	8.00	9.00	10.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
<i>Spondias tuberosa</i>	+	+	+	+-	+-	-	-	-	-	-
<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	+	+	+	+	+	+	+-	+-	-	-
<i>Jatropha phyllacantha</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Maytenus rigida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+-	-	-
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	+-	+-	+	+	+	+	+	+-	+-	-
<i>Astronium urundeuva</i>		+	+-	-	-	+-	-			
<i>Zizyphus joazeiro</i>	+-	+-	+	+	+-	+-	+-	-	-	-
<i>Bumelia sartorum</i>			+		+	+			+	
<i>Amburana cearensis</i>		+	+	+	+-	-	-			
<i>Manihot glaziovii</i>		+	+	+	+-	+-	+-			
Nota: + indica infiltração intensa +- " " fraca - " ausência de infiltração Os espaços em branco indicam ausencia de observações										

ra máxima até 13; em *Jatropha phyllacantha* até 16 horas, fechando-os às 17; *Aspidosperma pyrifolium*, igualmente, com estômatos abertos até 16 horas e fechados às 17, mostrou, no entanto, aberturas máximas entre 9 e 14 horas; *Zizyphus joazeiro* permitiu infiltração, ainda que fraca, até 14 horas, o mesmo tendo acontecido com *Manihot glaziovii*; *Astronium urundeuva*, mostrou o máximo de abertura às 8 horas, apresentou ligeira depressão às 9, fechamento total às 10, persistindo nesse estado até às 12 horas, para indicar pequena reabertura às 13 e novo fechamento às 14. Nesta época foi *Spondias tuberosa* a única espécie com notável restrição das aberturas estomáticas: a máxima abertura ocorreu entre 7 e 9 horas, seguindo uma diminuição às 10 e, das 13 em diante, fechamento perfeito. Ao lado de *Jatropha phyllacantha*, *Maytenus rigida* foi a espécie em que os estômatos mantiveram maiores aberturas durante um período mais longo: até às 15 horas.

Lembremos o fato de que, neste estágio, quando realizamos estas observações, ocorreram chuviscos passageiros e mesmo chuvas mais prolongadas, que, precedidas, freqüentemente, por diminuição da luminosidade, interferem com o grau de abertura dos estômatos. Essa influência se reflete, não só no andamento da transpiração, mas também na marcha da fotossíntese, já estudada por determinações da absorção de gás carbônico, por Nutman (78, 79), em café. Na mesma planta, Franco (29a) confirmou, por porometria (que indica a velocidade de passagem de ar através da fôlha, velocidade essa conseqüente do grau de abertura dos estômatos), a influência da luminosidade sobre os movimentos estomáticos²⁹.

Pode-se, do confronto dos dados de infiltração da tabela 14 com os resultados obtidos com a balança, no mesmo período, concluir pela superioridade do método das pesagens, que permite distinguir mudanças nas aberturas estomáticas, tão pequenas, que escapam à análise pela infiltração.

Finalmente, a última tabela desta série (Tab. 15), contendo dados de 30 de outubro a 1 de novembro, indica os resultados de observações em muito poucas espécies. Isso se deve ao fato de que, neste período, no auge da seca, as plantas estavam, na maioria, destituídas de fôlhas. As espécies que puderam ser estudadas, revelaram, em geral, necessidade de grande restrição das aberturas estomáticas. Assim é que já às 11 horas, apenas *Caesalpinia pyramidalis* mostrava fraca infiltração e isso persistiu até ao meio dia; às 13 horas, mesmo esta planta fechou seus estômatos e, de então em diante, a infiltração foi negativa em tôdas as espécies em estudo. O máximo de infiltração, que indica o máximo de abertura estomatar, ocorreu às 6 e meia, e certas espécies, como *Jatropha phyllacantha* e *Bumelia sartorum*, já às 5 e meia, tinham estômatos com abertura máxima. Muito cedo, às 7 e meia, diversas espécies já iniciavam o fechamento dos estômatos.

Em conclusão, podemos dizer que as observações feitas com o método de infiltração, que permite estudar, de maneira indireta, o comportamento estomático em fôlhas não destacadas das plantas, confirmam os dados obtidos com o método de pesagens rápidas de fôlhas colhidas, para o estabelecimento das curvas diárias de transpiração. Um simples perpassar de olhos pelas tabelas apresentadas, permite verificar que as indicações de infiltração positiva aparecem com maior freqüência nos períodos de condições menos severas (abril e julho), predominando, nos demais períodos (outubro-novembro e janeiro), indicações negativas de infiltração. Em tôdas as tabelas, de outro lado, os resul-

(29) — Maiores detalhes sobre este problema serão apresentados adiante.

TABELA 15

Espécie	HORAS DO DIA													
	5.30	6.00	6.30	7.00	7.30	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	
<i>Spondias tuberosa</i>														
<i>Caesalpinia pyramidalis</i>														
<i>Jatropha phyllacantha</i>	+	+	+		+-		+-	+-	+-	+	-	-	-	
<i>Maytenus rigida</i>			+		+		-	-	-	-	-	-	-	
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>					+-		+-	-	-	-	-	-	-	
<i>Astronium urundeuva</i>														
<i>Zizyphus joazeiro</i>	+	+	+	+	+-	+-	+-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bumelia sartorum</i>	+	+	+	+	+		+-	+-	-	-	-	-	-	
<i>Amburana cearensis</i>														
<i>Manihot glaziovii</i>														
<i>Capparis yco</i>	-		+	-	+-		-		-	-	-	-	-	
<i>Tabebuia caraiba</i>		+-		+-			-		-	-	-	-	-	

Nota: + indica infiltração intensa
+- " " fraca
- " " ausência de infiltração
Os espaços em branco indicam ausência de observações

tados de infiltração positiva aparecem, de preferência, de manhã, quando as condições vigentes são sempre mais suaves. Revelam essas observações, em conjunto, que na caatinga, mesmo nas ocasiões em que prevalecem condições menos severas, a maioria das plantas já indica, claramente, necessidade de restrição do consumo d'água, o que se realiza por redução das fendas estomáticas. Verifica-se, quando se agrava a seca, que os estômatos se abrem mais cedo, permanecem abertos um menor número de horas e suas fendas são sempre menores; conseqüentemente, a transpiração é realizada em nível inferior e a quantidade total d'água consumida se reduz consideravelmente. Há mesmo plantas que, no auge da seca, nunca abrem os estômatos durante muitos dias; e outras, aliás, a maioria, que recorrem à medida extrema de eliminação total das folhas.

Quanto ao comportamento dos estômatos em sua situação natural, as plantas da caatinga revelam-se, por conseguinte, como um grupo oposto ao das plantas do cerrado, que nunca, ou quase nunca, precisam fechar seus estômatos. Isto confirma, aliás, a conclusão tirada no capítulo precedente, em que analisamos a transpiração das plantas do cerrado e da caatinga e constatamos grandes restrições de transpiração, nas últimas, e quase nenhuma, nas primeiras.

RAPIDEZ DOS MOVIMENTOS ESTOMÁTICOS E TRANSPIRAÇÃO CUTICULAR.

Como a absorção do gás carbônico a ser utilizado na fotossíntese, se realiza através dos estômatos, é imprescindível, para a sobrevivência da planta, que eles permaneçam abertos durante um certo número de horas, variável com a espécie. Para as plantas higrofitas, isso não apresenta dificuldade, pois seus estômatos podem ser mantidos abertos durante um período superior ao mínimo requerido. Com relação às xerófitas, todavia, a questão é mais complexa: enquanto os estômatos estão abertos, nada impede a saída de água na forma de vapor (transpiração); isso poderá determinar uma perda superior à capacidade de reabastecimento, quer por falta de água à disposição das raízes, quer por deficiência de absorção ou de condução; se, por outro lado, a planta a fim de evitar um dessecamento que lhe poderá causar a morte fechar muito precocemente os estômatos e assim os mantiver por longo tempo, a fotossíntese não se realizará durante o período mínimo necessário a compensar os gastos materiais determinados pela respiração ininterrupta; e o balanço negativo de carboidratos, caso se agrave, poderá, igualmente, conduzir a planta à morte.

Assim, nas xerófitas verdadeiras, os estômatos devem ter um funcionamento perfeito, que lhes permita fechar os ostíolos no momento exato de evitar perda excessiva de água, sem prejudicar, desnecessariamente, o andamento da fotossíntese. De outro lado, devem eles poder

abrir-se rapidamente, para aproveitarem horas de condições mais amenas que porventura surjam entre períodos severos.

Movimentos hidroativos.

Pode-se estudar a velocidade de fechamento dos estômatos, colocando na balança de torsão uma folha destacada da planta e acompanhando, minuto a minuto, sua perda de peso. Se os estômatos, no começo, se encontram abertos, e se fecham na ausência de reabastecimento de água à medida que a planta transpira, as perdas de peso inicialmente altas, vão caindo a valores cada vez menores. A maneira pela qual essa queda se verifica, dá-nos uma idéia da eficiência das reações estomáticas. Movimentos como o descrito são chamados hidroativos. Além desses, os estômatos podem executar movimentos fotoativos, que, oportunamente, consideraremos.

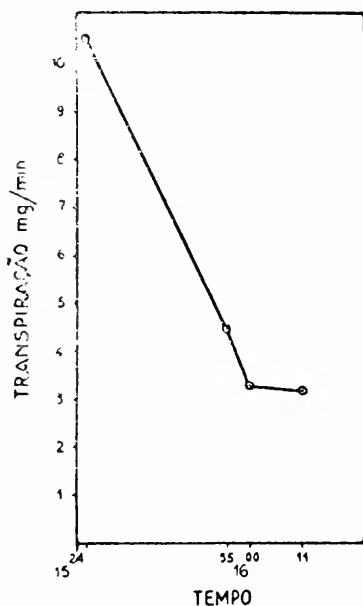


Fig. 57: Rapidez do fechamento dos estômatos de *Byrsonima coccolobifolia*.

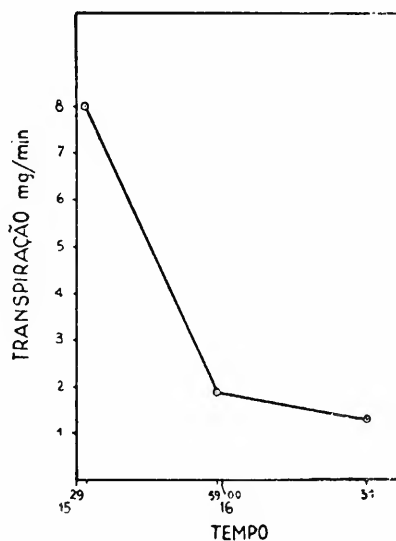


Fig. 58: Rapidez do fechamento dos estômatos de *Didymopanax vinosum*.

Após fechamento completo dos estômatos, não permanece constante, todavia, a razão da perda d'água que agora se efetua exclusivamente através da cutícula (transpiração cuticular). Continua a verificar-se uma depressão dos valores, embora muito menor que a inicial. Ao "incipient drying", fenômeno já explicado páginas atrás, deve-se o declínio da transpiração cuticular.

As observações feitas no cerrado, sôbre a velocidade do fechamento estomático de suas plantas mais características, estão consubstanciadas nas diversas figuras seguintes e, de modo geral, revelam que as plantas estudadas são muito lentas em seus movimentos estomáticos. Assim, por exemplo, em *Byrsonima coccolobifolia* (Fig. 57), para se observar um declínio de 50% da razão inicial de transpiração, foram necessários 30 minutos aproximadamente. *Didymopanax vinosum* (Fig. 58) e *Stryphnodendron barbatimão* (Fig. 59) realizam essa redução em cerca de 20 minutos. Mais lenta ainda, em sua reação estomática, é

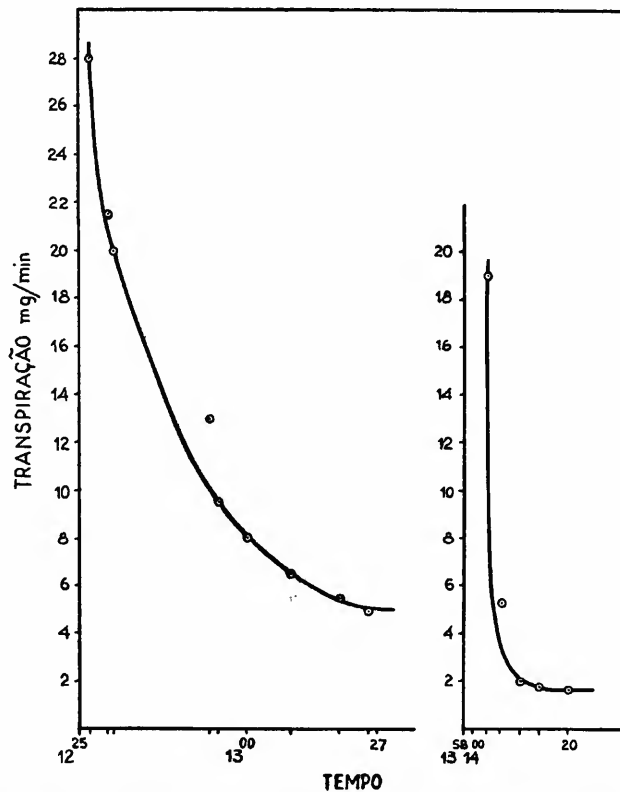


Fig. 59: Rapidez do fechamento dos estômatos de barbatimão (*Stryphnodendron barbatimão*), à esquerda, e de *Craniolaria integrifolia*, à direita. Lembre-se de que a primeira é planta permanente e de que a segunda só vegeta no verão. Seg. dados de Rachid (89).

Kielmeyera coriacea (Fig. 60): levou, aproximadamente, 50 minutos para reduzir 45% da transpiração inicial. *Erythroxylum tortuosum* (Fig. 61), no mesmo período, reduziu apenas 40%, enquanto *Erythroxylum suberosum* (Fig. 62), somente 20%. Menos lentos são os movimentos estomáticos de *Anona coriacea* (Fig. 63); após meia hora há uma redução de 60% do valor inicial da transpiração. *Andira humilis*

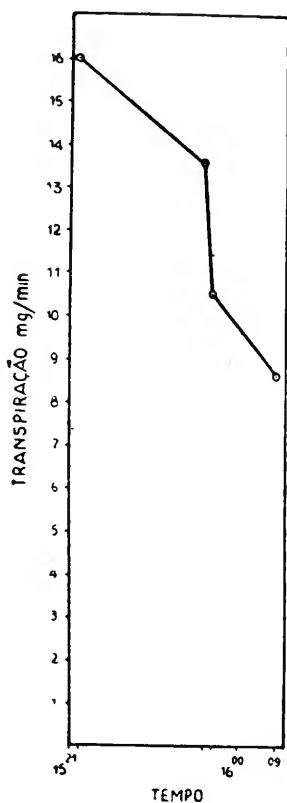


Fig. 60:
Rapidez do fechamento dos estômatos de *Kielmeyera coriacea*.

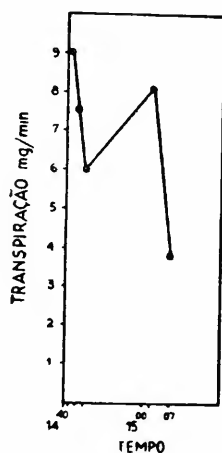


Fig. 63:
Rapidez do fechamento dos estômatos de *Anona coriacea*.

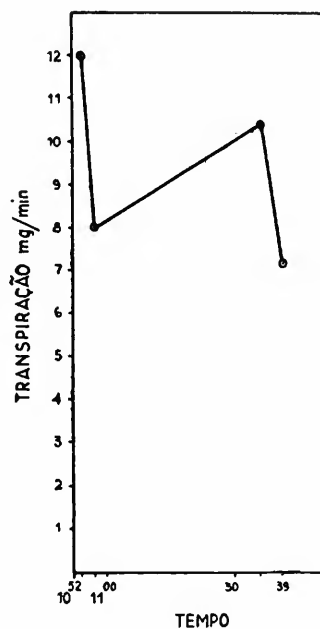


Fig. 61:
Rapidez do fechamento dos estômatos de *Erythroxylum tortuosum*. Note a reabertura tardia dos estômatos antes do fechamento definitivo.

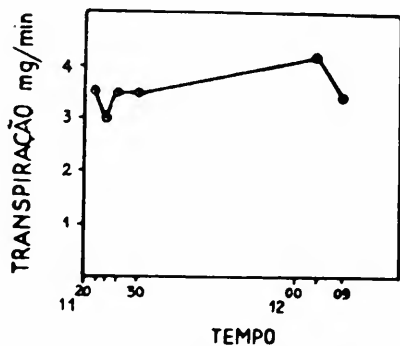


Fig. 62:
Rapidez do fechamento dos estômatos de *Erythroxylum suberosum*.

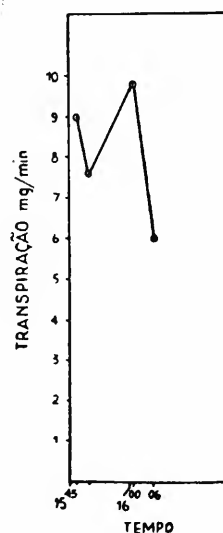


Fig. 64:
Rapidez do fechamento dos estômatos de *Andira humilis*.

(Fig. 64) equipara-se à *Anona coriacea* em velocidade de reações estomáticas: reduz 40% em 20 minutos.

Os gráficos apresentados mostram, freqüentemente, um fenômeno interessante: após vários minutos na balança, durante os quais se verifica uma queda progressiva da razão de perda d'água, começam a surgir valores muito grandes, os quais, com freqüência, chegam a ultrapassar os iniciais. Pode-se observar esse fenômeno, muito claramente, em nossas Figs. 61 a 64, que se referem a *Erythroxylum suberosum*, *Erythroxylum tortuosum*, *Anona coriacea* e *Andira humilis*. Depois dessa ascensão dos valores de perda de água, eles caem novamente. Tal fenômeno não pode ser confundido com o "efeito de Ivanoff", já mencionado. Este se caracteriza por uma elevação da perda de água nos primeiros instantes após o corte da folha, consequência imediata da libertação de tensões a que se encontram sujeitos os vasos. O fenômeno agora em apreço surge, ao contrário, muito mais tarde, quando os tecidos da folha já eliminaram um considerável volume d'água e se encontram bem afastados da saturação, ao contrário de estarem no estado de supersaturação momentânea pressuposto para explicar o "efeito de Ivanoff". A literatura cita casos análogos aos presentes (vide Maximov, 69, p. 191, que menciona diversos autores; e também a literatura discutida por Seybold 116, p. 622). A explicação, aliás não muito satisfatória, para este problema, seria a seguinte: perdendo água por transpiração, a folha diminui sua turgescência, o que leva a uma reação dos estômatos no sentido de se fecharem; consequentemente, baixam os valores de transpiração; mas quando a folha perde água muito rapidamente, os estômatos não podem continuar se fechando; ao contrário, tornam-se até mais abertos, por serem arrastados mecanicamente pelas células epidérmicas vizinhas, em sua contração; isso determinaria a elevação tardia dos valores de perda d'água³⁰.

Apresentamos finalmente, lado a lado, duas curvas que representam o fechamento estomático em *Stryphnodendron barbatimão* e *Craniolella integrifolia* (Fig. 59). Baseiam-se em observações já publicadas por Rachid (89). A autora chama a atenção para o seguinte fato: enquanto a maioria das espécies permanentes apresenta reações estomáticas lentas, as plantas que vegetam no verão têm reações muito mais rápidas. A explicação para esse fato deve ser a seguinte: de um modo geral a vegetação arbórea dos cerrados dispõe de sistemas radiculares muito profundos que sempre encontram água aproveitável, e podem, por conseguinte, dispensar estômatos de funcionamento muito eficiente; as espécies de verão, ainda que disponham de xilopódios onde po-

(30) — Outra explicação, menos divulgada, mas requerendo, igualmente, comprovação mais ampla, foi dada por Iljin (43): a abertura dos estômatos causada por murchamento, seria devida ao efeito da forte desidratação sobre a digestão do amido das células estomáticas.

dem acumular reservas de água, possuem sistemas radiculares que exploram somente as camadas superficiais do solo; por isso precisam de aparelho estomático mais eficiente, visto como, comparada à água disponível no solo explorado pelas raízes do primeiro grupo, a armazenada nos xilopódios é escassa.

Quanto aos valores de transpiração cuticular, dispomos de poucas observações precisas. Em *Byrsonima coccolobifolia* é de 5,7% da eva-

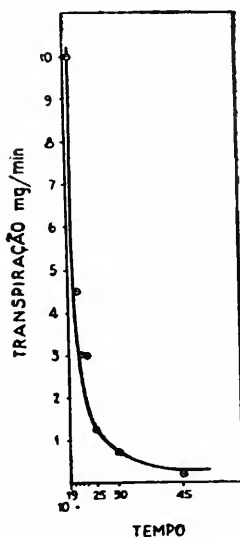


Fig. 65: Rapidez do fechamento dos estômatos do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*). Note que tal fechamento se efetua em poucos minutos e que a transpiração cuticular é muito baixa. Seg. Ferri e Labouriau (27).

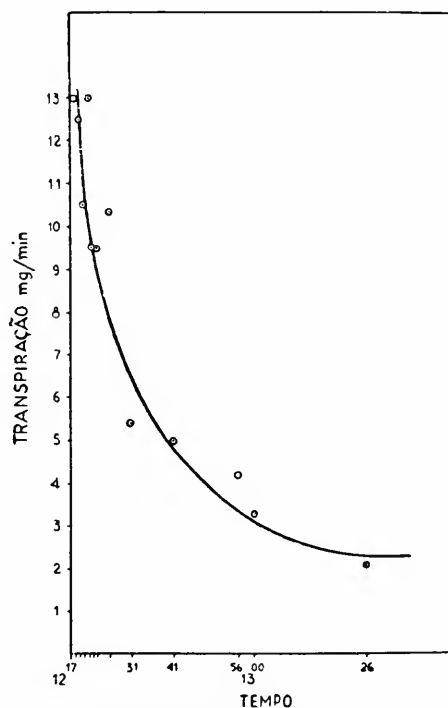


Fig. 66: Rapidez do fechamento dos estômatos de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*). Seg. Ferri e Labouriau (27).

poração livre; em *Andira humilis*, de 10,5%; em *Palicourea rigida*, de 11,2% e em *Anona coriacea*, de 1% apenas. Esses dados são interessantes porque permitem evidenciar que nas curvas logo atrás apresentadas, os estômatos não tinham completado seu fechamento, mesmo após uma hora ou mais de observação; esse fato, foi, aliás, comprovado por infiltração feita em folhas que, ao fim da experiência, não seriam mais usadas.

Outro fato digno de nota e que ressalta dos mesmos dados, é o seguinte: a transpiração cuticular nem sempre é proporcional à espessura da cutícula embora, em geral, plantas com epiderme cujas células têm membranas muito espessas e fortemente cutinizadas, apresentem baixa transpiração cuticular (Oppenheimer (81, 83), Pisek e Berger (87a), Oppenheimer e Mendel (84). Todas as plantas citadas, exceto *Palicourea rigida*, possuem cutícula muito espessa; *Andira humilis*, com

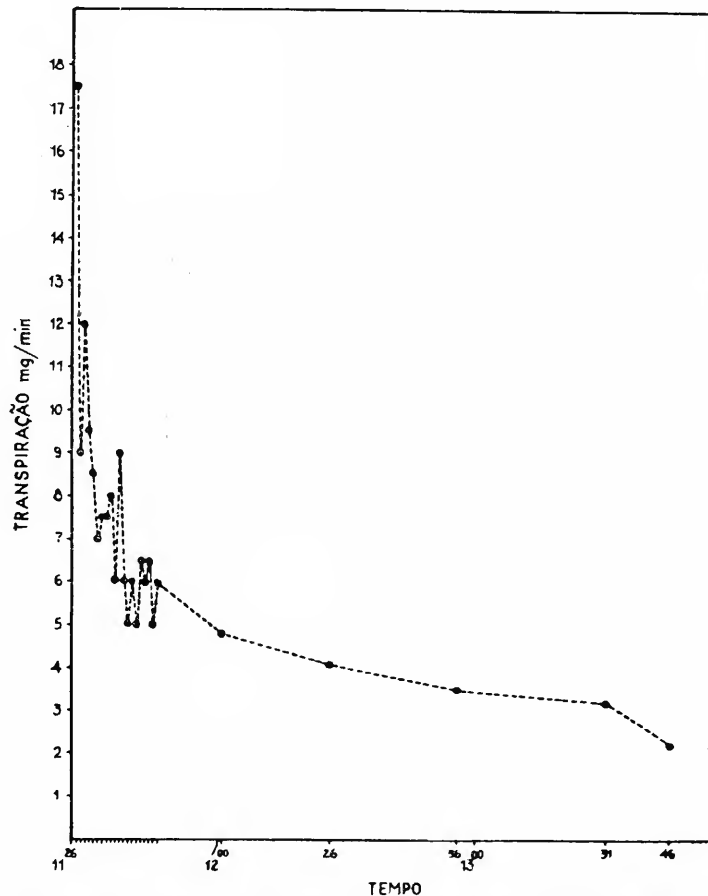


Fig. 67: Rapidez do fechamento dos estômatos de faveleira (*Jatropha phyllacantha*). Note a oscilação dos valores de perda de água que precede ao fechamento definitivo dos estômatos. Seg. Ferri e Labouriau (27).

cutícula bem mais grossa que *Anona coriacea*, mostra, todavia, transpiração cuticular muito mais elevada. Ao mesmo fato se referem outros autores, como Kamp (47) e Evenari (21). E' dêste último o trecho a seguir transcrito: "Séame permitido agregar que la transpiration cuticular no es función del espesor de la cutícula. Las cutículas de *Haplophyllum* y del mediterráneo *Amygdalus communis*, por ejemplo, son igualmente delgadas, y sin embargo *Amygdalus* tiene transpiración cuticular que no existe en *Haplophyllum*" (1.c., p. 142).

Esses fatos indicam que, além da espessura, outros fatores, ligados, provavelmente, à composição química das cutículas e à sua infraestrutura, influem na eficiência da proteção que desempenham.

Da mesma forma opinam Crafts, Currier e Stocking (13) que citam, entre outras, observações de Pieniazek em diversas variedades de maçãs: a razão de transpiração das mesmas não estava correlacionada diretamente com a espessura de suas cutículas, mas sim com a cêra sobre elas depositada.

Com referência às plantas da caatinga, os fatos relativos à velocidade das reações estomáticas e à transpiração cuticular são bem diversos. As figuras abaixo reproduzidas permitem as seguintes observa-

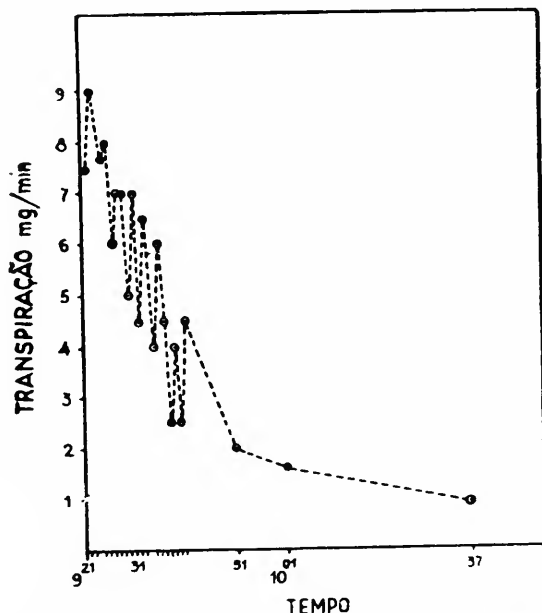


Fig. 68: Rapidez do fechamento dos estômatos do bonomeiro (*Maytenus rigida*). Seg. Ferri e Labouriau (27).

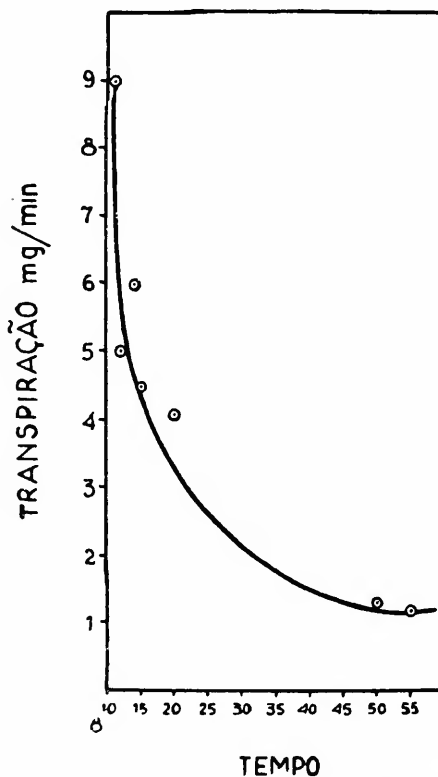


Fig. 69: Rapidez do fechamento dos estômatos do joazeiro (*Zizyphus joazeiro*).

ções: *Spondias tuberosa* (Fig. 65), em 2 minutos apenas, reduz a razão da perda d'água a 45% do valor inicial; fecha os estômatos perfeitamente em apenas 10 minutos e a transpiração cuticular inicial é de 5% da transpiração total inicial, reduzindo-se mais tarde, por "incipient

drying", a 2%. *Caesalpinia pyramidalis* (Fig. 66) necessita de 10 minutos para uma redução de 50% do valor inicial e mais de uma hora

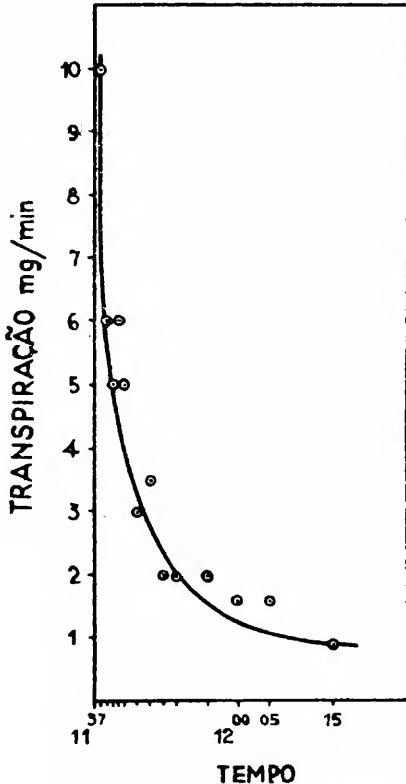


Fig. 70: Rapidez do fechamento dos estômatos de quixabeira (*Bumelia sartorum*).

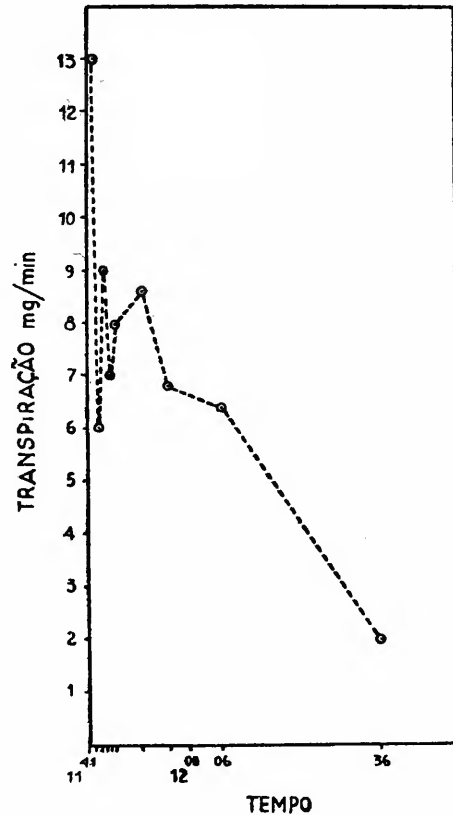


Fig. 71: Rapidez do fechamento dos estômatos do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*).

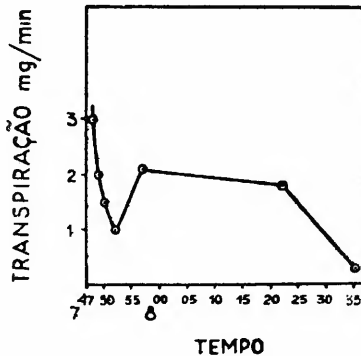


Fig. 72: Rapidez do fechamento dos estômatos do icó (*Capparis yco*). Note a reabertura tardia dos estômatos antes do fechamento definitivo; note, também, o baixo valor da transpiração cuticular.

para atingir o nível da transpiração cuticular, que é da ordem de 15% do total. *Jatropha phyllacantha* (Fig. 67), em 5 minutos apresenta uma redução de 50% e a transpiração cuticular, cerca de 20% da total, é

alcançada em uma hora; posteriormente há uma redução da transpiração cuticular, por "incipient drying", para 10%, aproximadamente.

Em *Maytenus rigida* (Fig. 68) a mesma redução de 50% ocorre em 10 minutos e para que haja fechamento completo ou quase completo dos estômatos, 40 minutos são necessários. *Zizyphus joazeiro* (Fig. 69) necessita de 5 minutos para uma redução de 50% do nível inicial da transpiração total e a transpiração cuticular é alcançada em 40 minutos. Tanto nessa planta, como na anterior, a transpiração cuticular é cerca de 15% da total. *Bumelia sartorum* (Fig. 70) tem um aparelho estomático que em eficiência só é superado pelo de *Spondias tuberosa*. Assim, a redução de 50% é alcançada em 3 minutos; o fechamento se realiza em 25 minutos e a transpiração cuticular é da ordem de 10% da total. *Aspidosperma pyrifolium* (Fig. 71) em 2 minutos realiza uma queda para 45% do valor inicial, mas no minuto seguinte, o valor da perda de água sobe a 70% do inicial, e, depois de algumas oscilações ao redor de um nível de transpiração um pouco inferior a esse, cai progressivamente, para, dentro de uma hora mais ou menos, atingir a transpiração cuticular, que é cerca de 15% da total. Esta oscilação dos valores de perda de água foi observada, igualmente, em *Jatropha phyllacantha* e, com muito maior regularidade, em *Maytenus rigida*; em *Caesalpinia pyramidalis* algumas oscilações foram às vezes constatadas e o mesmo se pode dizer de *Bumelia sartorum*.

Não tivemos ensêjo de estudar o comportamento dos estômatos de *Astronium urundeuva*, porque a observação dessa planta foi iniciada somente em janeiro, quando seus estômatos estavam, invariavelmente, fechados; em julho, os valores de sua transpiração foram, igualmente, muito baixos e, além disso, as chuvas freqüentes prejudicaram o andamento dos trabalhos; em novembro, finalmente, não havia sequer uma fôlha nas plantas dessa espécie.

Substituímos seu estudo, nessa época, pelo de *Tabebuia caraiba* e de *Capparis yco*. Na primeira, os estômatos já não se encontravam muito abertos, desde o início, como se pôde verificar pela fraca infiltração e pelos baixos valores de perda d'água. Em todo o caso, foi possível constatar que o fechamento se completou em 6 minutos, caindo os valores para 15% do inicial. Verifica-se em *Capparis yco* (Fig. 72) um fechamento relativamente rápido, isto é, em cerca de 15 minutos; observa-se, no entanto, uma reabertura tardia dos estômatos, como encontramos, freqüentemente, nas plantas do cerrado. Mas, enquanto naquelas os estômatos nunca se fecham perfeitamente, em icó, ao que parece, isso se verifica e a transpiração cuticular pode, em uma hora mais ou menos, alcançar o valor de apenas 10% do inicial.

Para facilitar uma avaliação conjunta e comparativa, dos resultados obtidos no cerrado e na caatinga, apresentamos a Tabela 16, que permite concluir, em resumo, que as plantas estudadas da caatinga mostram uma

Rapidez dos movimentos estomáticos e Transpiração cuticular

ESPÉCIE	% Redução da razão inicial da transpiração	Tempo minutos	Transp. cuticular / Evaporação % **	Transp. cuticular / Transp. total % ***
CERRADO				
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	50	30	5,7	15
<i>Didymopanax vinosum</i>	50	20	—	—
<i>Stryphnodendron barbatimao</i>	50	20	—	—
<i>Kielmeyera coriacea</i>	45	50	—	—
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	40	50	—	—
<i>Erythroxylum suberosum</i>	20	50	—	—
<i>Anona coriacea</i>	60	30	1,0	2
<i>Andira humilis</i>	40	20	10,5	33
<i>Palicourea rigida</i>	—	—	11,2	35
CAATINGA				
<i>Spondias tuberosa</i>	55	2	—	2 a 5
<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	50	10	—	15
<i>Jatropha phyllacantha</i>	50	2	—	10 a 20
<i>Maytenus rigida</i>	50	10	—	15
<i>Zizyphus joazeiro</i>	50	5	—	15
<i>Bumelia sartorum</i>	50	3	—	10
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	—	—	—	15
<i>Tabebuia caraiba</i>	—	—	—	15
<i>Capparis yco</i>	—	—	—	10

* Todos os valores desta tabela são aproximações; maior exatidão encontra-se apenas nos de transp. cut./evaporação.

** Valores de transp. cutic., determinados em folhas vaselinadas; de evap., com "Blattevaporimeter".

*** Valores de transp. cutic., determinados a partir das curvas de rapidez de fechamento estomático; valores de transpiração total, os primeiros das mesmas curvas.

eficiência muito maior, em suas reações estomáticas hidroativas, do que as plantas permanentes do cerrado. Até as plantas de verão estudadas no cerrado por Rachid (89) não alcançam o mesmo grau de eficiência, em suas reações estomáticas, verificado em *Spondias tuberosa* e em *Bumelia sartorum*. Assim, enquanto em *Craniolaria integrifolia* a redução de 50% da razão de transpiração requer 8 minutos para se processar, em *Spondias tuberosa* igual redução se faz em apenas 2, e em *Bumelia sartorum*, em 3 minutos.

Um ponto digno de nota e para o qual não encontramos explicação satisfatória, diz respeito às “pulsações” dos valores de perda d’água de certas plantas. A nosso ver não se deve pensar em deficiência técnica, porque tais “pulsações” se apresentam sempre ligadas a certas espécies, jamais a outras. Esse fenômeno foi observado, igualmente, por outros autores. Assim, Oppenheimer (83), após citar o fato, constatado em plantas da caatinga, por Ferri e Labouriau (27), dá exemplos próprios, obtidos em plantas da Palestina: *Quercus calliprinus* mostrou a seguinte seqüência de valores: 4,25 — 1,68 — 1,78 — 3,57 — 3,57 — 0 (mg/g de peso fresco por minuto). Constatou também irregularidades pronunciadas nas perdas de água em folhas jovens de *Pistacia palestina*. O autor admite que essas flutuações sejam em parte reais, produzidas por mudanças de iluminação; também possivelmente, por mudanças rápidas nas aberturas estomáticas; e em parte devidas a erro experimental.

Movimentos fotoativos.

Os estômatos freqüentemente apresentam, além das reações hidroativas que acabam de ser estudadas, sensibilidade às variações da iluminação e dêsse fato resultam os movimentos conhecidos como fotoativos, explicáveis satisfatoriamente pelas transformações reversíveis entre amido e glicose-1-fosfato.

Sobre tais equilíbrios, nas células estomáticas, influem mudanças de pH, resultantes do acúmulo, no escuro, de dióxido de carbono eliminado pela respiração, e também de seu consumo, em presença de luz, pela fotossíntese.

Como já foi lembrado por Alvim (1), não existe acôrdo, todavia, relativamente ao modo pelo qual tais mudanças de pH atuam sobre o turgor, e, conseqüentemente, sobre a posição das células estomáticas.

Scarth (106), por exemplo, admite que as reações estomáticas às variações de iluminação se exerçam por efeito das mudanças de pH sobre o poder de adsorção dos coloides das células estomáticas. Mais forte é a corrente favorável à hipótese de que os movimentos estomáticos em resposta às mudanças de iluminação, se devam às transformações reversíveis entre amido e açúcar (Iljin 43, Loftfield 59,

Sayre 105, Alvim 1). Talvez o maior obstáculo a esta hipótese — falta de indicação da existência de diastase nas células estomáticas (Wilson 149) — tenha sido afastado pela demonstração da presença de fosforilase em tais células (Yin e Tung 150). Como lembra Alvim, corroborando a opinião de Yin e Tung, as transformações reversíveis entre amido e açúcar poderiam ser controladas, nos estômatos, por fosforilase e não por diastase. Essas idéias encontram apóio no trabalho de Hanes (33) que apresenta um possível mecanismo pelo qual as mudanças de pH podem atuar sobre o equilíbrio amido-açúcar: fosforilase cataliza tanto a formação de glicose-1-fosfato, a partir de amido e fosfato inorgânico, quanto a reação inversa; a formação de glicose-1-fosfato é apenas o primeiro passo na formação de muitos outros compostos solúveis, a partir de amido, insolúvel. Alvim, partindo dos resultados obtidos por Hanes calculou as quantidades relativas de glicose-1-fosfato e mostrou seu constante aumento, do pH 5 ao pH 7. Os resultados experimentais do próprio Alvim evidenciaram “that stomatal opening increases from pH 6.1-6.3 to pH 6.7-6.9 with maximum opening from pH 6.9 to pH 7.3” (l.c., p. 790), como era de esperar.

Não tendo encontrado qualquer correlação entre o grau de abertura dos estômatos e o grau de embebição dos seus coloides, cpina em favor das transformações reversíveis entre amido e açúcar, para explicar as reações estomáticas foto-induzidas; essas transformações, catalizadas por fosforilase, podem ter, de acordo com alguns dados de Hanes, a velocidade adequada a satisfazer a rapidez com que se operam as mudanças nas fendas estomáticas, sob o efeito de alterações da iluminação³¹.

Logo no início das pesquisas na caatinga, Ferri e Labouriau (27) verificaram, pelo método de infiltração, que fôlhas da mesma planta de *Spondias tuberosa* apresentavam em lados diferentes, diferentes graus de abertura estomática, na mesma hora. Investigando detalhadamente o comportamento dos estômatos de fôlhas nos quatro pontos cardiais, constataram que no este abrem-se às 8 horas, no norte e no sul às 9 e no oeste, às 10 que o máximo de abertura é atingido às 9, às 10, às 11 e às 10 horas, respectivamente, no este, no norte, no oeste e no sul; e que o fechamento ocorre às 13, no oeste³². Vê-se, pois, que os mo-

(31) — Para maiores detalhes sobre este assunto, veja-se Alvim (1).

(32) — Convém lembrar que as indicações horárias são válidas corrente para a época em que as observações foram feitas (abril de 1952). Em diferentes ocasiões o início e o máximo de abertura e o início de fechamento estomático podem ocorrer, e de fato ocorrem, em horas diferentes.

vimentos de abertura e fechamento dos estômatos acompanhavam o movimento aparente do sol. As reações no sul eram aproximadamente as mesmas que no norte, com a diferença de que no sul o começo de abertura dos estômatos ocorria um pouco mais cedo. De outro lado, a abertura no sul, iniciava-se quase no mesmo tempo que no oeste, porém, demorava mais a atingir o máximo. A explicação provável para este fato será que, para se abrirem os estômatos, é necessária certa quantidade de energia (intensidade x tempo); por conseguinte, no este, deve ser necessário menos tempo que em qualquer outro ponto. Tal explicação enquadra-se perfeitamente na hipótese formulada acima, sobre as transformações de carboidratos de formas insolúveis a solúveis, relacionadas com o processo da fotossíntese, cujo rendimento é, dentro de limites, proporcional à intensidade da luz e ao tempo de exposição.

Informações do mesmo tipo foram colhidas, embora de maneira menos detalhada, em outras plantas, e parece que podemos adiantar que o jazeiro apresenta comportamento semelhante, e, provavelmente, também *Jatropha phyllacantha*.

Para verificação do tempo necessário à abertura e ao fechamento dos estômatos, experiências especiais foram realizadas (27).

Essas experiências consistiam em introduzir em sacos de pano preto, alguns ramos com folhas nas quais os estômatos estavam perfeitamente abertos. E assim, numa dessas experiências, um ramo escurecido às 9,20, ao ser novamente iluminado às 10 horas, tinha folhas com estômatos abertos apenas parcialmente, enquanto que as outras suas folhas, deixadas fora do saco no mesmo período, mostravam estômatos completamente abertos. Do segundo saco, um ramo colocado à mesma hora que o primeiro, e retirado 33 minutos depois, revelou fechamento total dos estômatos. Exposto à luz, 10 minutos após iniciou-se a abertura estomática, e em 20 minutos, a infiltração das folhas retiradas do saco era tão intensa quanto a das mantidas à luz durante todo o tempo. Essas experiências foram controladas por outras: à tardinha, quando os ramos apresentavam folhas com estômatos fechados, eram introduzidos nos sacos de pano e daí retirados no dia seguinte, quando a infiltração em folhas vizinhas revelava estômatos inteiramente abertos. Nenhuma alteração essencial de resultados se verificou.

Esses dados parecem muito significativos, pois, mostram o caso de uma planta da caatinga, perfeitamente adaptada a reagir às mudanças de condições da iluminação, o que é especialmente importante para plantas de ambientes secos. Devem elas ter capacidade de reações rápidas, a fim de poderem aproveitar os instantes de condições mais brandas que podem surgir pelo simples sombreamento produzido por nuvens.

Tais movimentos não são, todavia, exclusivos de plantas de regiões secas. Sua ocorrência Rachid (89) verificou em *Craniolaria inte-*

grifolia, planta pertencente ao grupo das efêmeras, que são, no cerrado, as de mais rápidas reações estomáticas. Nela o movimento fotoativo dos estômatos é aproximadamente duas vezes mais lento que em *Spondias tuberosa* que é, também, muito mais sensível à perda de água. Assim, os dados de Rachid indicam que o tempo necessário à *Craniolaria* para reduzir à metade seu consumo de água, quando a folha é colhida, é de 8 minutos, ao passo que essa redução em *Spondias*, se opera em 2 minutos apenas.

Finalmente lembraremos haver Poljakov (88) demonstrado que em *Ceratonia siliqua* Linn. Os máximos de transpiração ocorrem em tempos diversos nos vários lados da planta. Tal comportamento foi atribuído, porém, à direção dos ventos predominantes, e não correlacionado com as aberturas dos estômatos: "The daily course of transpiration changes with the direction of the wind, western or eastern. Differences in the transpiration course were also noticed between the leaves on the eastern and western sides of the tree" (l.c., p. 140).

DEFICIT DE SATURAÇÃO.

As poucas determinações de deficit de saturação que realizamos no cerrado e na caatinga foram efetuadas segundo as normas apresentadas na parte metodológica. Nas tabelas que a seguir analisaremos, encontrar-se-á indicado se os valores se referem ao peso da folha saturada, se ao conteúdo máximo de água.

Em trabalhos anteriores sobre o cerrado (23, 99) demonstramos que tanto no início como no fim da seca, embora as plantas permanentes mantivessem, em geral, os estômatos abertos, e não apresentassem acentuada restrição do consumo de água, nunca mostraram grandes deficits de saturação. A primeira coluna da tabela 17 mostra que, mesmo os maiores deficits, encontrados no início da seca — de *Erythroxylum tortuosum* (5,3% do peso saturado), de *Duguetia furfuracea* (4,7%) — são, realmente, muito pequenos. Na segunda coluna da tabela, que contém resultados obtidos no fim desse período, os deficits maiores são os de *Erythroxylum suberosum* (5,1%) e de *Alibertia sessilis* (5,3%). Isso indica que as plantas do cerrado encontram, até no fim dessa estação, possibilidade de reabastecimento satisfatório da copa, capaz de contrabalançar quase totalmente as perdas ocasionadas pela transpiração irrestrita. Indica também que, mesmo nessa época, as reservas de água aproveitáveis das camadas de solo exploradas pelos sistemas radiculares, são suficientes para proverem as necessidades dessas plantas.

As pequenas diferenças encontradas entre as diversas espécies, bem como as obtidas entre os valores alcançados no fim da seca, não são, provavelmente, significantes³³.

(33) — Como cada valor constante das tabelas é média de 2 a 3 determinações apenas, não nos pareceu justificável calcular o erro "standard".

Nossas determinações na caatinga, também não muito numerosas, encontram-se condensadas na tabela 18. Verifica-se aí que os deficits

TABELA 17

Deficit de saturação — Cerrado — Emas
Início (28 de junho) e fim (29 de agosto) da estação seca de 1943.
Valores obtidos entre 15 e 16 horas

P L A N T A	deficit em % do pêso saturado	
	28-6-1943	29-8-1943
<i>Alibertia sessilis</i>	—	5,3
<i>Andira humilis</i>	1,4	1,9
<i>Anona coriacea</i>	0,2*	1,6
<i>Butia leiospatha</i>	2,3	1,8
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	0,5	3,8
<i>Didymopanax vinosum</i>	3,8	4,2
<i>Dimorphandra mollis</i>	2,1	—
<i>Duguetia furfuracea</i>	4,7	—
<i>Erythroxylum suberosum</i>	2,1	5,1
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	5,3	—
<i>Kielmeyera coriacea</i>	1,1*	1,5
<i>Ouratea spectabilis</i>	—	0,4

* Valor obtido às 11 horas.

determinados para as quatro espécies estudadas durante o primeiro estágio³⁴, isto é, em abril de 1952, não são superiores aos maiores encon-

(34) — Estes dados são de Ferri e Labouriau (27).

trados no cerrado. Foi *Maytenus rigida* a espécie com o maior deficit: 6,3% do peso saturado. Os valores obtidos em janeiro de 1953, isto é, no segundo estágio, quando as condições climáticas eram muito mais severas, são, também, relativamente baixos. Novamente, em *Maytenus rigida*, o maior valor (10,9%) foi constatado. Apresentamos, nessa tabela, os valores de deficit de saturação, calculados como porcentagens dos pesos de folhas saturadas e do conteúdo máximo de água. Verifica-se que neste último caso os valores são ainda menores, o que deveria ser levado em conta ao se analisar o conjunto de dados obtidos no cerrado, dados esses calculados pelo primeiro sistema somente. Durante o terceiro estágio, em julho de 1953, não houve possibilidade para determinações de deficits de saturação, em virtude de freqüentes chuvas. Nem haveria grande interesse em obter tais valores, porque as pró-

TABELA 18
Deficit de saturação — Caatinga — Paulo Afonso
Valores obtidos às 15 horas

P L A N T A	Deficit em % do peso saturado		Deficit em % do conteúdo máximo de água	
	Abr. 1952	Jan. 1953	Abr. 1952	Jan. 1953
<i>Spondias tuberosa</i>	2,4	0,1	1,6	0,1
<i>Maytenus rigida</i>	6,3	10,9	3,4	6,0
<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	1,6	9,9	0,8	5,1
<i>Jatropha phyllacantha</i>	4,6	1,1	3,8	0,8

prias condições vigentes, mais brandas que as do primeiro estágio, levam a supor que não deveriam ser mais elevados do que nessa época. No último estágio, em outubro-novembro de 1953, finalmente, a ausência de folhas em quase todas as plantas, tornou impossível tais determinações. Das poucas espécies enfolhadas em novembro, *Bumelia sartorum*, *Capparis yco* e *Jatropha phyllacantha* não se prestam a determinações desse tipo, por serem as duas primeiras, recobertas de espessa camada de pêlos, onde a água se acumula e determina aumento indevido do peso das folhas saturadas, o que, por sua vez, eleva de maneira não mensurável, o deficit que porventura venha a ser determinado. Essa, aliás, nessa explicação (25) para os altos valores obtidos por Rautscher e col. (96): *Capparis yco* — 50%; *Croton campestris* — 30 a 40%. Como os próprios autores informam, na determinação do conteúdo máximo de água de *Selaginella convoluta* (cujo deficit por eles indicado foi da ordem de 90%), surge uma dificuldade intransponível: suas folhas pequenas recobrem-se parcialmente, formando como que um

feltro, que, por capilaridade, pode reter muita água. A mesma dificuldade, como dissemos, surge com referência às espécies muito pilosas como *Croton campestris* e *Capparis yco*. Sendo impossível remover toda essa água, e somente ela, antes das pesagens, o pêso saturado é, certamente, exagerado, e com isso também o deficit de saturação.

Outra dificuldade, igualmente de ordem técnica, existe em plantas do cerrado, como *Kielmeyera coriacea*, e da caatinga, como *Jatropha phyllacantha*, que possuem muito latex, que pode ser causa de erros de dois tipos: 1.º — a possível perda de uma gôta de latex, entre as pesagens, alterará o pêso; 2.º — o latex excretado pode coagular no interior dos vasos, obturá-los e impedir a condução de água, assim impossibilitando a saturação da fôlha.

Com exceção dos casos duvidosos, por conseguinte, todos os valores conhecidos, de plantas da caatinga, não são altos, o que é estranhável, salvo aos que conhecem a caatinga e lembram que suas plantas, com raras exceções oferecidas pelas espécies herbáceas, não apresentam sinais evidentes de murchamento. Mas êsses dados estão em desacôrdo flagrante com os obtidos por outros autores, em condições áridas. Assim Evenari (21) constatou os seguintes, na zona mediterrânea da Palestina, no período de seca: *Olea europaea* — 21,2%, *Ceratonia siliqua* — 19% e *Amygdalis communis* — 18,4%; e Stocker (129, 130) indica valores até de 50% para plantas em condições xerofíticas.

Encontraríamos uma explicação para os valores baixos da caatinga: trata-se de plantas bem adaptadas ao meio e dispõem de aparelhos estomáticos de funcionamento muito eficiente, capazes de impedir uma perda de água elevada, a ponto de causar um alto deficit de saturação; assim elas os mantêm fechados sempre que as condições o exijam. Quando isso não é mais possível, porque mesmo a transpiração cuticular acabaria criando altos deficits, as plantas recorrem ao recurso extremo da eliminação total das fôlhas. E persistem enfolhadas, apenas as que ainda conseguem evitar os altos deficits de saturação, seja por suportarem estômatos fechados durante períodos mais longos e terem, em tais períodos, menor transpiração cuticular, seja por possuírem maior eficiência de absorção e de transporte d'água, seja, enfim, por quaisquer outros meios.

ESTRUTURA DAS FOLHAS DAS PLANTAS DO CERRADO E DA CAATINGA.

Muitas vêzes o conhecimento da estrutura das fôlhas fornece elementos valiosos à interpretação de resultados da transpiração e do comportamento geral das plantas nas condições do meio em que vivem.

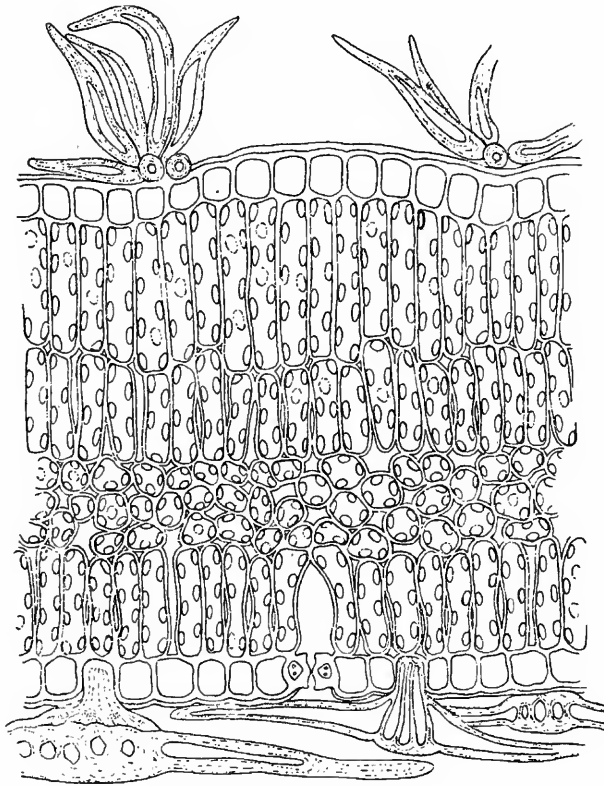


Fig. 73: Corte transversal da folha de *Duguetia furfuracea*. Note a grande quantidade de pêlos revestindo ambas as superfícies. Seg. Ferri (23).

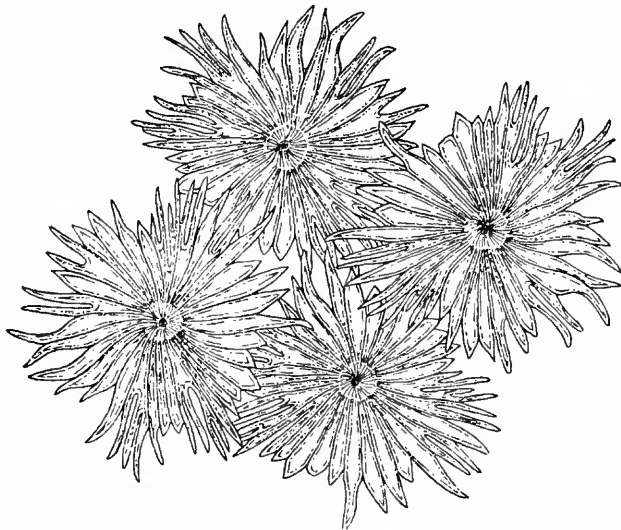


Fig. 74: Vista frontal das escamas da epidérme inferior da folha de *Duguetia furfuracea*. Seg. Fern (23).

Por êsse motivo, ao estudarmos a transpiração das plantas permanentes do cerrado, interessamo-nos também pelo conhecimento da estrutura das fôlhas. Do mesmo modo, Rachid (89) figura em seu trabalho as estruturas das fôlhas de *Craniolaria integrifolia* e *Palicourea rígida*, cuja transpiração estudou. Muito importante, sem dúvida, é o conhecimento dos detalhes da organização dos estômatos e a isso se dedicam os pesquisadores dêste campo.

Mariz (63) concordou em iniciar o estudo da anatomia das fôlhas de plantas da caatinga, mas, infelizmente, as figuras impressas de Zizy-

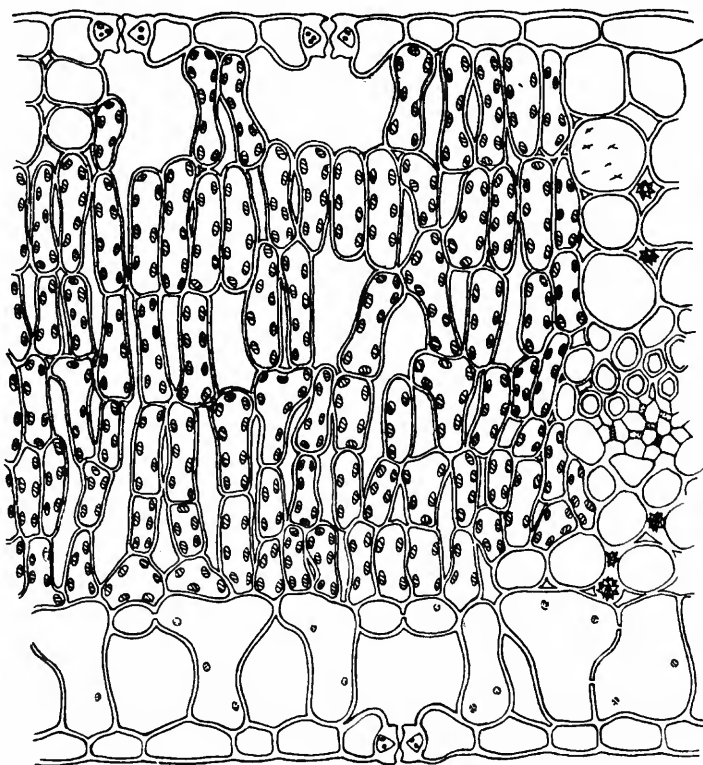


Fig. 75: Corte transversal da fôlha de *Kielmeyera coriacea*. Note o grande número de amplas lacunas. Seg. Ferri (23).

phus joazeiro, *Maytenus rígida*, *Spondias tuberosa* e *Amburana cearensis*, não permitem distinguir muitos detalhes.

Não desejamos apresentar muitas figuras das plantas do cerrado, porque já o fizemos em trabalho anterior (23). Limitamo-nos a reproduzir apenas alguns exemplos que ilustrem os problemas ora em consideração.

Encontram-se, nas estruturas das fôlhas das plantas permanentes do cerrado, inúmeros elementos tidos como característicos de xerófitas, por exemplo, a presença de numerosos pêlos revestindo a superfície das fô-

lhas. Êsses pêlos determinariam a retenção de camadas muito úmidas de ar em contacto com os estômatos, diminuindo, conseqüentemente, a transpiração. Ocorrem êles em ambas as faces das fôlhas de *Duguetia furfuracea* e são pluricelulares; na superior, muito ramificados; na inferior, organizados como verdadeiras escamas de pés encravados entre as células epidérmicas e de lâminas que podem se recobrir parcialmente. A Fig. 73 representa o corte transversal da fôlha dessa planta e ilustra o que acaba de ser descrito, enquanto a Fig. 74 mostra as referidas escamas em vista frontal. Assemelham-se muito aos pêlos em "escudo" de *Elaeagnus angustifolium*, figurados por Kerner (49).

A fôlha de *Kielmeyera coriacea* (Fig. 75) exhibe, sob a epiderme, um tecido clorofilado muito frouxo, quase esponjoso. As grandes lacunas entre as células que o constituem, contêm, certamente, ar saturado de umidade, de forma a dificultar a perda de água pelas próprias células. Além disso, sob a epiderme inferior se encontra uma camada de células incolores, muito grandes e de formato irregular, que devem funcionar como reservatórios de água; entre elas se acham novamente, grandes câmaras de ar. Há em suas paredes, muitas vêzes, pequenos poros. Os feixes vasculares são acompanhados também de células grandes, incolores que servirão, provavelmente, para reserva de água. A presença de tecidos do tipo descrito constata-se em várias outras plantas, como *Erythroxylum suberosum* e *Erythroxylum tortuosum*.

Encontra-se nas espécies do cerrado, com muita freqüência, grande quantidade de elementos de sustentação, cujo papel seria impedir injúrias mecânicas aos tecidos mais delicados do interior da fôlha, pelo colapso das células que porventura perdessem muita água. Nenhum exemplo ilustra melhor êste ponto do que o de *Anona coriacea* (Fig. 76). Além dos feixes de esclerênquima que acompanham os vasos, vêem-se entre as células de tecido clorofiliano, palissádico ou lacunoso, escleritos que se distribuem na mais variada orientação, alguns, de uma epiderme à outra. Isso faz supor que, realmente, funcionem como colunas de suporte dos tecidos, impedindo-lhes o colapso. Elementos mecânicos como êsses, encontram-se, embora em menor desenvolvimento, em *Ouratea spectabilis* e em *Erythroxylum suberosum*, por exemplo. Em *Byrsonima coccolobifolia*, as fibras do esclerênquima limitam-se às vizinhanças dos vasos.

Especialmente reforçada por elementos mecânicos é a fôlha da palmeira *Butia leiostachya* (Fig. 77), muito semelhante à de *Phormium tenax* em corte transversal: feixes de fibras esclerenquimatosas que acompanham os vasos se alternam com faixas de clorênquima, em cuja massa se encontram muitas vêzes, feixes menores, isolados, de esclerênquima; sob a epiderme de ambas as faces há duas ou mais camadas de tecido hipodérmico, geralmente considerado reservatório de água.

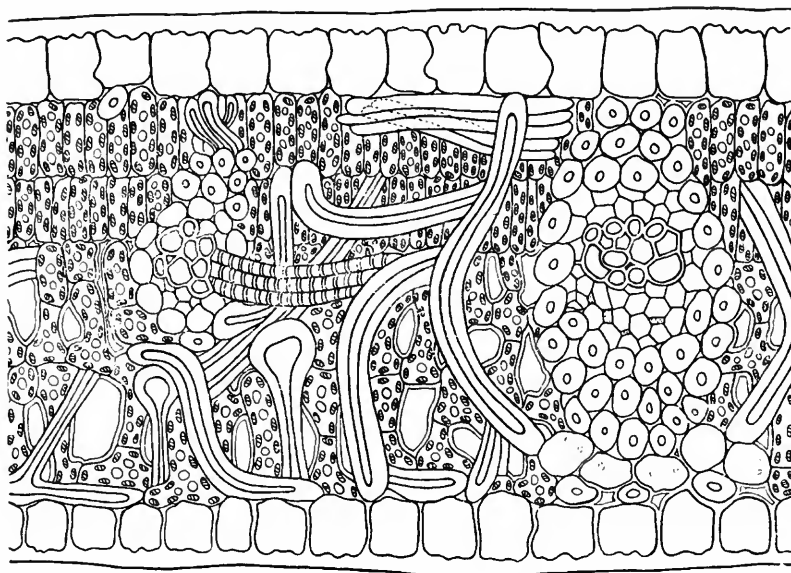


Fig. 76: Corte transversal da folha de *Annona coriacea*. Note a enorme freqüência de elementos mecânicos. Seg. Ferri (23).

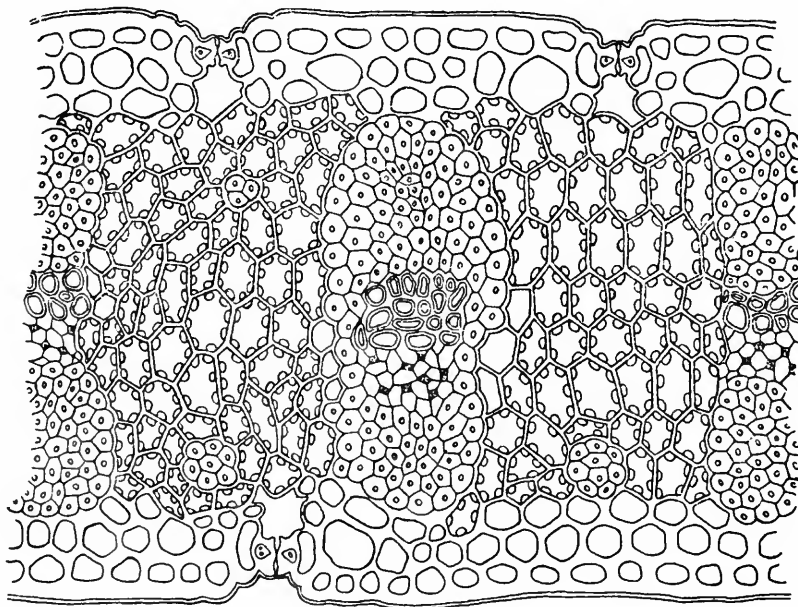


Fig. 77: Corte transversal da folha de uma palmeira, *Butia leiospatha*. Note a alternância de faixas de clorênquima com feixes de tecido mecânico. Seg. Ferri (23).

Sua existência constata-se também em outras plantas, como *Didymopanax vinosum*. Nesta, porém, limita-se à face superior da fôlha.

Quanto aos estômatos, encontram-se êles, nas plantas do cerrado, freqüentemente abrigados no fundo de depressões mais ou menos profundas com origem no próprio modo de se disporem as células epidér-

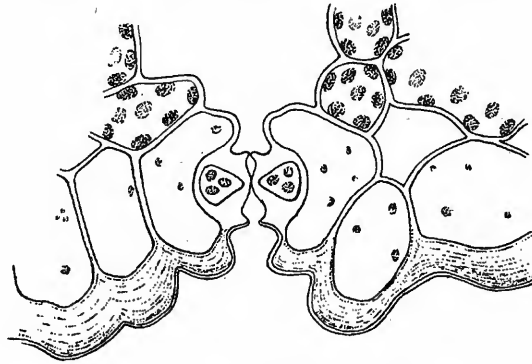


Fig. 78: Estômato de *Andira humilis*, em corte transversal. Seg. Ferri (23).

micas vizinhas. Esse é, por exemplo, o caso de *Andira humilis* da Fig. 78, de *Didymopanax vinosum*, de *Butia leiospatha*, etc. Outras vêzes, as próprias células epidérmicas não alteram sua situação, mantêm-se tôdas no mesmo plano, mas a cutícula e as camadas cuticulares, freqüentemente muito espêssas (em *Andira humilis*, *Anona coriacea*, *Butia leios-*

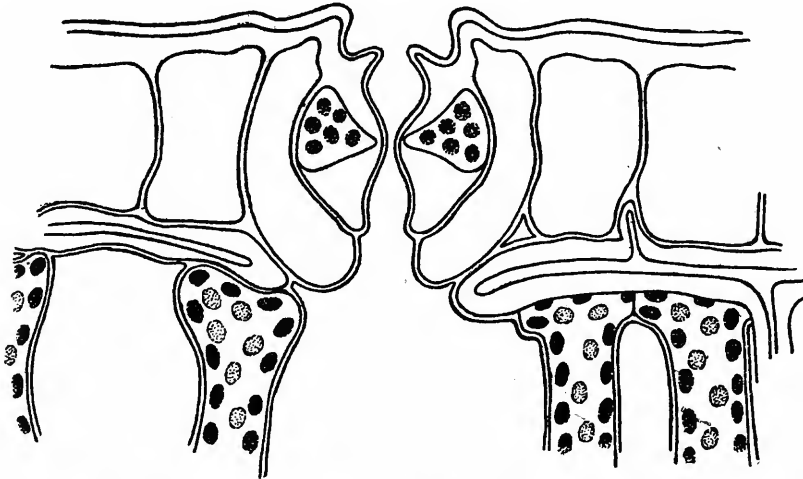


Fig. 79: Estômato de *Anona coriacea*, em corte transversal. Seg. Ferri (23).

patha, *Ouratea spectabilis*) podem formar uma covinha no fundo da qual fica o estômato. A Fig. 79, de *Anona coriacea*, ilustra perfeitamente o fato. Este exemplo foi escolhido por mostrar, ao mesmo tempo, fortes escleritos subjacentes à epiderme e a êles apoiadas as próprias

células companheiras das estomáticas. A Fig. 80 mostra o mesmo estômato em vista frontal; transparecem sob a epiderme alguns escleritos; ao lado, em maior aumento, mostramos o perfeito encaixe das células

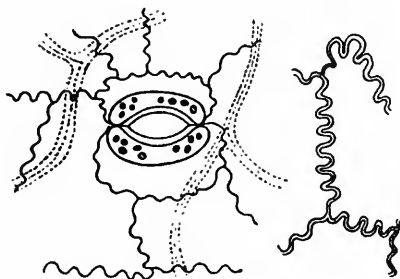


Fig. 80: Estômato de *Annona coriacea* em vista frontal. Sob a epiderme transparecem alguns escleritos. Note, à direita, o perfeito encaixe das membranas das células epidérmicas.

epidérmicas, que será um dos fatores a explicar o baixo valor da transpiração desta planta, quando os estômatos se fecham.

Com referência às plantas da caatinga, o estudo anatômico das folhas estendeu-se à maioria das espécies estudadas fisiologicamente. A

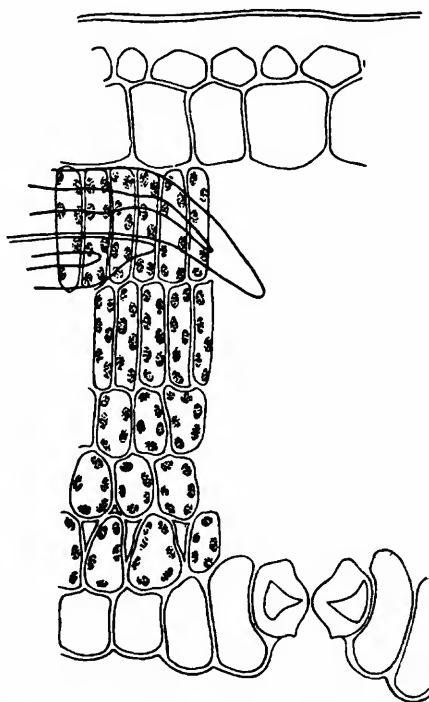


Fig. 81: Corte transversal da folha de quixabeira (*Bumelia sartorum*).

primeira figura (Fig. 81) que apresentamos é um corte transversal de uma folha de quixabeira (*Bumelia sartorum*). A epiderme superior é formada por células relativamente pequenas, irregulares, de faces ex-

ternas revestidas por numerosas camadas cuticulares e terminadas, no exterior, por uma cutícula contínua. Sob a epiderme se encontra uma camada de células grandes, incolores, constituindo a hipoderme. O parênquima clorofiliano subjacente é formado por duas camadas de tecido palissádico de células longas, duas de células muito mais curtas e uma de células irregulares, entre as quais se encontram meatos bastante desenvolvidos. A epiderme inferior é formada por células bem maiores do que as da superior e desprovidas de muitas camadas cuticulares. Somente nesta epiderme encontram-se estômatos, em pequenas depres-

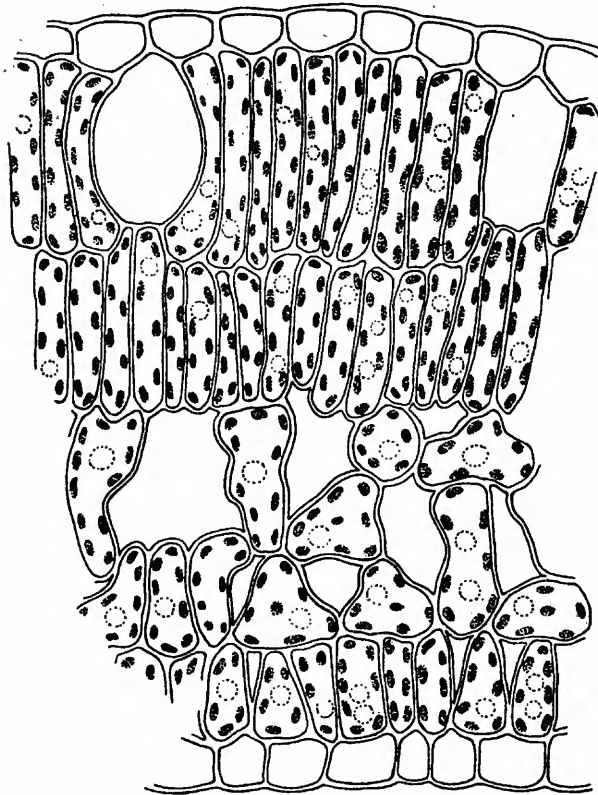


Fig. 82: Corte transversal da folha do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*).

sões formadas, não pela cutícula, mas pela própria disposição das células. Escleritos relativamente numerosos, entre as células do parênquima verde, podem ser encontrados nas preparações microscópicas.

Muito interessante é a estrutura da folha do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* (Figs. 82 e 83)). Sob a epiderme superior existe um tecido palissádico de duas camadas, a primeira de células muito longas, a segunda, de células menores que se põem em contacto com as células irregulares do parênquima lacunoso subjacente. Este é, em geral, formado por 3 ou 4 camadas que vão até à epiderme inferior. As cé-

lulas que com esta confinam são menores, mais regulares, e, entre elas, se encontram numerosos meatos. Lacunas muito grandes existem entre as células das camadas restantes do tecido lacunoso. Da mesma forma, entre as da primeira camada de tecido palissádico, a espaços regulares, há grandes câmaras e, em algumas, podemos verificar células esclerosadas, de paredes muito espessas. Os estômatos não ficam em depressões epidérmicas. Ao contrário, aparecem, em geral, um pouco salientes em relação à superfície. Suas células anexas, muito desenvolvidas, ocupam freqüentemente uma grande parte do espaço da câmara subestomática. A epiderme inferior forma pêlos pluricelulares, não ramificados. Deve-se notar que quase tôdas as células do parênquima clorofiliano possuem uma ou duas gotículas de substância gordurosa, cuja exata natureza e função desconhecemos.

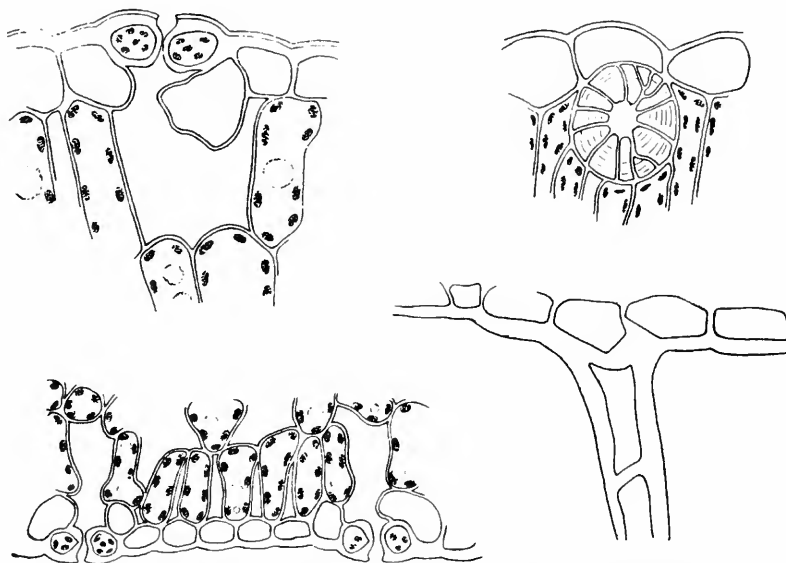


Fig. 83: Alguns elementos estruturais da fôlha do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*). Em cima, à esquerda, estômato saliente; à direita, esclerito numa câmara sub-epidérmica (face superior); em baixo, à esquerda, dois estômatos e tecidos adjacentes; à direita, um pêlo formado pela epidérmis inferior.

A fôlha de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) apresenta uma estrutura mais pobre em elementos diversos (Fig. 84): entre uma epiderme e outra há um parênquima clorofiliano geralmente formado por 5 camadas de células, sendo as das duas superiores, longas, as das duas seguintes, bem mais curtas e as da camada inferior, novamente, de células longas. Não encontramos lacunas, nem elementos de reserva de água, nem elementos mecânicos. Os estômatos bem grandes situam-se numa concavidade muito pouco pronunciada, que se forma pela projeção dos bordos das células companheiras para o exterior.

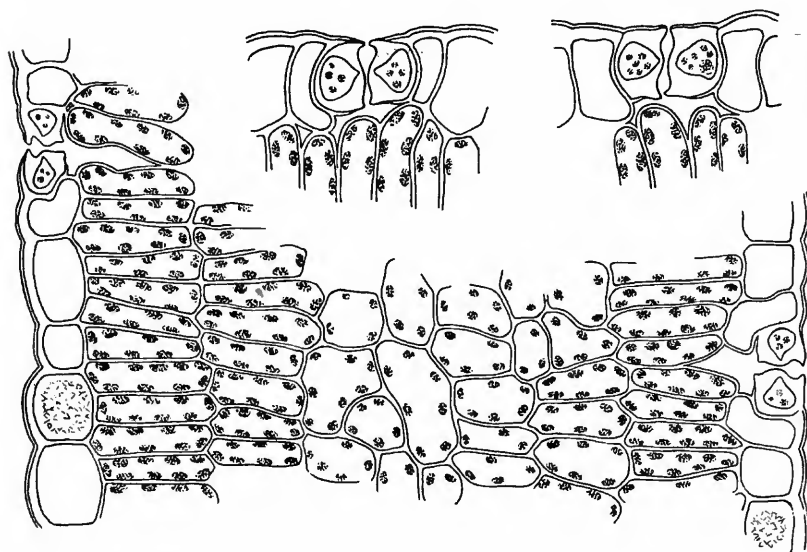


Fig. 85: Corte transversal da folha de faveleira (*Jatropha phyllacantha*). Note os estômatos em ambas as epidermes. Ao lado, êsses estômatos em maiores detalhes.

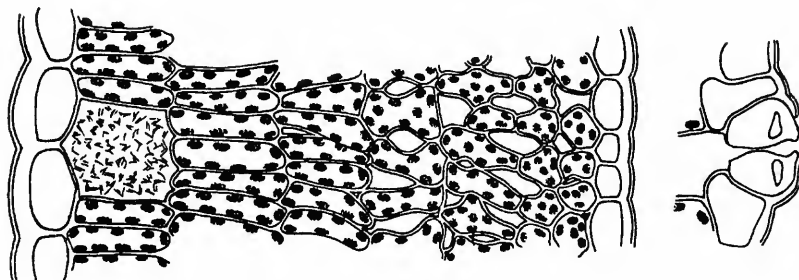


Fig. 86: Corte transversal da folha do joazeiro (*Zizyphus joazeiro*). Note a grande drusa de oxalato de cálcio, numa câmara sub-epidérmica. Em baixo, estômato em corte transversal. Observe o pequeno lume de suas células e o grande reforço de suas membranas.

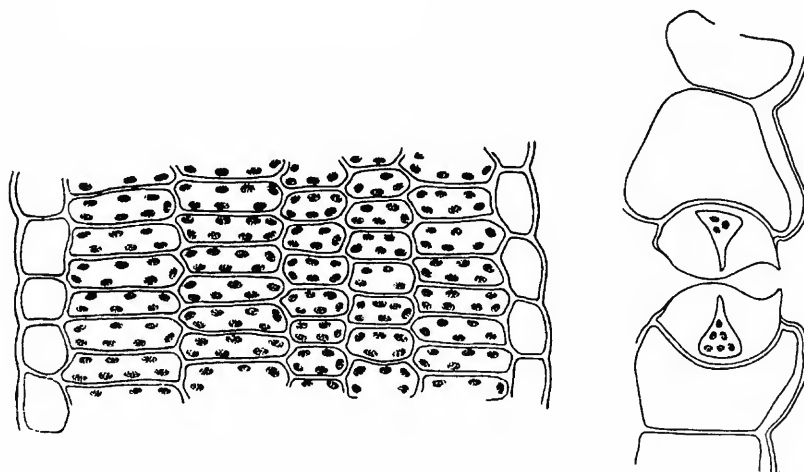


Fig. 84: Corte transversal da folha de catigueira (*Caesalpinia pyramidalis*). Em baixo, estômato em corte transversal.

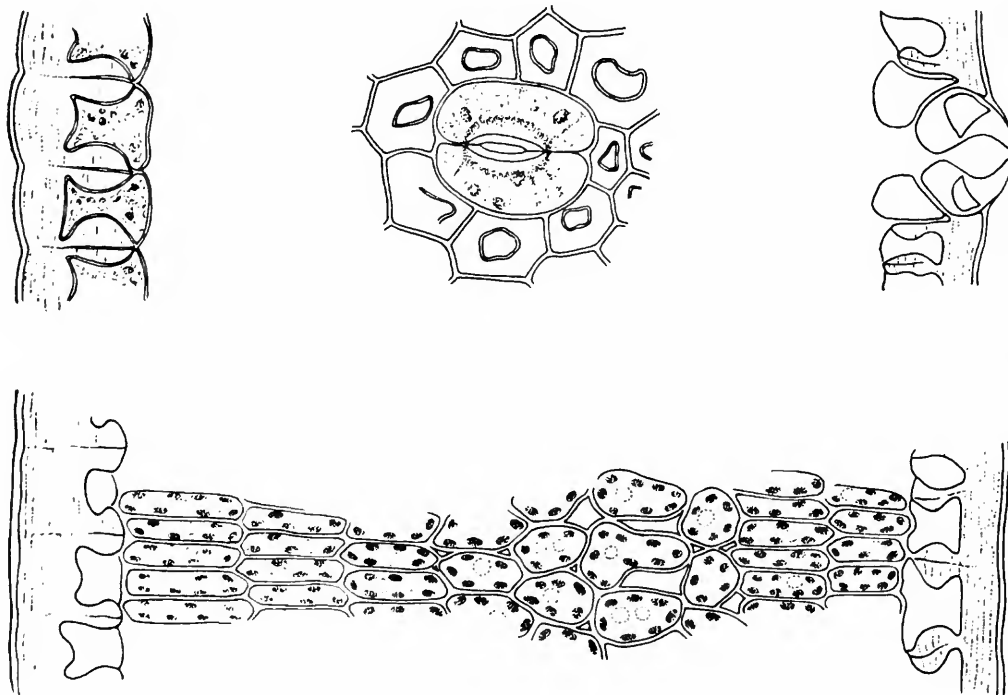


Fig. 87: Corte transversal da folha do bonomeiro (*Maytenus rigida*), à esquerda. À direita, em cima, células da epiderme superior. Note o grande reforço das membranas radiais e tangenciais externas. Ao centro, estômato em vista frontal. Observe as formações com aparência de poros, nas células vizinhas. Em baixo, um estômato da epiderme inferior, em corte transversal. Note sua ligeira projeção para o exterior.

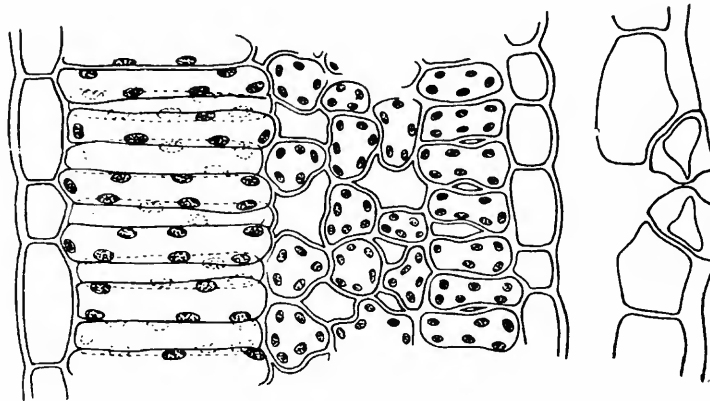


Fig. 88: Corte transversal da folha do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*). Em baixo um estômato em corte transversal. Observe seu pequeno tamanho e a ausência de qualquer elemento que lhe ofereça proteção.

Na estrutura da fôlha de faveleira (*Jatropha phyllacantha*), representada na Fig. 85, há, nas epidermes superior e inferior, estômatos ao nível das demais células. Sob a epiderme superior, ocorrem duas camadas de tecido verde, palissádico, seguidas de um mesófilo, também verde, mas de células irregulares, confinantes, novamente, com tecido palissádico de uma ou duas camadas. Encontram-se em muitas células das duas epidermes, drusas de oxalato de cálcio.

Não muito complexa também, é a estrutura da fôlha do joazeiro (*Zizyphus joazeiro* — Fig. 86): epiderme superior formada por células maiores que a inferior, ambas revestidas de camadas cuticulares terminadas, no exterior, por cutícula bem nítida; sob a epiderme superior o parênquima palissádico cujas células apresentam, de espaço a espaço, câmaras bastante amplas onde se acumulam, com freqüência, drusas de oxalato de cálcio; sob o parênquima palissádico, tecido fortemente lacunoso se estende até à epiderme inferior, única a formar estômatos; êstes, muito pequenos, de paredes extremamente reforçadas, projetam-se um pouco acima do nível das restantes células da epiderme, onde se distribuem em ilhotas (vide Mariz 63).

Maytenus rígida (Fig. 87), o bonomeiro, sobressai, entre as demais espécies estudadas, pelas epidermes extremamente reforçadas. A inferior e a superior apresentam quase a mesma organização: as células são muito irregulares e suas membranas, tanto as radiais quanto a tangencial externa, são fortemente espessadas, de maneira irregular. Somente as membranas voltadas para o interior da fôlha se apresentam sem qualquer refôrço. Em virtude desta disposição irregular do refôrço, quando se analisa a epiderme pela sua superfície, tem-se a impressão de que cada uma de suas células apresenta um poro central muito grande. Tal interpretação não é, porém, verdadeira; essa região que assume o aspecto de um poro, corresponde ao lume celular, onde se aloja o protoplasma. Chega-se a esta compreensão comparando-se a vista frontal com o corte transversal da epiderme, ambos representados na Fig. 87 onde se vê também o estômato, de frente e de perfil. No primeiro caso podemos ver que ao redor do ostíolo transparece uma sombra correspondente ao refôrço da parte terminal externa das células estomáticas, projetadas acima do plano da epiderme. Assim, ao se observar a preparação, vem a foco, primeiro, o átrio externo, e só depois, num plano inferior, o ostíolo. Isto, provavelmente, levou Mariz (63) a supor que os estômatos se achassem no fundo de “pequenas reintrâncias da epiderme” (1. c., p. 26), reentrâncias que não encontramos³⁵. As células companheiras ficam quase totalmente subjacentes às estomáticas e localizadas na câmara sub-estomática. Os estômatos, e também os pêlos ramificados, ocorrem em ambas as epidermes (vide também Ma-

(35) — A microfotografia de Mariz (1. c., Fig. 13), do corte transversal da fôlha de *Maytenus rígida*, não permite reconhecer qualquer detalhe.

riz 63). O parênquima clorofiliano muito desenvolvido entre as duas epidermes, apresenta-se formado, geralmente, por três camadas palissádicas na face superior, duas na inferior e entre elas, de 3 ou 4 camadas de células irregulares, de um tecido lacunoso.

Finalmente, a estrutura da folha de *Spondias tuberosa* (Fig. 88) é das mais simples: só uma camada de tecido palissádico de células muito longas se encontra sob a epiderme superior que nada apresenta de especial; sob o tecido palissádico há tecido lacunoso, geralmente de 3 camadas de células irregulares; a seguir encontra-se uma camada de células clorofiladas longas, mas não tão longas, nem tão regulares quanto as que constituem o tecido palissádico da face superior; vem finalmente a epiderme inferior, a única a formar estômatos, muito pequenos e no mesmo plano das demais células epidérmicas; suas células companheiras são bastante desenvolvidas e não muito diversas, nem mesmo na forma, das outras células epidérmicas, muitas das quais se transformam em pêlos simples (vide também Mariz 63).

DIVERSOS ELEMENTOS DE PROTEÇÃO CONTRA A SECA ³⁶.

A razão pela qual as plantas permanentes do cerrado não precisam, em geral, restringir o consumo de água, reside no fato de possuírem, via de regra, sistemas radiculares muito profundos que exploram as camadas sempre úmidas do solo. Isso já foi assinalado por Rawitscher, Ferri e Rachid (99) que encontraram raízes de *Andira humilis* e *Anacardium pumilum* até nas proximidades do lençol subterrâneo, a cerca de 18 metros de profundidade, em Emas. Rachid (89) estudou especialmente os sistemas subterrâneos da vegetação efêmera, de verão, no mesmo cerrado e mostrou que um grande número das espécies que a compõem são dotadas de xilopódios, às vezes muito lignificados, às vezes, ricos em água. Nesses casos, tais órgãos não são apenas reservatórios de água, mas, possuindo também reservas orgânicas e gêmas dormentes, constituem elementos para a sobrevivência das plantas, em seu repouso, no inverno. Acrescentaremos agora, apenas dois exemplos inéditos, ilustrados nas Figs. 89 e 90, que permitem constatar em *Stryphnodendron barbatimao* e em *Duguetia furfuracea*, sistemas subterrâneos muito desenvolvidos, profundos, com numerosas ramificações que exploram uma área considerável. Essas figuras ilustram, igualmente, a maneira pela qual trabalhos dessa natureza devem ser executados: grandes escavações feitas com muito cuidado, a fim de não romper nem as raízes principais, nem seus ramos³⁷.

(36) — Excluiremos deste capítulo os elementos anatômicos, apresentados no anterior e a serem discutidos no próximo.

(37) — As fotografias apresentadas foram feitas em 1943, quando o autor deste trabalho, em companhia de Rawitscher e Rachid, iniciava seus estudos no cerrado de Emas.

Passando a considerar as plantas da caatinga, chamamos a atenção, em primeiro lugar, para a existência de reservatórios subterrâneos de água, como por exemplo os conhecidos tubérculos do imbú³⁸ (*Spondias tuberosa* — Fig. 91) e o caso menos conhecido da maniçoba (*Manihot glaziovii* — Fig. 92). Duque (19) ilustra não só este caso, mas ainda outros, como o de *Jatropha phyllacantha*, com desenhos de Luetzelburg, que chamou a atenção para a freqüência de tubérculos entre árvores, arbustos e plantas herbáceas, na caatinga (62).

Reservas de água podem ser feitas também em caules e os exemplos mais freqüentes são os das diversas Cactáceas. Figuramos apenas o caso do xique-xique (Fig. 93 — *Pilocereus gounellei*), que encontra-



Fig. 89: Excavação em andamento no cerrado de Emas, a fim de acompanhar o sistema subterrâneo de barbatimão (*Stryphnodendron barbatimão*). Foto: Rawitscher-Ferri-Rachid.



Fig. 90: Excavação em andamento no cerrado de Emas, a fim de acompanhar o sistema subterrâneo de *Duguetia tuiuracea*. Foto: Rawitscher-Ferri-Rachid.

mos em floração, em plena sêca, na caatinga, não muito distante de Fortaleza (Ceará). Há outras plantas de caules suculentos como várias Euforbiáceas da região e a “barriguda” (*Cavanillesia arborea* — Bombacácea). Entre as trepadeiras, o “cipó-cobra” (*Cissus* sp. — Am-

(38) — Esses tubérculos são chamados, em certos lugares “bucús”. A referência mais antiga à sua existência, encontra-se em Gabriel Soares de Souza (122) que descreve sua formação e localização nas raízes do imbuzeiro, e também o modo pelo qual os índios os procuravam para mitigarem sua sede, batendo com um pau no chão.

pelidácea) se destaca pela enorme quantidade de água que armazena nos vários segmentos do caule (Fig. 94).

Para que as reservas de água sejam realmente úteis, é preciso que se iniciem nas plantinhas muito novas. A Fig. 95 mostra dois estágios iniciais do desenvolvimento de *Jatropha urens* (cansação). A figura seguinte (Fig. 96) apresenta uma série maior de estágios do desenvolvimento de outra *Jatropha* (pinhão vermelho, provavelmente *Jatropha pohliana*): primeiro, plantinhas tão novas que ainda transportam as duas folhas primárias; depois, outra mantendo só uma dessas folhas; finalmente, outra, bem mais velha, com o caule suculento já ramificado, muito desenvolvido, munido de diversas folhas normais. Neste caso as reservas de água se iniciam, realmente, bem cedo e se avolumam rapidamente.



Fig. 91: Excavação feita na caatinga de Paulo Afonso, a fim de localizar os tubérculos (bucús) do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*). Foto: Ferri e Labouriau (27).

A proteção às numerosas plantinhas que em cada período de chuvas devem se desenvolver para substituir os indivíduos que eventualmente morrem, mantendo-se, assim, o equilíbrio da vegetação, é um problema que pode ser resolvido de diversos modos. Um mecanismo dos mais difundidos, aliás, é pouco econômico, o da super-produção de sementes que germinam e garantem a sobrevivência de alguns indivíduos, aqueles que o acaso situou em “nichos” de condições menos adversas, nesse “habitat” em geral muito severo. Outro mecanismo muito frequente, encontramos em *Portulacáceas*, como *Portulaca oleracea* (Fig. 97) e em outra espécie não identificada (Fig. 98): nestes dois casos há

reservas de água nas folhas suculentas que podem se apresentar distendidas quando as condições de umidade ambiente o permitam; assim que se agrava a seca, a própria perda inicial de um certo volume de água, maior nas faces superiores que nas inferiores, faz com que as folhas se movimentem em procura da posição vertical; isso reduz consideravelmente a superfície exposta, e, como consequência, diminui a perda de água.



Fig. 92: Excavação feita na caatinga de Paulo Afonso, a fim de localizar os tubérculos de maniçoba (*Manihot glaziovii*).

Comparável é o caso das plantinhas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), ilustrado na Fig. 99, que mostra os folíolos dessa Leguminosa, na posição distendida, em ambiente úmido, e fechados, quando em condições de seca. Esse movimento é conhecido em numerosas outras Leguminosas cujas articulações facilitam sua realização.

Mais um meio que garante a sobrevivência da espécie já foi mencionado ao tratarmos da transpiração do icó (*Capparis yco*), agora visto na Fig. 100: provavelmente se desenvolvem apenas as plantas porventura nascidas à sombra de outras e morrem, por ausência de meios próprios de proteção, as que nascem isoladas.

No início do presente capítulo, chamamos a atenção para o fato de que as plantas permanentes do cerrado, não necessitam restringir

sua transpiração, por possuírem sistemas radiculares profundos. Exploram camadas sempre úmidas do solo e, nesse sentido, comportam-se como plantas de ambientes muito ricos em umidade. Em trabalho anterior (23) comparamos as condições dessas plantas com as das de um brejo que estivesse recoberto por uma camada de solo que pudesse secar. É necessário, no entanto, não esquecer que isso vale apenas para o grupo das plantas permanentes, que, aliás, inclui a maioria dos arbustos e pequenas árvores. O das efêmeras, todavia, tem sistema radicular superficial, nas camadas de solo eventualmente atingidas pelas sêcas. Tais plantas têm comportamento, senão de xerófitas, ao menos de me-

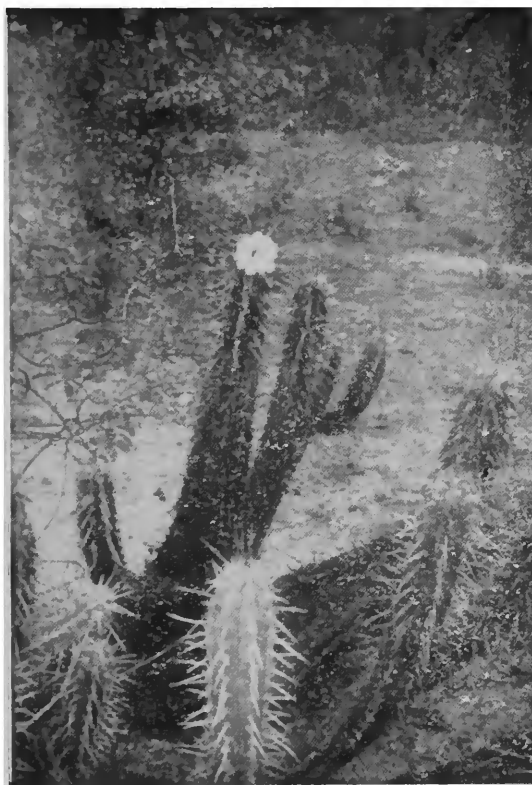


Fig. 93: Xique-xique (*Pilocereus gounellei*) em flor numa caatinga cearense.

sófitas (89). De fato, possuem estômatos de funcionamento rápido. E apresentam, também, elementos morfológicos de proteção contra a seca, como tubérculos subterrâneos cheios de água. Isso evidencia a necessidade de se precaverem contra as eventualidades da seca.

Interessantes mecanismos de proteção contra a seca entre as plantas efêmeras, não só dos cerrados, mas dos campos em geral, encontram-se nas Gramíneas e Ciperáceas, bem como em plantas de algu-

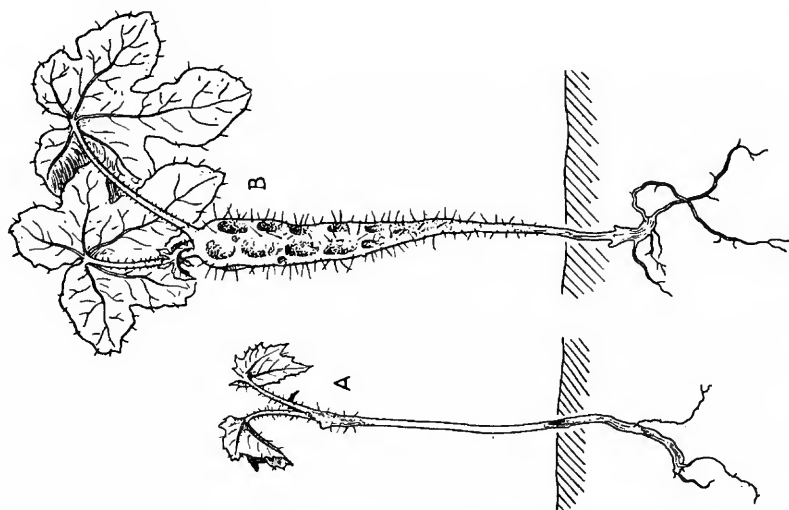


Fig. 95: Plantinhas de cansação (*Jaátopha urens*). A e B, dois estágios diferentes de seu desenvolvimento. Note o rápido espessamento do caule que muito cedo começa a fazer reservas de água.

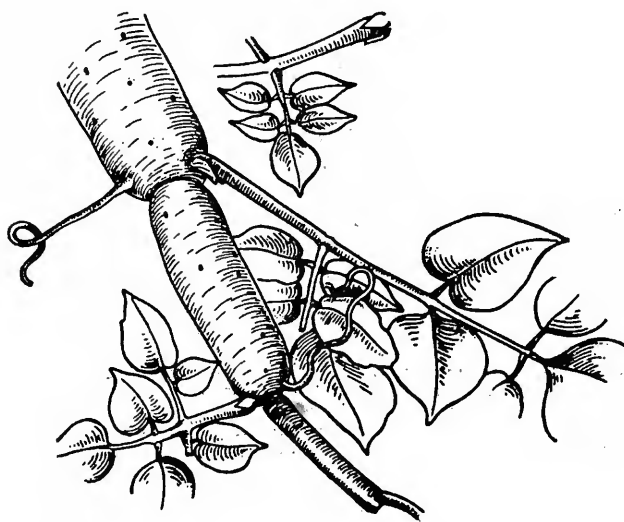


Fig. 94: Caule succulento de uma trepadeira, cipó de cobra, freqüente em Paulo Afonso.

mas outras famílias (Eriocauláceas e Bromeliáceas, por exemplo). Tais mecanismos já foram referidos por diversos autores: Warming (145), Lindman (54) e Bouillienne (9), entre outros. Rachid-Ed-

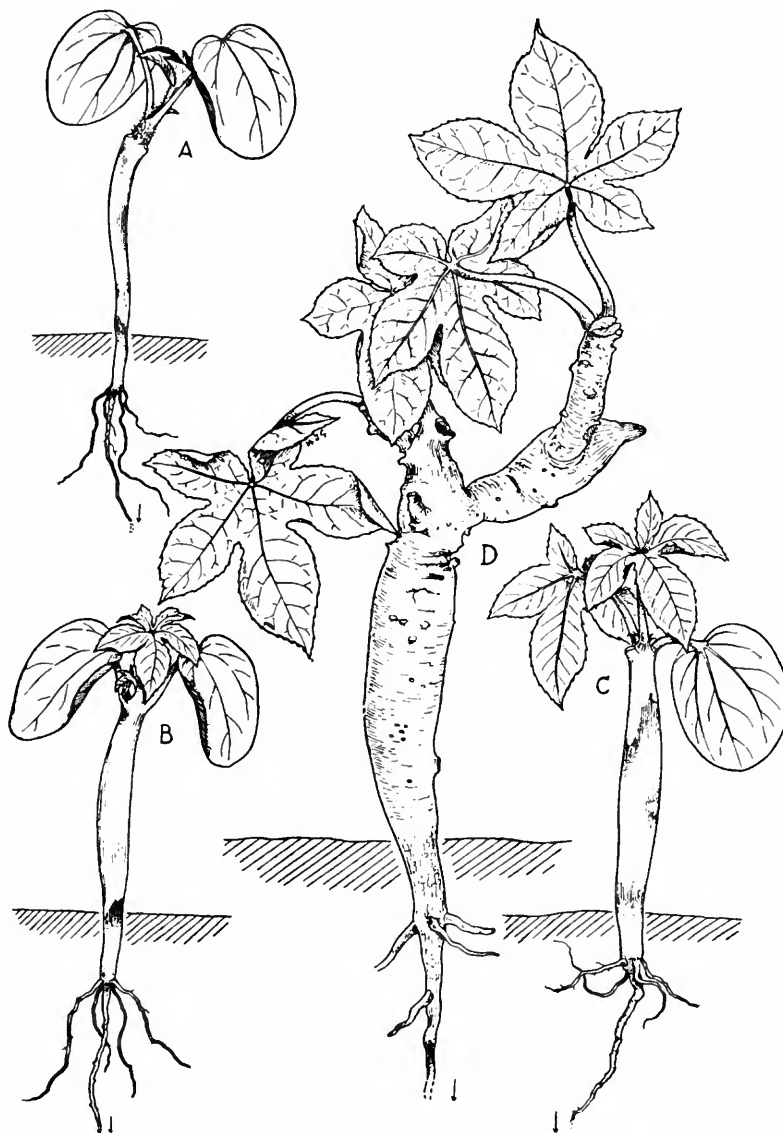


Fig. 96: Diversos estágios do desenvolvimento de plantinhas de pinhão vermelho (*Jatropha pohliana?*). Em A e B, as duas folhas primárias ainda estão presentes; em C, só uma resta; em D, planta bem mais velha, com ramos e numerosas folhas. Observe o rápido e progressivo aumento em espessura do caule, devido, principalmente, ao acúmulo de reservas d'água.

wards (90) retomando recentemente o estudo desse problema, que iniciara há vários anos, descreveu diversas "plantas tunicadas" e outras

munidas de elementos que, uma vez surgidos, se mantiveram por protegerem as plantas contra a seca, mas serviram, também, à proteção

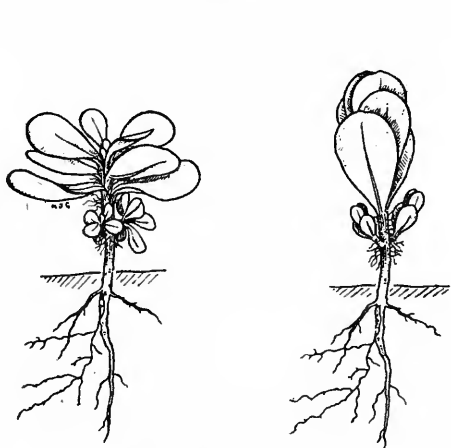


Fig. 97: Plantinha de beldroega (*Portulaca oleracea*). À esquerda, em condições de umidade, à direita, em ambiente seco.

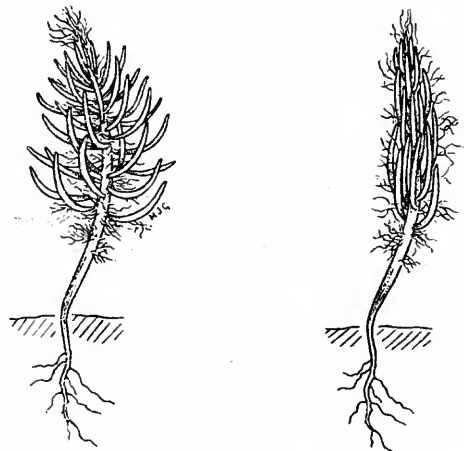


Fig. 98: Plantinhas de uma *Portulacaceae* não identificada. À esquerda em condições de umidade, à direita, em ambiente seco.

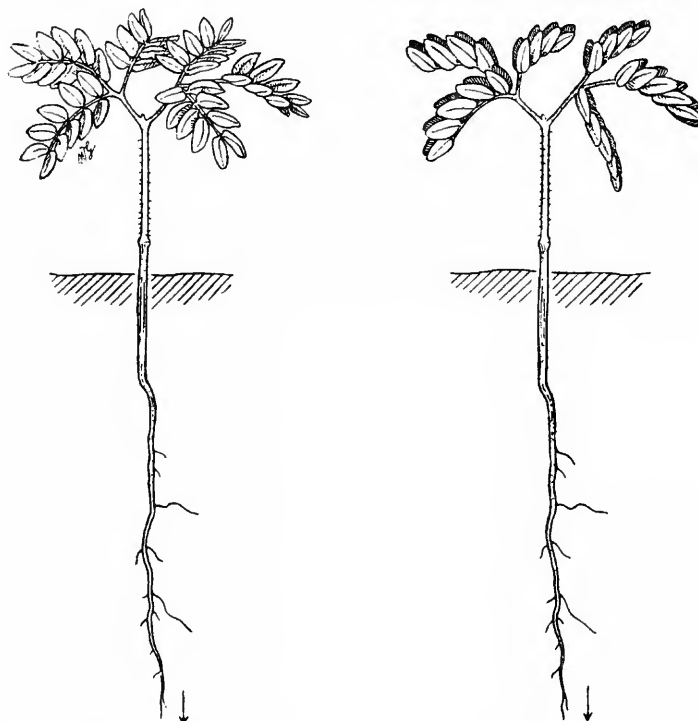


Fig. 99: Plantinhas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*). À esquerda com os folíolos distendidos, em condições de umidade, à direita, com os folíolos fechados, em ambiente seco (25).

contra o fogo. Entre os casos que considerou, destacamos o de duas Filicíneas, *Anemia anthriscifolia* e *A. fulva*, nas quais "a parte nova é:

protegida pelas bases pilcsas das folhas e tufo de pêlos que crescem da epiderme do próprio rizoma”.

Que diversos elementos de proteção contra a seca sirvam, igualmente, à proteção contra as elevadas temperaturas desenvolvidas durante as queimadas frequentes dos nossos campos, não pode haver dúvida e sobre isso estão de acordo, em geral, os autores interessados no estudo dos efeitos do fogo sobre essa vegetação: Taubert (134), em



Fig. 100: Planta com folhas, icó (*Capparis yca*), que se desenvolveu abrigada à sombra de outra. Persiste enfolhada no maior rigor da seca, mesmo quando a planta que inicialmente lhe deu proteção, seja forçada a despojar-se de suas folhas.

Goiás, Wettstein (148), no sul do Brasil, Pilger (86) em Mato Grosso, Warming (145) em Minas Gerais, Joly (46) e Rachid-Edwards (90) em São Paulo e Lindman (54) no Rio Grande do Sul, para citarmos apenas alguns. Realmente, não é difícil compreender que, por exemplo, túnicas formadas por partes foliares mortas sirvam tanto a impedir a dessecação de partes novas e delicadas, quanto a protegê-las contra o aquecimento, pois essas túnicas constituem bom isolante térmico. Igualmente, o suber espesso, servirá tanto a reduzir a perda de água dos

meristemas do caule, quanto a abrigá-los contra as temperaturas muito baixas do inverno e as excessivamente altas, durante as queimadas.

COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES.

Antes de passarmos às conclusões relativas aos problemas centrais, teóricos e práticos, abordados no presente estudo, trataremos de dois assuntos colaterais, cuja importância é igualmente grande: 1 — o controle da transpiração pelos estômatos; 2 — o conceito de xerofitismo.

Contrôle da transpiração pelos estômatos.

Seria desnecessário discutir se os estômatos regulam, ou não, por seus movimentos, a perda de água das plantas, caso não houvesse autores que duvidassem dessa regulação. Assim Loomis e Shull (60, p. 42) escrevem: "The earlier idea that the opening and closing of the stomates were important factors in controlling the transpiration rate has proved to be unfounded..." Também Henrici (35, 36) inclina-se a não aceitar a idéia do controle estomático da transpiração. A principal base para esse ponto de vista é constituída por observações como as de Lloyd (57), já analisadas criticamente por Renner (101). O trabalho de Lloyd mostrou, em síntese, que em duas plantas do deserto, *Fouquieria splendens* e *Verbena ciliata*, não há superposição perfeita da marcha dos movimentos estomáticos e do andamento da transpiração, durante o dia. Assim, o máximo de abertura estomática é atingido, em geral, muito antes que o máximo de transpiração, pela manhã; à tarde, depois do fechamento dos estômatos, a transpiração continua a decrescer. E em certos casos, a transpiração aumentou enquanto se reduziam as aberturas estomáticas. Como também já comentou Maximov (69), a crítica de Renner (101) evidenciou sério erro de lógica na argumentação de Lloyd (57) que, implicitamente, partiu da falsa premissa de que o grau de abertura estomática fôsse o único fator a regular a transpiração. Mas, é evidente, mesmo que se aceite sem restrições a influência das aberturas estomáticas no controle da transpiração, não se pode, de modo algum, excluir a influência dos fatores mesológicos. O segundo erro de Lloyd é de ordem técnica: determinou a transpiração por meio de potômetros, empregando ramos cortados, ao passo que estudou os movimentos estomáticos em folhas intactas, de plantas enraizadas no solo. É claro, como o demonstrou Loftfield (69), que a marcha dos movimentos estomáticos em folhas de ramos cortados pode ser muito diversa da que se processa em folhas intactas.

No presente trabalho, considerando o conjunto de informações obtidas no cerrado e na caatinga, encontraremos uma série de elementos que falam em favor da hipótese do controle da transpiração pelos estômatos: 1 — de modo geral, no cerrado, onde os estômatos persistem

abertos todo o dia, não há restrição da transpiração, cuja curva diária tem andamento paralelo ao da evaporação; 2 — ao contrário, na caatinga, onde os estômatos geralmente se fecham logo de manhã, a curva da transpiração não acompanha a da evaporação; 3 — os maiores valores de transpiração, na caatinga, ocorrem em geral de manhã, quando os estômatos apresentam as maiores aberturas, e não coincidem com os valores mais elevados de evaporação, como seria de esperar, caso não houvesse regulação estomática e a transpiração fôsse determinada unicamente pelos fatores que intervêm na evaporação; 4 — observa-se, às vezes, tanto na caatinga quanto no cerrado, um movimento de reabertura dos estômatos à tarde, quando as condições do meio são menos severas; constata-se, concomitantemente, um segundo máximo³⁹ de transpiração, em geral, quando os valores da evaporação já se acham em declínio. Tal segundo máximo só pode ser explicado, admitindo-se o controle da transpiração pelos estômatos.

Os autores que negam êsse controle, admitem que o declínio da transpiração surge como consequência do "incipient drying", expressão introduzida na literatura por Livingston e Brown (56). O "incipient drying" determinaria retração dos meniscos d'água nos capilares das membranas e isso causaria a queda da transpiração, porque a difusão do vapor d'água diminuiria, em virtude de se encontrar a atmosfera externa, em contacto com uma atmosfera interna não saturada. Não se pode, evidentemente, aceitar êsse ponto de vista, porque nas plantas da caatinga, mesmo os mais altos deficits de saturação que encontramos, são muito pequenos, sendo inadmissível que em tais folhas, tão próximas da saturação, haja efeitos de "incipient drying". Knight (51, 52), aliás, investigou a relação entre a perda de água e o grau de umidade da folha, e concluiu pela sua importância no controle da transpiração, que decresce à medida que êle diminui; verificou, porém, que pequenos deficits de água não afetam as aberturas dos estômatos. Em resumo, e com a maioria dos autores modernos, concluímos ser a transpiração controlada por dois conjuntos de fatores: 1 — fatores puramente físicos, do ambiente, que regem também a evaporação; 2 — fatores ligados à morfologia e à fisiologia da própria planta, dos quais se destaca o movimento dos estômatos.

Stalfelt (126) mostrou, muito claramente, a dependência da transpiração ao grau de abertura dos estômatos e esclareceu que essa dependência é tanto maior quanto mais próximos se encontrem os estômatos do seu fechamento, o que, aliás, é perfeitamente compreensível. As observações de vários autores confirmam êsse ponto de vista (vide, por exemplo, Oppenheimer e Mendel, 84, p. 76).

(39) — Êsse tipo de curva, de dois máximos, encontrado por inúmeros autores em condições diversas, foi descrito pela primeira vez, ao que parece, por Edith Shreve (117), em 1914.

Xerofitismo — nova conceituação.

Foi Schimper (107) o primeiro a pôr em evidência o grupo de elementos morfológicos que caracterizam as xerófitas. Em seu livro "The plant in relation to water" Maximov (69) resumiu a bibliografia mais importante publicada sobre esse assunto, até 1935. O trabalho de maior valor para a conceituação do xerofitismo, até essa data, foi, provavelmente o de Fitting (28), realizado no Oasis de Biskra, no Sahara francês. Estudou o comportamento de uma Zigofilácea, *Peganum harmala*, de aparência pouco xerófitica, porém perfeitamente adaptada às condições de seu "habitat" seco. Constatou que essa planta não restringia o consumo de água e procurando explicação para isso encontrou-a nos altos valores osmóticos (até 100 atmosferas) das células das raízes, o que lhe permitia retirar água de solos relativamente secos. Um pouco mais tarde Maximov (68) mediu altos valores de transpiração em plantas xerófitas. Em diversas plantas do deserto, mesmo com suprimento escasso de água, não encontrou economia, e verificou que tais plantas suportam grande dessecação. Quando, todavia, a seca se acentua, elas fecham perfeitamente os estômatos e sua cutícula oferece proteção muito eficiente, reduzindo a transpiração a um nível mínimo. E isso o levou a propor uma nova conceituação do xerofitismo: xerófitas são plantas de habitats secos, capazes de diminuir a transpiração a um mínimo, quando em condições de deficiência de água. Outro fenômeno interessante foi descrito por Shreve (118): aumento do poder de retenção de água nas folhas de uma planta do deserto, *Encelia farinosa*.

Todos esses elementos fisiológicos que garantem à planta sobreviver em condições áridas, são de alto interesse, pois terão certamente muito maior valor na adaptação às condições do ambiente seco, do que os elementos morfológicos. As próprias reservas de água, comuns em muitas xerófitas, têm papel limitado, como salientou Thoday (135). Não é difícil imaginar que essas reservas se esgotem, finalmente, quando a seca se prolonga e, nesse caso, pode ocorrer um mecanismo protetor, também freqüente: a queda das folhas. Esta, que se faz periodicamente em certas plantas, por exemplo na maioria das espécies da caatinga, caracteriza o grupo das tropófitas, criado por Schimper, junto ao das xerófitas e ao das higrófitas. Nas regiões temperadas a queda das folhas ocorre no inverno. Nas regiões secas, como a caatinga, a perda das folhas não pode ser adaptação contra o frio, e sim contra a escassez de água. Em ambos os casos, aliás, pode haver pontos de contacto: quando o solo onde estão as raízes se resfria demasiadamente, a absorção de água se reduz muito e a planta poderá sofrer de seca, mesmo que à sua disposição exista muita água (seca fisiológica).

Se nas tropófitas a eliminação das folhas se realiza periodicamente, em muitas plantas xerófitas ela é um fenômeno permanente, e de

ocorrência comum em Cactáceas e Euforbiáceas, por exemplo. A queda das folhas determina uma redução da superfície transpirante, e com isso, economia no consumo de água.

Melhor adaptação revelam aquelas plantas que, mesmo sofrendo uma dessecação muito grande, conseguem sobreviver. Situam-se entre elas as que Walter (141, 142) chamou de poiquilohidras⁴⁰, em oposição ao grupo das homeohidras que não toleram grandes deficits de saturação. Morello (77) estudou recentemente, uma poiquilohídria da caatinga de Paulo Afonso, *Selaginella convoluta* (jericó), e constatou que ela pode sobreviver muito tempo a um deficit de saturação superior a 90%, de tal sorte a se tornar facilmente esfarinhável entre os dedos⁴¹.

Numa apresentação didática sobre xerofitismo, Rawitscher (92) enumera quatro importantes caracteres fisiológicos das xerófitas: 1 — suportar o murchamento em grande escala; 2 — ter funcionamento rápido e perfeito dos estômatos; 3 — ter altos valores osmóticos; 4 — ter possibilidade de desenvolver fortes pressões negativas da membrana. Acrescenta que um quinto caráter deveria ser considerado: a capacidade de formar rapidamente novas raízes secundárias. Esse caráter foi evidenciado por Stocker (130) nas estepes húngaras e sua importância é facilmente compreensível: com tal capacidade, as plantas de regiões áridas podem aproveitar rapidamente as chuvas que cáiam mesmo durante um período relativamente curto.

Resumindo: vimos que numa primeira fase, os caracteres morfológicos eram tidos como prova de adaptação às condições de seca (Schimper); numa segunda, foi demonstrado que, mesmo plantas sem tais caracteres, podem ser bem adaptadas à seca (Fitting); surgiu depois a idéia de que uma boa adaptação é a que permita à planta consumir água livremente, enquanto possível, para reduzir o consumo ao mínimo, somente quando as condições o exigirem (Maximov). Iniciou-se assim o deslocamento da ênfase, dos característicos morfológicos aos fisiológicos, na conceituação de xerofitismo, surgindo a necessidade de se distinguir desse fenômeno, o do xeromorfismo.

Considerando englobadamente nossas observações na caatinga e no cerrado, e comparando-as, chegamos a uma nova conceituação do xerofitismo, a qual, graças ao acúmulo de indicações de que os caracteres xeromorfos podem ser, em certas circunstâncias, prejudiciais à adaptação da planta a ambientes secos, poderá constituir uma terceira fase na evolução desse conceito. As espécies melhor adaptadas aos ambientes secos devem ser aquelas que, possuindo característicos fisiológicos para

(40) — A tais plantas Killian (50) chamou revivescentes, expressão que não aprovamos porque elas permanecem vivas enquanto se encontram em anhidrobiose.

(41) — Em trabalho recente Iljin (44) procurou as causas da morte das plantas por perda de água. Verificou que a tolerância à dessecação pode ser muito grande, mas que a velocidade com que a água é retirada ou readmitida é um dos fatores críticos para a sobrevivência do protoplasma.

tal adaptação, dispensem os morfológicos. Isso é o que se depreenderá da argumentação seguinte.

O conjunto de informações anatômicas apresentadas neste trabalho revela uma situação extremamente interessante: as plantas do cerrado, que pelo comportamento não parecem adaptadas às condições de seca, mostram, com frequência, uma variedade grande de elementos morfológicos, considerados, geralmente, como de proteção contra a perda de água (70a), ao passo que as da caatinga, cujo comportamento revela perfeita adaptação à seca, em geral, não os possuem.

Poder-se-ia explicar êsse paradoxo aparente de dois modos: 1.º — os elementos morfológicos considerados não protegem as plantas contra a seca, mas sim contra qualquer outro fator do meio, presente no cerrado e não na caatinga; ou, se presente nos dois ambientes, de influência mais acentuada no primeiro; 2.º — tais elementos servem, realmente, à proteção contra a seca, mas a proteção que exercem é muito menor que a resultante de mecanismos fisiológicos. Esta segunda hipótese parece-nos preferível, primeiro porque não nos ocorre qual seria o fator, de existência natural no cerrado e não na caatinga, cuja influência sobre as plantas fôsse de tal importância a exigir-lhes o desenvolvimento de uma série de elementos especiais de proteção contra êle; em segundo lugar, a aceitação dessa hipótese não oferece dificuldades, pois é fácil imaginar que as plantas do cerrado sejam, eventualmente, submetidas a secas não muito intensas, nem duradouras; as da caatinga, porém, vivem num ambiente de rigores extremos, onde só os elementos mais eficientes de proteção lhes permitem a sobrevivência. Compreende-se que, no decurso da evolução, as plantas do cerrado que desenvolveram elementos morfológicos de adaptação à seca, tenham sobrevivido, mesmo na ausência de adaptações fisiológicas. Enquanto isso, na caatinga, só terão sobrevivido as espécies nas quais as adaptações fisiológicas tenham aparecido antes ou simultaneamente. Aquelas espécies em que porventura apenas as adaptações morfológicas hajam surgido, terão sido eliminadas, porque tais adaptações não lhes deram toda a proteção requerida pelo meio. Poder-se-ia mesmo imaginar que para as espécies em que os dois tipos de adaptações se desenvolveram simultaneamente, houvesse uma desvantagem em relação àquelas em que apenas as adaptações fisiológicas surgiram. Por exemplo, a existência de covinhas onde se abrigam os estômatos e a presença de muitos pêlos, que dificultam a saída de água criando um gradiente de umidade da planta para o meio, podem talvez reduzir a intensidade luminosa e dificultar a difusão do gás carbônico de modo a diminuir o rendimento do processo fotossintético. Isso seria importante, sem dúvida, na caatinga, onde os estômatos ficam abertos muito pouco tempo; não, porém, no cerrado, onde permanecem abertos quase todo o dia.

Essa interpretação encontraria apóio na concepção dos especialistas em problemas ligados à evolução, os quais admitem que não devemos considerar o valor adaptativo de caracteres isolados, mas sim de combinações de caracteres (vide Stebbins 127).

No caso em aprêço, estamos diante de uma combinação de três caracteres: presença de pêlos, existência de covinhas que abrigam os estômatos e período em que os estômatos ficam abertos. Na caatinga, como êsse período é curto, a proteção (insuficiente nas condições locais) contra a transpiração, exercida por covinhas e por pêlos, não compensaria o prejuízo que a existência dêsses elementos acarretaria à fotossíntese. O valor adaptativo de tal combinação seria negativo e a seleção tenderia a desfazê-la, por eliminação dos caracteres menos favoráveis. No cerrado, ao contrário, tal combinação teria valor adaptativo positivo, e a seleção tenderia a mantê-la e aperfeiçoá-la; a proteção contra a perda de água, determinada por covinhas e por pêlos, satisfatória nas condições dêsse ambiente, superaria o prejuízo causado à fotossíntese, uma vez que os estômatos permanecem abertos muito tempo.

Isso explicaria a grande freqüência, no cerrado, de covinhas e pêlos e sua relativa infreqüência na caatinga, onde, realmente, os estômatos se apresentam, em geral, bem expostos. Dotados de movimentos rápidos, fecham-se imediatamente após esboçar-se o mais leve perigo de sêca, mas, passado êsse perigo, abrem-se logo para permitir o processo da fotossíntese. E nada, pois, deverá existir que possa causar o mais leve obstáculo à realização dêsse processo de importância vital.

Problemas centrais, teóricos e práticos.

Passemos, para concluir, a algumas considerações sôbre o tema principal dêste estudo. A fim de facilitar a comparação entre o cerrado e a caatinga, indicamos, no quadro abaixo, os caracteres do ambiente, mais importantes na interpretação dos resultados do balanço de água da vegetação do cerrado e da caatinga.

Aparecem nesse quadro, também, os principais elementos morfológicos, inclusive anatômicos, e fisiológicos, das duas vegetações. Verifica-se, sem dificuldade, que a caatinga é de condições muito mais severas do que o cerrado. Quanto aos característicos da vegetação, pode-se notar que êles se distribuem em três grupos: os de igual freqüência no cerrado e na caatinga; os de freqüência maior, na caatinga; e os de maior freqüência, no cerrado. Entre os primeiros figuram os tubérculos, reservatórios de água, em plantas efêmeras, isto é, aquelas que vegetam sômente durante uma parte do ano e passam o tempo restante em dormência. Nota-se que os caracteres de adaptação à sêca, mais freqüentes no cerrado, são os morfológicos, inclusive os anatômicos: fôlhas coriáceas, cutícula e suber espessos, estômatos em covinhas, abundância de pêlos nas fôlhas, elementos mecânicos, etc. De outro lado, vê-se que

C a r á t e r	C e r r a d o	C a a t i n g a
Chuvas anuais	± 1.300 mm (em Emas)	± 600 mm (em Paulo Afonso)
Evaporação anual	?	± 3000 mm (" ")
Reservas de água no solo	correspondem às chuvas de 3 anos (em Emas)	escassas ou nulas
Sistemas radiculares das plantas permanentes ...	profundos	?
Tubérculos para reserva d'água em plantas perma- nentes	não conhecidos	conhecidos em diversas
Tubérculos para reserva d'água em plantas efê- meras	frequentes	frequentes
Reserva de água em caules suculentos	não conhecemos	frequente
Caducidade das folhas da vegetação permanente .	é rara	é a regra
Plantas afilas ou microfilas	infrequentes	frequentes
Abundância de pêlos nas folhas	frequente	infrequente
Fôlhas coriáceas	"	"
Suber espesso	"	"
Cutícula espessa	"	"
Estômatos em covinhas	"	"
Elementos mecânicos	"	"
Movimentos estomáticos	lentos	rápidos
Período em que as plantas mantêm estômatos abertos	em geral muito longo, mesmo na sêca	em geral muito curto, mesmo na estação chuvosa
Restrição da transpiração	rara, mesmo na sêca	frequente, mesmo na estação chu- vosa
Transpiração cuticular	geralmente elevada	geralmente baixa

os elementos fisiológicos de adaptação à seca, são muito freqüentes na caatinga, mas, praticamente, inexistem no cerrado: movimentos estomáticos rápidos, curto período com estômatos abertos, restrição da transpiração, transpiração cuticular baixa.

Essa comparação permite reafirmar a opinião de que são os caracteres fisiológicos que realmente importam à boa adaptação a um ambiente seco. A explicação já apresentada, da existência freqüente de caracteres xeromorfos, no cerrado, é que tais elementos bastam para proteger as plantas desse ambiente contra possíveis secas, nunca muito intensas, nem de grande duração. Pode-se imaginar, pois, que nas condições pouco severas do cerrado, não houve estímulo para o desenvolvimento de caracteres fisiológicos, que promovem maior proteção. Esse estímulo, presente na caatinga, explicaria a existência, aí, dos referidos caracteres fisiológicos. Que o ambiente árido oferece, de fato, estímulo para maior diversificação de tipos e, conseqüentemente, para ativar o processo de evolução, depreende-se do trabalho de Stebbins (128). Esse autor explica que o fato dos ambientes mesofíticos serem mais ricos em espécies que os xerofíticos, contradiz apenas em aparência, a opinião emitida acima. Na verdade o que se dá é o seguinte: as comparações limitam-se a um período apenas — o presente. Pode-se admitir, sem dificuldade, que em ambientes áridos, maior número de espécies se forma, atinge seu climax e desaparece mais rapidamente, que nos meios de condições favoráveis. E em virtude da maior estabilidade nestes meios, o número de espécies hoje aí encontradas é mais elevado que nos meios de condições adversas, pois houve tempo para que se acumulassem. Não é difícil, porém, compreender que, em condições de baixa umidade, as diversidades locais de topografia, solo, etc. tenham maior influência no caráter da vegetação, que em condições de umidade elevada. Assim, haverá populações restritas adaptadas aos diversos nichos ecológicos, e a migração entre elas evitará estagnação, ou, em outras palavras, promoverá mudanças na estrutura da população regional toda que dispõe de uma reserva gênica muito ampla.

O fato de, em geral, não co-existirem caracteres xeromorfos e xerofíticos, na caatinga, foi explicado, tentativamente, pelo balanço das influências benéficas e prejudiciais que os mesmos podem exercer sobre essa vegetação. A manutenção de caracteres xeromorfos em certas espécies, poderá ser explicada se admitirmos uma circunstância na qual sua presença nessas espécies não seja muito prejudicial, como na maioria. Tal circunstância ocorreria, por exemplo, numa espécie que ocupasse um nicho ecológico de condições menos severas.

* * *

Graças aos dados aqui reunidos, pode-se concluir, em síntese, que em Paulo Afonso a vegetação da caatinga representa um climax. A do

cerrado, em Emas, deve, ao contrário, ser secundária. No que se refere ao cerrado, tal conclusão se apoia na inexistência da necessidade de limitar o consumo de água e no fato de haver no solo, sempre, muita água armazenada, apesar do consumo irrestrito. É certo que a atmosfera, no cerrado, pode, às vezes, ser bastante seca, havendo períodos de 4 ou 5 meses sem chuvas; mas, como opina também Stocker (132), desde que haja água no solo, ao alcance e à disposição das raízes, a seca da atmosfera não importa. E, como nossos resultados mostraram, a grande maioria das plantas permanentes do cerrado dispõe de sistemas radiculares muito profundos que exploram o lençol subterrâneo ou camadas de solo adjacentes. Entre essas plantas destacam-se *Andira humilis* e *Anacardium pumilum*. Desta última, Euclides da Cunha (15) descreve o sistema subterrâneo de maneira muito impressionante, mas sua interpretação é incorreta, porque não se trata de uma planta soterrada, deixando à mostra apenas os ramos terminais com folhas: "Estes vegetaes estranhos, quando ablaqueados em roda, mostram raízes que se entranham a surpreendente profundura. Não ha desenraizal-os. O eixo descendente augmenta-lhes maior á medida que se escava. Por fim se nota que elle vae repartindo-se em divisões dichotomicas. Progride pela terra dentro até a um caule unico e vigoroso, em baixo.

Não são raízes, são galhos. E os pequeninos arbusculos, esparsos, ou repontando em tufos, abrangendo às vezes largas areas, uma arvore unica é enorme, inteiramente soterrada" (1. c. p. 40).

A importância da existência de sistemas radiculares profundos há muito foi compreendida e numerosos pesquisadores se dedicam especialmente ao seu estudo. Meinzer (71, 72), por exemplo, tem grande interesse em questões ligadas ao aproveitamento d'água das camadas profundas do solo, e até instituiu a categoria das plantas chamadas fretofitas, isto é, que aproveitam água de grande profundidade. Bastante conhecido é o exemplo do arbusto dos camêlos (*Alhagi camelorum*), estudado por Kostytchew e Kardo-Syssoiewa (53), no deserto limoso da Ásia Central: vegeta em condições que impedem a existência de outras, seja pelo alto teor de sal, seja pela carência de água; têm a parte aérea com muitos espinhos e folhas de desenvolvimento insignificante, mas a parte subterrânea é formada por uma coluna lenhosa muito grossa que atravessa camadas de "loess", às vezes de 20 metros, atingindo o lençol d'água; suprida sempre da quantidade necessária, não precisa restringir o consumo de água. Parece-nos um caso bem representativo do que ocorre em grande número das plantas permanentes do cerrado.

Em condições verdadeiramente xerofíticas há com frequência economia de água. É o que se depreende dos estudos, entre outros, de Guttenberg e Buhr (32b), nas "Macchias" da Córsega, de Birand (7), na Ásia Menor, de Henrici (35, 36), "nco velds" da África do Sul, e dos nossos próprios dados obtidos na caatinga.

A restrição, todavia, não é obrigatória, como verificaram Harder e colaboradores (34) no Sahara, onde constataram transpiração irrestrita em muitas plantas, até durante a sêca. O mesmo fato foi observado por Vasiljev (138), que estudou *Smirnovia turkestanica*. A nosso ver, caso fôsse procurada a causa dessa falta de restrição do consumo d'água, verificar-se-ia a existência de raízes em camadas profundas, úmidas, do solo. Desde que haja economia no consumo de água, será razoável esperar a ocorrência de baixos deficits de saturação. Entretanto, no cerrado, os deficits baixos ocorrem mesmo sem economia. Daí se conclui que a água disponível, absorvida e transportada, compensa plenamente o consumo irrestrito dessa vegetação. Na caatinga a situação é outra e os baixos deficits se explicam pelo fato de haver economia no consumo de água, pelo fechamento precoce dos estômatos.

* * *

Não desejamos entrar novamente no problema, tantas vezes debatido, da origem dos campos cerrados. Lembremos, porém, que a seu respeito há dois pontos de vista diametralmente opostos: 1.º) São os campos cerrados de origem secundária, conseqüentes de devastações, nas quais o fogo teve papel preponderante (vide Lund e alguns adeptos, em Mattos, 67); 2.º) São naturais. Os defensores deste ponto de vista se distribuem por vários grupos que filiam tal origem a fatores diferentes: climáticos, edáficos, etc. Reviram essas opiniões controversas, que interessam também a outras formas de vegetação, como as "prairies" e as estepes, diversos autores, entre eles Frenguelli (30) e Ferri (22). Mais recentemente Beard (6) discutiu esses problemas, referindo-se de preferência à América tropical setentrional. Depois de analisar de maneira crítica os diversos pontos de vista, conclui que as savanas, designação usada genericamente para indicar diversas formas de vegetação do tipo do campo cerrado, são condicionadas por uma drenagem desfavorável do solo. Este deve ser, segundo seu julgamento, argila muito compacta, impermeável, ou areia, onde o movimento d'água é facilmente interrompido, ou ainda, constituído por um horizonte permeável superposto a outro impermeável. Com efeito, ele define savana como "...the natural vegetation of the highly mature soils of senile land forms (or, in some cases, of very young soils on juvenile sites) which are subject to unfavourable drainage conditions and have intermittent perched water tables, with alternating periods of water logging (with stagnant water) and desiccation. Frequent fires occur but are not a necessity for the maintenance of the savanna which is an edaphic climax" (1. c., p. 203). Em Emas faltam essas condições, como, aliás, em muitos outros cerrados do Brasil. É verdade que Beard afirma, de início, que se limitará ao estudo de savanas ao norte do equador, mas

no correr de seu trabalho, discute também os estudos de Warming em Lagoa Santa, os de Waibel em Goiás e os de Rawitscher em Emas.

Reafirmando nosso desêjo de não discutir mais o problema da origem dos campos cerrados em termos gerais, não podemos deixar sem destaque o ponto de vista de Lindman (54) que opina com ênfase contra o absurdo de se pretender explicar todos os casos em que a mata ocorra dentro do campo, ou êste dentro daquela, por manchas do solo. Essa mesma objeção pode ser feita aos que pretendem explicar por variações das características climáticas, as matas e cerrados que muitas vezes se alternam, como ocorre na hiléa amazônica, onde se passa bruscamente, da mata exuberante para o campo, e vice-versa (Bouillienne 9, Ducke e Black 18).

Parece-nos que cada caso deve ser estudado isoladamente e que a explicação encontrada em um não poderá ser transferida, "a priori", para outro. Esse ponto de vista é, aliás, defendido por Rawitscher (94), do qual transcrevemos em seguida um trecho muito elucidativo. Após mencionar as duas principais correntes de opiniões a respeito da origem dos campos, uma os admitindo como naturais, outra, como condicionados a atividades humanas, especialmente o fogo, diz: "Probably there is truth in both views, since such a specialized vegetation type with so many adaptations to particular climatic and edaphic conditions, as we shall see later, must have been developed in a region where it constitutes the natural or climax-vegetation. These conditions certainly exist in some parts of South America, especially in central Brazil, where the rainless period is pronouncedly hot and dry. But probably the opponents are right too, because human interference, by felling the trees and burning the fields, created conditions which favoured the extension of the Cerrado vegetation far beyond its natural boundaries.

This problem, however, cannot be solved by theoretical discussions nor by incidental observation. Only a detailed examination of the water relations of the soils and of the vegetation can elucidate the ecological status of the Campos cerrados" (1. c., p. 238). Esse trecho estabelece claramente a posição de Rawitscher em face do problema. E seus discípulos estão inteiramente de acôrdo com êle (23, 89).

* * *

E' enorme a extensão das regiões áridas e semi-áridas de todo o mundo. E a devastação pelo homem aumenta-as assustadoramente. Em consequência, tornou-se urgente encontrar medidas que visem, de um lado, diminuir essa devastação e, de outro, recuperar as regiões onde ela já se verificou. Tais medidas só podem ser ditadas por trabalhos de equipes de especialistas em diversos ramos das ciências. A fim de os estimular, a UNESCO iniciou, há pouco, a execução de um programa de pesquisas naquelas regiões, supervisionado por um comitê consultivo

de especialistas que escolhem, anualmente, um tema para centro de debates. Em 1951, o assunto escolhido foi "A hidrologia da zona árida (136), principalmente a questão das águas subterrâneas". E em 1952, na cidade de Ankara, teve lugar a primeira reunião, cujos resultados foram publicados no ano seguinte, em um volume que contém trabalhos sobre: propriedades físicas e químicas das águas subterrâneas, sua estática e dinâmica, sua prospecção; problemas ligados à geografia humana; questões relacionadas à vegetação (8); concurso da ecologia na solução de problemas de hidrologia e hidráulica (10, 38) etc. A segunda conferência teve lugar, logo após, em Jerusalém. Nela, entre outros, debateram-se problemas atinentes a solos áridos, especialmente os ligados às mudanças provocadas pela irrigação; assuntos relativos à importância do orvalho para a vegetação, à influência da temperatura e da chuva sobre a germinação de sementes de espécies do deserto, ao uso da flora natural como indicadora das condições edáficas e das possibilidades de cultivo na região, ao reflorestamento das áreas onde as matas hajam sido parcial ou totalmente destruídas, etc. Estes resultados, e muitos outros, estão reunidos num volume editado também em 1953 (137). Tais problemas têm, realmente, a maior importância econômico-social e por isso, nas regiões onde a escassez d'água põe em perigo a sobrevivência da vegetação, se intensificaram os esforços no sentido de solucioná-los. Um dos meios para isso é a criação de institutos nessas regiões que pesquisem e difundam eficientemente, os resultados obtidos. Tais são, por exemplo, as finalidades do "Institute of Forest Geography and Forest Problems of the Near East", ligado à Universidade de Istambul.

E' evidente que, no Brasil, êsses problemas assumem maior importância nas regiões onde predominam os campos cerrados e as caatingas. O interesse teórico de tais estudos se evidencia dos resultados coligidos e debatidos no presente trabalho. As possibilidades de sua aplicação, na prática, são, igualmente, claras.

Se a caatinga de Paulo Afonso é um climax, limitado pela seca severa do ambiente, não é de se esperar sucesso da agricultura sem irrigação, nem se pode admitir que a silvicultura seja bem sucedida nessa região, sem medidas protetoras das plantas, especialmente nos primeiros tempos de seu desenvolvimento. O reflorestamento deverá ser feito, de preferência, com espécies nativas de valor econômico, já adaptadas ao meio, limitando-se a aumentar o número dos indivíduos existentes. Poder-se-ia tentar, também, o emprêgo de certas essências nacionais ou exóticas, que de consumo grande em condições ótimas de suprimento d'água, limitam-no quando se encontram sob condições de seca. Quais exatamente as espécies mais indicadas a êsse fim, somente a experimentação prévia poderá dizer.

Se o cerrado de Emas, ao contrário, não representa o climax da região, a qual suportaria uma flora mais exuberante — e tal situação pode ser válida para muito outros cerrados do Brasil e para associações congêneres, de outros países (102, 104) — pode-se prever que as possibilidades de cultura nessa região são muito maiores. Não falta água no solo a não ser nas camadas superficiais. Estas camadas que podem secar e se empobrecer pela erosão e pela lixiviação, exigem certamente, tratos especiais, no início. O reflorestamento poderá ser feito, sem dúvida, independente de irrigação. Surge novamente a necessidade de se estabelecer quais as espécies que com maior sucesso poderão ser empregadas. Compreende-se facilmente que se adaptarão melhor aquelas cujos sistemas radiculares tenham crescimento rápido e possam, por isso, atravessar a “zona perigosa”, já na primeira estação de chuvas. Ao se iniciar a seca, a maioria delas estarão com suas raízes nas camadas sempre úmidas, o que lhes garantirá a sobrevivência. No momento, a única informação segura de que dispomos é de que o eucalipto pode, no cerrado de Emas, em cerca de 3 meses, formar um sistema radicular de 2 metros, aproximadamente. Haverá outras plantas com igual possibilidade, mas observações detalhadas sobre o assunto, não existem. Estudos como o de Gurgel (32a), que procurou reunir dados sobre o crescimento de essências do próprio cerrado, são aconselháveis, do mesmo modo que a procura de dados similares, relativos ao comportamento de plantas de diversas origens, nacionais ou exóticas, mantidas nas condições ambientes do cerrado.

RESUMO.

Pode-se avaliar em cerca de cinquenta por cento da superfície do território nacional a área coberta por vegetação pobre: campos (especialmente cerrados) e caatingas. Dentre os fatores ecológicos que determinam o tipo de vegetação de um lugar qualquer, destaca-se, por sua maior importância, a água. Daí o grande interesse de estudos de balanço hídrico, especialmente nas regiões de vegetação escassa.

O presente trabalho foi executado, quase todo, no campo cerrado de Emas, próximo de Pirassununga, Estado de São Paulo, e na caatinga de Paulo Afonso, Bahia. Os ambientes das duas localidades são caracterizados minuciosamente, quanto à temperatura, à umidade relativa, à evaporação, ao regime das chuvas, ao solo e suas reservas de água, etc. Pode-se dizer que as precipitações pluviais em Paulo Afonso, representam aproximadamente metade das de Emas; e que o valor da evaporação na primeira localidade é, ao menos, o dobro do que se verifica na segunda. Além disso, em Emas, o solo do cerrado contém enormes reservas de água disponível para a vegetação, o que não sucede na caatinga.

Duas listas reúnem os principais componentes da vegetação do cerrado e da caatinga, com seus nomes científicos e, quando possível, os vulgares.

Os estudos da transpiração e da velocidade das reações estomáticas foram feitos pelo método de pesagens rápidas, com uma balança de torção. As aberturas dos estômatos foram analisadas também pelo método de infiltração com xilol, e, às vezes, por observação direta, com o microscópio de iluminação vertical.

Foram estabelecidas curvas do andamento diário da transpiração de diversas espécies características do cerrado, no início e no fim da estação seca (1943). Três tipos principais de comportamento foram constatados: 1.º — plantas sem qualquer restrição do consumo d'água, no início e no fim da seca: *Andira humilis*, *Kielmeyera coriacea*, *Erythroxylum suberosum* e *Echinolaena inflexa*; 2.º — plantas sem restrição no início da seca, porém com pequena restrição no fim: *Byrsonima coccolobifolia*, *Butia leiospatha*, *Didymopanax vinosum* e *Ouratea spectabilis*; 3.º — plantas com pequena restrição já no início da seca: *Anona coriacea*. O primeiro tipo é o dominante, o segundo, de pequena frequência, o terceiro, extremamente raro.

Estudo análogo, na caatinga, foi feito em quatro épocas diversas: abril de 1952, janeiro, julho e outubro-novembro de 1953. Abril e julho representam dois períodos de maior umidade na região; outubro-novem-

bro e janeiro, dois períodos muito secos. As plantas que foram estudadas sistematicamente são: *Spondias tuberosa*, *Maytenus rigida*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Jatropha phyllacantha*, *Astronium urundeuva*, *Bumelia sartorum*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Zizyphus joazeiro*. Os resultados obtidos revelam necessidade de grande restrição do consumo de água para as plantas em geral, mesmo na estação chuvosa.

As reações estomáticas, considerando-se tanto o movimento fototativo como o hidroativo, mostram muito maior velocidade na caatinga do que no cerrado. Aqui, os estômatos, ou não se fecham, ou o fazem imperfeitamente e com grande lentidão, em geral; mesmo à noite, a maioria das plantas mostram estômatos abertos. Na caatinga, os estômatos são de reações muito rápidas e, em geral, encontram-se abertos somente nas horas de condições mais suaves, de manhã.

A transpiração cuticular, no cerrado, raramente é atingida; quando ocorre é, em geral, elevada. Na caatinga, há plantas que nas épocas mais secas transpiram apenas cuticularmente quase todo o dia; e mesmo essa transpiração é muito reduzida. Até na estação das chuvas, a maioria das plantas limitam-se a transpirar cuticularmente, a maior parte do dia.

Os deficits de saturação das folhas são baixos, tanto no cerrado como na caatinga. São explicáveis, no primeiro caso, apesar do consumo irrestrito, pelo encontro de muita água disponível no solo, água essa que é absorvida e transportada com bastante eficiência; na caatinga, ao contrário, explicam-se pela grande restrição no consumo de água.

A anatomia das folhas das plantas cujo comportamento foi estudado, revela muitas adaptações xeromorfas no cerrado, adaptações essas quase totalmente inexistentes na caatinga: abundância de pêlos epidérmicos, estômatos abrigados no fundo de covinhas cuticulares ou de dobras da própria epiderme, abundância de escleritos, de esclerênquima e de tecidos para reserva de água, etc.

Conclusão: Não resta dúvida de que o ambiente da caatinga seja muito mais árido do que o do cerrado. O comportamento das plantas, com referência à água, revela boa adaptação das espécies naturais da caatinga às condições de escassez; no cerrado, o consumo irrestrito de água é explicável pela falta de necessidade de economia. Entretanto, as plantas do cerrado são, em geral, muito mais xeromorfas do que as da caatinga, com a única exceção das Cactáceas, freqüentes na caatinga e quase inexistentes no cerrado. Isso leva a admitir que os elementos fisiológicos são os que oferecem realmente maior proteção à planta. Foram selecionadas, por conseguinte, na caatinga, somente as espécies que dispõem desses elementos. No cerrado, puderam sobreviver mesmo as que possuíam apenas adaptações morfológicas de proteção contra a seca, que só eventualmente, e sem grande intensidade, o atinge.

Essa hipótese, entretanto, não explica a ausência de xeromorfismo na caatinga. Tal explicação é tentada no presente trabalho, com base no balanço dos efeitos favoráveis e desfavoráveis que esses elementos podem apresentar. No cerrado, os estômatos permanecem abertos todo o dia e as plantas dispõem de muito tempo para realizarem fotossíntese. Na caatinga, esse tempo é limitado a poucas horas, de alguns dias. Assim, qualquer obstáculo ao rendimento da fotossíntese, pode ser de importância decisiva na caatinga. O acesso de luz e de CO_2 , por exemplo, deve ser dificultado por pêlos e pela colocação dos estômatos no fundo de depressões. Ao contrário, se os estômatos estiverem bem expostos e forem dotados de reações rápidas, a planta poderá realizar fotossíntese logo que as condições ambientes permitam mantê-los abertos, e evitará excesso de transpiração, fechando-os, assim que as condições se tornem mais severas.

O cerrado de Emas não parece representar o máximo de vegetação que as condições do ambiente permitiriam existir. A caatinga de Paulo Afonso, ao contrário, é um climax. Essa conclusão é importante do ponto de vista prático, pois permite supor a possibilidade de reflorestamento e de diversas culturas, mesmo sem irrigação, no cerrado, enquanto que na caatinga, isso será impossível. Neste caso, o reflorestamento deverá ser feito com espécies de baixo consumo hídrico, escolhidas de preferência, entre as nativas, de valor econômico.

Embora as presentes conclusões possam se aplicar a outros cerrados e caatingas, não o devem ser, *a priori*. Só a experimentação poderá indicar os casos aos quais elas se estendem, parcial ou totalmente.

SUMMARY.

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE ECOLOGY OF THE "CERRADO" AND "CAATINGA"

COMPARATIVE STUDY OF THE WATER-ECONOMY OF THEIR VEGETATION

It can be said that about 50% of Brazilian territory is covered by poor vegetation: grasslands, "campos cerrados", (the so-called savannah) and the "caatingas". The remaining forests are being quickly felled, which makes still more urgent the necessity of a well-planned reforestation-program. For this one has to consider the ecological factors which determine the type of vegetation in a given area, and water stands as of prime importance, especially in arid and semi-arid regions.

The present study was performed in its greater part in the "campo cerrado" of Emas, near Pirassununga, State of São Paulo, and in the "caatinga" of Paulo Afonso, State of Bahia. Both habitats are characterized in detail, as to temperature, relative humidity, evaporation, precipitations, soil conditions, especially its water reserves, etc. One can say, in short, that in Paulo Afonso the yearly rains amount to about one half of those in Emas, and that evaporation is about twice as great in the first locality. It should also be recalled that the soil in Emas stores water in a quantity equivalent to the rainfalls of three years, whereas in Paulo Afonso there are no water reserves in the soil during practically the entire year; even the rivers dry out completely in the dry season which lasts seven months or more.

Two extensive lists give the names of the most frequent species in both types of vegetation.

Transpiration rates and the velocity of stomatic reactions were established by the method of rapid weighings with a Jung's torsion-balance. Stomatal openings were also analyzed by Molisch's infiltration method with xylol and sometimes by direct observation under a microscope with vertical illumination.

Curves comparing the daily march of transpiration with the evaporation were established for several of the most characteristic plants of the "cerrado", in the beginning and in the end of the dry season (1943). Three principal kinds of behavior were found: 1) plants without any restriction of water expenditure in the beginning as well as in the end of the dry season: *Andira humilis*, *Kielmeyera coriacea*, *Erythroxylum suberosum* and *Echinolaena inflexa*; 2) plants without res-

triction in the beginning but with a small restriction in the end of the dry season: *Byrsonima coccolobifolia*, *Butia leiospatha*, *Didymopanax vinosum* and *Ouratea spectabilis*; 3) plants with a small restriction already in the beginning of the dry season: *Anona coriacea*. The first type was by far the most frequent; the second appeared with small frequency and the third was extremely rare.

Observations in the "caatinga" were made in four different periods: April 1952, January, July and October-November 1953. April and July represent two periods of greater humidity in the region, and October-November and January are very dry. The plants that were under constant experimentation were: *Spondias tuberosa*, *Maytenus rigida*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Jatropha phyllacantha*, *Astronium urundeuva*, *Bumelia sartorum*, *Aspidosperma pyrifolium* and *Zizyphus joazeiro*. The results obtained indicate the necessity of a great restriction of water consumption for all plants even during the rainy season.

Stomatal reactions, considering both photoactive and hydroactive movements, show a much greater velocity in the "caatinga" than in the "cerrado". Here the stomata do not close at all or, if they do, it is imperfectly and very slowly in general. In the "caatinga" stomatal reactions are very rapid in general and the stomata are open for only a few hours under less severe conditions, in the morning.

Cuticular transpiration is seldom attained in the "cerrado" and when this happens, it is generally high. In the "caatinga" most plants transpire only cuticularly almost all the day in the dry season and the cuticular transpiration is very low. Even during the rainy season the majority of the plants transpire only cuticularly the greatest part of the day.

Saturation deficits of leaves are low both in the "cerrado" and in the "caatinga". They can be explained in the first case by the existence of available water in the soil that can be absorbed and transported efficiently to compensate for the water lost by unrestricted transpiration. In the "caatinga" the low deficits are explained, on the contrary, by the great restriction of the water expenditure.

The anatomical observations on the leaves of the plants whose water-balance was studied, show several xeromorphic structures in the "cerrado" but not in the "caatinga": great frequency of epidermic hairs, stomata in cuticular depressions or in cavities originated by the disposition of the epidermal cells, great frequency of sclereids, of sclerenchyma and of water-storing tissues, etc.

Conclusions: There is no doubt that the "caatinga" has much more arid conditions than the "cerrado". The behavior of the plants, as far as the water-economy is concerned, indicates a good adaptation of the native species of the "caatinga" to the arid conditions; in the "cerrado" the unrestricted water-expenditure is explained by the presence of great

amounts of available water in the soil. However the "cerrado" plants are in general much more xeromorphic than the "caatinga" plants, with the exception only of the cacti that are frequent in the "caatinga" and almost completely absent from the "cerrado". One is then led to admit that the physiological elements are those that really offer greater protection to the plants. Thus in the "caatinga" the species that were physiologically adapted were favoured by natural selection. In the "cerrado" even those species that had only morphological adaptations against droughts — that occur only occasionally and with low intensity — survived.

This hypothesis, however, does not explain the absence of xeromorphic structures in the "caatinga". Such an explanation is tentatively given in the present paper, based on the balance of favorable and unfavorable effects that such structures might show. In the "cerrado" the stomata are kept open all day long and plants have ample time to perform photosynthesis. In the "caatinga" such time is limited to some few hours of few days per year. Thus any obstacle to photosynthesis may be of vital importance in the "caatinga". Access of light and CO_2 , for instance, may be hindered by hairs and by the location of the stomata in depressions, as we found frequently in the "cerrado" plants. On the contrary, well exposed stomata, such as those frequently found in the plants of the "caatinga", can allow photosynthesis as soon as the surrounding conditions become less severe and the stomata can open; at the same time they can close quickly to avoid excessive transpiration as soon as the conditions become more severe. Thus, such structures are prejudicial for the "caatinga" plants but not for those of the "cerrado".

The "cerrado" of Emas is not, probably, the maximum of vegetation which the surrounding conditions can maintain. The "caatinga" of Paulo Afonso, on the contrary, is a climax. This conclusion seems important also from a practical point of view, since it allows the supposition that reforestation and agriculture can be performed successfully in the "cerrado", even in the absence of irrigation. In the "caatinga" this will be impossible. In the "caatinga" the reforestation must be made with species of a low water-consumption, chosen preferentially among the native species of economic value.

It is believed that the present results and conclusions may have application to other "cerrados" and "caatingas".

BIBLIOGRAFIA.

- 1 — ALVIM, Paulo de T. — 1949 — Studies on the mechanism of stomatal behavior. *Amer. Jour. Bot.* 36 (10): 781-791.
- 2 — ALVIM, Paulo de T. — 1949 — Observações ecológicas sobre a flora da região semi-árida do Nordeste. *Ceres* VIII (44): 105-111.
- 3 — ALVIM, Paulo de T. e Wilson de ARAUJO — 1952 — El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. *Turrialba*, 2 (4): 153-160.
- 4 — AZEVEDO, Aroldo de — 1954 — Regiões e Paisagens do Brasil. Col. Brasiliana, Sér. 5, Vol. 274, 2a. ed. São Paulo.
- 5 — BARTHOLOMEW, E. T. — 1931 — Certain phases in Citrus leaf transpiration. *Amer. Jour. Bot.* 18: 765-783.
- 6 — BEARD, John S. — 1953 — The savanna vegetation of Northern tropical America. *Ecological Monographs*, 23: 149-215.
- 7 — BIRAND, H. Ahmet — 1938 — Untersuchungen zur Wasseroekologie der Steppenpflanzen bei Ankara. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 83: 93.
- 8 — BIRAND, H. — 1953 — On the vegetation of central Anatolia and its water-balance. *Proc. Ankara Symposium on Arid Zone Hydrology UNESCO (arid zone programme II)*: 234-246.
- 9 — BOUILLIENNE, Raymond et col. — 1930 — Une mission biologique belge au Brésil. T. II — Bruxelles.
- 10 — BOYKO, Hugo — 1953 — Ecological solutions of some hydrological and hydro-engineering problems. *Proc. Ankara Symposium on Arid Zone Hydrology UNESCO (arid zone programme II)*: 247-254.
- 11 — BRAGA, Renato — 1953 — Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Fortaleza.
- 12 — CALDER, Ritchie — 1954 — Walking on Water. The New Statesman and Nation, London, May 15, 1954, Vol. XLVII, N.º 1210, p. 623.
- 13 — CRAFTS, A. S., H. B. CURRIER and C. R. STOCKING — 1949 — Water in the physiology of plants. *Chronica Botanica* C.º, Waltham, Mass., U. S. A.
- 14 — CRANDALL, Roderic — 1923 — Geografia, geologia, suprimento d'água, transportes e açudagem nos Estados orientais do norte do Brasil — Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba. Publ. n. 4, Sér. I, D. E. — Inspet. Fed. Obr. c/Sêcas. Min. Viação, Rio de Janeiro.
- 15 — CUNHA, Euclides da — 1940 — Os Sertões. Rio de Janeiro, 15a. ed.
- 16 — DIETRICH, M. — 1926 — Transpiration von Schatten- und Sonnenpflanzen usw. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 65.
- 17 — DOMINGUES, Alfredo José Porto — 1952 — Contribuição à Geomorfologia da Área da Fôlha de Paulo Afonso. *Rev. Bras. Geogr.* XIV (1): 27-56.
- 18 — DUCKE, A. and BLACK — 1953 — Phytogeographic Notes on the Brazilian Amazon. *An. Ac. Bras. Ciênc.*, 25 (1): 1-46.

- 19 — DUQUE, José Guimarães — 1949 — Solo e água no polígono das secas. Dept. Nac. Obr. c/ Secas. Sér. I. A. Publ. n.º 148 — Fortaleza, Ceará.
- 20 — DUVDEVANI, S. e WENT, F. — Vide CALDER, R.
- 21 — EVENARI, Michael — 1949 — Ecologia de las plantas de desierto. Rev. Argent. Agron., T. 16 (3): 121-148.
- 22 — FERRI, Mario G. — 1943 — Observações sobre Lagoa Santa. Ceres, 4 (21): 137-150.
- 23 — FERRI, Mario G. — 1944 — Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. XLI — Botânica n.º 4: 159-224.
- 24 — FERRI, Mario G. — Balanço de água de plantas da caatinga. Anais IV Congresso Nac. Soc. Bot. do Brasil, Recife.
- 25 — FERRI, Mario G. — 1953 — Water Balance of Plants from the "Caatinga". II. Further information on transpiration and stomatal behavior. Rev. Brasil. Biol. 13 (3): 237-244.
- 26 — FERRI, Mario G. — 1953 — História da Botânica no Brasil. No prelo.
- 27 — FERRI, Mario G. and Luiz Gouvêa LABOURIAU — 1952 — Water Balance of Plants from the "Caatinga". — I — Transpiration of some of the most frequent species of the "caatinga" of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. Rev. Brasil. Biol. 12 (3): 301-312.
- 28 — FITTING, H. — 1911 — Die Wasserversorgung und die osmotischen Druckverhältnisse der Wüstenpflanzen. Zeitschr. f. Bot. 3: 209-275.
- 29a — FRANCO, Coaracy M. — 1938 — Sobre a fisiologia dos estômatos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). An. 1a. Reun. Sul-Amer. Bot. Vol. III, p. 293-302.
- 29b — FRANCO, Coaracy M. e Romeu INFORZATO — 1950 — Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol. Bragantia 10 (9): 247-257.
- 30 — FRENGUELLI, J. — 1940 — Rasgos principales de Fitogeografia Argentina. Publ. del Museu de La Plata, n.º 2. La Plata.
- 31 — FRIES, R. E. — 1905 — Anonaceen der zweiten Regnell'schen Reise. Ark. för Botanik — Bd. 4 (19): 9.
- 32a — GURGEL FILHO, Octavio do Amaral — 1953 — Estudo do crescimento de algumas essências do cerrado. Tese de doutoramento, mimeografada, apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo.
- 32b — GUTTENBERG, H. von und H. BUHR — 1935 — Studien über die Assimilation und Atmung Mediterraner Macchiapflanzen während der Regen- und Trockenzeit. Planta, 24 (2): 163.
- 33 — HANES, C. S. — 1940 — The reversible formation of starch from glucose-1-phosphate catalysed by potato-phosphorylase. Proc. Roy. Soc. London B 129: 174-208.
- 34 — HARDER, R., P. FILZER und A. LORENZ — 1931 — Über Versuche zur Bestimmung der Kohlensäure-Assimilation immergrüner Wüstenpflanzen während der Trockenzeit in Beni Unif (algerische Sahara). Jahrb. f. wiss. Bot. 75 (1).
- 35 — HENRICI, M. — 1927 — Physiological plant studies in South Africa, part II — Transpiration of Grasses and other plants under arid conditions. Dep. of Agriculture, Union of South Africa.

- 36 — HENRICI, M. — 1940 — The transpiration of different plant association in South Africa. Part 1 — Transpiration of Karoo bushes. Sci. Bull. 185 — Dep. Agric. and Forestry, Union of South Africa.
- 37 — HENRICI, M. — 1945 — The transpiration of South Africa Plant Associations. Part 3 — Indigenous and exotic trees in the Drakensburg area. Sci. Bull. 247, Dep. Agric., Pretoria.
- 38 — HESKE, Franz — 1953 — Possibilities of improving the hydrological situation of Anatolia by biological and ecological means. Proc. Ankara Symposium on Arid Zone Hydrology UNESCO (arid zone programme II): 259-261.
- 39 — HUBER, B. — 1923 — Transpiration in verschiedener Stammhöhe. Ztschr. f. Bot. 15: 465-601.
- 40 — HUBER, B. — 1923 — Die Beurteilung des Wasserhaushaltes der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 64.
- 41 — HUECK, Kurt — 1953 — Distribuição e habitat natural do Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*). Bol. Fac. Fil. Ciên. e Letr. 156 — Botânica n.º 10: 5-24.
- 42 — HUECK, Kurt — 1954 — Waldbäume und Waldtypen aus NW-Argentinien. Fritz Haller Verlag — Berlin-Grunewald.
- 43 — ILJIN, W. S. — 1932 — Über Öffnen der Stomata bei starkem Welken der Pflanzen. Jahrb. wiss. Bot. 77: 220-251.
- 44 — ILJIN, W. S. — 1953 — Causes of death of plants as a consequence of loss of water: conservation of life in desiccated tissues. Bull. Torrey Botanical Club, 80 (3): 166-177.
- 45 — IWANOFF, L. — 1928 — Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 46: 306.
- 46 — JOLY, Aylthon B. — 1950 — Estudo fitogeográfico dos campos de Butantã (São Paulo). Bol. Fac. Fil. Ciên. e Letr. CIX — Botânica n.º 8.
- 47 — KAMP, H. — 1930 — Untersuchungen über Kutikularbau und Transpiration von Blättern. Jahrb. wiss. Bot. 72: 413-465.
- 48 — KELLER, Boris — 1930 — Die Methoden zur Erforschung der Ökologie der Steppen- und Wüstenpflanzen. Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. XII — Chem., physikal. u. physikal. chem. Methoden z. Untersuch. des Bodens u. der Pflanze. Teil 6, Heft 1, Berlin.
- 49 — KERNER, A. v. Marilaun und A. HANSEN — 1913 — Pflanzenleben, Bd. 1 — Leipzig und Wien.
- 50 — KILLIAN, Ch. — 1951 — Mesures écologiques sur les végétaux types du Fouta-Djallon (Guinée française) et sur leur milieu en saison sèche. Bull. Inst. Français Afr. Noire, 13 (3): 601-682.
- 51 — KNIGHT, R. G. — 1917 — The interrelation of stomatal aperture, leaf water content and transpiration rate. Ann. Bot. 31: 221-224.
- 52 — KNIGHT, R. G. — 1922 — Further observations on the transpiration, stomata, leaf water content and wilting of plants. Ann. Bot. 36: 361-383.
- 53 — KOSTYTSCHEW, S. und KARDO-SYSSOIEWA — 1930 — Untersuchungen über den Tagesverlauf der Photosynthese in Zentralasien. Planta 11: 117.
- 54 — LINDMAN, C. A. M. — 1906 — A vegetação no Rio Grande do Sul. Trad. de A. LOEFGREN. Porto Alegre.

- 55 — LIVINGSTON, B. E. — 1906 — The relation of desert plants to soil moisture and evaporation. Carn. Inst. Wash., Publ. 50: 1-77.
- 56 — LIVINGSTON, B. E. and W. H. BROWN — 1912 — Relation of the daily march of transpiration to variations in the water content of foliage leaves. Bot. Gaz. 53: 309-330.
- 57 — LLOYD, F. E. — 1908 — The physiology of stomata. Carn. Inst. Wash. Publ. 82: 1-142.
- 58 — LOEFGREN, Alberto — 1910 — Notas Botânicas — (CEARA'). Insp. Obr. c/ Sêcas, Publ. 2, Sér. I. A.
- 59 — LOFTFIELD, J. V. — 1921 — The behavior of stomata. Carn. Inst. Wash., Publ. 314.
- 60 — LOOMIS, W. E. and C. A. SHULL — 1937 — Methods in Plant Physiology. 1st. ed. McGraw-Hill Book Co., Ind., N. York & London.
- 61 — LUETZELBURG, Ph. von — 1922-23 — Estudo Botânico do Nordeste. Insp. Obr. c/ Sêcas. Publ. 57, Sér. I-A, 3 vols. 128 + 126 + 283 páginas.
- 62 — LUETZELBURG, Ph. von — 1936-38 — Relatório da Secção de (Botânica e Ecologia. Arquivos do S. A. I. (cit. in 19).
- 63 — MARIZ, Geraldo — 1953 — Contribuição ao estudo ecológico e farmacognóstico de quatro plantas características da zona da caatinga (*Zizyphus joazeiro*, Mart.; *Maytenus rigida*, Mart.; *Spondias tuberosa*, Arr. Cam.; *Amburana cearensis*, (Fr. All.) Smith. Tese mimeograf., apres. à Escola de Farmácia anexa à Fac. de Medicina da Univ. do Recife, p. o concurso de livre-docente à cátedra de Botânica aplicada à Farmácia.
- 64 — MARTIN, Emmett — 1943 — Studies on Evaporation and Transpiration under controlled conditions. Carnegie Inst. Wash., Publ. 550.
- 65 — MARTIUS, C. F. Ph. von — MDCCCXL-MDCCCXVI — Flora Brasiliensis. Tabulae Physiognomicae. Vol. I. Pars I. Lipsiae.
- 66 — MARTIUS, C. F. Ph. von — MDCCCXLI-MDCCCLXXII — Flora Brasilensis. Vol. XIII. Pars I: 8, in finis (*Anona furfuracea*) Lipsiae.
- 67 — MATTOS, Anibal — 1935 (?) — O sábio dr. Lund e estudos sobre a pré-história brasileira. Edic. Apollo, Bello Horizonte.
- 68 — MAXIMOV, Nicolai A. — 1923 — Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die Dürresistenz der Xerophyten. Jahrb. f. wiss. Bot. 62: 128-144.
- 69 — MAXIMOV, Nicolai A. — 1929 — The plant in relation to water Trad. R. Yapp, London.
- 70a — MAXIMOV, Nicolai A. — 1931 — The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. Jour. Ecology XIX, 2.
- 70b — MAXIMOV, Nicolai A. — 1939 — Plant Physiology. Trad. Irene V. Krassovsky. 2d. ed. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York and London.
- 71 — MEINZER, Oscar E. — 1927 — Plants as indicators of groundwater. U. S. Geol. Survey, Water Supply Paper 577.
- 72 — MEINZER, Oscar E. — 1942 — Hydrology (Vol. IX Physics of the Earth) — (editor e colaborador).
- 73 — MELLO BARRETO, H. L. — 1942 — Regiões Fitogeográficas de Minas Gerais. Bol. 4 Dept. Geográf. do E. de Minas Gerais. Belo Horizonte.

- 74 — MENDEL, K. — 1951 — Orange Leaf Transpiration under Orchard Conditions. Part III. Prolonged Soil Drought and the Influence of Stocks. — Palestine Jour. Bot. Rehovot Ser., Vol. VIII, 1.
- 75 — MOLISCH, H. — 1912 — Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode). Zeitschr. f. Bot., p. 106, cit. in "La Fisiologia Vegetale" (Trad. de Giovanni Nigro, Turim, 1926, p. 72).
- 76 — MORAES REGO, L. F. de — 1945 — O vale do São Francisco. Ed. Renascença, São Paulo.
- 77 — MORELLO, Jorge — 1954 — Ecologia de una planta reviviscente de la Caatinga. Rev. Bras. Biol. 14 (1): 108.
- 78 — NUTMAN, F. J. — 1937 — Studies of the Physiology of *Coffea arabica*. I. Photosynthesis of Coffea Leaves under Natural Conditions. Ann. of Bot. 1 (3): 353-367.
- 79 — NUTMAN, F. J. — 1937 — Studies of the Physiology of *Coffea arabica*. II. Stomatal Movements in Relation to Photosynthesis under Natural Conditions. Ann. of Bot. 1 (4): 681-693.
- 80 — OPPENHEIMER, H. R. — 1949 — The Water Turn-Over of the Valonea Oak. Palestine Jour. Bot., Rehovot Ser., Vol. VII.
- 81 — OPPENHEIMER, H. R. — 1951 — Summer Drought and Water Balance of Plants Growing in the Near East. Jour. of Ecology, Vol. 39, n.º 2 (Paper read before the section of Experimental Ecology of the 7th. International Botanical Congress at Stockholm, on 14 July 1950).
- 82 — OPPENHEIMER, H. R. — 1953 — L'irrigation rationnelle et les méthodes biologiques pour l'appréciation du besoin d'eau des plantes. Bull. Soc. Agric. d'Algérie, N.º 570.
- 83 — OPPENHEIMER, H. R. — 1953 — An experimental study on ecological relationships and water expenses of mediterranean forest vegetation. Palest. Jour. Bot. VIII (2): 103-124. Rehovot ser.
- 84 — OPPENHEIMER, H. R. and K. MENDEL — 1939 — Orange leaf transpiration under orchard conditions. Part I. Soil moisture content high. Agric. Res. Sta., Rehovot, Bull. 25.
- 85 — PELEIDERER, H. — 1933 — Kritische Untersuchungen zur Methodik der Transpirationsbestimmung an abgeschnittenen Sprossen. Ztschr. f. Bot. 26, 305.
- 86 — PILGER, Robert — 1901 — Beitrag zur Flora von Mattogrosso. Leipzig.
- 87a — PISEK, A. und E. BERGER — 1938 — Kutikuläre Transpiration und Trockenresistenz isolierter Blätter und Sprosse. Planta, Bd. 28 H. 1.
- 87b — PISEK, A. und E. CARTELLIERI — 1931 — Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. I. — Sonnenpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., 75 (2).
- 88 — POLJAKOV — 1946 — Ecological investigations in Palestine. I. The water balance of some mediterranean trees. Palest. Jour. Bot. Jerusalem ser. 3: 138-150.
- 89 — RACHID, Mercedes — 1947 — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão nos campos cerrados de Emas. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr., LXXX, Botânica n.º 5.
- 90 — RACHID-EDWARDS, Mercedes — 1954 — Alguns dispositivos para proteção de plantas contra a seca e o fogo. (No prelo).

- 91 — RAWITSCHER, Felix — 1942 — Algumas noções sobre a transpiração e o balanço d'água de plantas brasileiras. An. Acad. Bras. Ciên., T. 14, n.º 1.
- 92 — RAWITSCHER, Felix — 1942 — Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil Meridional, 1a. parte, Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr., XXVIII, Botânica n.º 3.
- 93 — RAWITSCHER, Felix — 1944 — Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil Meridional, 2a. parte, Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. XLI, Botânica n.º 4.
- 94 — RAWITSCHER, Felix — 1948 — The Water Economy of the Vegetation of the "Campos Cerrados" in Southern Brasil. Jour. Ecology Vol. 36, n.º 2.
- 95 — RAWITSCHER, Felix — 1949 — El balance de água de la vegetación de los campos secos del Brasil meridional y su significación. Ciencia e Investigación, Vol. 5, N.ºs 3 e 4.
- 96 — RAWITSCHER, F., K. HUECK, J. MORELLO e K. H. PAFFEN — 1952 — Algumas observações sobre a ecologia da vegetação das caatingas. An. Ac. Bras. Ciên. 24 (3): 287-301.
- 97 — RAWITSCHER, F. — 1953 — Elementos Básicos de Botânica. Cia. Melhoramentos, S. Paulo, 3a. ed.
- 98 — RAWITSCHER, F. e M. G. FERRI — 1942 — Observações sobre a metodologia para o estudo da transpiração cuticular em plantas brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. XXVIII — Botânica n.º 3.
- 99 — RAWITSCHER, F., M. G. FERRI e M. RACHID — 1943 — Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. An. Acad. Bras. Ciên., T. 15, n.º 4.
- 100 — RAWITSCHER, F. y J. MORELLO — 1952 — Eficácia del método de pesadas rápidas para medir la transpiración de plantas. Ciencia e Investigación, 8 (4): 183-185.
- 101 — RENNER, O. — 1910 — Beiträge zur Physik der Transpiration. Flora 100: 451-547.
- 102 — ROSEVEARE, G. M. — 1948 — The Grasslands of Latin America. Bull. 36 Imperial Bureau of Pastures and Field Crops. Aberystwyth, Great Britain.
- 103 — SAMPAIO, A. J. de — 1938 — Phytogeographia do Brasil. Ed. Comp. Nac. Rio de Janeiro (2a. ed.).
- 104 — SAUER, Carl O. — 1944 — A Geographical Sketch of Early Man in America. Geogr. Rev. XXXIV (4): 529-573.
- 105 — SAYRE, J. D. — 1926 — Physiology of stomata of *Rumex patinientia*. Ohio Jour. Sci. 26: 233-267.
- 106 — SCARTH, G. W. — 1926 — The influence of the hydrogenion on the turgor and movement of the plant cells with special reference to stomatal movement. First Intern. Congr. Plant Sci. Ithaca, N. Y. — Reviewed by C. A. Shull. Bot. Gaz. 82: 453-454.
- 107 — SCHIMPER, A. F. W. — 1898 — Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. 3a. ed. alemã, revista e completada por von FABER, 1935.
- 108 — SCHORN, M. — 1929 — Untersuchungen über die Verwendbarkeit der Alkoholfixierung und der Infiltrationsmethode zur Messung von Spaltöffnungsweiten. Jahrb. f. wiss. Bot. 71, H. 5.
- 109 — SCHUBART, Otto — 1953 — Über einen subtropischen Fluss Brasiliens, den Mogi-Guassú, insbesondere seine physikalischen

- Bedingungen wie Wasserstand, Temperatur und Sichttiefe. Arch. f. Hydrobiologie 48-3-350-430. Stuttgart.
- 110 — SCHUBART, O. e F. RAWITSCHER — 1950 — Movimentos de água subterrânea em Emas — Pirassununga. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. CIX — Botânica n.º 8.
- 111 — SEREBRENICK, S. — 1942 — Aspectos Geográficos do Brasil. Serv. Inf. Agrícola, Rio de Janeiro.
- 112 — SETZER, José — 1946 — Contribuição para o Estudo do Clima do Estado de São Paulo. Bol. D. E. R., vols. IX a XI.
- 113 — SETZER, José — 1949 — Os Solos do Estado de São Paulo. Relatório técnico com considerações práticas. Bibliot. Geogr. Bras. Sér. A. Publ. n.º 6.
- 114 — SEYBOLD, A. — 1929 — Untersuchungen über die Temperatur aegyptisch-arabischer Wüstenpflanzen. Planta, Bd. 9, 270-314.
- 115 — SEYBOLD, A. — 1929 — Die physikalischen Komponente der pflanzlichen Transpiration. Monographien aus dem Gesamtgeb. d. wiss. Botanik. Berlin.
- 116 — SEYBOLD, A. — 1930 — Die pflanzliche Transpiration. Erg. der Biologie, Bd. 6, 559-731.
- 117 — SHREVE, Edith — 1914 — The daily march of transpiration in a desert perennial. Carnegie Inst. Publ. n.º 194.
- 118 — SHREVE, Edith — 1924 — Factors governing seasonal changes in transpiration of *Encelia farinosa*. Bot. Gaz. 77: 432-439.
- 119 — SIERP, H. und A. SEYBOLD — 1927 — Untersuchungen zur Physik der Transpiration. Planta 3, 115.
- 120 — SMALL, Horatio L. — 1923 — Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará. Inspet. Fed. Obr. c/Sêcas. Publ. 32, Sér. I, D. Min. Viação, Rio de Janeiro.
- 121 — SMALL, Horatio L. — 1923 — Geologia e suprimento d'água subterrânea no Ceará e parte do Piauí. Inspet. Fed. Obr. c/ Sêcas Publ. 25, Sér. I. D., Minist. Viação, Rio de Janeiro.
- 122 — SOARES DE SOUZA, Gabriel — 1851 — Tratado descritivo do Brasil em 1587.
- 123 — SOPPER, Ralph H. — 1923 — Geologia e suprimento d'água subterrânea no Rio Grande do Norte e Paraíba. Inspet. Fed. Obr. c/ Sêcas. Publ. 26, Sér. I, D. Minist. Viação, Rio de Janeiro.
- 124 — SPIX, J. B. von und C. F. Ph. von MARTIUS — 1823 — Reise in Brasilien. München.
- 125 — STALFELT, M. G. — 1929 — Die Abhängigkeit der Spaltöffnungsreaktionen von der Wasserbilanz. Planta 8: 278-340.
- 126 — STALFELT, M. G. — 1932 — Der stomatäre Regulator der pflanzlichen Transpiration. Planta 17: 22-85.
- 127 — STEBBINS JR., G. Ledyard — 1951 — Natural Selection and the Differentiation of Angiosperm Families. Evolution V (4): 299-324.
- 128 — STEBBINS JR., G. Ledyard — 1952 — Aridity as a stimulus to plant evolution. Amer. Nat. LXXXVI (826): 33-44.
- 129 — STOCKER, Otto — 1929 — Das Wasserdefizit von Gefäßpflanzen in verschiedenen Klimazonen. Planta, 7, 2-3.
- 130 — STOCKER, Otto — 1933 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen, II — Untersuchungen in der ungarischen Alkalisteppe. Jahrb. f. wiss. Bot. 78 (5): 751-856.

- 131 — STOCKER, Otto — 1934 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen, III — Ein Beitrag zur Transpirationsgrösse im javanischen Regenwald. Jahrb. wiss. Bot. 31 (3): 464-496.
- 132 — STOCKER, Otto — 1955 — Die Möglichkeiten des Pflanzenlebens in Trockengebieten. Conferência pronunciada no Departamento de Botânica da Fac. Fil., Ciênc. e Letr. da Universidade de São Paulo, em janeiro de 1955.
- 133 — STONE, E. C., F. W. WENT & C. L. YOUNG — 1950 — Water absorption from the atmosphere by plants growing in dry soils. Science, 3 (2890): 540-548.
- 134 — TAUBERT, P. — 1895 — Beiträge zur Kenntnis der Flora des central-brasilianischen Staates Goyaz.
- 135 — THODAY, D. — 1931 — The significance of reduction in the size of leaves: Symposium on Xeromorphy, Internat. Bot. Congress, Cambridge, 1930. Jour. Ecology V, XIX (2), August 1931.
- 136 — UNESCO — 1953 — Arid Zone Programme II — Proceedings of the Ankara Symposium on Arid Zone Hydrology (jointly organized by the Government of Turkey and Unesco, held in Ankara, May 25, 1952). Nevers — Paris.
- 137 — UNESCO — 1953 — Desert Research. Proceedings International Symposium held in Jerusalem, May 7-14, 1952 — Research Council of Israel, Spec. Publ. 2, Jerusalem.
- 138 — VASILJEV, I. M. — 1931 — Über den Wasserhaushalt von Pflanzen der Sandwüste im südöstlichen Kara-Kum. Planta 14 (2): 225.
- 139 — VILLAÇA, Helena e Mario G. FERRI — 1954 — Transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. CLXXIII Botânica n.º 11: 1-29.
- 140 — WAIBEL, Leo — 1948 — Vegetation and Land Use in the Planalto Central of Brazil. Geograph. Review, 38 (4): 529-554.
- 141 — WALTER, H. — 1931 — Die Hydratur der Pflanze. Gustav Fischer, Jena.
- 142 — WALTER, H. — 1939 — Grasland, Savanne und Busch der ariden Teile Afrikas in ihrer oekologischen Bedingtheit. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 87 H. 5.
- 143 — WARING, Geraldo A. — 1912 — Suprimento d'água no Nordeste do Brasil. Publ. 23, Sér. I. D., Inspet. Fede. Obr. c/ Sêcas, Minist. Viação, Rio de Janeiro.
- 144 — WARMING, Eugen — 1892 — Lagoa Santa. Et Bidrag til den biologiske Plantegeografi. — Copenhagen, Dinamarca.
- 145 — WARMING, Eugen — 1909 — Lagoa Santa — Trad. de A. LOEFGREN, Belo Horizonte.
- 146 — WENT, F. W. — Project for the study of the rôle of dew in plant growth in arid regions. UNESCO N.º 103: 8. (Vide também CALDER, R.).
- 147 — WENZL, H. — 1939 — Das Verhalten der Spaltöffnungen von Wasser- und Sumpfpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., 88, 1.
- 148 — WETTSTEIN, R. R. von — 1904 — Vegetationsbilder aus Südbrasilien. Leipzig und Wien.
- 149 — WILSON, C. D. — 1948 — The effect of some environmental factors on the movements of guard cells. Plant Physiol., 23: 5-37.
- 150 — YIN, H. C. and Y. T. TUNG — 1948 — Phosphorylase in guard cells. Science 108: 87-88.

Faculdade de Filosofia
Ciências e Letras
Biblioteca Central

ERRATA

À pág. 32, onde se lê Nov. 118,8 leia-se Nov. 118,2

À pág. 33, última linha, última coluna, onde se lê 34,2 leia-se 342,1.

À pág. 95. 26^a. linha, onde se lê *Aspidosperma pyrifolium*...
leia-se *Zizyphus joazeiro*...

À pág. 113, 3^a. coluna, linha correspondente à *Jatropha phylla-*
cantha, onde se lê 2 leia-se 5.

À pág. 114, 17^a. linha, onde se lê 4,25 - 1,68 - 1,78 - 3,57 - 3,57- 0
leia-se 4,25 1,68 - 1,70 - 3,57 - 3,57 - 0

