

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM Nº 224

BOTÂNICA Nº 15

MARIO G. FERRI

In Memoriam Felix Rawitscher

KARL ARENS

Considerações sobre o xeromorfismo foliar

KARL ARENS

O Cerrado como vegetação oligotrófica

AYLTHON B. JOLY e CLOVIS TEIXEIRA

Observações sobre a anatomia da casca do Guapuruvú,
Schizolobium parahyba (Vell.) Blake

MARIO G. FERRI e LEOPOLDO M. COUTINHO

Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação, em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás)



SÃO PAULO — BRASIL
1958

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: Prof. Dr. Gabriel Sylvestre Teixeira de Carvalho

Vice-Reitor: Prof. Dr. João Francisco Humberto Maffei

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

Diretor: Prof. Dr. Paulo Sawaya

Vice-Diretor: Prof. Dr. Antonio Soares Amora

Secretário: Lic. Odilon Nogueira de Mattos

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

Diretor: Prof. Dr. Mario Guimarães Ferri

Assistentes: Livre-Docente Dr. Aylthon Brandão Joly

Dra. Berta Lange de Morretes

Lic. Leopoldo Magno Coutinho

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

Lic. Maria Amélia Braga de Andrade

Lic. Marico Meguro

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 São 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.

COMPOSTO E IMPRESSO NA SECÇÃO GRÁFICA DA
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
1958

A impressão do presente Boletim foi possibilitada por uma
subvenção do CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS ao
Departamento de Botânica.

Nosso reconhecimento.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM Nº 224

BOTANICA Nº 15

MARIO G. FERRI

In Memoriam Felix Rawitscher

KARL ARENS

Considerações sobre o xeromorfismo foliar

KARL ARENS

O Cerrado como vegetação oligotrófica

AYLTHON B. JOLY e CLOVIS TEIXEIRA

Observações sobre a anatomia da casca do Guapuruvú,
Schizolobium parahyba (Vell.) Blake

MARIO G. FERRI e LEOPOLDO M. COUTINHO

Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação, em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás)



SÃO PAULO — BRASIL
1958

Faculdade de Filosofia
Ciências e Letras
Biblioteca Central



Prof. Felix Rawitscher

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

IN MEMORIAM

F E L I X R A W I T S C H E R

Nasceu **FELIX RAWITSCHER**, filho do juiz Ludwig Rawitscher e de D. Anna Rawitscher, a 4 de janeiro de 1890, em Frankfurt sôbre o Mênio, na Alemanha. Seus estudos secundários foram realizados no Kaiser Friedrichs Gymnasium, entre 1899 e 1906, quando iniciou os estudos superiores, em Ciências Naturais, realizados nas Universidades de Bonn, Freiburg im Breisgau e Genebra. Discípulo de grandes mestres da Botânica, como Strasburger, Oltmanns, Chodat, Kniep e Möbius, teve, igualmente em ciências afins, como professores, grandes autoridades: Gattermann, em Química, Osann, em Mineralogia, e, em Zoologia, Weissmann e Kühn.

Em 1912, Rawitscher obteve em Freiburg, o grau de doutor em Ciências, apresentando uma tese sôbre a "Sexualidade das Ustilagináceas". Esse trabalho é citado ainda hoje, em livros básicos, porque nele Rawitscher descreveu, pela primeira vez, o fenômeno de pareamento dos núcleos em um Basidiomiceto. Após doutorar-se, Rawitscher estagiou no instituto de Wilhelm Pfeffer, em Leipzig, onde a Fisiologia vegetal entrava em nova fase, saindo da rotina dos trabalhos puramente descritivos, para alcançar um estágio mais evoluído, em que se buscavam interpretações para os fenômenos observados. Em março de 1914 Rawitscher assumiu o cargo de assistente de Oltmanns com quem trabalhou vários anos, tendo, dessa forma, oportunidade de se tornar um excelente conhecedor de Algas. Em 1921 conquistou o título de livre-docente, com um novo trabalho sôbre as Ustilagináceas.

A partir dessa data, Rawitscher se dedicou, durante muitos anos, a problemas da Fisiologia dos movimentos das plantas, publicando diversos trabalhos sôbre plantas volúveis, nas-

tismos e geotropismo. Esses estudos firmaram sua reputação de autoridade em problemas ligados aos movimentos das plantas e culminaram com a publicação, em 1932, do livro "Der Geotropismus der Pflanzen", que se tornou de consulta obrigatória a todos quantos desejassem especializar-se em tão complexos problemas. São de sua autoria, vários estudos sobre movimentos de plantas, publicados em várias revistas especializadas, de 1931 a 1933. A convite dos editores de "Botanical Review" escreveu um artigo de atualização dos conhecimentos sobre o geotropismo, em 1937.

Talvez um dos característicos mais interessantes da personalidade de Rawitscher foi sua grande versatilidade. Nomeado em 1927 professor extraordinário de Botânica Florestal da Faculdade de Silvicultura de Baden, anexada nessa época à Faculdade de Ciências de Freiburg, começou a se interessar pelos estudos de Ecologia vegetal, os quais o levaram à publicação de um pequeno livro, "Die Heimische Pflanzenwelt", nesse mesmo ano.

O exposto resume o essencial sobre a vida científica de Rawitscher, na Europa. Lembremos, neste momento, que essas atividades não se realizaram sem obstáculos. Basta recordar que já em agosto de 1914 Rawitscher iniciou sua participação na primeira grande guerra, combatendo primeiro na frente de Flandres, mais tarde na Rússia e depois nos campos de batalha de Verdun e Somme. Ferido gravemente em Verdun, tornou-se prisioneiro dos franceses. Sofreu, durante toda a vida, consequências desses ferimentos.

Mas Rawitscher não guardava qualquer rancor desse cativo. Muito ao contrário, dizia ter sido bem tratado e tido, aí, oportunidade de estudar muito e aperfeiçoar seus conhecimentos em Filosofia, lendo Bergson, Driesch, Rickert e outros. Foi igualmente durante a guerra que estudou com grande interesse o famoso livro de Darwin "The origin of species by means of natural selection".

Rawitscher era de origem judaica. Com o advento do hitle-rismo desejou sair da Alemanha. E, por esse motivo, ao ser convidado por Theodoro Ramos a organizar o Departamento de

Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo, de recente criação, não hesitou em aceitar.

Aquí chegou em 30 de junho de 1934, em companhia dos professôres Breslau e Rheinboldt, ambos falecidos. Nessa ocasião, a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras estava instalada, a título provisório, na Faculdade de Medicina, onde Rawitscher iniciou a organização do Departamento de Botânica. Como primeiros auxiliares encontrou D. Maria Ignez da Rocha e Silva e o Sr. Alessio Padula. Pôde logo contratar os serviços de jardineiro do Sr. Georg Seyfried, horticultor diplomado na Alemanha, que organizou rapidamente um pequeno mas excelente jardim, onde nunca faltavam as plantas necessárias ao ensino e à pesquisa.

Como primeiro assistente, Rawitscher convidou o Dr. Karl Arens, do Instituto de Botânica de Colônia, na Alemanha. Alguns anos após Arens aceitou o cargo de Professor da Faculdade Nacional de Filosofia, onde ainda se encontra, sendo substituído pelo Sr. Hermann Kleerekoper. Logo, por sua vez, Kleerekoper deixou o Departamento de Botânica, por um cargo que lhe ofereceu a Divisão de Caça e Pesca, e hoje trabalha na McMaster University, no Canadá.

Por essa época, eu, licenciado da terceira turma de alunos da Secção de História Natural e que desde agosto de 1939 pertencia ao quadro de colaboradores de Rawitscher, fui por êle indicado como substituto de Kleerekoper. Entre os referidos colaboradores figuravam, também, D. Berta Lange de Morretes e D. Mercedes Rachid, licenciadas, respectivamente, em 1941 e 1942. Um pouco mais tarde foi contratado o Sr. Aylthon Brandão Joly, da turma de 1945.

Vê-se, pelo exposto, que Rawitscher se ocupou desde logo, com a formação de discípulos brasileiros, os quais eventualmente deveriam sucedê-lo, tendo-se limitado ao contrato de colaboradores no estrangeiro, apenas no início, quando não havia ainda, no país, elementos com a base necessária às tarefas de ensino e pesquisa inerentes à vida universitária.

Organizar um bom ensino, nos moldes do que se operava nas melhores universidades da Europa, foi a primeira preocupação de Rawitscher, no Brasil. Assim, implantou entre nós o hábito de documentar amplamente, e, sempre que possível, com material vivo, tôdas as preleções. As aulas teóricas de 1 hora no máximo, seguiam-se aulas práticas de 3 horas. Esse regime perdura até hoje.

Como no país faltassem livros básicos de boa qualidade, Rawitscher começou logo a preparar o pequeno livro "Introdução ao Estudo da Botânica", o qual, publicado em 1940, encontra-se hoje em 3.^a edição e tem prestado excelentes serviços, não só aos nossos alunos, mas também aos professores secundários. Dêsse livro Rawitscher eliminou tôdas as questões meramente descritivas, que sobrecarregaram, desnecessariamente, os programas de nossas escolas.

Ciente de que um bom ensino universitário só pode ser ministrado por professores que se dediquem à pesquisa, Rawitscher procurou, desde sua chegada ao Brasil, organizar laboratórios com os requisitos mínimos e já em 1937 o Departamento de Botânica publicava o seu Boletim n.º 1, o segundo impresso pela Faculdade de Filosofia. Contém 3 trabalhos: um de Rawitscher, "Experiências sobre a simetria de folhas", dois de Arens, o primeiro sobre a fotossíntese de plantas aquáticas e o segundo sobre o mecanismo de infecção por determinado fungo.

Ao iniciar suas excursões para tomar contacto com os diversos tipos de vegetação do país, Rawitscher logo se apercebeu do grande manancial de problemas que aguardavam solução, no campo da fitoecologia. Começou a reunir no Departamento a bibliografia necessária, muito dispersa e de difícil encontro. A fim de facilitar aos que desejassem se iniciar na investigação de assuntos da nossa ecologia, redigiu os "Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil meridional", em duas partes, publicadas, respectivamente, em 1942 e 1944, nos Boletins de Botânica n.ºs. 3 e 4: a primeira dedicada aos fatores "temperatura e água"; a segunda ao estudo da luz, oxigênio, gás carbônico, vento e solos.

De seus estudos concluiu que freqüentemente é a água o fator limitante da vegetação. E em 1942 salientou a importância, para o país, das pesquisas sobre a economia d'água de nossa vegetação, em um trabalho publicado nos Anais da Academia Brasileira de Ciências.

Deve-se, pois, a Rawitscher, o mérito de ter introduzido no Brasil, essa linha de pesquisas que se tem revelado tão fértil em resultados de valor não apenas acadêmico, mas indispensáveis ao planejamento da agricultura e da silvicultura em bases científicas.

Acompanhando de perto o desenvolvimento de seus discípulos, Rawitscher interessou-os de tal forma na pesquisa de problemas ligados ao balanço d'água das plantas, que dois deles, Ferri e Rachid, após publicarem com êle, o primeiro trabalho de fitoecologia realizado no Brasil, com base em dados experimentais obtidos no campo (Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional, Anais da Academia Brasileira de Ciências, 1943), trabalharam, para os seus doutoramentos, em 1944 e 1947, respectivamente, em balanço d'água das plantas do cerrado.

Mais três doutoramentos se realizaram no Departamento de Botânica, sob a orientação de Rawitscher: o de Berta Lange de Morretes, que estudou o ciclo evolutivo do fungo *Pilacrella delectans* Möller, em 1948; o de Erika Rawitscher, que estudou, criticamente, em 1949, a aplicabilidade da potometria em medidas de transpiração; e o de Aylthon Brandão Joly, dedicado ao conhecimento da flora e da fitogeografia da região de Butantã, em 1950.

Nos anos subseqüentes, Rawitscher, cada vez mais empenhado no estudo de questões ligadas à nossa ecologia, publicou numerosos trabalhos, divulgando, no exterior, os resultados obtidos por êle e por seus discípulos.

Com isso conquistou para o Departamento de Botânica uma excelente reputação. Reflete essa verdade não só ter sido Rawitscher escolhido pela UNESCO para presidir o "International Committee for Tropical Ecology", como ainda ter o Departamento, nos últimos anos, recebido, com freqüência, cien-

tistas do renome de Went e de Stocker, interessados nos problemas aquí investigados, e jovens que buscam aprimorar seus conhecimentos.

Não creio que cumpriria a missão que me impuz, de analisar, em breves traços, as atividades de Rawitscher, principalmente no Departamento de Botânica, se terminasse aquí. Ele encontrou não poucas dificuldades à realização de sua tarefa. E, de todos os entraves, nenhum mais o aborrecia do que aqueles impostos pela burocracia. Rawitscher considerava, e com razão, que os funcionários administrativos deviam estar a serviço dos pesquisadores, mas que, por inexplicáveis motivos, havia se dado no Brasil, uma infeliz inversão de papéis, encontrando-se os pesquisadores, com freqüência, a serviço dos burocratas.

Em 1952 sofreu Rawitscher um infarto do miocárdio, em sua sala de trabalho, no Departamento de Botânica. Em consequência viu-se forçado a diminuir muito sua atividade. Meses após regresou à Alemanha, onde, ao que estamos informados, foi reintegrado na cátedra que ocupava antes de vir para o Brasil. Não teve, todavia, a possibilidade de voltar ao trabalho ativo nessa cátedra. Pôde, porém, ainda participar de um Congresso e teve ensejo de publicar um último trabalho científico, "Beobachtungen zur Methodik der Transpirationsmessungen bei Pflanzen", em 1955, nos *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 68 (8): 287-296.

Rawitscher era membro da Academia Brasileira de Ciências, da Sociedade Botânica de Cuba, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, da Sociedade Botânica do Brasil, (da qual foi um dos fundadores), da Sociedade dos Geógrafos Brasileiros, da *Deutsche Botanische Gesellschaft*, da *Schweizerische Botanische Gesellschaft*, da *Sociedad Argentina de Botanica*, da *American Geographical Society*, da Sociedade Brasileira de Biologia, e membro honorário da Sociedade de Biologia do Rio Grande do Sul.

Em reconhecimento aos relevantes serviços prestados à Universidade de São Paulo, foi o Professor Rawitscher agra-

ciado com o título de doutor **honoris causa**, o qual foi solenemente outorgado em sessão pública, a 29 de novembro de 1955.

Ao falecer, em Freiburg, a 18 de dezembro de 1957, em consequência de uma embolia pulmonar, deixou o Professor Rawitscher viuva, a exma. Sra. Da. Carlota Oberlaender Rawitscher. Deixou também dois filhos, a Dra. Erika Rawitscher e o Dr. Georg Heinrich Rawitscher.

Em seus funerais esteve presente o Prof. Heinrich Hauptmann, que, representando a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo, proferiu uma pequena oração fúnebre, realçando a importância da obra de Rawitscher no Brasil.

M. G. FERRI

IN MEMORIAM

FELIX RAWITSCHER

Felix Rawitscher wurde am 4. Januar 1890 in Frankfurt am Main, als Sohn des Richters Ludwig Rawitscher und Frau Anna Rawitscher geboren. Von 1899 bis 1906 besuchte er das Kaiser Friedrich-Gymnasium, um sich später an den Universitäten Bonn, Freiburg im Breisgau und Genf dem Studium der Naturwissenschaften zu widmen. Er studierte Botanik bei bedeutenden Wissenschaftlern wie Strassburger, Oltmanns, Chodat, Kniep und Möbius und hatte auch in den Nebenfächern hervorragende Professoren, wie den Chemiker Gattermann, die Zoologen Weissman und Kühn und den Mineralogen Osann.

1912 promovierte er mit der Dissertation "Sexualität der Ustilaginaceen" zum Doktor der Philosophie. Diese Arbeit wird noch heute in massgebenden Handbüchern zitiert, denn Rawitscher beschrieb darin zum ersten Male die Kernpaarung in einem Basidiomyceten. Danach ging er nach Leipzig an das Institut Wilhelm Pfeffers, wo die Pflanzenphysiologie die damals allgemein übliche, rein beschreibende Methode aufgeben und, indem sie auf die Erklärung der beobachteten Phaenome das Hauptgewicht legte, eine fortschrittlichere Richtung eingeschlagen hatte.

Im März 1914 wurde Rawitscher Oltmanns Assistent in Freiburg und hatte als solcher in jahrelanger Zusammenarbeit Gelegenheit, sich zum besonderen Kenner der Algen auszubilden.

Auf Grund einer weiteren Dissertation über Ustilaginaceen habilitierte er sich 1921 als Privatdozent. Danach widmete er sich mehrere Jahre hindurch den Problemen der Bewegungsphysiologie der Pflanzen und veröffentlichte mehrere Arbeiten über Kletterpflanzen, Nastismus und Geotro-

pismus. Diese Studien begründeten seinen Ruf als Autorität auf dem Gebiet der pflanzlichen Bewegungen und erreichten ihren Höhepunkt 1932, mit der Herausgabe des Buches "Der Geotropismus der Pflanzen", das für alle, die sich mit diesen komplexen Problemen befassen, als Nachschlagewerk unentbehrlich wurde. Im Jahre 1937 schrieb Rawitscher, auf Ansuchen der Verleger der "Botanical Review", einen zusammenfassenden Artikel über den Stand der Kenntnis des Geotropismus.

Einer der interessantesten Züge von Rawitschers Persönlichkeit war wohl seine aussergewöhnliche Vielseitigkeit. Als er 1927 zum ausserordentlichen Professor für forstwissenschaftliche Botanik der Hochschule für Forstbau in Baden ernannt wurde, die damals der Universität Freiburg angegliedert war, begann er sich für ökologische Probleme zu interessieren und veröffentlichte noch im selben Jahre ein Buch: "Die heimische Pflanzenwelt".

Rawitschers Tätigkeit in Europa, deren wichtigste Ereignisse im Voranstehenden in grossen Zügen wiedergegeben sind, wurde durch den ersten Weltkrieg 1914 unterbrochen. Rawitscher kämpfte zuerst an der Front in Flandern, später in Russland, zuletzt an der Somme und bei Verdun, wo er, schwerverwundet, in französische Gefangenschaft geriet. Sein ganzes Leben hindurch litt er an den Folgen jener Verletzungen. Er bewahrte jedoch keinen Groll, erzählte, im Gegenteil stets, wie gut er behandelt worden war und dass er Gelegenheit gefunden hatte, durch Lektüre von Bergson, Driesch, Rickert und anderen, seine philosophischen Kenntnisse zu erweitern und Darwins berühmtes Werk "The Origin of Species by Means of Natural Selection" zu studieren, das ihn ganz ausserordentlich fesselte.

Als Hitler an die Regierung kam, wünschte Rawitscher, unter anderem auch seiner jüdischen Abkunft wegen, nichts sehnlicher, als Deutschland zu verlassen. So zauderte er keinen Augenblick, die Einladung Theodoro Ramos', die botanische Abteilung der Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, der Univerisät São Paulo zu organisieren, anzunehmen.

Am 30. Juni 1934 kam er, zusammen mit den Professoren Bresslau und Rheinboldt, die ihm im Tode verangegangen sind, nach São Paulo. Damals befand sich die philosophische Fakultät vorübergehend im Gebäude der medizinischen, und dort begann Rawitscher mit der Organisation der botanischen Abteilung, wobei ihm als Hilfskräfte zunächst Maria Ignez da Rocha e Silva und Alessio Padula zur Seite standen. Bald danach stellte er den in Deutschland ausgebildeten Gärtner Georg Seyfried an, der kurz darauf einen zwar in seinen Ausmassen beschränkten, jedoch seinem Zweck durchaus entsprechenden botanischen Garten anlegte, in dem weder das zum praktischen Unterricht, noch das zu Studienzwecken notwendige botanische Material jemals gefehlt hat.

Der naturwissenschaftliche Unterricht begann im März 1935, die ersten Naturwissenschaftler beendeten ihr Studium im Jahre 1937.

Als ersten Assistenten verpflichtete Rawitscher Dr. Karl Arens, vom botanischen Institut der Universität Köln. Als dieser einige Jahre später eine Berufung an den botanischen Lehrstuhl der Faculdade Nacional de Filosofia, in Rio de Janeiro, wo er heute noch tätig ist, annahm, folgte ihm Hermann Kleerekoper, der seinerseits nach einiger Zeit das "Departamento de Botânica" verliess, um einen ihm angebotenen Posten in der Abteilung für Jagd und Fischerei zu übernehmen; heute ist er an der McMaster University in Canada tätig.

Sein Nachfolger wurde Mario Guimarães Ferri, der bereits vor Beendigung seines Studiums im Jahre 1939 zu Rawitschers Mitarbeitern gehört hatte, deren Kreis durch Berta Lange de Morretes im Jahre 1941, Mercedes Rachid im Jahre 1942 und Aylthon Brandão Joly im Jahre 1945 erweitert wurde.

Wie man sieht, war Rawitscher schon sehr bald bemüht, eine Schule brasilianischer Botaniker zu gründen, aus der nötigenfalls sein Nachfolger hervorgehen konnte. Ausländische Mitarbeiter hat er daher nur am Anfang herangezogen, als es in Brasilien noch niemanden gab, der den Aufgaben des akademischen Unterrichts und der wissenschaftlichen Forschung gewachsen gewesen wäre.

Den Unterricht nach dem Muster der besten europäischen Universitäten zu organisieren, war die erste Sorge Rawitschers in Brasilien. So verpflanzte er hierher die gute Tradition, alle theoretischen Vorlesungen an Hand von reichem und, wenn möglich, lebendem Material zu erläutern. Dem theoretischen Unterricht von höchstens einer Stunde, folgte praktischer von dreistündiger Dauer. So wird es bis heute im "Departamento de Botânica" gehalten.

Da es in Brasilien noch keine guten grundlegenden Lehrbücher gab, begann Rawitscher sehr bald, einen kleinen Band "Einführung in das Studium der Botanik" ("Introdução ao estudo da Botânica") zu schreiben, der 1940 veröffentlicht, heute in dritter Auflage vorliegt und nicht nur den Studenten, sondern auch den Gymnasiallehrern ausgezeichnete Dienste geleistet hat. In diesem Buch liess Rawitscher alles rein Beschreibende weg, das den Lehrplan unserer Schulen so unnötigerweise überlastet.

Rawitscher war überzeugt, dass ein guter Hochschullehrer nur sein kann wer sich auch der Forschung widmet und war daher, gleich nach seiner Ankunft in Brasilien bemüht, die Forschungslaboratorien seines Instituts mit den für wissenschaftliche Forschung notwendigen Apparaten und sonstigen Hilfsmitteln auszustatten. Schon 1937 konnte das "Departamento de Botânica" seine ersten Forschungsergebnisse im "Boletim" N.º 1, dem zweiten, das von der Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras gedruckt wurde, veröffentlichen. Es enthielt 3 Arbeiten: "Experiência sôbre a simetria de folhas" (Versuche über Blatt-Symmetrie), von Rawitscher, und zwei Arbeiten von Karl Arens, eine über die Funktion des Kaliums bei der Photosynthese von Wasser und Luftblättern und die andere über den Infektionsvorgang bei **Bremia lactucae**.

Schon bei seinen ersten Exkursionen, auf denen er die verschiedenen Vegetationstypen kennenlernte, wurde sich Rawitscher der ausserordentlichen Fülle von Problemen bewusst, zu deren Lösung pflanzenökologische Untersuchungen unentbehrlich waren. So begann er, die einschlägige Litera-

tur, obgleich sie sehr schwer aufzutreiben war, der Institutsbibliothek einzuverleiben.

Als Einführung für die, die sich der Erforschung der Probleme der brasilianischen Pflanzenökologie widmen wollten, schrieb er die "Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil meridional" (Pflanzenökologische Probleme unter besonderer Berücksichtigung Süd-Brasiliens) (2 Teile, erschienen 1942 und 1944, in den "Boletins de Botânica" N^{os}. 3 und 4). Der erste Teil befasst sich mit dem Einfluss von Temperatur und Wasser; der zweite behandelt den von Licht, Sauerstoff, Kohlensäure, Wind und Boden. — 1942 veröffentlichte Rawitscher in den "Anais da Academia Brasileira de Ciências" eine Arbeit, worin er auf die Bedeutung der Erforschung des Wasserhaushalts der Vegetation für Brasilien hinweist.

Diese Forschungen sind also von Rawitscher in Brasilien begonnen worden. Sie haben sich als äusserst fruchtbar erwiesen, denn ihre Ergebnisse sind nicht nur von theoretischer sondern auch von praktischer Bedeutung, da sie die wissenschaftliche Grundlage für rationellen Ackerbau und Forstwirtschaft bilden.

Ausserordentlich regen Anteil nahm Rawitscher an der Entwicklung seiner Schüler, die er für die Forschungsarbeit an den mit dem Wasserhaushalt der Pflanzen verbundenen Problemen zu interessieren wusste. So haben Ferri und Rachid mit ihm zusammen die erste Arbeit über Pflanzenökologie ausgeführt. Sie stützt sich auf "in situ" ausgeführte Versuche und erschien 1943 in den "Anais da Academia Brasileira de Ciências" unter dem Titel "Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional" (Bodentiefe und Pflanzenwuchs in "campos cerrados" Südbrasiliens). Beide haben dann in ihren Doktorarbeiten den Wasserhaushalt der Pflanzen dieser Gebiete untersucht.

Weitere drei Doktordissertationen wurden unter Rawitschers Leitung im "Departamento de Botânica" angefertigt, eine, von Berta Lange de Morretes (1948), über den Lebenszyklus des Pilzes *Pilacrella delectans* Moeller, eine von Rawit-

schers Tochter Erika (1949), die die Anwendbarkeit der Potometrie in Transpirationsmessungen kritisch untersuchte, und die von Aylthon Brandão Joly (1950), die einen Beitrag zur Kenntnis der Flora und Pflanzengeographie der Geländes von Butantan liefert.

In den darauffolgenden Jahren beschäftigte sich Rawitscher immer intensiver mit dem Studium von Problemen der brasilianischen Ökologie, und veröffentlichte zahlreiche Arbeiten, die die von ihm und seinen Schülern erhaltenen Ergebnisse im Ausland bekannt machten. Das hatte zur Folge, dass Rawitscher von der UNESCO zum Vorsitzenden des "International Committee for Tropical Ecology" ernannt wurde und dass das "Departamento de Botânica" in den letzten Jahren sowohl von Forschern von Ruf, die sich für die in ihm studierten Probleme interessierten, als auch von jüngeren Wissenschaftlern, die ihre Kenntnisse zu erweitern suchen, aufgesucht wurde.

1952 hatte Rawitscher in seinem Arbeitszimmer einen schweren Herzanfall, demzufolge er sich gezwungen sah, seine Tätigkeit auf ein Minimum herabzusetzen. Einige Monate später reiste er nach Deutschland. Zwar gelang es ihm dort nicht mehr seine Forschungsarbeit wieder aufzunehmen, jedoch konnte er noch an einem Kongress teilnehmen und eine letzte wissenschaftliche Arbeit publizieren: "Beobachtungen zur Methodik der Transpirationsmessungen bei Pflanzen", 1955, in "Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft", 68 (8): 287-296.

Rawitscher war Mitglied der Brasilianischen Akademie der Wissenschaften, der Botanischen Gesellschaft von Cuba, der Brasilianischen Gesellschaft für den Fortschritt der Wissenschaften, der Botanischen Gesellschaft Brasiliens (die er mitbegründete), der Brasilianischen Geographischen Gesellschaft, der Deutschen Botanischen Gesellschaft, der Argentinischen Gesellschaft für Botanik, der Amerikanischen Geographischen Gesellschaft, der Brasilianischen Gesellschaft für Biologie und Ehrenmitglied der Biologischen Gesellschaft von Rio Grande Do Sul.

In Anerkennung der ausserordentlichen Dienste, die Prof. Rawitscher der Universität São Paulo geleistet hat, wurde er von ihr 1955 zum **Doctor honoris causa** ernannt.

Er starb in Freiburg am 18. Dezember 1957, an den Folgen einer Lungenembolie. Seine Hinterbliebenen sind Frau Charlotte Oberlaender Rawitscher und zwei Kinder, Dr. Erika Rawitscher und Dr. Georg Heinrich Rawitscher.

Bei seiner Bestattung war Prof. Dr. Heinrich Hauptmann zugegen, der, als Vertreter der Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras der Universität São Paulo am Grabe sprach, wobei er, unter anderem, der Bedeutung von Rawitschers Werk für Brasilien gedachte.

M. G. FERRI

CONSIDERAÇÕES SÔBRE AS CAUSAS DO XEROMOR- FISMO FOLIAR

Karl Arens

**Cadeira de Botânica da Faculdade Nacional
de Filosofia, Rio de Janeiro.**

CONSIDERAÇÕES SÔBRE AS CAUSAS DO XEROMORFISMO FOLIAR (*)

Karl Arens

Cadeira de Botânica da Faculdade Nacional
de Filosofia, Rio de Janeiro.

Desde Schimper (1898) consideram-se, em ecologia vegetal, os caracteres morfológico-anatômicos muitas vezes encontrados nas plantas xerófitas, como úteis no sentido de protegerem o vegetal contra a perda demasiada de água. Assim, as plantas das regiões áridas manteriam um balanço favorável de água, graças às estruturas xeromorfas. Para Schimper o fator água é tão preponderante que êle explica o xeromorfismo observado nas plantas que vivem em substrato saturado de água, pela teoria da sêca fisiológica, quer dizer, pela falta de água por motivos fisiológicos. O fator água, até hoje, é tido, praticamente, como sendo o único que regula a distribuição da vegetação no globo terrestre (Troll, 1956). De fato, é o elemento preponderante e que, pelo balanço entre absorção e perda, através da transpiração, condiciona a vida vegetal, tendo criado, no decorrer dos tempos, plantas adaptadas às condições mais variadas quanto à sua disponibilidade. Os xerófitos esclerófilos e os xerófitos suculentos, são tipos de adaptação muito diferentes ao ambiente sêco. As considerações seguintes referem-se apenas aos problemas relativos aos xerófitos esclerófilos.

(*) — O presente trabalho, baseado numa conferência proferida no 18.º Congresso Internacional de Geografia, Rio de Janeiro, agosto de 1956, foi escrito no Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo e para isso o autor contou com recursos fornecidos àquêlê Departamento pela COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ-URUGUAI, em consequência dos convênios firmados a 22 de setembro de 1955 e a 27 de maio de 1957 entre as duas instituições.

De acôrdo com Walter (1951), citamos os seguintes caracteres morfológico-anatômicos das folhas considerados como sendo de valor para a redução da transpiração, no sentido de Schimper: redução da superfície foliar; nervuras densas; muitos estômatos pequenos por unidade de superfície, muitas vezes situados em covinhas; células epidérmicas pequenas; revestimento com pêlos; paredes externas da epiderme espessadas; esclerênquima muito desenvolvido; cutícula espessa; camadas cutinizadas; presença de cêra, taninos, óleos voláteis, resinas, mucilagem, várias camadas de paliçadas, etc.

Mais tarde surgiram dúvidas, sôbre a validade da teoria de Schimper, relativamente à utilidade das adaptações xeromorfas. Já em 1914 emprega Kamerling o termo "pseudo-xerófitos" para as plantas xeromorfas que possuem uma elevada transpiração. Os trabalhos de Maximov (1923, 1929, 1931) confirmaram que os xerófitos esclerófilos revelam muitas vezes uma transpiração mais intensa que os mesófitos. Schreve (1924) nega tôda a correlação entre xeromorfismo e transpiração. Com êsses trabalhos, por volta de 1930, surgem as dúvidas quanto ao conceito de Schimper, até então tido como uma das hipóteses mais sòlidamente fundamentadas.

Kamp (1930), Ferri (1944) e Evenari (1949) provaram que uma cutícula espessa não precisa proteger mais que uma muito fina. Boon-Long (1941) demonstrou que a permeabilidade é o fator essencial que reduz a perda de água, mesmo numa folha com a epiderme retirada. A aplicação de uma solução de 0,1 M de açúcar, pode reduzir a transpiração de 36%. Bennett-Clark (1945) achou a transpiração em folhas com pêlos, da mesma ordem que nas mesmas após o afastamento do seu revestimento piloso. A teoria da sêca fisiológica foi também abandonada desde os trabalhos de Stocker (1923) e Firbas (1931), relativamente à vegetação das turfeiras. A mesma teoria foi desaprovada para os halófitos por vários autores (cf. Adriani, 1956).

Wood (1933) encontrou uma vegetação esclerófila no oeste da Austrália, em regiões com a precipitação mais elevada que a evaporação, em, praticamente, todos os meses do ano. Hy-

gen (1953) admite que a adaptação xeromorfa é frequentemente sem utilidade alguma e pode ser até prejudicial para a planta. Mais dados interessantes nêsse sentido encontram-se ainda nos trabalhos de Shields (1950), Griener (1955), Ferri (1955), Killian (1956) e Stocker (1956). Mas o problema está ainda em aberto e muitos autores afirmam até hoje que os caracteres xeromorfos são adaptações valiosas à resistência contra a seca, por diminuírem a transpiração.

Foi o trabalho muito valioso de Ferri (1955) que nos deu uma nova idéia sobre o xeromorfismo e que estimulou as considerações tecidas no presente ensaio. Esse autor demonstrou que a flora arbórea e arbustiva do cerrado brasileiro possui folhas xeromorfas, dotadas de lenta reatividade estomática e que praticamente nunca reduzem a transpiração, fato esse que já fora demonstrado anteriormente por Rawitscher, Ferri e Rachid (1943), Ferri (1944) e Rawitscher (1944, 1948), etc.

Ferri (1955) comparou em seu trabalho a transpiração e a estrutura foliar de representantes da flora da caatinga e do cerrado. Verificou que as folhas das plantas do primeiro ecotipo são dotadas d'um xeromorfismo pouco pronunciado, possuindo, ao mesmo tempo, uma boa reatividade estomática e reduzem muito eficientemente a sua transpiração. As plantas no cerrado mantêm os seus estômatos abertos durante o dia todo sem interferir no andamento da transpiração. As folhas, todavia, são de uma estrutura nitidamente xeromorfa. Este fato surpreendente não se enquadra bem na teoria de Schimper e recomenda uma revisão dos conceitos até hoje formados sobre as causas do xeromorfismo.

Causas possíveis do xeromorfismo.

Não queremos aquí entrar em discussão detalhada das diversas causas do xeromorfismo, pois a literatura acima citada trata exaustivamente do assunto. Queremos apenas lembrar as seguintes causas possíveis:

- 1 — Água: sua disponibilidade no solo, absorção pela raiz, a eficiência da condução pelo xilema, a trans-

- piração com as suas condições fisiológicas e físicas, concentração elevada do suco vacuolar, etc.
- 2 — Luz: Produção de hidratos de carbono pela fotossíntese, efeito direto da luz sobre o citoplasma, ação sobre a destruição do hormônio de crescimento, etc.
 - 3 — Sais minerais: escassez de elementos minerais e também de micronutrientes.
 - 4 — Fatores plasmáticos ou metabólicos.

A maioria desses fatores e outros mais já foram advogados por muito autores, primando sempre o fator água com seus efeitos diretos e indiretos. Reina a maior discordância de opiniões, após as provas acumuladas na literatura, segundo as quais as estruturas xeromorfas não precisam ser causadas unicamente pela escassez da água, nem possuir, necessariamente, qualidades protetoras. Parece patente que o problema do xeromorfismo não pode ser resolvido satisfatoriamente da maneira em que foi colocado até hoje.

Um fator ambiente nunca cria estruturas sem ser através do metabolismo. São equilíbrios de reações químicas que se modificam no protoplasma sob a influência das condições do ambiente e cujo resultado, assaz secundário, se manifesta em peculiaridades anatômico-morfológicas. O ambiente age, além disso, sobre o vegetal, por dois modos muito diferentes: 1) sobre o fenotipo durante o ciclo de vida dos indivíduos e 2) sobre o genotipo como processo histórico de seleção dentro de populações geneticamente heterogêneas e por mutações que porventura surjam no decorrer dos tempos.

Se partirmos da hipótese de que os fatores ambientes exercem o seu efeito sobre as reações que se desenrolam no protoplasma, parece óbvio que fatores tais como desidratação, nutrição variada, temperatura e muitos outros, possam alterar equilíbrios metabólicos ou lhes imprimir um certo rumo. Provavelmente deslocam-se os balanços metabólicos, mais para um ou mais para outro lado, em consequência da influência das condições ambientes sobre o sistema dinâmico do protoplasma.

Após uma apreciação da literatura sôbre o problema da correlação entre estrutura xeromorfa e xerofitismo, chegamos à conclusão de que a causa mais provável do aparecimento destas peculiaridades anatômico-morfológicas reside num certo tipo de balanço metabólico.

Admitimos que êste tipo seja a proporção entre a quantidade dos hidratos de carbono produzidos pela fotossíntese e a dos usados em vários processos, quer dizer, o quociente:

$$\frac{\text{hidratos de carbono produzidos pela fotossíntese}}{\text{hidratos de carbono usados pelo crescimento, respiração, etc.}} = \frac{C \text{ prod.}}{C \text{ us.}}$$

Quando o uso dos hidratos de carbono é diminuído pela ação de fatores limitantes do crescimento e da respiração, surgirá um excesso dos mesmos. Naturalmente devemos supor que nêste caso, a fotossíntese continue normal. Pode-se, portanto, admitir que os equilíbrios correspondentes aos quocientes

$$\frac{C \text{ prod.}}{C \text{ us.}} = 1; = < 1; = > 1.$$

O quociente 1 indicaria o balanço regular em que a fotossíntese fornece tanto quanto se gasta nos processos normais do crescimento e da respiração. O quociente < 1 só seria possível temporariamente à custa do uso de reservas de hidratos de carbono. O quociente > 1 significaria um excesso de hidratos de carbono produzidos sôbre os usados. Só nêste último caso pode haver xeromorfismo.

Quase tudo que se conhece como característico da estrutura xeromorfa é constituído de hidratos de carbono ou derivados. As folhas xeromorfas contêm, por unidade de volume, muito mais celulose e lignina que as higromorfas ou mesomorfas, devido às membranas espessas, as nervuras muito desenvolvidas, o esclerênquima abundante e a redução do tamanho celular. Celulose, lignina, mucilagem, cutina, cêra, resina, taninos terpenos (óleos essenciais), são hidratos de carbono

ou derivados. Tôdas estas substâncias são consideradas, com muita razão, excretos do metabolismo (Frey-Wyssling, 1935) e que são eliminadas, ou para fora da célula, como membranas, etc., ou para dentro do vacúolo, como no caso dos taninos, etc.

Os produtos da fotossíntese gastam-se no crescimento para a formação de novas membranas celulósicas e para a síntese de novo protoplasma, ou são transportados aos lugares de reserva. Os ácidos aminados que constituem os polipeptídeos, necessitam de ácidos orgânicos para a sua síntese. Estes, por sua vez, derivam de hidratos de carbono. A respiração, queimando açúcares como combustível essencial, é outro fator que diminui a quantidade dos hidratos de carbono disponíveis. O balanço entre produção e uso vai determinar o quanto resta para ser eliminado sob várias formas que, por sua vez, dependerão de fatores genéticos responsáveis pela formação de catalizadores metabólicos específicos dos gêneros e das espécies.

Assim, resta-nos examinar quais as condições que provocam um balanço que conduz ao excesso de hidratos de carbono nas folhas. A fotossíntese, de um lado, deve ser intensa e, de outro, o uso dos produtos da mesma deve ser reduzido. A maior quantidade dos hidratos de carbono é utilizada no crescimento do vegetal, de modo que todos os fatores limitantes do aumento do volume do indivíduo devem produzir um balanço a favor de um superavit em hidratos de carbono. Para simplificar, podemos encarar apenas os dois fatores preponderantes: 1) a fotossíntese em condições de alta produção e 2) a existência de fatores limitantes do crescimento (*).

Situando assim o problema do xeromorfismo, podemos encontrar muitos fatores limitantes do uso dos hidratos de carbono, que poderão causar um excesso e a sua eliminação com o aparecimento de estruturas xeromorfas. Podem ser fatores limitantes do crescimento: 1) a falta de água que limita por desidratação e 2) a falta de elementos minerais essenciais, como p. ex. o nitrogênio, impedindo a síntese de proteínas, a falta de

(*). — Não querendo visar esta simplificação, é natural que qualquer intensidade da fotossíntese, qualquer grau do uso dos produtos da mesma, podem ter como resultado um dos três tipos de quociente acima mencionados. Pois, o resultado depende de proporções e não de valores absolutos.

fósforo e de outros macro- e micro-nutrientes minerais cuja falta manterá o balanço dos hidratos de carbono a favor de um superavit.

Quando citamos êsses fatores limitantes do crescimento, repetimos simplesmente fatos bem conhecidos da botânica aplicada à agricultura. A ecologia vegetal, de um modo geral, não tomou conhecimento dêsses dados, até há pouco, como sendo fatores seletivos da vegetação, exceto o fator água. O balanço $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$ pode também limitar o crescimento pela quantidade exígua dos hidratos de carbono sintetizados, de modo que o excesso, neste caso, pode surgir do lado dos sais minerais. E isto, provavelmente, acontece quando a fotossíntese é diminuta pela falta de luz, CO_2 , etc. O resultado final será, desta forma, a falta de todos os caracteres tidos como xeromorfos, tornando-se a estrutura anatômica mesomorfa ou até higromorfa. Folhas de sombra ou folhas com exposição para o lado da menor insolação, são exemplos conhecidos. E a vegetação rasteira de plantas umbrófilas, na sombra das matas, se caracteriza pelo higromorfismo, caso não ocorram os fatores que reduzem o uso de hidratos de carbono.

Terminologia.

Nas estruturas morfológico-anatômicas dos vegetais consideradas de valor adaptativo ao ambiente, como, p. ex.: higromorfismo, mesomorfismo e xeromorfismo, relacionados aos vegetais, a saber, higrófitos, mesófitos e xerófitos, pode-se distinguir entre: 1) estrutura somática ou fenotípica adquirida durante o ciclo evolutivo dos indivíduos e não transmissível à geração seguinte e, 2) estrutura constitucional ou genotípica, que é geneticamente adquirida e fixada por seleção através dos tempos. Thoday (1933) distingue entre "xeroplasty", que é a adaptação estrutural fenotípica, devido à plasticidade formativa do indivíduo e "xeromorphy", como caráter constitucional adquirido em defesa à seca (= xeromorfismo). Acha-mos que esta distinção não satisfaz aos fatos, pois é sabido que muitos xerófitos por constituição genética possuem até grande plasticidade, a qual se manifesta na transformação de suas

estruturas num ambiente úmido (Goebel, 1908). Küster (1916) criou mais acertadamente o termo de trofomorfose, de maior âmbito de aplicação, para assinalar modificações estruturais pelas diferenças da nutrição. Ele distingue ainda, nas trofomorfoses, a hipoplasia e a hiperplasia. Estruturas hiploplastas, de acordo com ele, são pouco desenvolvidas por nutrição insuficiente (folha de sombra, etc.) e hiperplastas representam as mais diferenciadas produzidas num estado de nutrição muito boa (folhas de luz, etc.). A folha xeromorfa, de acordo com esta terminologia, é hiperplasta, devido à hiperalimentação com hidratos de carbono.

Küster idealizou a sua terminologia para designar certos característicos da anatomia patológica, de sorte que o sentido dos seus termos é diferente daquele por nós atribuído, mas ele confere aos fatores nutricionais a maior importância. Emprega ele também o termo metaplasia para designar alterações celulares que não implicam em modificações de volume. Acharmos, todavia, que a terminologia empregada no nosso sentido é muito indicada para denominar os estados estruturais causados pelo quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$

Muitas vezes fala-se em tecido não diferenciado (folha higrófitica ou de sombra, etc.) e diferenciado, quando este apresenta muito esclerênquima, diversas camadas de paliçadas, cutícula grossa, membranas espessas, etc., em suma, os caracteres que se encontram nas folhas esclerófitas, xeromorfas ou nas folhas de luz, etc.

Pela hipótese acima desenvolvida não é necessário que a folha xeromorfa seja também a de um xerófito. Por essa razão propomos o termo mais neutro e já conhecido — escleromorfismo — (scleros = duro). A folha de estrutura hiploplasta, pouco diferenciada, p. ex. a dos higrófitos, poderia ser chamada de malacomorfa (malacos = mole). Aliás, o termo xerófito malacófilo já foi empregado por Walter (1951). Teríamos, então, malacomorfismo, mesomorfismo, escleromorfismo ou, com outras palavras, folhas moles de esqueleto membranáceo pouco desenvolvido com a cutícula fina, estômatos grandes, mesófila pouco diferenciada, etc., o tipo intermediário e, por fim, o escleromorfismo com os característicos que coincidem com os

do xeromorfismo atual. Também os termos de hipoplasia e hiperplasia e, intercalando-se ainda "mesoplasia", poderiam ser usados para caracterizar as estruturas causadas pelo quociente metabólico. O esquema que se segue dá uma idéia da terminologia que prefereríamos empregar com o intuito de desarraigar a correlação direta e considerada quase como sendo absoluta, entre higrófito e higromorfismo e xerófito e xeromorfismo. Não negamos a existência desses tipos ecológicos, mas supomos que seja perfeitamente possível que haja higrófitos malacomorfos, mesomorfos e até escleromorfos, e xerófitos malacomorfos e escleromorfos, pelo efeito de vários fatores, além dos dependentes do balanço de água.

$\frac{C \text{ prod.}}{C \text{ us.}} = 1$	$\longrightarrow$	$\frac{C \text{ prod.}}{C \text{ us.}} = 1 + n$
(higromorfismo)		(xeromorfismo)
hipoplasia	mesomorfismo	hiperplasia
pouca diferenciação	mesoplasia	muita diferenciação
malacomorfismo	mesomorfismo	escleromorfismo

A folha malacomorfa, segundo a nossa interpretação, pode ser de higrófito ou de xerófito. A folha escleromorfa pode ser de xerófito real ou de higrófito. Montfort (1918) já criou os termos "higrófitos xeromorfos" e "xerófitos higromorfos", nos seus estudos sobre as plantas das turfeiras européias, que vivem em substrato sempre úmido e que possuem, apesar disso, estruturas xeromorfas. Os xerófitos malacófilos são geralmente ricos em essências voláteis, possuindo na folha muitos estômatos e pequenas células epidérmicas, muitos pêlos, etc., indicando um balanço $C \text{ prod.} / C \text{ us.} = 1 + n$, enquanto os higrófitos malacófilos carecem desses caracteres, como indício de um quociente menor. O fator responsável destas estruturas é para nós o balanço $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$, que depende de um conjunto de causas e efeitos, ou provenientes de efeitos do ambiente ou de fatores genéticos de sua constituição interna. No escleromorfismo, poder-se-ia ainda distinguir 1) escleromorfismo fenotípico e 2) escleromorfismo genotípico. E nos dois ainda é possível diferenciar entre: a) escleromorfismo xérico, causado pelo balanço desfavorável de água e b) escleromorfismo oligo-

trófico, originado pela deficiência nutritiva de elementos minerais, como, p. ex., concentração insuficiente de N, P, K e outros macro- e micro-elementos.

E' curioso notar que em ecologia e anatomia vegetais tratamos apenas do esqueleto membranáceo. Assim é que uma folha apresenta hipoplasia e hiperplasia "membranáceas". De importância muito maior seria o conhecimento da hipo e da hiperplasia plasmáticas ou da nutrição normal e anormal do citoplasma, como base para as suas funções fisiológicas. E' de supor que a hiperplasia ou escleromorfia membranáceas, principalmente na folha pseudo-xeromorfa, poderia ser acompanhada por hipoplasia ou hipo-nutrição do citoplasma ou de certos defeitos funcionais (pequena capacidade de reter água, estado coloidal modificado, reatividade diminuta, etc.).

Escleromorfismo xérico.

Um elevado número de trabalhos científicos provou que a falta de água pode induzir em mesófitos estruturas escleromorfas. Estas estruturas, de acôrdo com o nosso conceito, são o resultado da eliminação de um excesso de hidratos de carbono quando o quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.} = > 1$. A fim de que possa haver um superavit de hidratos de carbono, devemos admitir que a fotossíntese se processe normalmente ou sem demasiada restrição imposta pela falta de água. De outro lado, a desidratação dos tecidos deve reduzir o crescimento e, conseqüentemente, o uso dos hidratos de carbono produzidos pela fotossíntese.

Fotossíntese. As folhas dos xerófitos esclerófilos parecem bem aparelhadas para efetuar uma fotossíntese intensa, pois possuem um elevado número de estômatos, um sistema extenso de espaços aéreos no mesófilo e muitos cloroplastos em várias camadas paliçádicas. Guttenberg (1927), Guttenberg & Buhr (1935) e Killian (1933) provaram que os xerófitos do Mediterrâneo e da Algéria têm intensa atividade fotossintética logo após as primeiras chuvas. Kostytshev (1930) e Kostytshev e Berg (1930) observaram fotossíntese muito elevada em xeró-

fitos da Transcaucásia e Ásia Central, mesmo durante a época seca. Harder e Filzer (1931) acharam uma intensa absorção de CO_2 em xerófitos do Sahara no período seco.

Um deficit de água nas folhas, em vez de reduzir, até aumenta a intensidade da fotossíntese, como foi observado por vários autores (Tumanow, 1927; Dastur, 1935; Chrelaskvili, 1941). Em folhas de macieira Alekseev (1935) achou o máximo da fotossíntese quando havia um deficit de água da ordem de 10 a 20% e Heinicke e Schilders (1937) notaram que a falta de água no solo reduz a transpiração a 1/4 da normal, enquanto a fotossíntese diminui apenas pela metade.

Simonis (1947) verificou que a fotossíntese aumenta ao redor de 11 — 25% em plantas cultivadas em solo relativamente seco, em que se desenvolveram também estruturas escleromorfadas das folhas. Veihmeyer e Childers (1950) notaram em plantas cultivadas que a fotossíntese continua intensa, produzindo aumento do peso seco quando a escassez de água já reduz sensivelmente o crescimento. Eckart (1953) concluiu de experiências realizadas com *Centaurea* que um grande deficit de água nos tecidos não tem praticamente influência sobre a fotossíntese. Ried (195) observou em líquenes, que a fotossíntese continua praticamente normal até a perda de água atingir 99% do teor inicial.

Daí pode-se concluir que a fotossíntese, nos xerófitos, continua intensa quando se manifesta já um certo deficit d'água e que ela sofre menos redução que a transpiração. O fechamento total dos estômatos implica naturalmente em todas as plantas na cessação da fotossíntese. Podemos então admitir, perfeitamente, que os xerófitos, tendo a fotossíntese pouco reduzida, enquanto o crescimento já é limitado pela desidratação, poderiam facilmente produzir um quociente $C_{\text{prod.}} / C_{\text{us.}} = 1 + n$, o que causaria o xeromorfismo pela eliminação do excesso de hidratos de carbono, da maneira acima explicada. É fato conhecido que a fotossíntese intensa pode acarretar facilmente um excesso de hidratos de carbono quando a falta de água delimita o crescimento (Zalensky, 1904; Yin e Tung, 1948 citados por Iljin, 1957).

Limitação do crescimento. A outra grandeza do quociente metabólico é constituída pelo uso dos hidratos de carbono, e disso depende, por seu lado, o crescimento, etc. O deficit de água nas folhas e o alto valor da concentração do suco vacuolar (Walter, 1931) dificultam o crescimento. De fato, a vegetação xeromorfa revela, freqüentemente, um crescimento lento e limitado. A falta de água afeta a atividade de divisão celular nos meristemas e tem uma influência pronunciada sobre a fase do crescimento por distensão (Meyer e Anderson, 1952). Assim se reduz o volume celular e, concomitantemente, o dos órgãos (Yapp, 1912). As causas deste fato residem, provavelmente, na alteração dos equilíbrios enzimáticos que, de acôrdo com vários autores, catalizam mais os processos de hidrólise que de síntese, quando o tecido se desidrata. Amido se transforma em açúcar (Tollenaar, 1925); Spoehr e Milner, 1939), de modo que a concentração dos açúcares aumenta. Parece que as concentrações elevadas de açúcares e que não são aproveitadas no metabolismo, favorecem a excreção de celulose, visto que membranas espessas de celulose se formam também na experiência artificial, no caso de uma plasmólise permanente com 10% de glucose ou 16-20% de sacarose (Klebs, 1888; Haberlandt, 1919). A eliminação de celulose pela formação de camadas sucessivas e excreção de cêras, essências, etc., aparentemente, não é prejudicada pelo estado de desidratação do citoplasma.

Pela desidratação se modifica também a atividade das proteases para o lado da proteólise (Petri e Wood, 1938; Kursanov, 1941). Parece que a síntese das proteínas é muito afetada durante a fase de alongamento celular, que é também caracterizada pelo maior aumento da hidratação da célula, pela maior atuação do hormônio de crescimento e pela maior intensidade respiratória (O'Kelley e Charr, 1933 e De La Pena, 1953). A desidratação citoplasmática reduz, portanto, o tamanho celular e o dos órgãos, o que se observa em tôdas as plantas. O número absoluto das células, aparentemente, é às vezes mantido durante a diminuição do tamanho da folha (Volk, 1937). A redução do tamanho das células epidérmicas e dos estômatos não progride na mesma proporção que a do mesófilo foliar.

Resumindo, podemos dizer que o crescimento diminuto gasta pouco dos hidratos de carbono sintetizados pela fotossíntese, acumulando-se desta forma, um superavit dos mesmos. Os caracteres típicos da folha escleromorfa acima citados podem se explicar através do quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.} = 1 + n$, seja: 1) pela eliminação do excesso de produtos diretos e indiretos da fotossíntese, seja: 2) pela redução do volume celular em consequência da desidratação citoplasmática. Sob êsse ponto de vista, a planta não adquire, como se pensou antigamente, os caracteres escleromorfos, a fim de se proteger contra a seca, mas sim, pela modificação do conjunto de reações metabólicas impostas pelos fatores ambientes.

Escleromorfismo oligotrófico.

O fator água não é o único que limita o crescimento e, assim, o uso dos hidratos de carbono. Cremos que nem sempre é a falta de água que seleciona os tipos mais pronunciados de plantas escleromorfas. Os fitoecólogos limitam-se demais ao estudo do fator água, deixando de lado o acervo de conhecimentos acumulados pela pesquisa experimental na agricultura, relativa à influência da nutrição mineral sobre a morfologia e a anatomia de vegetais cultivados. Molliard (1907, citado por Czapek, 1913), Dassonville (1897-1898, cit. por Czapek, 1913) e Kiessel (1906, cit. por Czapek, 1931) observaram que a falta de sais na alimentação pode produzir alterações anatômicas também no sentido do escleromorfismo. Muitos outros desses trabalhos mais antigos foram citados por Czapek (1913), Küster (1916) e Mothes (1932). Benecke-Jost (1923, p. 73 dizem que o desenvolvimento extraordinário do esclerênquima nos xerófitos talvez não seria causado pela falta de água, aludindo ao fato de que as estruturas xeromorfas aparecem também nas culturas em soluções nutritivas, deficientes em certos sais minerais. Mothes foi o primeiro que idealizou a hipótese de que as estruturas xeromorfas poderiam ser causadas pela falta de elementos minerais e, principalmente, do nitrogênio. Wood (1934) pensa que a deficiência de bases possa selecionar a vegetação xeromorfa e Beadle (1952) supõe que a causa da seleção

de tipos de vegetação escleromorfa pudesse ser a falta de nitrogênio e de fósforo. Parece que a falta de P causa os mesmos característicos estruturais como a deficiência de N (Wallace, 1951). Shields (1951) admite que a falta de N acarreta xeromorfismo. Segundo Tumanov (1927), são vários os fatores que podem produzir escleromorfismo, a saber: falta de água, poda das raízes, noites frescas e nutrição mineral deficiente. Interessante é também notar que Laurent (1904) e Molliard (1906) conseguiram escleromorfismo pela nutrição artificial com soluções de açúcar. Convém ainda mencionar o efeito que exerce a nutrição mineral sobre a transpiração reduzindo-a (p. ex. pelo potássio) ou aumentando-a (p. ex. pelo cálcio), de modo que os elementos minerais podem afetar indiretamente a economia de água (Schmalfuss, 1936; Arland, 1952; Scheffer e Welte, 1955) e desta forma a estrutura anatômica.

Todos estes efeitos sobre a estrutura escleromorfa podem ser explicados através do quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$ e a eliminação do excesso de hidratos de carbono ou derivados. Trataremos, a seguir, mais detalhadamente, do efeito do quociente metabólico sobre o escleromorfismo oligotrófico causado pela falta de nitrogênio.

Escleromorfismo somático por falta de nitrogênio.

Klebs (1903) notou primeiro que a proporção entre o nitrogênio e os hidratos de carbono é da maior importância para o desenvolvimento em geral e para as estruturas morfológico-anatômicas. A íntima correlação entre o metabolismo do nitrogênio e dos hidratos de carbono é hoje um fato bem conhecido, pois a síntese das proteínas plasmáticas depende do nitrogênio assimilado e dos derivados de hidratos de carbono, de sorte que o nitrogênio do solo e os produtos da fotossíntese são indispensáveis à síntese do protoplasma e, assim, ao crescimento. Kraus e Kraybill (1918) estabeleceram quatro proporções diferentes de $C : N$ e atribuem a elas as causas essenciais do crescimento vegetativo ou reprodutivo. Além do mais, reconheceram que pouco C em relação ao suprimento de N causa tecidos delgados com membranas celulósicas muito finas. Muitos hidratos

de carbono disponíveis e pouco N causam tecidos lenhosos, folhas pequenas e muito tecido mecânico. Welton (1928) observou em aveia e trigo, Schneider (1936) em **Pelargonium** e Mothes (1932) em várias plantas, que a falta de nitrogênio causa escleromorfismo. Nightingale (1937), em seu resumo sobre o metabolismo do nitrogênio das plantas, diz o seguinte: "Also the plants are typically stiff and woody when nitrate is low, owing to thick cell walls and the formation of mechanical fibers, sclerenchymatous tissue etc." "The leaves of such plants usually have a thick cuticle and epiderms; in short, the effect is to produce a relatively xeromorphic plant."

Os trabalhos de Turner (1922), Mothes (1932), Russel (1937), Dykyj-Sajfertová (1941), Müller-Stoll (1947), Simonis (1948), Nightingale (1948), Richter (1952) e Schwabe (1953) confirmaram as conclusões de Nightingale (1937) e acrescentaram ainda que a falta de N causa: nanismo, maior desenvolvimento das raízes em relação às partes aéreas, redução do número e tamanho das folhas, escleromorfismo, redução da superfície foliar, maior número de estômatos por superfície foliar, maior densidade e desenvolvimento das nervuras na folha, isto é, todos os caracteres tidos como característicos dos xerófitos escleromorfos.

A alteração do quociente $C \text{ prod.}/C \text{ us.}$ pela falta de N, pode ter como consequência o escleromorfismo, quando a fotossíntese não sofre limitação. Neste caso temos que exigir que a fotossíntese não seja limitada, resultando um quociente do valor $1 + n$ e, por conseguinte, um excesso de hidratos de carbono. Segundo Moore e outros (1921), a fotossíntese de algas marinhas já é normal com N assimilável na proporção de 1 : 120.000.000, na água do mar. Schulte (1942) verificou que o fator N tem pouca influência sobre a fotossíntese de **Chlorella**. Conforme Russel (1937), a adubação com N aumenta a superfície foliar, mas não a fotossíntese e Lundegardh (1932) verificou uma fotossíntese mais intensa em aveia quando se aplica reduzida adubação de N, do que com fornecimento mais abundante desse elemento. Schmid (1941) obteve o mesmo resultado na mesma planta. Parece, assim, que

certa deficiência de N não limita, necessariamente, a fotossíntese.

A concentração realmente pequena do nitrogênio assimilável no solo limita, freqüentemente, o crescimento, devido à impossibilidade da síntese das proteínas do protoplasma. De um modo geral, o vegetal é muito mais facilmente afetado no seu desenvolvimento por fatores que limitam o crescimento através da deficiência de elementos minerais do que pela fotossíntese deficiente. Assim, deve ser mais freqüente um excesso de hidratos de carbono nos tecidos, no habitat natural, que um de substâncias nitrogenadas. Kraus e Kraybill (1918), seguidos por muitos autores, principalmente na Botânica aplicada, atribuem, com razão, a maior importância ao quociente C/N. Este quociente é só um caso particular do nosso $C \text{ prod.}/C \text{ us.}$ e que enquadra os fatores limitantes do desenvolvimento como água, N, P, micronutrientes, etc., pois, na realidade o N afeta o balanço pelo desaparecimento dos hidratos de carbono usados após a transformação em cetoácidos para a síntese dos compostos protéicos. Por esta razão, um excesso de nitrogênio produz tecidos malacomorfos e a sua falta acarreta escleromorfose, da mesma forma como o excesso ou falta de água.

A falta de N pode ter ainda efeitos acessórios. Pleasants (1930) e Desai (1937) observaram que a falta de nitrogênio reduz a reatividade estomática, quer dizer a rapidez do fechamento dos estômatos, enquanto que a adubação com este elemento torna essa atividade mais eficiente. De acordo com isto, notaram vários autores (Schmid, 1941; Schmalz, 1953) que a adubação com sais nitrogenados reduz a transpiração. É de se concluir que, pela falta de N, os estômatos ficam abertos, sem reagir. No caso do balanço favorável de água, a planta pode também realizar fotossíntese mais intensa, o que conduz, como resultado final, a aumento do valor do quociente $C \text{ prod.}/C \text{ us.}$

A deficiência de nitrogênio afeta principalmente o crescimento por distensão celular (Burstroem, 1947), de modo que as células crescem menos de volume na falta de nitrogênio.

da mesma forma que na falta de água. A fase do aumento do volume celular é acompanhada por intensa síntese de proteínas (De La Pena, 1953; O'Kelley e Karr, 1953). Plantas que sofrem falta de N aumentam logo a intensidade de respiração quando supridas de sais de nitrogênio, indicando síntese intensa de proteínas com gasto concomitante de hidratos de carbono (Moyse, 1948).

Escleromorfismo constitucional por falta de nitrogênio.

O escleromorfismo acima tratado é somático ou fenotípico, de acordo com a nossa terminologia. Os fatores limitantes do uso dos hidratos de carbono, seja a água, seja o nitrogênio ou qualquer outro, podem produzir o escleromorfismo durante o ciclo da vida do indivíduo, sem transmitir a estrutura escleromorfa às gerações seguintes, como nos casos de escleromorfismo xérico e oligotrófico acima referidos.

O escleromorfismo constitucional ou genotípico se fixou no genôma por seleção natural durante longas épocas passadas e foi transmitido às gerações seguintes. Mas mesmo no escleromorfismo geneticamente fixado é possível modificar as estruturas morfológico-anatômicas dentro dos limites da plasticidade do vegetal durante o seu ciclo de vida. Ninguém duvida da existência de tipos de vegetação que são adaptados estruturalmente às regiões secas por caracteres geneticamente fixados. Esse conceito é básico para a fitogeografia e a ecologia. Existe, portanto, o escleromorfismo xérico constitucional ou genotípico.

Surge a questão se há também exemplos de escleromorfismo oligotrófico causado por falta de nitrogênio e que seja genotipicamente fixado. Parece que um caso destes foi descoberto na vegetação das turfeiras do clima temperado. Na associação vegetal das turfeiras úmidas prevalecem representantes escleromorfos. Desde Schimper explica-se o "xeromorfismo" destas plantas pela seca fisiológica, mas Stocker (1923) e Firbas (1931) provaram que estes "xerófitos" transpiram muito sem reduzir a abertura estomática e que a seca fisiológica não existe. Mothes (1932) externou primeiro a opinião

de que o xeromorfismo pudesse ser causado nesta vegetação pela falta de N, porque **Drosera**, uma planta insetívora da mesma associação, carece do escleromorfismo, devido à nutrição adicional com nitrogênio. Müller-Stoll (1947) e principalmente Simonis (1948) provaram por meio de culturas com fornecimento variável de N, que o escleromorfismo da vegetação escleromorfa das turfeiras é causado pela pobreza do substrato em compostos nitrogenados assimiláveis. Quando se adicionava N diminuía o escleromorfismo. É deveras interessante que os caracteres escleromorfos se tornam menos pronunciados em turfa seca que na saturada de água, mas isto se explica facilmente com o aumento da fotossíntese devido aos estômatos abertos na cultura úmida. Neste caso, torna-se o quociente $C_{prod.}/C_{us.}$ maior do que no ambiente seco onde, provavelmente, os estômatos fecham por movimento hidroativo. Surge então o paradoxo aparente da existência de higrófitos xeromorfos (Montfort, 1917), mas esta contradição desaparece aplicando-se o nosso conceito do quociente $C_{prod.}/C_{us.}$ que explica também o aparecimento de escleromorfismo em higrófitos. E não é necessário que o fator que causa a estrutura escleromorfa seja a falta de água. Pode ser também a escassez de nitrogênio, como no caso deste escleromorfismo da associação das turfeiras e, talvez, de P, de acordo com Tamm (citado por Walter e Ellenberg, 1956).

Cremos que se pode considerar esta vegetação como selecionada num longo período de tempo, originando-se um escleromorfismo oligotrófico genotipicamente fixado.

Recentemente apareceram vários trabalhos citados por Billings (1957) que advogam o efeito seletivo do teor mineral do solo sobre a vegetação. Começa-se a pensar que ao lado do fator água pode também a falta de elementos minerais ter contribuído para selecionar as associações vegetais caracterizadas por estruturas morfológico-anatômicas típicas.

Considerações gerais.

Se as estruturas morfológico-anatômicas dependem, de um lado do genôma, e de outro, em larga escala, de equilí-

brios metabólicos, como procuramos explicar acima, não é de admirar que um grande número de fatores seja capaz de interferir com elas. Não queremos discutir as explicações teleológicas que atribuem à estrutura xeromorfa um papel protetor.

Ferri (1955), de cujo trabalho partimos, explica as diferenças de estrutura e de comportamento fisiológico, nas vegetações do cerrado e da caatinga pela seleção de uma combinação de fatores anatômicos e fisiológicos. Seriam, na caatinga, os fatores de proteção fisiológica ligados a poucos elementos de defesa anatômica, dando-se o inverso no cerrado. Esta interpretação poderia também explicar a frequência de estômatos situados no fundo de pequenas covas, no cerrado e a sua relativa infrequência na caatinga. Parece-nos que as covinhas são causadas pelo espessamento das membranas externas da epiderme, visto que já Schimper (1891) conseguiu em *Sonneratia acida* cultivada com NaCl, folhas com estômatos mergulhados pelo espessamento das membranas epidérmicas, e estômatos ao nível da epiderme das culturas sem NaCl, devido à falta deste espessamento. Pode-se também explicar o fenômeno aplicando nosso conceito do quociente metabólico, admitindo que o NaCl limite o crescimento de *Sonneratia acida* em relação à cultura sem esse sal.

Precisa-se ter também em mente o fato de que as folhas mais escleromorfas, quando adultas, não manifestam nenhuma dessas estruturas, quando novas. São desprovidas de espessamento de membranas, nem possuem esclerênquima nem estômatos mergulhados, mesmo quando estes são pronunciados na folha adulta. Justamente nesta fase do desenvolvimento ontogenético, influencia, provavelmente, o quociente metabólico a diferenciação dos tecidos, ou para o lado de uma hipoplasia, ou para o de uma hiperplasia. Inúmeros trabalhos provam que os fatores ambientes modificam a anatomia foliar nas folhas da mesma planta, e até em duas de posição oposta, quando recebem influência diferente do ambiente.

Walter (1931) admite que a causa final do aparecimento do escleromorfismo dos xerófitos é a elevada concentração do

suco vacuolar. Mothes (1932) atribuiu estas estruturas à falta de nitrogênio. Mas êle raciocina praticamente como Walter, pensando que a deficiência dêste elemento pudesse elevar a concentração do suco celular. De acôrdo com a nossa hipótese, o quociente do metabolismo $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$ deve-se elevar nêsses casos, devido à concentração do suco vacuolar em açúcares não usados.

Os xerófitos escleromorfos acumulam, freqüentemente, mais sais, principalmente de potássio, no suco vacuolar, em comparação com a concentração dos açúcares (Walter, 1951). Além disso, há plantas esclerófilas sempre-verdes da flora européia e as das turfeiras, nas quais a concentração do suco vacuolar é da ordem de grandeza das concentrações nos mesófitos. E nós encontramos em folhas tipicamente escleromorfas, de plantas do cerrado de Emas, valores relativamente baixos da concentração de suco vacuolar. Parece que a correlação entre escleromorfismo e concentração dos sucos vacuolares não pode ser direta.

Parece-nos mais provável que haja uma relação entre os açúcares disponíveis não usados no crescimento, etc. e a acumulação ativa de sais, de modo que a energia derivada da respiração possa ser maior para realizar o trabalho da acumulação de sais nos tecidos foliares. De fato, é sabido que a acumulação de sais pelas raízes é favorecida pelo fornecimento de açúcares. Mas o fenômeno de acumulação ativa de sais é sem dúvida alguma um mecanismo comum a tôdas as células vivas, inclusive as das folhas, de sorte que a folha, com mais hidratos de carbono disponíveis, pode, talvez, também acumular e reter mais sais minerais.

Êste fator energético de que depende, junto com outros, a faculdade de acumular e reter sais, dentre os quais se destaca o potássio, me parece o mais importante para a resistência do citoplasma ao dessecamento. Os vegetais de lugares sêcos contêm muitas vezes uma concentração elevada de potássio nos tecidos foliares (Iljin, 1932). A resistência contra a sêca foi relacionada, desde há muito tempo, ao ion potássico (Levitt, 1956).

A luz é um outro fator que tem servido para explicar o escleromorfismo, como p. ex. no caso do velho problema das diferenças anatômicas entre as folhas de luz e as de sombra. A hipótese do quociente metabólico, todavia, parece também aplicável a êste fenômeno, visto que maior intensidade de luz causa, sem dúvida, maior intensidade fotossintética. A folha de luz torna-se, assim, mais escleromorfa, devido à eliminação de um excesso de hidratos de carbono. Depõem, aparentemente, contra nossa suposição, as observações de Nordhausen (1903) e Smith (1934), segundo as quais a estrutura da folha já é determinada no botão. Esta "préformação", todavia, se dá sob a influência do estado de nutrição da planta. Mais ainda, foi demonstrado por Nordhausen, que mesmo um ramo cortado da árvore pode produzir folhas que formam a estrutura de acôrdo com a sua antiga posição na copa, quando se desenvolvem sob iluminação artificial. Mas, mesmo neste caso, prevalece para nós o efeito do quociente metabólico, porque é bem conhecido que um ramo de luz contém mais reservas acumuladas do que um de sombra.

A luz interfere também na formação de tecidos por intermédio de sua ação sobre o hormônio de crescimento. Delisle (1938) admitiu que o desenvolvimento da folha seja relacionado ao hormônio de crescimento e à sua destruição parcial pela luz. Deste modo, nos xerófitos, geralmente muito expostos à luz solar, pode-se modificar o crescimento celular pela destruição do ácido indolil-3-acético. Mas, da mesma forma é admissível que a deficiência em nitrogênio possa reduzir a concentração do hormônio, por se originar êste do metabolismo protéico. A deficiência em micronutrientes, como, p. ex. a do zinco, afeta a síntese do hormônio, contribuindo à redução do crescimento (Reed e Dufrenoy, 1942; Tsui, 1948). Parece assim provável que as condições oligotróficas possam modificar ou reduzir o desenvolvimento foliar com redução do crescimento em geral, fenômeno êsse que deve ter como consequência um aumento do quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$

O hormônio de crescimento tem ação diferente sobre as nervuras e o mesófilo foliar (Went e Thimann, 1937; Skog,

1951). O fato da folha escleromorfa possuir o retículo das nervuras mais desenvolvido, poder-se-ia relacionar à destruição menor sofrida, por causa da ação da luz no tecido denso da nervura, que no mesófilo menos compacto, situado por entre as nervuras.

Mesmo em circunstâncias muito peculiares, em que, p. ex., o pré-tratamento de sementes (Henkel, 1954) tem como consequência o aparecimento de caracteres escleromorfos das folhas, ou no caso da formação de elementos esclerenquimáticos após o choque mecânico (Bünning e Timmermann, 1948), cremos tratar-se de modificações metabólicas, com alteração do quociente metabólico.

Citamos acima observações de Tumanov (1927), sobre diversos fatores que conduzem ao escleromorfismo. Apreciamos suficientemente, a falta de água e o oligotrofismo mineral, dentre as causas por êle citadas. Menciona êle ainda o efeito das noites frescas e o da poda das raízes. Também êstes dois fatores enquadram-se em nosso esquema. A temperatura baixa da noite reduz ou impede a emigração dos açúcares da folha, mantendo dêste modo mais elevado o quociente $C_{prod.} / C_{us.}$ nos tecidos foliares. A perda das raízes reduz tanto o fornecimento de água quanto o de sais minerais, reduzindo, ainda, o uso dos hidratos de carbono pela diminuição do volume radicular. O conjunto dêstes efeitos devia aumentar o valor do quociente metabólico com a consequente formação de caracteres escleromorfos nas folhas, de acôrdo com a nossa hipótese.

Até o fator tempo pode influir no quociente metabólico, quando os fatores limitantes do crescimento estão presentes ou ausentes em apenas certa fase do desenvolvimento do vegetal. Na mesma planta podem, assim, se formar órgãos de estrutura diferente, de acôrdo com a ação dêstes fatores em fases diferentes do desenvolvimento.

Limitamo-nos, neste ensaio, propositalmente, ao escleromorfismo foliar. O quociente metabólico afeta, entretanto, a planta tôda. Por esta razão tanto a falta de água como a de N ou de P favorecem o desenvolvimento das raízes, relativamen-

te às partes aéreas, visto que o crescimento se realiza mais facilmente no lugar onde o elemento deficiente é logo acessível sem necessidade de ser transportado. O crescimento maior dos órgãos subterrâneos conduz a certa auto-regulação pelo aumento da própria capacidade absorptiva por intermédio da maior disponibilidade de açúcares para a respiração.

Parece que a admissão de um princípio mais geral e que inclui as causas mais variadas e não só a falta de água, fornece uma explicação mais adequada do escleromorfismo e também dos outros "morfismos". As controvérsias sobre a origem e a significação do escleromorfismo parecem tornar-se de solução mais fácil, pois a hipótese explica que o escleromorfismo de associações vegetais encontradas na natureza pode ter diversas causas. A nossa hipótese também não exclui que os caracteres morfológico-anatômicos, como as membranas espessas, cutícula, cêra, etc., uma vez formados, possam ter, secundariamente, certo papel no sentido de diminuir a perda de água.

RESUMO

O autor tenta uma nova interpretação do escleromorfismo foliar, admitindo que as estruturas morfológico-anatômicas sejam causadas pela interferência do ambiente nos fenômenos metabólicos. Supõe que o quociente metabólico

$$\frac{\text{hidratos de carbono produzidos pela fotossíntese}}{\text{hidratos de carbono usados pelo crescimento, respiração, etc.}} = \frac{\text{C prod.}}{\text{C us}}$$

seja a causa principal tanto do xeromorfismo como do higromorfismo.

Quando um fator limita o uso dos hidratos de carbono sem alterar a fotossíntese, o quociente torna-se maior que 1 e surge um excesso dos produtos da fotossíntese, que será eliminado sob a forma de membranas espessas, esclerênquima, cutícula, cêra, etc., podendo, também, acarretar uma diminuição do tamanho celular.

O uso dos hidratos de carbono pode ser reduzido pela falta de água ou de elementos minerais, etc. À base desta hipótese parece necessário modificar a terminologia até hoje usada. Propõe o autor os seguintes termos: malacomorfismo, mesomorfismo e escleromorfismo, no sentido do aumento progressivo do quociente metabólico. De acôrdo com esta nomenclatura desaparece a antiga correlação direta entre xeromorfismo e xerofitismo, pois admite-se que possam até existir higrófitos escleromorfos e xerófitos malacomorfos. Escleromorfismo pode ser causado tanto pela falta de água em ambientes xéricos (escleromorfismo xérico = xeromorfismo no antigo sentido), como pela falta de elementos minerais (escleromorfismo oligotrófico = pseudo-xeromorfismo). O escleromorfismo causado por diversos fatores limitantes do uso dos produtos da fotossíntese, pode ser fenotípico ou genotípico. Segundo a hipótese desenvolvida podem ocorrer associações vegetais escleromorfas na natureza, ou por falta de água ou por escassez de elementos minerais, ou, ainda, por outros fatores. O autor explica mais detalhadamente de que maneira o quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.} 1 + n$ produz o escleromorfismo xérico e o escleromorfismo oligotrófico, causado pela falta de nitrogênio assimilável.

Após algumas considerações gerais, chega à conclusão de que o escleromorfismo é consequência do quociente metabólico que, por sua vez, sofre a influência de vários fatores ambientes. Supõe que depende também deste quociente o poder dos tecidos foliares de acumular sais, destacando-se dentre os ions concentrados, o do potássio, o qual determina, provavelmente, a resistência do citoplasma ao dessecamento.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser versucht eine neue Loesung fuer das Problem der Xeromorphie des Blattes. Die morphologisch-anatomischen Strukturen des Blattes haengen wahrscheinlich von Stoffwechsel-Gleichgewichten ab, die durch Umwelts-Faktoren

wesentlich beeinflusst werden. Es wird die Annahme gemacht, dass der Quotient

$$\frac{\text{Menge der durch die Photosynthese produzierten Kohlehydrate}}{\text{Menge der durch Wachstum, Atmung, etc. verbrauchten Kohlehydrate}} = \frac{C \text{ prod.}}{C \text{ us}}$$

die Hauptursache ist fuer das Entstehen der Blattstrukturen. Wird sein Wert groesser als 1, dann bilden sich im Blatt xeromorphe Strukturen und umgekehrt hygromorphe, wenn er klein ausfaellt. Neben der Intensitaet der Photosynthese bestimmen die Faktoren die den Verbrauch der Kohlehydrate begrenzen die Groesse des Quotienten. Erreicht sein Wert $1 \div n$, dann kommt es zu einen Ueberschuss von Kohlehydraten, die nicht verbraucht werden und darum zur Ausscheidung gelangen als dicke Zellulosemembranen, Sklerenchym, Kutikula, Wachs, etc. Gleichzeitig kann eine Verminderung des Zellvolumens erfolgen, aus Gruenden die erklart werden.

Der Quotient $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$ wird groesser als 1 bei ungehinderter Photosynthese, wenn der Verbrauch der Kohlehydrate gehemmt wird. Besonders wirksam in dieser Hinsicht scheinen die Faktoren zu sein, die das Wachstum begrenzen. Dazu gehoeren aber nicht nur Wassermangel, sondern auch Mineralstoffe und andere Faktoren. Nach dieser Betrachtung ergeben sich verschiedene Ursachen der Xeromorphie, sodass auch eine Aenderung der Nomenklatur angezeigt erscheint, um die alte Vorstellung von dem notwendigen Zusammenhang von Xeromorphie und Xerophytismus auszuschalten.

Es wird folgende Terminologie vorgeschlagen: Malakomorphie (Weichblaetter), Mesomorphie, Skleromorphie (Hartblaetter), entsprechend der Zunahme der Groesse des Quotienten von 1 zu $1 + n$. Danach kann es skleromorphe Hygrophyten geben, sowie malakomorphe Xerophyten. Die Skleromorphie kann ebensogut, durch Wassermangel erzeugt werden (xerische Skleromorphie = Xeromorphie); oder durch Mineralsalz-mangel (oligotrophe Skleromorphie = Pseudo-Xeromorphie). Ausserdem koennen natuerlich beide Arten von Skleromorphie als phenotypische oder als genotypische

Ausbildungen vorliegen, sodass in der Natur auch Hartlaubvegetationen vorkommen koennen, die dem oligotrophen Typ zugeordnet sind.

Im einzelnen werden naeher behandelt die xerische und die Stickstoff-oligotrophe Skleromorphie, die beide auf den Quotienten $C \text{ prod.}/C \text{ us.} = 1 \div n$ zurueckzufuehren, sind, wobei Wassermangel, bzw. Fehlen von Stickstoff, den Verbrauch der Kohlehydrate begrenzen, sodass der entstehende Ueberschuss ausgeschieden wird und so die skleromorphen Merkmale erzeugt.

Nach einer kurzen Diskussion der bisher angenommenen Ursachen der Skleromorphie wird geschlossen, dass sie alle sich auf den Stoffwechsel-Quotienten zurueckfuehren lassen. Von ihm duerfte auch indirekt die Faehigkeit der Blattzellen abhaengen, Salze, besonders Kalium, zu akkumulieren und festzuhalten und damit die Protoplasmaproteine gegen Entwaesserung widerstandsfahig zu machen durch Kolloid-Stabilisation, die an einen Erregungsvorgang geknuepft zu sein scheint.

BIBLIOGRAFIA

- ADRIANI, M. J. — Der Wasserhaushalt der Halophyten. Em: Handb. d. Pflanzenphysiol., Berlin, III: 902-914. 1956.
- ALEKSEEV, A. M. — Influence of water content of leaves upon photosynthesis. Bot. Zhur. SSSSR 20: 227-241. 1935.
- ARLAND, A. — Die Transpirationsintensitaet der Pflanzen als Grundlage bei der Ermittlung optimaler acker- und pflanzenbaulicher Kulturmassnahmen. Abh. sächs. Akad. Wiss., Math. naturwiss. Kl. 44: 1-80. 1952.
- BENECKE, W. u. L. JOST — Pflanzenphysiologie. Jena 1923. (Vol. II, p. 73 — de Jost).
- BENNET-CLARK, T. A. — Adaptation to drowght. Sci. Jour. Roy. Coll. Sci. 15: 99-102, 1945.
- BOON-LONG, T. S. — Transpiration as influenced by osmotic concentration and cell permeability. Am. Jour. Bot. 28: 333-373. 1941.
- BÜNNING, E., L. HAAG u. G. TIMMERMANN — Weitere Untersuchungen über die formative Wirkung des Lichtes und mechanischer Reize auf Pflanzen. Planta, 36 (1-2): 178-187. 1948.

- BURSTRÖM, H. — Fysiografiska Sällskapet Föreläs. (Lund), 17: 1. 1947.
- CHRELASKVILI, M. N. — The influence of water content and carbohydrate accumulation on the energy of photosynthesis and respiration. J. Trudg. Botan. Inst. Acad. Sci. U. S. S. R. Ser. IV. 5: 101-137 (c/ resumo inglês) 1941.
- CZAPEK — Biochemie der Pflanzen, 2. Aufl. Vol. 1, 211. 1913.
- DASTUR, R. H. — The relation between water content and photosynthesis. Ann. Bot. 39: 769-786. 1925
- DESAI, M. U. — Effect of certain nutrient deficiencies on stomatal behavior. Plant Physiol. 12: 253-283. 1937.
- DELISLE, A. L. — Morphogenetic studies in the development of successive leaves in Aster, with respect to relative growth, cellular differentiation and auxin relationship. Am. J. Bot. 25: 420-430. 1938.
- DYKYJ Sajfertová, D. and DYKYJ, J. — Angew. Bot. 23: 164. 1941.
- ECKART, F. — Transpiration et photosynthèse chez xérophyte mésomorphe. Physiol. Plantarum 6: 253-261. 1953.
- EVENARI, M. — Ecologia de las plantas de desierto. Rev. Argent. Agron. 16: 121-148. 1949.
- FERRI, M. G. — Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr., U. S. Paulo, 41, Botânica 4: 161-224. 1944.
- FERRI, M. G. — Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga — Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Botânica 12: 1-170. 1955.
- FIRBAS, F. — Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Hochmoorpflanzen. Jahrb. wiss. Bot. 74: 475-696, 1931.
- FREY-WYSSLING, A. Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Berlin, 1935.
- GOEBEL, K. — Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. Teubner, Leipzig, 1908.
- GRIE, B. J. — The physiology of sclerophyll plants. Jour. Roy. Soc. West-Australia, 39: 31-45, 1955.
- GUTTENBERG, H. von — Studien über das Verhalten des immergrünen Laubblattes der Mediterranflora zu verschiedenen Jahreszeiten. Planta, 4: 726, 1927.
- GUTTENBERG, H. v. u. H. BUHR — Studien über die Assimilation und Atmung mediterraner Macchia-Pflanzen während der Regen- und Trockenzeit. Planta 24: 163-265, 1935.
- HABERLAND, G. — Zur Physiologie der Zellteilung. III. Mitteil. Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin, 20: 322-348, 1919.

- HARDER, R., P. FILZER u. A. LORENZ — Versuche zur Bestimmung der Kohlensäureassimilation immergrüner Wuestenpflanzen waehrend der Trockenzeit in Beni Unif. Jahrb. f. wiss. Bot. 75: 45, 1931.
- HEINICKE, A. G. and N. F. CHILDERS — The daily rate of photosynthesis of a young apple tree on bearing age. Cornell Univ. Agric. Exper. Sta. Mem. 201, 1937.
- HENCKEL, P. A. — Sur la résistance des plantes à la sécheresse et les moyens de la diagnostiquer et de l'augmenter. Acad. Sci. U.R.S.S. Essais Bot. Vol. II: 436-456, 1954.
- HUBER, B. — Xerophyten. Handwoerterb. d. Naturwiss. 10: 703, 1935.
- HYGEN, G. — Studies in plant transpiration, I and II. Physiol. Plantarum, 6: 106-133, 1953.
- ILJIN, W. S. — Die Zusammensetzung der Salze in der Pflanze auf verschiedenen Standorten. Ber. Bot. Centralbl. 50: 94, 1932.
- ILJIN, W. S. — Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant Physiol. 8: 257-274, 1957.
- KAMERLING, Z. — Welche Pflanzen wollen wir Xerophyten nennen? Flora, 106: 433, 1914.
- KAMP, H. — Untersuchungen ueber Kutikularbau und Transpiration von Blaettern. Jahrb. f. wiss. Bot. 72: 413-465, 1930.
- KILLIAN, Ch. — Recherces écologiques sur les fluctuations saisonnières de l'assimilation chlorophyllienne chez les plantes des macquis algeriens. Acad. Sci. Paris, 196, 1933.
- KILLIAN, Ch. — Les Xérophytes: leur économie d'eau. Handb. d. Pflanzenphysiol. III: 787-824, 1956.
- KLEBS, G. — Willkuerliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Jena, 1903.
- KLEBS, G. — Untersuchungen aus dem Botanischen Institut Tübingen, II, 1888.
- KOSTYTSCHEW, S. e V. BERG — Untersuchungen ueber den Tagesverlauf der Photosynthese in Transkaukasien. Planta 11: 144-159, 1930.
- KOSTYTSCHEW, S. und H. KARDO-SYSSOIEWA — Untersuchungen ueber den Tagesverlauf der Photosynthese in Zentralasien — Planta 11: 117-143, 1930.
- KRAMER, P. J. — Water relations of plant cells and tissues. An. Rev. Plant Physiol. 6: 253-272, 1955.
- KRAUS, E. J. and H. R. KRAYBILL — Vegetation and reproduction with special reference to the tomato. Oreg. Agr. Exper. Sta. Bull. 149: 90. 1918.
- KURSANOV, A. L. — Untersuchung enzymatischer Prozesse in der lebenden Pflanze. Advanc. in Encymology, 1: 329-370, 1941.

- KÜSTER, E. — Pathologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Jena, 1916.
- LAURENT, J. — Recherches sur la nutrition carbonnée des plantes vertes. *Rev. gén. Bot.* 16: 14-48, 66-80, 96-123, 155-166, 188-202, 231-241, 1904.
- LEWITT, J. — The hardiness of plants. Acad. Press, New York, 1956.
- LUNDEGARDH, H. Die Nährstoffaufnahme der Pflanze. 1932.
- MAXIMOV, N. A. — Physiologisch-ökologische Untersuchungen ueber die Dürre-resistenz der Xerophyten. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 62: 128-144, 1923.
- MAXIMOV, N. A. — The plant in relation to water. Trad. R. Yapp, London, 1929.
- MAXIMOV, N. A. — The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. *Jour. Ecol.* 19: 272-282, 1931.
- MEYER, B. S. and D. B. ANDERSON — *Planta Physiology*. Van Nostrand, 1942.
- MOLIARD, H. — Action de quelques substances organiques sur la forme et la structure de la feuille. *Bull. Soc. Bot. France* 53; Ser. 4: 61-65, 1906.
- MONTFORT, C. — Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzung der physiologischen Trockenheit der Hochmoore. *B.* 10: 253-352, 1918.
- MOORE, B., E. WHITLEY and T. A. WEBSTER — Studies of photosynthesis in marine algae. I. Fixation of carbon and nitrogen from inorganic sources in sea water. II. *Proc. Royal Soc. B* 92: 51-60, 1921.
- MOTHES, K. — Ernährung, Struktur und Transpiration. Ein Beitrag zur kausalen Analyse der Xeromorphosen. *Biol. Zentralbl.* 52: 193-223, 1932.
- MOYSE, A. — N-Versorgung und Atmungsintensität von Blättern. *C. R. Hebd. Seances. Acad. Sci.* 226; 5/1: 103-105, 1948.
- MÜLLER-STOLL, W. R. — Der Einfluss der Ernährung auf die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen. *Planta* 35: 225-251, 1947.
- NIGHTINGALE, G. T. — The nitrogen nutrition of the green plants. *Bot. Rev.* 3: 85-174, 1937.
- NIGHTINGALE, G. T. — nitrogen nutrition of the green plants. II. *Bot. Rev.* 14: 185-211, 1948.
- NORDHAUSEN, M. — Über Sonnen- und Schattenblätter. I. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 21: 27-46, 1903.
- O'KELLEY, J. C. and P. H. CHARR — Elongation of the cotton fiber. Em LOOMIS — *Growth and Differentiation*. Ames, Iowa, 1953.
- FENA, G. B. De La — Growth of the root tip. Em LOOMIS, *Growth and Differentiation*. Ames, Iowa, 1953.

- PETRIE, A. H. K. and J. G. WOOD — Studies on the nitrogen metabolism of plants. I. The relation between the content of proteins, amino-acids and water in the leaves. *Ann. Bot. N. S.* 2: 33-60, 1938.
- PLEASANTS, A. L. — The effect of nitrate fertilizers on stomatal behavior. *Jour. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 46: 95-116, 1930.
- RACHID, M. — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão nos campos cerrados de Emas. *Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr.* 80, Botânica 5: 1-145, 1947.
- RAWITSCHER, F. — Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil Meridional. I. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr.* 28, Botânica 3: 1-111, 1942.
II — *Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr.* 41: Botânica 4: 1-153, 1944.
- RAWITSCHER, F., M. G. FERRI e M. RACHID — Profundidade dos solos e vegetação em Campos Cerrados do Brasil Meridional. *An. Acad. Bras. Ciên.* (15) 4: 267-294 + 8 Fotos, 1943.
- REED, H. S. and J. DUFRENOY — Catechol aggregates in the vacuoles of zinc deficient plants. *Amer. J. Bot.* 29: 544-551, 1942.
- RIED, A. — Photosynthese und Atmung bei xerostabilen und Atmung bei xerostabilen und xerolabilen Krustenflechten in der Nachwirkung vorausgegangener Entquellung. *Planta* 41: 436-438, 1953.
- SCHEFFER, F. und E. WELTE — Lehrbuch der Agrikulturchemie u. Bodenkunde II. Teil. Pflanzenernaehrung. Stuttgart 1955.
- SCHIMPER, A. F. W. — Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena, Gustav Fischer, 1898, 3.^a ed., 1935.
- SCHIMPER, A. F. W. — Die indo-malayische Strandflora, 1891.
- SCHMALFUSS, K. — Das Kalium. Freising-München, 1936.
- SCHMALZ, W. — Ueberwindung von Trockenperioden. *Mitteil. deutsch. landw. Gem. H.* 11: 254, 1935.
- SCHMID, K. — Bodenkunde und Pflanzenernaehrung, 25: 279, 1941.
- SCHNEIDER, K. — Beeinflussung von N-Stoffwechsel und Stengel-anatomie durch Ernährung. *Ztschr. f. Bot.* 29: 545-569, 1936.
- SCHULTE, E. — Bodenkunde und Pflanzernaehrung 26: 246, 1942.
- SCHWABE, W. W. — Physiological studies in plant nutrition XVI. The mineral nutrition in Bracken. *Min. Bot. (London)*, 17: 225-262, 1953.
- SHIELDS, L. Mangum — Leaf xeromorphy as related to physiological and structural influences. *Bot. Rev.* 16: 399-447, 1950.
- SHIELDS, L. Mangum — Leaf xeromorphy in dicotyledon species from a gypsum sand deposit. *Amer. J. Bot.* 38: 175-189, 1951.

- SIMONIS, W. — CO_2 -Assimilation und Stoffproduktion trocken gezogener Pflanzen. *Planta*, **35**: 188-224, 1947.
- SKOOG, F. — Relationship between zinc and auxin in the growth of higher plants. *Amer. Jour. Bot.* **27**: 939-951, 1940.
- SKOOG, F. — Plant growth substances. Madison, 1951.
- SMITH, G. H. — Anatomy of the embryonic leaf. *Am. Jour. Bot.* **21**: 194-209, 1934.
- SPOEHR, H. A. and H. W. MILNER — Starch solution and amylolytic activity in leaves. *Proc. Amer. Phil. Soc.* **81**: 37-78, 1937.
- STOCKER, O. — Die Transpiration und Wasseroekologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. *Ztschr. f. Bot.* **15**: 1-41, 1923.
- STOCKER, O. — Die Duerreresistenz. *Handb. d. Pflanzenphysiol.* **III**: 696-741, 1956.
- THODAY, D. — The Terminology of Xerophytism. *Jour. Ecol.* **21**: 1-6, 1933.
- TOLLENAAR, D. — Omgettingen van Koolhydraten in het Blad van *Nicotiana tabacum* L. Proefschrift, Wageningen, 1925.
- TROLL, C. — Das Wasser als pflanzengeographischer Faktor. *Handb. d. Pflanzenphysiol.* **III**: 750-786, 1956.
- TSUI, C. — The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. *Amer. Jour. Bot.* **35**: 172-179, 1948.
- TUMANOV, J. J. — Ungnügende Wasserversorgung und das Welken der Pflanzen als Mittel zur Erhöhung der Dürreresistenz. *Planta* **3**: 391-480, 1927.
- TURNER, T. W. — Studies of the mechanism of the physiological effects of certain mineral salts in altering the ratio of top growth to root growth in seed plants. *Amer. Jour. Bot.* **9**: 415-445, 1922.
- VEIHMEYER, F. J. and A. H. HENDRICKSON — Soil moisture in relation to plant growth. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* **1**: 285-304, 1950.
- VOLK, O. H. — Untersuchungen ueber das Verhalten der osmotischen Werte von Pflanzen aus steppenartigen Gesellschaften und lichten Waeldern des mainfränkischen Trockengebietes. *Ztschr. f. Bot.* **32**: 65-149, 1937.
- WALLACE, T. — The diagnosis of mineral deficiencies in plants. London, 1951.
- WALTER, H. — Die Hydratur der Pflanze. Jena, 1931.
- WALTER, H. — Einfuehrung in die Phytologie III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung I. Teil: Standortlehre. Stuttgart 1951.
- WALTER, H. u. E. ELLENBERG — Oekologische Pflanzengeographie. *Fortschr. d. Bot.* **18**: 167-181, 1956.

- WELTON, F. A. — Lodging in oats and wheat. Bot. Gaz. 85: 121-151, 1928.
- WOOD, J. G. — The physiology of xerophytism in Australian plants. II. Carbohydrate changes in the leaves of sclerophyll plants. Austral. J. Expe. Biol. & Med. Sci. 11: 139-150, 1933.
- WOOD, J. G. — The stomatal frequencies, transpiration and osmotic pressures of sclerophyll and tomentose-succulent leaved plants. Jour. Ecol. 22: 69-87, 1934.
- YAPP, R. H. — *Spiraea ulmaria* L. and its bearing on the problems of xeromorphy in marsh plants. Ann. Bot. 26: 815-870, 1912.

O CERRADO COMO VEGETAÇÃO OLIGOTRÓFICA

Karl Arens

**Cadeira de Botânica da Faculdade Nacional
de Filosofia, Rio de Janeiro.**

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

O CERRADO COMO VEGETAÇÃO OLIGOTRÓFICA (*)

Karl Arens

Cadeira de Botânica da Faculdade Nacional
de Filosofia, Rio de Janeiro.

Ferri (1955) publicou um trabalho experimental de ecologia comparando o cerrado com a caatinga, após uma série de estudos sobre o balanço de água em ambas as floras. O resultado interessantíssimo a que chegou, é, muito resumidamente, o seguinte: A flora arbustiva e arbórea do cerrado não reduz a transpiração e possui folhas com estrutura predominantemente xeromorfa, enquanto na caatinga, a diminuição da perda de água é muito eficiente em folhas de um xeromorfismo pouco desenvolvido e, portanto, aparentemente menos protegidas.

Partindo destas observações, elaboramos uma hipótese (Arens, 1958) sobre as causas do xeromorfismo e chegamos à conclusão de que não precisa haver necessariamente uma correlação entre a estrutura morfológico-anatômica das folhas e o xerofitismo. Admitimos que a estrutura foliar depende, de um lado do genôma, e do outro de fatores metabólicos. Segundo este conceito, existem vários fatores causadores do xeromorfismo. Pode ser falta de água, de sais minerais, etc., que causam os característicos xeromorfos. A hipótese explica que pode existir uma vegetação de higrófitos com folhas xeromorfas. Resolvemos também modificar a terminologia, chamando de escleromorfismo o que até então recebia o nome de xeromorfismo e distinguimos entre escleromorfismo oligotrófico

(*). — O presente trabalho foi escrito no Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo e para isso o autor contou com recursos fornecidos àquela Departamento pela COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ-URUGUAI, em consequência dos convênios firmados a 22 de setembro de 1955 e a 27 de maio de 1957 entre as duas instituições.

(pseudo-xeromorfismo) e escleromorfismo xérico (xeromorfismo no conceito usual). Os fatores que limitam o uso dos hidratos de carbono, produzidos pela fotossíntese, acarretam um excesso dos mesmos, que será eliminado. Membranas espessas, esclerênquima, cutícula, cêra, etc., seriam formas de excreção de hidratos de carbono ou seus derivados. As estruturas escleromorfas são formadas quando o quociente metabólico $C \text{ prod.} / C \text{ us.} = 1 + n$.

Querendo analisar o problema posto pelo trabalho de Ferri, precisamos saber quais os fatores limitantes do crescimento no cerrado e na caatinga e se é a água ou se são fatores de nutrição que causam as estruturas encontradas nas folhas.

O CERRADO

Fatores limitantes do crescimento.

Nos trabalhos publicados pelo Departamento de Botânica da Universidade de São Paulo sobre o cerrado encontram-se discussões exaustivas dos diversos problemas em foco (Ferri, 1943, 1944, 1955; Rawitscher, 1942, 1944, 1948; Rawitscher, Ferri e Rachid, 1943), de modo que nos resta apenas focalizar alguns pormenores para apoiar o nosso ponto de vista.

Na associação do cerrado podemos distinguir entre dois tipos de vegetação que vivem em condições ecológicamente diferentes (Rachid, 1947). As plantas dotadas de um sistema radicular superficial, como as gramíneas e muitas ervas (Fig. 1), vivem em condições de seca periódica e não dispõem de água aproveitável durante os meses do inverno. As árvores e arbustos, no entanto (Fig. 1), por meio de um sistema radicular muito profundo, alcançam, mesmo na época seca, as camadas úmidas ou até o lençol permanente de água. Foi demonstrado (Rawitscher, Ferri e Rachid 1943; Rawitscher 1948), que o solo possui reservas de água nas camadas mais profundas, que correspondem à precipitação de três anos (Emas, perto de Pirassununga). As pesquisas acima referidas provaram de maneira muito convincente, que os vegetais de raízes profundas se comportam, fisiologicamente, quanto à transpiração, como

mesófitos ou até higrófitos, nos quais a perda de água acompanha a evaporação física, sem restrição ativa da transpiração, por meio do mecanismo estomático. O sistema radicular não encontra, evidentemente, dificuldades em compensar a perda não limitada de água através da folhagem.

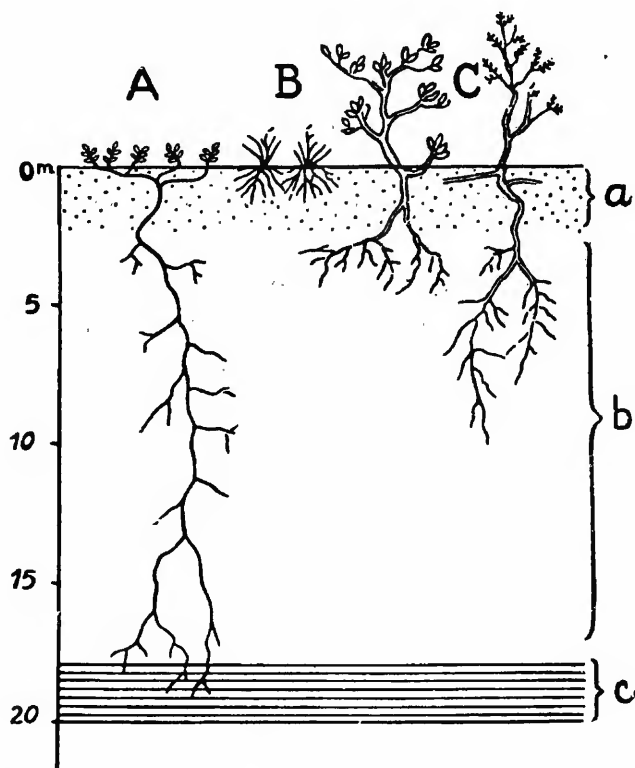


Fig. 1 — Esquema da vegetação do cerrado mostrando o grande desenvolvimento das raízes e a distribuição da água no solo.

A — *Andira humilis*. B — *Gramineae*. C — Arbustos e árvores.

a — Temporariamente seco. b — Sempre-úmido. c — Lençol d'água.

(Seg. Rawitscher, Ferri e Rachid, 1943, p. 289).

A estrutura anatômica das folhas, todavia, é tipicamente escleromorfa (Ferri, 1944, 1955). Temos, portanto, um caso de mesófitos ou higrófitos escleromorfos já descritos por Montfort (1918), que criou também este termo para designar as plantas escleromorfas das turfeiras sempre-úmidas.

O fator que limita o uso dos hidratos de carbono, p. ex. através da redução do crescimento, não pode, pois, ser a falta de água nas árvores do cerrado. Muitos autores pensam que seja um fator edáfico, admitindo uma retenção de água, maior

ou menor, como uma das causas responsáveis. Concordamos com o adjetivo “edáfico”, inclinando-nos, entretanto, mais para o sentido que tange o teor mineral. Existe, segundo a nossa hipótese, o escleromorfismo oligotrófico, pela falta de sais minerais, que exercem o efeito de fatores limitantes do crescimento, quando deficientes. Os elementos minerais que mais limitam o crescimento são o N, o P, o K e outros, além de micronutrientes. A deficiência de nitrogênio reduz por várias razões o desenvolvimento das plantas cultivadas, como é bem conhecido na agricultura. A absorção insuficiente de nitrogênio, pela raiz, causa todos os caracteres do escleromorfismo somático (Nightingale, 1937). Provou-se também a existência de uma associação natural de vegetais que manifestam um escleromorfismo por causa da falta de sais de N (Müller-Stoll, 1947; Simonis, 1948) e, talvez, de P segundo Tamm (citado por Walter e Ellenberg, 1956). Estas plantas habitam as turfeiras sempre-úmidas das zonas temperadas.

Condições gerais dos solos.

Os solos que suportam o cerrado no Brasil continental são muito antigos ou envelhecidos, profundos, decompostos, lixiviados e provavelmente com uma reserva mineral utilizável muito reduzida. O lençol de água fica geralmente à profundidade de uns 15 a 20 m (Warming, 1892, Rawitscher, Ferri e Rachid, 1943), oscilando de acordo com a época. O efeito da lixiviação pela precipitação relativamente elevada — 900 a 1.500 mm anuais — é ainda intensificado pelas temperaturas elevadas. A lavagem de elementos minerais não é contrabalançada na época seca, pela ascensão capilar de água, provocando o retorno de solutos à superfície, como nos solos pouco profundos das regiões de seca periódica.

Os solos são ácidos (Vianna e Araujo, 1946; Fagundes, Menezes e Kalckmann, 1949; Fagundes, Araujo, Ramos e Kehrig, 1951; Alvim, 1952). Nas regiões de cerrado de Minas Gerais com *Qualea*, *Kielmeyera* e *Caryocar*, oscila o pH entre 4,25 e 4,8 (Alvim, 1952). As bases trocáveis de Ca, Mg e K, são substituídas em grande escala por H, como é o caso nor-

mal em solos muito ácidos. Tais solos são pobres e produzem safras melhores após uma calagem que aumenta o pH e torna algumas bases do complexo acessíveis às raízes, como se depreende dos estudos de Fagundes em Lagoa Santa (1951). Segundo Araujo, Vianna e outros (1951), contêm os solos frequentemente pouco N, possuindo também um valor elevado C/N, o que reduz o aproveitamento do N. Norman (1946) assinala para os solos das prairies e savanas uma pobreza em N assimilável, pela falta de atividade bacteriana, mesmo quando a análise indique um teor relativamente elevado em N total. Dos muitos dados analíticos não publicados de que dispõe a Comissão do Vale do São Francisco, pude verificar, após um ligeiro exame, a grande pobreza em bases e também em nitrogênio total, nos solos portadores de cerrado. As chuvas, devido à idade geológica dos solos, lavaram, além das bases, também o P, etc. e estes elementos ficam também parcialmente insolubilizados, pelo efeito da reação ácida. Nessas condições sofrem, provavelmente, também os micronutrientes, uma ação análoga.

O nitrogênio e a vegetação do cerrado.

Creemos que um dos fatores seletivos da associação do cerrado seja o N em concentração diminuta que limita o crescimento. O nitrogênio dos solos provém de decomposição de matéria orgânica e da fixação por bactérias. Por essa razão diminui a sua concentração gradativamente, da camada superficial para as mais profundas, onde se desenvolvem justamente as raízes da vegetação arbórea do cerrado. Em solos ácidos é a atividade bacteriana prejudicada, tanto das fixadoras do N_2 do ar, como da nitrificação. Num pH abaixo de 6,5 é o metabolismo dessas bactérias seriamente afetado. Acresce ainda que as bactérias fixadoras de N_2 dependem da presença de material orgânico fermentável. Geralmente há pouca substância orgânica nos solos do cerrado e a seca prolongada não permite muita atividade das bactérias durante vários meses.

Quanto às bactérias dos tubérculos radiculares nas leguminosas, e que constituem um grande contingente da flora do

cerrado, é também conhecido que o seu metabolismo depende do fornecimento suficiente de N, F, K, Mo, etc. O Molibdeno é especialmente importante neste caso, por fazer parte da reductase de nitratos que desempenha um papel essencial para as bactérias da nitrificação e da fixação do N_2 . O molibdeno tem a sua menor solubilidade no pH entre 4,0 e 5,5, formando aluminatos insolúveis à maneira do P (Jones e Milne, 1956). Este pH corresponde ao encontrado nos solos do cerrado.

O N assimilável origina-se da decomposição de material orgânico e também outros minerais provêm dos detritos vegetais. O sistema radicular pouco profundo da vegetação rasteira vai logo absorver os minerais solubilizados após as primeiras chuvas. Esta faculdade absorptiva torna-se, provavelmente, muito intensa, devido à grande ramificação das raízes das gramíneas e ervas na camada superior do solo.

Os arbustos e árvores (Fig. 1) com sistema radicular profundo, devem assim sofrer pela concorrência da vegetação rasteira, de modo que as camadas mais profundas do solo vão se tornar muito pobres em sais minerais e, acima de tudo, em nitrogênio. Assim encontram-se, aparentemente, as raízes profundas, em condições oligotróficas.

A ação do fogo sobre o solo

A hipótese segundo a qual o cerrado pode ser um sub-climax pelo efeito do fogo é aceita por vários autores (Lund, 1835; Massart, 1922/23; Ferri, 1944; Rawitscher, 1944, 1948; etc). As queimadas que em muitas regiões do Brasil devastam grandes áreas do cerrado, devem modificar profundamente as condições do solo. Segundo Araujo, Vianna e outros (1949), diminuem as queimadas a quantidade de humus pela metade e abaixam o pH de 5,8 para 5,0, em solos de Minas Gerais. Isaak e Hopkins (1937) e Killian (1942) observaram que a cinza aumenta por pouco tempo o teor em K, P e N, assimiláveis e também o pH na superfície do solo. Mas a substância orgânica é freqüentemente reduzida a 10% do teor inicial e, conseqüentemente, a capacidade de retenção de água, na camada

superior do solo, até 30% do seu valor primitivo. A chuva, pela lavagem superficial, traz logo o empobrecimento definitivo.

A falta de matéria orgânica faz cessar, apesar da reação mais alcalina, a atividade das bactérias fixadoras de N_2 . Heyward e Barnette (1934) acharam que após uma dezena de anos de queimadas regulares, diminui o N total, o pH e o Ca nos solos, em comparação com as áreas não queimadas. Resumindo, podemos dizer que a queima aumenta o oligotrofismo do solo, no fim de certo tempo, diminuindo, simultaneamente, a capacidade de retenção de água, abaixa o pH e afeta, pronunciadamente, o ciclo do N em sentido negativo.

Escleromorfismo oligotrófico do cerrado.

Não é a falta de água que causa o escleromorfismo foliar nos arbustos e árvores do cerrado, mas as condições do solo que acabamos de apreciar fornecem a chave para uma explicação. De acordo com a nossa hipótese sobre a origem do escleromorfismo, são principalmente os fatores limitantes do crescimento que aumentam o valor do quociente $C \text{ prod.}/C \text{ us.}$ No caso das árvores do cerrado poderia ser a falta do N que constituiria o fator principal, sendo também admissível um efeito, exercido no mesmo sentido, pela escassez de outros elementos minerais. É de salientar que a vegetação rasteira se acha em condições muito diferentes quanto ao fornecimento de minerais e, sobretudo, de N. Nesses vegetais é também a reação estomática mais rápida (Rachid, 1947). Isto é de esperar, pois diversos autores notaram que a reatividade estomática é melhor com o fornecimento adequado de nitrogênio. Os estudos experimentais pela introdução de uréia e de sais nitrogenados nas folhas adultas e arbustos e árvores do cerrado de Emas confirmaram, evidentemente, esta hipótese. Foi demonstrado que as folhas adquirem maior reatividade estomática após o tratamento (Arens, Ferri e Coutinho, 1958).

O escleromorfismo das árvores do cerrado pode ser comparado ao das ervas esclerófilas das turfeiras do clima temperado. Para esta vegetação foi provado que a causa das estruturas morfológico-anatômicas reside na escassez de N, na tur-

fa sempre úmida (Müller-Stoll, 1947; Simonis, 1948). De maneira análoga admitimos que, nas árvores do cerrado, que dispõem sempre de água, e mantêm provavelmente a fotossíntese intensa, o crescimento seja limitado pela relativa falta de N e, provavelmente, de outros elementos minerais, como de P, Ca, Bo, Zn, etc., dependendo em cada caso das condições locais. Em ambas as associações vegetais trata-se, com a maior probabilidade, de um escleromorfismo oligotrófico fixado no genótipo.

Nesta vegetação, como naquela, deve ser a abertura constante dos estômatos, com a fotossíntese sempre mantida em grau de elevada intensidade, a causa de um superavit de hidratos de carbono e derivados. A eliminação dos mesmos, sob a forma de membranas espessas, esclerênquima, cutícula, etc., acarreta o escleromorfismo. Podem contribuir ainda as noites frescas frequentes na região do cerrado, para aumentar a concentração de açúcares, por dificultarem a sua emigração das folhas.

Parece que todos os caracteres escleromorfos, característicos causados pela deficiência em N, se manifestam nas folhas das árvores do cerrado (Ferri, 1955; Morretes e Ferri, 1958), com exceção do tamanho foliar reduzido, o que, em geral, não ocorre no cerrado.

Convém salientar, a propósito, que 99% dos dados experimentais em ecologia foram obtidos pelo estudo da flora de clima temperado. O tamanho da folha, em regiões tropicais ou sub-tropicais, é maior, mesmo em vegetais escleromorfos, por falta de água. A razão reside, talvez, na descendência de uma flora antiga dos climas quentes e super-úmidos da faixa equatorial.

O cerrado, na sua vegetação arbórea, não representando uma vegetação xerofítica, poderia ser classificado de associação mesofítica e escleromorfa por oligotrofismo constitucional

A CAATINGA

Ferri considera no seu trabalho (1955) a vegetação da caatinga de Paulo Afonso como sendo um climax imposto pelas

condições do ambiente sêco. A vegetação é xerofítica, e seus caracteres morfológico anatômicos deveriam ser também xeromorfos. Paradoxalmente são as folhas, excetuando-se as plantas suculentas, muito menos escleromorfos (xeromorfos) que as da vegetação do cerrado. A falta de água criou, portanto, menos estruturas protetoras nesta vegetação xérica, em comparação com a mesofítica ou higrofítica do cerrado.

Solos de regiões áridas são geralmente férteis quando não constituídas de pedras ou areia pura. Segundo Oliveira (1951) e Ventura e Accioli (1951), são os solos da região semi-árida do nordeste brasileiro férteis, saturados em bases trocáveis e geralmente neutros até alcalinos. Nesta região de pH uma intensa atividade bacteriana, com o seu reflexo sôbre o teor de N assimilável, é possível, em contraste com o que ocorre em solos ácidos. Solos daquele tipo, quando irrigados pela chuva, permitiriam, até um crescimento luxuriante, se a umidade se conservasse durante maior parte do ano. O crescimento devido à riqueza mineral é intenso logo após as chuvas, de modo que os produtos da fotossíntese se devem gastar imediatamente. O quociente $C \text{ prod.} / C \text{ us.}$ vai ficar em redor do valor 1 e, assim não poderá haver um excesso de hidratos de carbono que causaria um escleromorfismo pronunciado. A fotossíntese será, além disso, logo limitada, em consequência da falta de água, interferindo, assim, negativamente, no quociente metabólico. Dos resultados de Ferri sôbre o fechamento dos estômatos, com a redução simultânea da transpiração, depreende-se que a fotossíntese deve ser o fator limitante. Acresce, ainda, que um superavit dos produtos de fotossíntese que se forma após a cessação do crescimento, deve ser deslocado aos tecidos de armazenamento, de reservas, que são necessárias numa vegetação tropofítica, com queda regular e total da folhagem.

A vegetação da caatinga, de acôrdo com a hipótese do quociente metabólico, é xerofítica, apresentando estrutura geralmente mesomórfica, devido à limitação da fotossíntese e por causa da abundância de nutrição mineral. São xerófitos mesomorfos ou pouco escleromorfos. A resistência à sêca extrema do ambiente reside em adaptações fisiológicas que se ma-

nifestam também pela grande reatividade estomática, que, por sua vez, depende, aparentemente, da nutrição mineral.

CONCLUSÕES

O problema do cerrado já foi suficientemente discutido pelos autores já várias vezes citados nas páginas anteriores. Daí depreende-se que existem duas opiniões principais. O cerrado é uma vegetação natural, isto é, representa um climax causado pelo clima e por propriedades edáficas (Warming, 1892, Schimper, 1935, Waibel, 1948, Sick, 1955, Hueck, 1957). Sick externa sua opinião por razões faunísticas. O cerrado pode ser, em certos casos, um sub-climax, pela ação repetida do fogo (Lund, 1835; Massart, 1922-23; Ferri 1944; Rawitscher, 1944, 1948). O problema tomou um aspecto novo pelos trabalhos experimentais do Departamento de Botânica da Universidade de São Paulo. Foi provado que as árvores do cerrado não são xerófitos, porque não restringem a transpiração, tendo sempre água à disposição pelo sistema radicular profundo. Apesar disso possuem folhas escleromorfas. Surgiu um novo ponto de vista no trabalho de Alvim e Araujo (1952), que responsabilizam o teor mineral do solo pela formação da associação do cerrado, admitindo uma escassez de Ca. Ferri (1955) tentou uma hipótese para explicar as diferenças anatômico-fisiológicas relacionadas ao balanço de água no cerrado e na caatinga. Baseando-nos neste trabalho, imaginamos uma hipótese que já foi várias vezes mencionada acima, para explicar o xeromorfismo foliar das árvores do cerrado. Esta introduz, ao nosso vêr, um outro aspecto para explicar as causas da seleção desta vegetação muito peculiar.

Na exposição acima apresentamos as nossas razões que nos conduziram à conclusão de que as árvores e os arbustos do cerrado podem ser considerados como vegetação escleromorfa oligotrófica. Quanto ao balanço de água são mesófitos ou até higrófitos.

As divergências de opiniões reinantes podem ser conciliadas. O cerrado é uma vegetação natural em estado de climax, o que já insinua sua homogeneidade de composição e grande

distribuição geográfica. Nos confins de sua área de ocorrência está em equilíbrio instável com outras associações, p. ex. com a mata. Parece que o fogo desempenha um papel preponderante na propagação e manutenção do cerrado. Pode-se, assim, estabelecer um sub-climax. A queimada, como explicamos acima, acentua as condições oligotróficas e diminui a capacidade de retenção de água nas camadas superiores do solo.

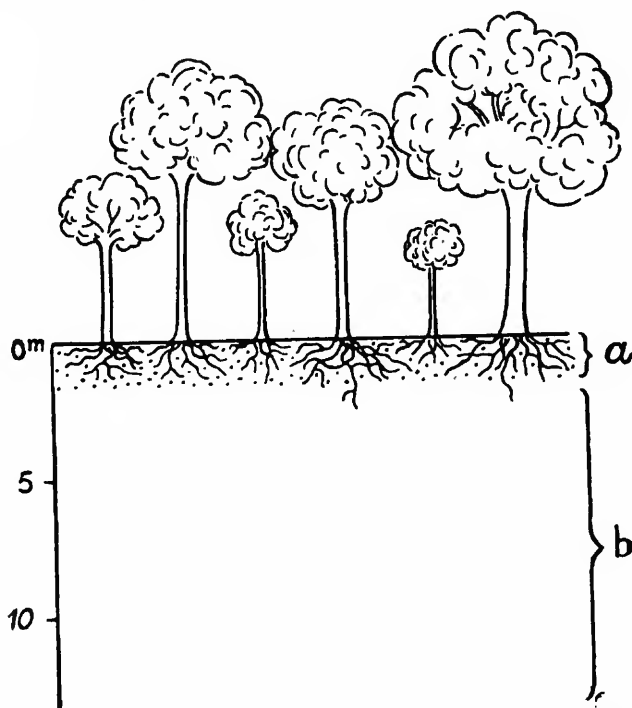


Fig. 2 — Esquema de uma mata fechada mostrando o grande desenvolvimento das partes aéreas em relação às raízes. a — Humus e terra humosa onde as raízes se ramificam devido à maior retenção de água e ao maior teor de sais minerais. b — Solo nativo.

Para compreender melhor os diversos fatores que influem no equilíbrio entre cerrado e mata, fizemos um esquema (Fig. 2) da mata fechada. Pela densidade da copa das árvores pode-se formar uma camada de humus e de terra humosa. As raízes se espalham preferencialmente nas camadas superiores, devido ao acúmulo de nutrientes solubilizados, pela mineralização do detrito e por razão da maior capacidade de retenção de água nestas camadas superiores. No cerrado (Fig. 1) há pouca sombra e não se forma uma camada de humus. Quando cai uma

semente de árvore da mata no cerrado, não encontra nem água, nem nutrientes minerais suficientes para se desenvolver. Mas a plântula nova, de árvore do cerrado com o sistema radicular que tende logo às camadas profundas e que é adaptada ao oligotrofismo, consegue se instalar. Uma simples observação do cerrado antigo, porém, torna óbvio que só uma pequena porcentagem das sementes, apesar de sua adaptação às condições específicas, consegue vingar. Em caso contrário, a vegetação rala tornar-se-ia mais fechada. Ainda menos consegue sobreviver a semente de uma planta não pertencente à associação, a menos que o equilíbrio ecológico tenha sido alterado. A propósito podemos também citar as observações de Sick (1955), feitas no Brasil central, onde após a derrubada e queima do cerrado primitivo, se desenvolve logo o mesmo cerrado secundário, sem se intercalar uma sucessão de associações diferentes. Parece que nestas regiões, o cerrado é uma vegetação muito estabilizada e adaptada ao **habitat**, apesar da aparente variabilidade de seu **facies**. Caindo, vice-versa, a semente do cerrado na mata, então é simplesmente, quando germina, afogada pela concorrência dos elementos da mata, mais vigorosos nestas condições. O cerrado pode-se também transformar em cerradão, onde as condições de nutrição mineral são melhores, comportando, mais e maiores árvores por área. Devemos, entretanto, admitir, neste caso, que as camadas superiores do solo sejam secas por falta de retenção de água (pedregosas, arenosas), ou oligotróficas, ou que possuem ambas as qualidades, capazes de impedir o desenvolvimento da semente dos representantes da mata.

A queimada invadindo a mata, tem os efeitos acima referidos, que preparam as condições para a melhor sobrevivência do cerrado. Onde, todavia, o cerrado chega nos seus limites climáticos, é a supressão da queimada que pode melhorar as condições para que se possa instalar a mata. Precisa só aparecer mais sombra, mais humus, mais retenção de água na camada superior. Até pequenas diferenças do ambiente local com maior acúmulo de detrito orgânico, numa vala natural ou artificial, ou a simples adubação artificial, são suficientes para deslocar o

equilíbrio a favor da mata, como observamos no cerrado de Emas em vários pontos. Diferenças topográficas do sub-soio que eleva o lençol tornando a umidade acessível às raízes pouco profundas dos representantes da mata, podem originar a formação de capoeirões até com transição abrupta para o cerrado aberto. Quando neste caso aparece uma vez mais detrito vegetal e humus, então vence a mata, pela maior competitividade em tais condições.

O cerrado da Amazônia, a nosso ver, só pode ser explicado quando se admite um oligotrofismo dos solos. Dificilmente será a falta de água ou um fator climático que selecionou o cerrado em clima muito úmido. Massart (1922-23) advoga a influência das queimadas. Mas, a nosso vêr este fato não pode ser a causa que condicionou a existência do cerrado na região amazônica.

Beard (1953), generalizando suas conclusões sobre a savana da América Central, admite que o cerrado do Brasil devia a sua origem à falta de drenagem dos solos ou ao aparecimento de camadas impermeáveis. Não podemos concordar com esta hipótese, pois se a impermeabilidade de uma camada superficial acarreta estagnação da água, formar-se-ia uma associação como, por exemplo, o buritizal, etc., ou uma mata, se o lençol ficasse menos elevado ou até um campo com ciperáceas e gramíneas sobre uma camada exposta de tabatinga.

A idéia de que o teor mineral dos solos pode ser um fator seletivo da vegetação ganhou terreno recentemente. Novak (1937, citado por Lundegardh, 1949), salientou o efeito seletivo dos solos de serpentina sobre a vegetação em regiões da Silésia européia, devido ao seu oligotrofismo. Whitaker (1954, citado por Billings, 1957), admite que a vegetação esclerófila sobre serpentinas em Oregon (U.S.A.) seja causada pelo oligotrofismo e, principalmente, pela escassez de Ca. Daí se explicaria também o exíguo volume (crescimento) da cobertura vegetal, o que está de acôrdo com a nossa hipótese. Walker (1954, citado por Billings, 1957), participa da opinião de Whitaker e pensa que, em certas regiões costeiras do oeste dos U.S.A. seja a falta de Ca, de Ni, de Cr e de Mo a que se pode atribuir o cli-

max edáfico em solos de serpentina. Nós pensamos menos no efeito do cálcio, no caso do cerrado, visto que as raízes são muito desenvolvidas, sendo bem sabido que o cálcio afeta o crescimento radicular. Mas, mesmo assim, poder-se-ia tratar de uma adaptação à relativa falta deste elemento, permitindo crescimento suficiente das raízes e eliminando outros vegetais não adaptados. Beadle (1952, citado por Billings, 1957) opina que seja a falta do P que tenha selecionado um climax de vegetação esclerófila na Austrália, pois notou que solos normais sem esta deficiência, em faixas contíguas, trazem mata de chuva regular. Shield (1951) notou muitos tipos escleromorfos num substrato relativamente úmido, constituído de 96-97% de CaSO_4 e com o lençol permanente a 60-90 cm de distância da superfície e supõe que os fatores responsáveis sejam a falta de N e a abundância de luz. Salisbury (1954) chega à conclusão de que a deficiência de P em solos ácidos do "Great Basin" (U.S.A.) selecionou uma flora adaptada a esta condição edáfica.

As áreas ocupadas pela associação do cerrado no Brasil são enormes, de modo que representam um certo patrimônio de solos aproveitáveis em maior ou menor escala. Parece talvez paradoxal se nós falamos de um lado de oligotrofismo dos solos do cerrado, pensando do outro, no aproveitamento dos mesmos pela agricultura. Várias vezes salientamos acima que as camadas superiores do solo devem ser menos oligotróficas do que as inferiores. Mencionamos que, na região limítrofe da área do cerrado, até pequenas modificações das condições ecológicas podem favorecer o aparecimento da mata. Nas zonas onde o cerrado representa o climax, artificialmente mantido, a cultura de outras plantas parece perfeitamente possível. Creemos que nas regiões do climax se consigam safras compensadoras de várias culturas aplicando-se um tratamento adequado ao solo.

A fitofisionomia do globo terrestre não depende só dos fatores clima e água, mas evidentemente também de fenômenos nutricionais condicionados pelo teor mineral do solo, de modo que o mesmo aspecto fisionômico e morfológico-anatômico pode ter várias causas. E' comum no reino vivo que efeito e

causa não se equivalem e que causas diferentes produzem frequentemente efeitos idênticos.

RESUMO

O autor, por meio de sua hipótese do quociente metabólico, procura explicar o escleromorfismo (xeromorfismo) foliar da flora arbórea e arbustiva do cerrado. A falta de água não pode ser a causa, como foi demonstrado pela escola de ecologia da Universidade de São Paulo. Admite-se que as estruturas escleromorfas sejam uma consequência das condições oligotróficas dos solos do cerrado que são, geralmente, ácidos e empobrecidos em bases trocáveis.

Um dos fatores principais é, provavelmente, a relativa escassez de nitrogênio assimilável, que pode dar origem ao escleromorfismo oligotrófico. Conclui-se que a vegetação peculiar do cerrado seja selecionada pela deficiência de minerais tendo-se adaptado à mesma. Pode ser chamada de associação mesofítica ou até higrofítica, composta de elementos esclerófitos. O fogo é um fator que acentua ainda o oligotrofismo, influenciando desta maneira sobre a conservação ou a propagação do cerrado.

Compara-se, à base da mencionada hipótese, a flora da caatinga com a do cerrado e supõe-se que aquela seja formada por xerófitos de estrutura mesomórfica, devido à influência de fatores nutricionais. O autor conclui, por fim, que o cerrado representa em grandes partes do Brasil um climax edáfico e em outras, principalmente nos limites sulinos de sua área de distribuição, um sub-climax, evidentemente pela ação do fogo. Explica também que até pequenas alterações das condições ecológicas podem modificar o **facies** do cerrado e modificar o equilíbrio a favor da expansão ou regressão da mata. Externa ainda a opinião de que os solos dos cerrados, principalmente nas áreas onde apresentam um sub-climax, podem ser perfeitamente explorados para fins de agricultura, aplicando-se o devido tratamento aos mesmos.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser wendet seine Hypothese des Stoffwechselquotienten, bzw. des Verhaeltnisses von gebildeten zu verbrauchten Kohlehydraten an, um die skleromorphe (xeromorphe) Blattstruktur der Vegetation des brasilianischen "Cerrado" zu erklaren und damit auch seinen Ursprung. Da Wassermangel als Ursache nicht in Frage kommen kann, wie viele Untersuchungen des Botanischen Instituts der Universitaet S. Paulo gezeigt haben, muessen andere Gruende vorliegen. Die genannte Hypothese laesst verschiedene Ursachen der skleromorphen Struktur zu, darunter auch Mineralstoffmangel.

Die Boeden des "Cerrado" sind im allgemeinen ausgelaugt durch relativ hohe Niederschlaege, sauer und basenarm. Daher wird angenommen, dass der "Cerrado" eine oligotrophe skleromorphe Vegetation von Mesophyten oder Hygrophyten, ist, die an diese besonderen edaphischen Bedingungen als Tiefwurzler angepasst sind. Es wird die Frage gestellt, ob der Stickstoffmangel eine der Hauptursachen ist und ob die haeufigen Braende einen Einfluss auf diesen und die allgemeine Armut an Mineralstoffen haben, was beides bejaht werden muss. Die Vegetation des trockenen brasilianischen Nordostens "Caatinga" wird mit der des "Cerrado" verglichen und daraus geschlossen, dass ihre geringere skleromorphe Anpassung auf Ernaehrungsfaktoren, wie reiche Mineralstoffversorgung und reduzierte Photosynthese zurueckgefuehrt werden kann.

Der Verfasser kommt zu dem Schluss, dass der "Cerrado" in weiten Gebieten Zentral-Brasiliens eine edaphisch bedingte Klimax-Assoziation ist, aber in anderen, besonders an der Suedgrenze seiner Verbreitung, als Sub-Klimax betrachtet werden kann, der durch regelmaessige Brandlegung verursacht wird. In letzterem Gebiet fuehrt oft eine geringfuegige Aenderung der Umweltsbedingungen zu einer Verschiebung des Gleichgewichtes, entweder zugunsten des "Cerrado" oder des ins seiner Zusammensetzung verschiedenen Waldes. Die Boeden koennen, bei geeigneter Bearbeitung, landwirtschaftlich nutzbar gemacht werden, besonders in den Gebieten des Sub-Klimax.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIM, P. de T. e W. de ARAUJO — El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste de Brasil. *Turrialba* 2: 153-160, 1952.
- ARAUJO, W. A. de, S. de L. VIANA, W. ILCHENKO e O. VIANA — Contribuição ao estudo da matéria orgânica nos solos de Minas Gerais. *An. Ciênc. do Solo*, 1951 — 1.º vol.: 175-264, 1951.
- ARAUJO, W. A. de, O. VIANA, W. ILCHENKO e S. de L. VIANA — Contribuição ao estudo do humus brasileiro. *An. Ciênc. do solo*, 2.º vol. 1949: 271-291, 1949.
- ARENS, K. — Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Botânica* 15, 1958.
- ARENS, K., M. G. FERRI e L. M. COUTINHO — Papel do fator nutricional na economia d'água de plantas do cerrado. *Revista de Biologia*, Lisboa (no prelo).
- BEARD, J. S. — The Savanna vegetation of Northern tropical America. *Ecol. Monographs* 23: 249-251, 1953.
- BILLINGS, W. D. — Physiological ecology. *Am. Rev. Plant Physiol.* 8: 375-396, 1957.
- FAGUNDES, A. A., C. de MENEZES e R. E. KALCKMANN — Adubação e calagem de terras de cerrado. *An. Ciênc. do Solo*, 1948: 295-304, 1948.
- FAGUNDES, A. A., W. H. ARAUJO, R. RAMOS e A. G. KEHRIG — Estudos dos solos da estação experimental de Sete Lagoas, Minas Gerais. *An. Ciênc. Solo*, 1951 — 2.º vol.: 49-674, 1951.
- FERRI, M. G. — Observações sobre Lagoa Santa. *Ceres*, 4: 137-150, 1943.
- FERRI, M. G. — Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo*, 41, Bot. 4: 159-224. 1944.
- FERRI, M. G. — Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo*, 195 Botânica 12: 1-170, 1955.
- HEYWARD, F. and. R. M. BARNETTE — Effect of frequent fires on chemical composition of forest soils in the longleaf pine region. *Fld. Agr. Exp. Stat. Bull.* 265: 39, 1934.

- HUECK, K. — Die Ursprünglichkeit der brasilianischen "Campos cerrados" und neue Beobachtungen an ihrer Südgrenze. *Erdkunde*, **11**: 193-203, 1957.
- ISAAK, L. A. and H. G. HOPKINS — The forest soil of the Douglas fir region, and changes brought upon it by logging and slash burning. *ECOL.* **18**: 264-279, 1937.
- JONES, L. H. P. and A. A. MILNE — Aluminum molybdate and its formation in clay-mineral. *Nature*, **178**: 1114-1115, 1956.
- KILLIAN, Ch. — Sols de forêt et sols de savane en Côte d'Ivoire. *Ann. Agronomiques*, **16**: 1942.
- LUND, P. W. — (1835) — Cit. p. WARMING, 1892, Lagoa Santa, p. 468).
- LUNDEGARDH, H. — Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. 3. Aufl. Fischer-Jena, 1949.
- MASSART, J. Une mission biologique belge au Brésil, Vol. II, Bruxelles, Imprim. Médic. — Août 1922 — Mai 1923.
- MONTFORT, C. — Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzungen der "physiologischen Trockenheit" der Hochmoore. *Z. Bot.* **10**: 257-352, 1918.
- MORRETES, B. LANGE DE e MARIO G. FERRI — Contribuição ao Estudo da anatomia de folhas das plantas do cerrado Bol. Fac. Fil., Ciênc., Letr. Botânica **15**, 1958.
- MÜLLER-STOLL, W. R. — Der Einfluss der Ernährung auf die Xeromorphie der Hochmoorplanzen. *Planta* **35**: 225-251, 1947.
- NIGHTINGALE, G. T. — The nitrogen nutrition of green plants. *Bot. Rev.* **3**: 85-174, 1957.
- NORMAN, A. G. — Recent advances in soil microbiology. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **11**: 9-15, 1946.
- OLIVEIRA, L. B. de — A capacidade de saturação de solos da região seca. *An. Ciênc. do Solo*: 137-157, 1951.
- RACHID, M. — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos "Campos cerrados" de Emas. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo, **80**, Botânica **5**: 7-141, 1947.
- RAWITSCHER, F. — Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil Meridional. Parte I. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo, **28**, Botânica **3**: 8-11, 1942. Parte 2 — Bol. **41**, Botânica **4**: 9-154, 1944.
- RAWITSCHER, F. — The water economy of the vegetation of the "Campos cerrados" in Southern Brazil. *Ecology* **36**: 237-268, 1948.
- RAWITSCHER, F., M. G. FERRI e M. RACHID — Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. *An. Ac. Bras. Ciênc. T.* **14**, **4**: 267-294, 1943.

- SALISBURY, F. B. — Some chemical and biological investigations of material derived from hydrothermally altered rocks in Utah. *Soil Sci.* 78: 277-294, 1954.
- SCHIMPER, A. F. W. — *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. 2.^a ed. Jena, 1935.
- SHIELD, L. M. — Leaf Xeromorphy in dicotyledon species from a gypsum sand deposit. *Am. J. Bot.* 38: 175-190, 1951.
- SICK, H. — O aspecto fitosionômico da paisagem do médio Rio das Mortes, Mato Grosso, e a avifauna da região. *Rio. Arq. Museu Nac.* 42: 541-576, 1955.
- SIMONIS, W. — CO₂-Assimilation und Xeromorphie von Hochmoorpflanzen in Abhängigkeit vom Wasser- und Stickstoffgehalt des Bodens. *Biol. Zbl.* 67: 77-83, 1948.
- VENTURA, M. M. e J. C. ACCIOLY — Característicos dos solos semi-áridos do nordeste brasileiro. Correlação e permuta de bases e pH. *An. Ciênc. Solo*, 1951, Vol. II: 117-122. 1951.
- VIANA, O. e W. ARAUJO — Região dos campos: características diferenciais. *Bol. Agric. do Dept. Prod. Veget. Est. Minas Gerais* 2: 16-29, 1946.
- WAIBEL, L. — Vegetation and land use in the planalto central of Brasil. *Geograph. Rev.* 38: 529-554, 1948.
- WALTER, H. e H. ELLENBERG — *Oekologische Pflanzengeographie*. *Fortschritte der Botanik*, 18: 167-181, 1956.
- WARMING, E. — Lagoa Santa. Et bidrag til den biologiske Plantegeografi. *K. danske vidensk. Selsk. Skr. Naturw. Math. Afd. Ser. G*, 6: 153-488, 1892.

**OBSERVAÇÕES SÔBRE A ANATOMIA DA CASCA DO
GUAPURUVŨ, *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake.**

Aylthon B. Joly

Clovis Teixeira

**Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo.**

OBSERVAÇÕES SÔBRE A ANATOMIA DA CASCA DO GUAPURUVÚ, *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake.

Aylthon B. Joly
Clovis Teixeira

Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo.

Introdução

Como a maioria dos trabalhos sôbre nossas madeiras limita-se quase que exclusivamente à anatomia do lenho, é natural que faltem informações sôbre a organização da casca secundária, que por não oferecer, na maioria dos casos, aplicação imediata, não tem sido objeto comum de estudo dos nossos anatomistas. Por êsse motivo é muito pouco conhecida a maneira de crescimento em espessura da casca secundária das árvores de nossas matas.

Interessados em encontrar exemplos de árvores brasileiras que mostrassem crescimento secundário da casca por atividade de um único felogênio, como se verifica, entre outras plantas, nas Faías (*Fagus silvatica* e *F. americana*) dos climas temperados, fomos atraídos pelo aspecto "sui generis" do tronco do Guapuruvú ou Ficheira. Essa árvore mostra, além da casca verde, independentemente da idade ou do diâmetro do caule, invariavelmente, as cicatrizes de tôdas as folhas formadas durante a vida da planta. Tal fato por si só indica que o crescimento da casca se realiza por um mecanismo diferente do da maioria das nossas árvores, pois o guapuruvú também não forma ritidoma, faltando por completo a eliminação, mesmo de pequenas porções, de tecidos mortos da casca.

Material e métodos

O material a ser estudado era colhido com auxílio de uma boa faca, tendo sido tiradas amostras de várias árvores, de idades diversas e a diferentes alturas do solo (1, 2 e 3 m). Em certos casos foram utilizadas amostras retiradas de plantas jovens (de menos de um ano de idade) ou de extremidades de galhos de árvores adultas. A árvore mais grossa que foi examinada, media 1,70 m de diâmetro a uma altura de 1,50 m do solo (árvore existente na mata da fazenda da família Estanislau do Amaral, próxima a Indaiatuba, Est. de S. Paulo).

O material colhido era em parte fixado em álcool a 70%, em parte estudado a fresco ou fixado em Bouin quando se destinou à preparação de microfotografias.

Os cortes histológicos (em número superior a 150), foram feitos manualmente, com o auxílio de uma navalha comum ou com o auxílio de um micrótomo de congelção. Os desenhos foram executados com o auxílio de uma câmara clara, modelo Zeiss. Os melhores cortes foram montados permanentemente em bálsamo do Canadá, segundo as técnicas usuais e acham-se depositados na coleção do Departamento de Botânica da Universidade de São Paulo. Somente o material usado nas microfotografias foi fixado, incluído, cortado e corado

Anatomia

A casca secundária desta espécie acha-se nitidamente dividida em duas porções por um cilindro (anel, em corte transversal) de elementos mecânicos constituídos por fibras esclerenquimáticas e de escleritos. Esse cilindro é, no entanto, interrompido, em certos pontos, por elementos parenquimatosos; tais passagens são melhor observadas nos cortes longitudinais tangenciais (fig. 7). Essa organização da casca é frequente, e, segundo Solereder (1908, I, p. 281), presente em todos os representantes da família das Caesalpiniaceae (cf. fig. n.º 1).

Mesmo plantas muito novas (diâmetro de 1,5 cm e com

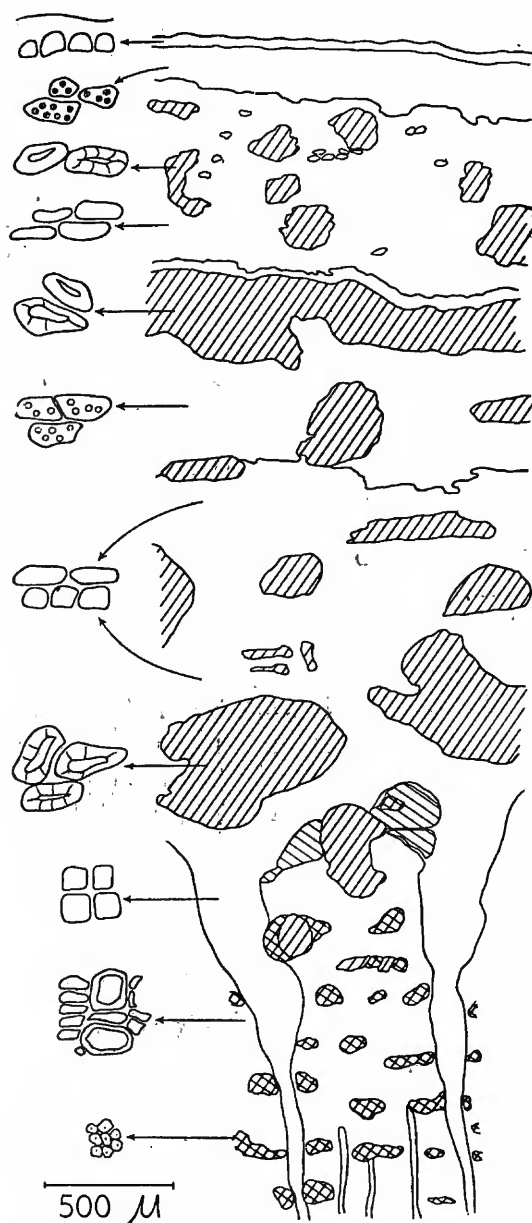


Fig. 1 — Diagrama do corte transversal da casca secundária de uma árvore adulta.

menos de 1 ano de idade), apresentam-na, podendo sua formação ser estudada já a 10 cm abaixo do ponto vegetativo

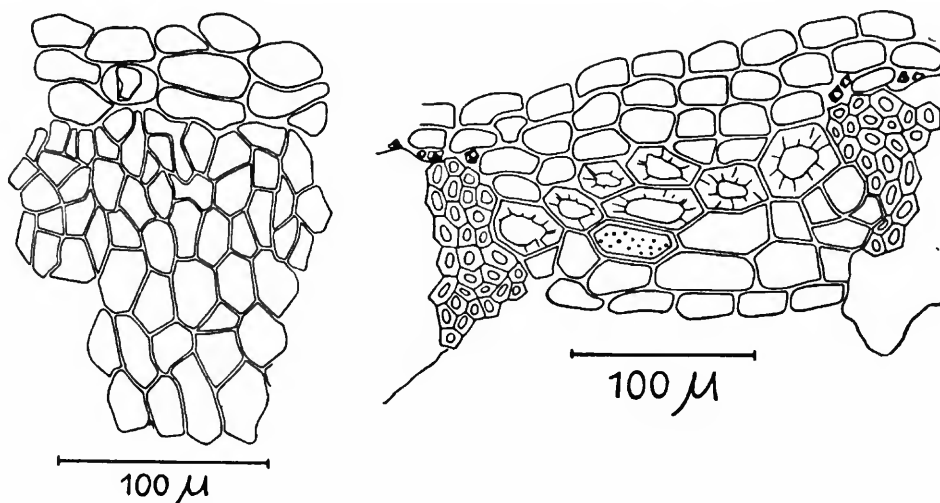


Fig. 2 — Corte transversal do caule a 17 cm abaixo do ponto vegetativo; nota-se o início de diferenciação do “anel” esclerosado.

Fig. 3 — Corte transversal do caule a 17 cm abaixo do ponto vegetativo; notam-se já os elementos mecânicos característicos da região do “anel” esclerosado.

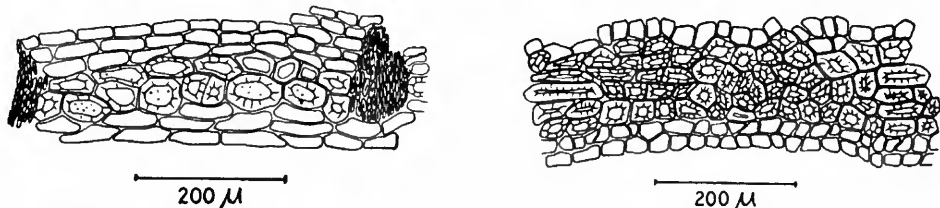


Fig. 4 — Corte transversal do caule a 28 cm abaixo do ponto vegetativo; nota-se o “anel” esclerosado já perfeitamente estabelecido.

Fig. 5 — Corte transversal do caule a 1 m acima do colo, diâmetro do tronco: 10 cm; nota-se o “anel” esclerosado característico.

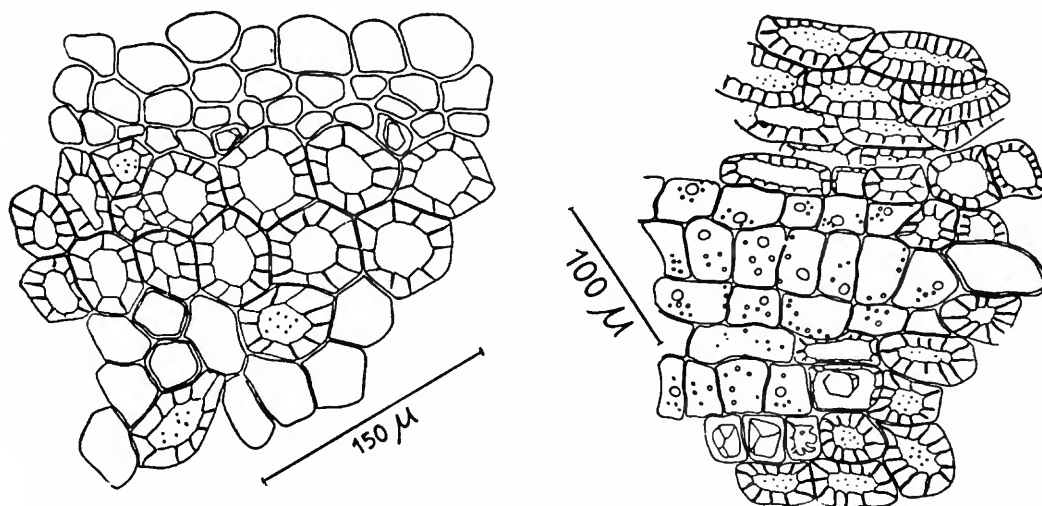


Fig. 6 — Corte longitudinal radial do caule a uma altura de 2 metros acima do colo; nota-se, na região do “anel” esclerosado, a forma das células que o compõe (veja figs. 5 e 7).

Fig. 7 — Corte longitudinal tangencial do caule, na região do “anel” esclerosado; nota-se a intrusão de elemento parenquimatoso no “anel” esclerosado.

(fig. 2), enquanto que a 17 cm (fig. 3), podem ser reconhecidos os elementos mecânicos típicos. A formação desse cilindro se inicia com a diferenciação de grupos isolados de fibras esclerenquimatosas (fig. 2), os quais são posteriormente unidos pela diferenciação de fileiras tangenciais de escleritos, que aumentam em espessura à medida que se afastam do ponto vegetativo (figs. 3, 4 e 5). Tais elementos são quase isodiamétricos, não diferindo seu aspecto com a orientação do corte (fig. 6).

Os tecidos para fora desse anel esclerosado, nos caules novos são formados por parênquima incolor (interno) e parênquima clorofiliano (externo) e idioblastos ou pequenos grupos (3 a 4) de células esclerosadas (fig. 8). As células parenquimatosas das proximidades do anel esclerosado frequentemente contêm cristais grandes, isolados. No limite exterior da casca, abaixo da epiderme, nos caules novos, encontram-se várias camadas de colênquima (fig. 9).

A epiderme, que é constituída por células alongadas radialmente, possui uma cutícula pouco espessa, nos caules muito novos (figs. 9 e 10). A figura 10 mostra células epidérmicas recém-divididas. Mais tarde o espessamento que inicialmente se localiza na face tangencial externa das células, aumenta consideravelmente, progredindo ao mesmo tempo, no sentido radial, ao longo das membranas, formando como que pequenas cunhas, intercaladas entre as células (fig. 11). Tais processos cuticulares já são conhecidos nas epidermes de folhas de **Aloe acinacifolia** (cf. Haberlandt 1924, fig. 22 A) e segundo Haberlandt (l.c., p. 103), tais espessamentos e reforços da epiderme servem principalmente como uma proteção mecânica dos tecidos subjacentes. Aqui também podemos observar divisões das células epidérmicas. A fig. 12 mostra epiderme bem velha, com reforço característico, onde notamos o aparecimento de pequenas fraturas na parte superior da cutícula. Tal corte foi obtido de amostra, retirada a uma altura de 2 m do solo, de uma árvore com 65 cm de diâmetro e de cerca de 50 anos, com uma altura estimada em 30 metros. A fig. 13 mostra, em corte longitudinal radial, o aspecto ligeiramente rugoso da mesma epiderme.

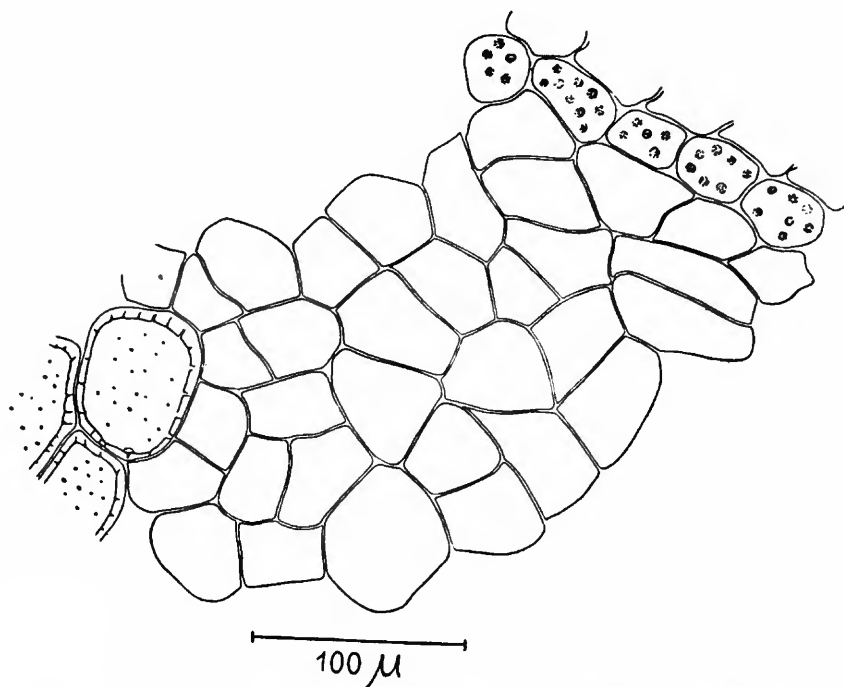


Fig. 8 — Corte transversal do caule a uma altura de 2 m acima do colo; nota-se na região externa da casca a presença de grupo isolado de células esclerosadas.

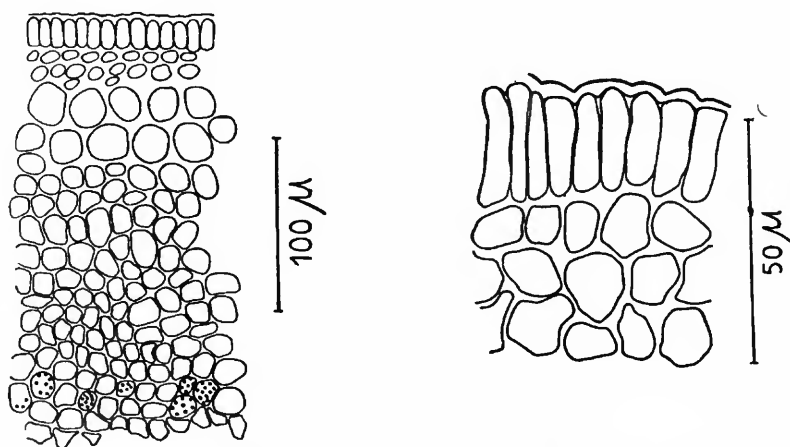


Fig. 9 — Corte transversal de caule jovem, na região da casca externa; nota-se, além da epiderme, a existência de colênquima entre aquela e o parênquima subjacente.

Fig. 10 — Epiderme nova vista em corte transversal do caule; notam-se células epidérmicas recém-divididas e a cutícula pouco espessada.

Os tecidos localizados para dentro do anel esclerosado são de 3 tipos principais: esclerênquima, tecidos liberianos e parênquima (fig. 1), predominantemente de reserva de amido.

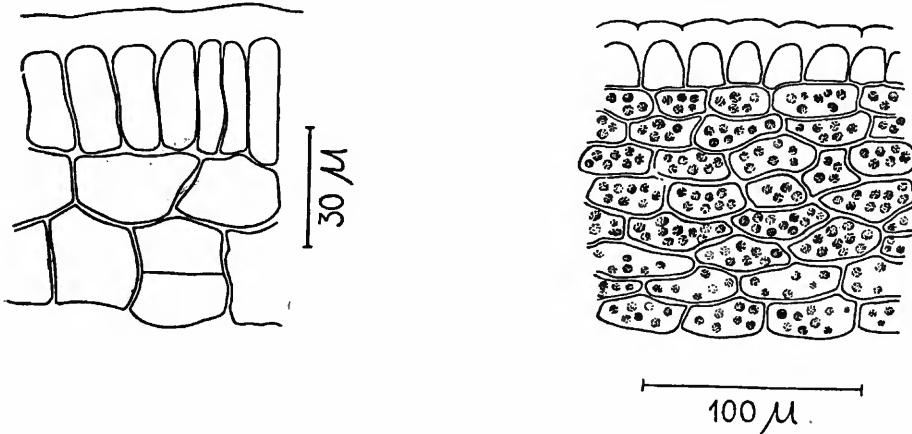


Fig. 11 — Epiderme jovem vista em corte transversal do caule de amostra obtida a uma altura de 2 m acima do colo; nota-se, em células da epiderme e do parênquima subjacente, a maneira irregular de divisão, bem como o início da formação do reforço da cutícula em cunha.

Fig. 12 — Epiderme adulta vista em corte transversal do caule de amostra obtida a 2 m acima do colo de uma árvore com diâmetro de 65 cm na base; notam-se a regularidade da epiderme, a cutícula espessa, e a abundância de clorênquima subjacente.

Como já se pode notar pelo exame da figura 1 e, melhor ainda, nas figuras 14 e 15, tanto o diâmetro como a espessura da parede dos vasos liberianos são muito grandes, podendo ser considerados excepcionais. Outras peculiaridades dêstes

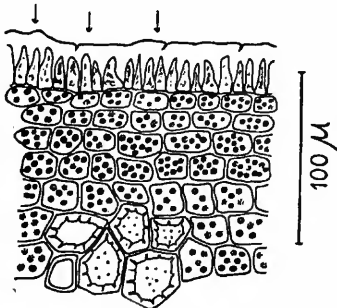
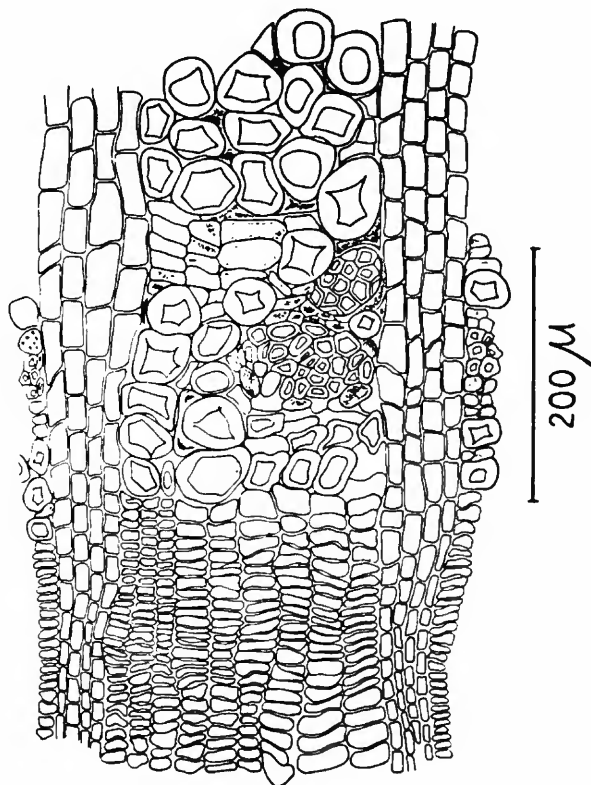


Fig. 13 — Epiderme adulta vista em corte longitud'nal radial do caule de amostra tirada a uma altura de 3 m acima do colo da mesma árvore que forneceu o material da figura anterior; notam-se muito bem as células epidérmicas recém-divididas (setas).

vasos liberianos são a trajetória sinuosa e o tamanho relativamente curto das células, como se pode observar em cortes longitudinais (cf. figs. 17 e 18). Estas figuras mostram, também, a existência de placas crivadas que se encontram nas septos, em posição inclinada. São de se notar, ainda, a espessura e a irre-

gularidade do reforço da membrana destes vasos. Como é usual, os tecidos liberianos encontram-se protegidos por grupos de fibras (**phloem fibers**, dos autores ingleses). A figura 1 e também a figura 16 mostram a existência de grupos muito



Fif. 14 — Corte transversal do caule na região do floema.

grandes de escleritos, espalhados pelo parênquima acima da região liberiana propriamente dita, e, também, o enorme desenvolvimento dos raios medulares após terem ultrapassado a região liberiana (cf. Eames e MacDaniels 1925, p. 198). Tais expansões são já bem conhecidas na literatura referente à presente família. (Cf. Solereder 1908, I, p. 289 e Metcalfe and Chalk, 1950, p. 493).

Digno de nota é que na descrição da anatomia da casca do guapuruvú não foi mencionada a existência de tecido meristemático secundário — o felogênio, responsável pela formação da casca secundária externa. Falta por completo, mesmo nas

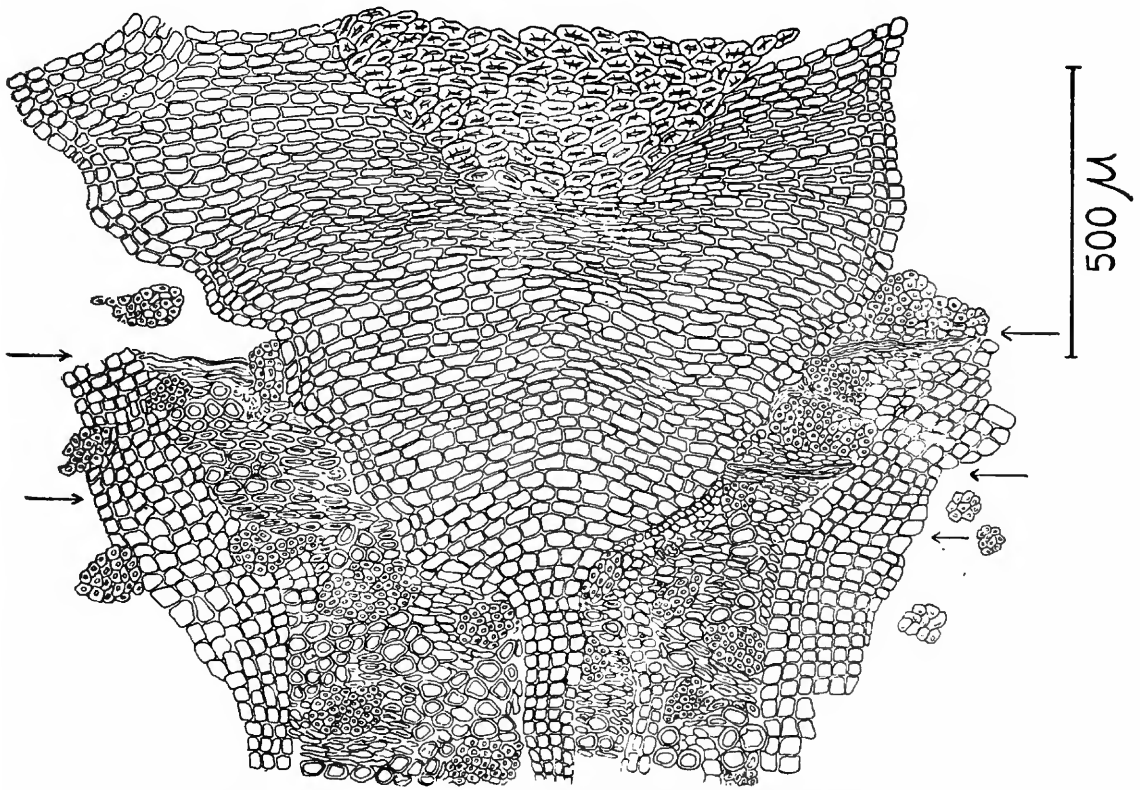
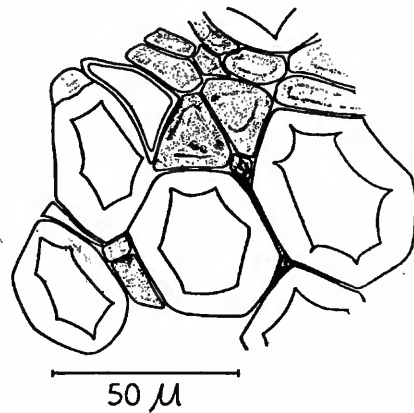


Fig. 16 — Corte transversal da casca na zona de transição entre esta e o cilindro central. Notam-se, em primeiro lugar, o grande desenvolvimento em sentido radial do raio medular primário, desenvolvimento esse que promove o esmagamento das porções mais velhas dos elementos do floema (setas).

Fig. 15 — Corte transversal do caule na região do floema; notam-se as espessas paredes dos vasos crivados e células anexas.



árvores mais velhas estudadas o felogênio contínuo que aparecendo como um anel de tecido meristemático em cortes transversais, tão bem caracteriza a casca secundária da maioria de nossas árvores e como consequência não há formação de suber e ritidoma.

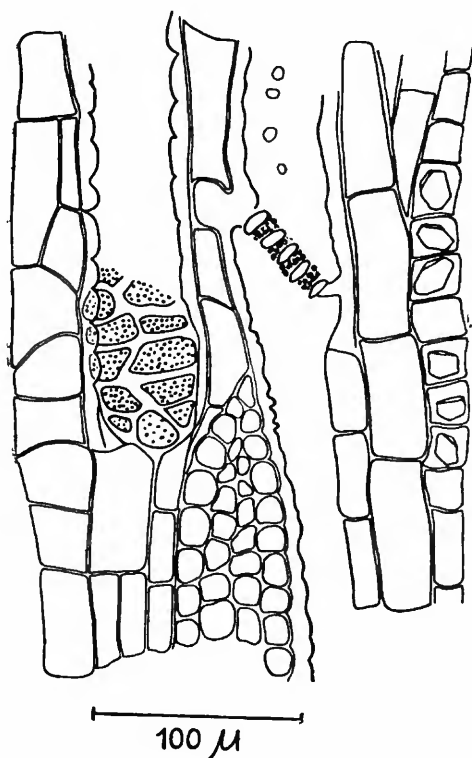


Fig. 18 — Corte tangencial da casca na região dos vasos liberianos; nota-se a variada posição das placas crivadas (o corte está ligeiramente inclinado, de tal sorte que não vemos o vaso liberiano ao qual dá acesso a placa crivada composta que aparece em posição frontal).

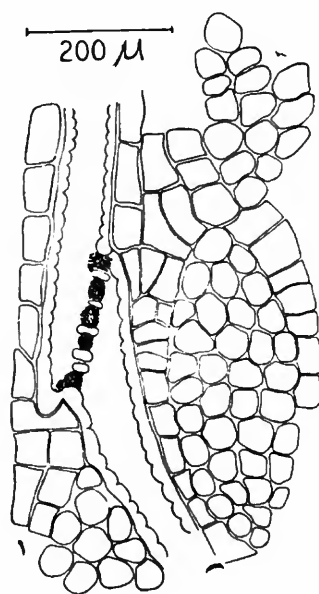


Fig. 17 — Corte tangencial da casca na região dos vasos liberianos; notam-se as placas crivadas dispostas inclinadamente.

Em certas plantas das famílias das **Loranthaceae**, **Menispermaceae** e **Papilionaceae**, o suber só se forma muito tarde. Nas **Visceae** (Loranthaceae) êste nunca se forma (cf. Solereder 1908, II, p. 1149, Esau 1953, p. 352 e Haberlandt 1924, p. 104, onde alguns gêneros, que mantêm epiderme, são mencionados).

E' relativamente rara a falta dêste meristema contínuo nas dicotiledôneas arbóreas. O crescimento secundário da casca

no presente caso é determinado internamente por multiplicação das células dos raios medulares que chegam a esmagar os tecidos vizinhos (cf. fig. 16). O próprio anel esclerosado, que aumenta por adição de células parenquimáticas adjacentes, pode sofrer deformação, como indica a figura 1. A parte exterior da casca (para fora do anel esclerosado) aumenta em espessura por multiplicação ativa, porém irregular, das células parenquimatosas (cf. figs. 11 e 19), no que é acompanhada pela epider-

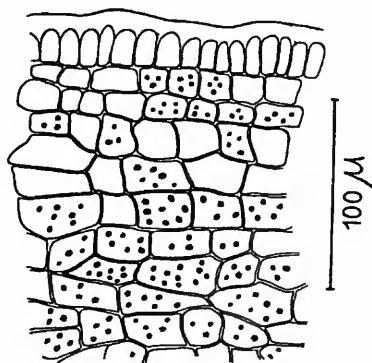


Fig. 19 — Corte longitudinal radial do caule, mostrando células da epiderme e do parênquima subjacente, recém-divididas.

me (cf. Haberlandt, l. et p. c.), independentemente do desenvolvimento do reforço nesta células (cf. figs. 10, 11, 13 e 19). Tal persistência da epiderme não é freqüente, sendo o caso extremo mencionado na literatura, o de uma árvore do hemisfério norte: *Acer striatum*, que "... ist selbst an fussdicken, 40- und mehr Jahre alten Stämmen die lebende und dem Wachstum folgende Epidermis noch grösstenteils erhalten". (de Barry 1877, p. 551).

Lenticelas

Ocorre, normalmente, no caule, a formação de lenticelas. Estas se formam por atividade de um felogênio que se restringe à região lenticelar. Tal felogênio produz suber para o ex-

terior. E' de se notar a persistência destas lenticelas que crescem à medida que o caule aumenta de espessura (fig. n.º 20).

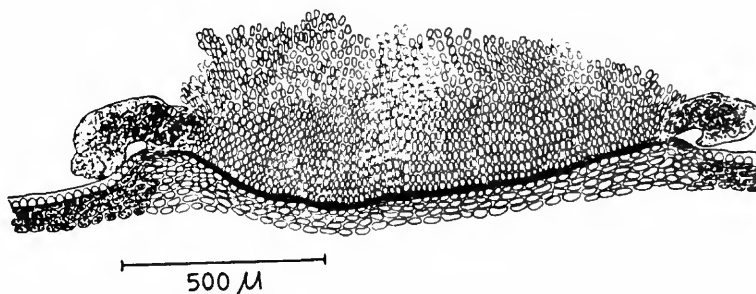


Fig. 20 — Corte transversal do caule passando por uma lenticela (desenho mais ou menos diagramático).

Cicatrização

Após a queda das folhas desenvolve-se, na zona de inserção do pecíolo, um tecido suberoso que protege a ferida (cf. fig. 21). Tal fato, inúmeras vezes mencionado na literatura, é de-

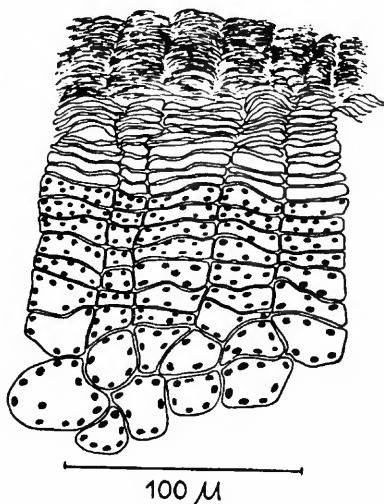


Fig. 21 — Corte transversal do caule passando por uma cicatriz de folha (abscisão normal) em um caule com diâmetro de 2,5 cm; notam-se o felôgênio em plena atividade, as poucas camadas de suber formadas e o aparecimento abundante de cloroplastos no parênquima subjacente.

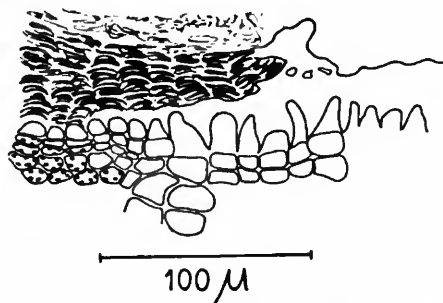


Fig. 22 — Corte transversal do caule passando pelo bordo da cicatriz de folha (abscisão normal); notam-se, à direita, as células epidérmicas normais (esboçadas) e como se inicia a diferenciação da epiderme secundária, proveniente do felôgênio, bem como o último suber por este produzido e que quando cair deixará exposta a nova epiderme.

vido à formação de um meristema secundário, de cicatrização, o felôgênio que produz suber para fora e parênquima para o in-

terior. A figura 21 mostra que êste feloderma, muito cedo se transforma em parênquima clorofiliano, ocupando agora uma situação idêntica à do parênquima clorofiliano da casca normal (cf. figs. 1, 12 e 19, p. ex.). O felogênio, no entanto, restringe-se exclusivamente à região lesada e é de curta duração.

Um fato observado, e que parece não se encontrar na literatura, é o desenvolvimento, na região cicatricial, de uma **epiderme secundária**, que eventualmente se torna contínua com a epiderme primitiva, nos bordos da cicatriz. Tal regeneração epidérmica, conhecida sòmente em casos excepcionais, como

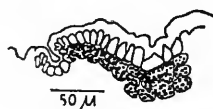


Fig. 23 — Corte longitudinal radial do caule passando pela cicatriz de uma fôlha; notam-se a nova epiderme e o característico pregueamento desta região.

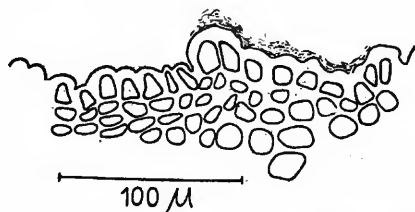


Fig. 24 — Corte longitudinal do caule passando por uma cicatriz de um ferimento antigo; notam-se a epiderme regenerada e o pregueamento que ocorre também na cicatrização produzida após a perda de fôlhas.

em folhas de **Monstera deliciosa** e **Peperomia pereskiaefolia** e nos caules tuberosos de couve-rabano (**Brassica oleracea** var. **gongylodes**) se processa em resposta a uma injúria provocada

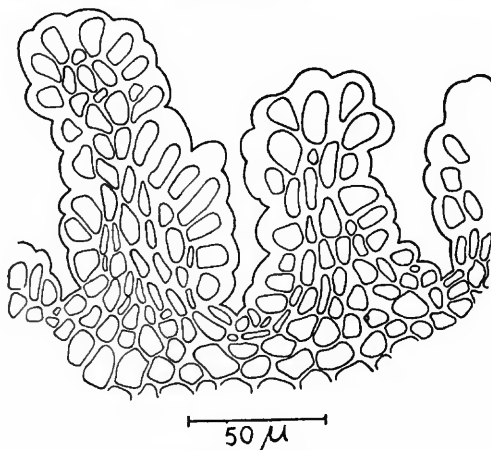
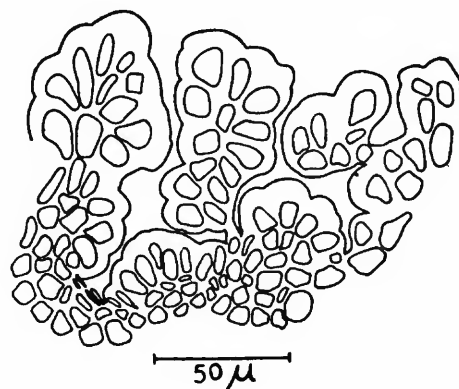


Fig. 25 — Corte transversal do caule passando por uma cicatriz de fôlha (abscisão normal); notam-se a epiderme secundária e o grande dobramento da epiderme e de parte dos tecidos subjacentes (ver também a fig. 23). Êste dobramento é provocado pela atividade de grupos de células meristemáticas secundárias que temporariamente aparecem nesta região.

em folhas muito novas (cf. Haberlandt, l. c., pp. 135-136, onde uma lista dos autores que estudaram esta regeneração em fôlhas pôde ser encontrada; bem como o que diz Linsbauer,

1930, p. 220 citando Vöchting). Isso pode ser visto nas figuras nos. 22-23 e 25-26, onde se pode notar, especialmente na figura 22, que mostra um bordo de cicatriz, o início da diferenciação da epiderme secundária, a partir do felogênio em vias de desaparecimento e, também, a continuidade entre a epiderme primitiva e a em formação. A fig. 23 mostra um estágio mais avançado do processo. As figuras 25 e 26 mostram a epiderme secundária, desenvolvida na região cicatricial da fôlha e o

Fig. 26 — Corte transversal do caule passando por uma cicatriz de fôlha (abscisão normal); notam-se os estados extremos do pregueamento da epiderme (veja as figuras 23 e 25) que levam à eliminação de fragmentos muito pequenos de tecidos nessa região, reconhecível, exteriormente, por uma pulverulência de cor marrom nas cicatrizes novas.



desenvolvimento da rugosidade que caracteriza esta nova epiderme.

Esta epiderme secundária, no início, forma um revestimento uniforme que protege completamente a cicatriz; poste-

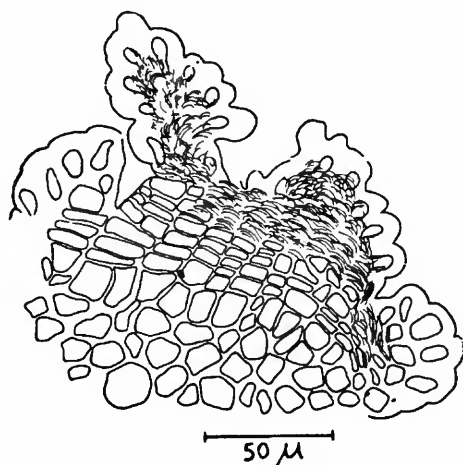


Fig. 27 — Corte transversal do caule passando por uma cicatriz de fôlha (abscisão normal); note a pequena extensão do meristema, cuja atividade provoca o pregueamento da epiderme regenerada, que agora deverá ser substituída por uma nova.

riormente, com o aumento progressivo da espessura do caule surgem novos meristemas isolados que funcionam ativamen-

te durante um curto período e em seguida desaparecem (cf. fig. n.º 27). Como resultados dessa atividade há um pregueamento mais ou menos acentuado da epiderme em vários pontos (cf. figs 26, 24 e 25) que nos casos extremos leva ao desligamento de pequenas porções da epiderme (verdadeiras extrusões) provocando uma formação pulverulenta à superfície da cicatriz foliar, de coloração marron que logo desaparece (cf. figs. 24 e 25). Tal fato é uma consequência natural do aumento local de volume dos tecidos internos provocado pela atividade do acima mencionado meristema. Estas últimas figuras evidenciam claramente que o suber cicatricial que se formou (cf. fig. 22) já desapareceu, tendo caído. As cicatrizes deixadas pela abscisão da fôlha, no entanto, podem ser facilmente identificadas, pois acompanham o crescimento posterior do caule em espesura, alongando-se no sentido transversal. Tais cicatrizes, quando se formam, têm 1,5 a 2 cm de largura em troncos com 5 cm de diâmetro; posteriormente, essas cicatrizes passam a 9 cm, em troncos com 11 cm de diâmetro, a 37 cm em troncos com 38 cm de diâmetro. São maiores ainda em troncos com diâmetro superior ao indicado.

Outro fato observado é a regeneração de tecidos em feridas acidentais, em qualquer ponto do caule. Forma-se, após um ferimento, um meristema secundário, abaixo da região lesada, fato êsse muito freqüente e bem documentado, em seus detalhes, na literatura. Êsse meristema produz suber para fora e feloderma para dentro. O que é notável, no entanto, é que esta região cicatricial acidental, em pouco tempo está outra vez revestida por epiderme secundária que se forma, como no caso de cicatriz de fôlha, a partir do felogênio que aí se desenvolveu. Assim, em pouco tempo, tendo caído as poucas camadas de suber formado, volta a existir uma epidérme protetora naquêles pontos injuriados (cf. fig. 24). E' claro que tal processo elimina, por completo, dentro de certo tempo, as cicatrizes que porventura se formem na casca do caule. Tal fato, isto é, a regeneração da epiderme em caules arbóreos, nestes ferimentos, parece nunca ter sido constatada anteriormente.

RESUMO

Neste trabalho é estudada a anatomia da casca secundária do caule do Guapuruvú (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake).

Além da verificação da existência de estruturas características da família, são apresentadas, entre outras, as seguintes constatações novas:

1 — O crescimento secundário em espessura da casca não se processa por intermédio de um felogênio, mas pela multiplicação irregular de células parenquimatosas, na parte externa da casca, e por aumento considerável na largura dos raios medulares, na parte mais interna.

2 — A epiderme primitiva mantém-se durante toda a vida da planta. Isso é conseguido por um aumento considerável do número das células epidérmicas, pois, as das árvores adultas não diferem em tamanho das de árvores jovens, o que já é mencionado na literatura: "Die Epidermiszellen des 200 mm dicken Stammes von *Acer striatum* z.B. sind kaum doppelt so breit als die des einjährigen Triebes von 5 mm Durchmesser". (De Bary, l.c., p. 551 e também Esau 1953, p. 138). A persistência da epiderme em caules idosos é um fato excepcional, o caso extremo mencionado na literatura é o de *Acer striatum* (cf. De Bary, l. et p.c.) com idade de "... 40- und mehr Jahre alten..." No presente caso foi constatada a presença de epiderme em árvores com 170 cm de diâmetro e com 100 anos de idade, pelo menos.

3 — As cicatrizes de folhas são muito cedo revestidas por uma epiderme secundária que se forma a partir do felogênio de cicatrização e é contínua com a epiderme dos bordos da cicatriz. Tal fato, ao que se pôde constatar na literatura acessível, constitui uma observação nova para troncos de árvores, Haberlandt (l.c., pp. 148-149) menciona tal regeneração em folhas muito novas de duas plantas e em caule tuberoso de couve rabano.

4 — Cicatrizes provocadas por ferimentos acidentais também formam epiderme secundária da mesma maneira descrita acima.

SUMMARY

Notes on the anatomy of the bark of the Brazilian
"Guapuruvú", **Schizolobium parahyba** (Vell.) Blake
(With 27 text-figs. + 4 microphotographs)

As a member of the Leguminosae-Caesalpiniaceae, **Schizolobium parahyba** has some well known anatomical characteristics, such as very broad vascular rays and the presence in the cortex of a perforated cylinder (a ring in cross section) of sclerotic tissues (fibers and sclerites) in the secondary cortex.

However it has some peculiarities not described elsewhere such as:

1) Absence of typical phelogen (as a continuous layer around the bark), as the usual meristematic tissue responsible for secondary thickening of the cortex. This is accomplished by active, but very irregular divisions of ordinary parenchyma cells.

2) Persistence of the epidermis throughout the life of the plant, despite the enormous thickening of the stem (the oldest tree measured had a diameter of 170 cm at 150 cm above the ground). The record in this respect was held by **Acer striatum**, which maintains its epidermis "...40— und mehr Jahre alte..." (De Bary, 1877, p. 551) and at that age the plant has approximately 20 cm in diameter (cf. also Esau 1953, p. 138). This is possible by active multiplication of the epidermal cells and not by distention. There is no difference in size between epidermal cells of stems of different diameters (see also De Bary, l.c., p. 551).

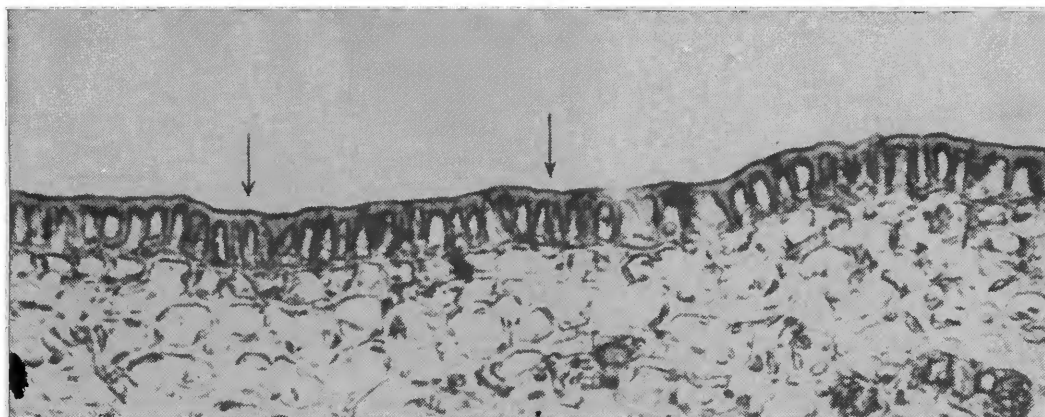
3) Differentiation of a new epidermis from the cicatricial phelogen, which is very fugacious, at the scars left by abscising leaves. This new epidermal covering is continuous with the primitive epidermis. Haberlandt 1928, pp. 148-149, describes such "regeneration of the epidermis", as he called it, in very young leaves of **Monstera**, when it has only 8 mm of length, and in the tuber of a variety of **Brassica oleracea**.

Our observation concerning the regeneration of the epidermis in the stem of a large tree, is new, as far as the authors are aware.

4) Accidental wounding of the stem is promptly healed by way of a fugacious phelogen which in turn produces a new epidermis at the very scar in the same way as the healing of a leaf-scar.

BIBLIOGRAFIA

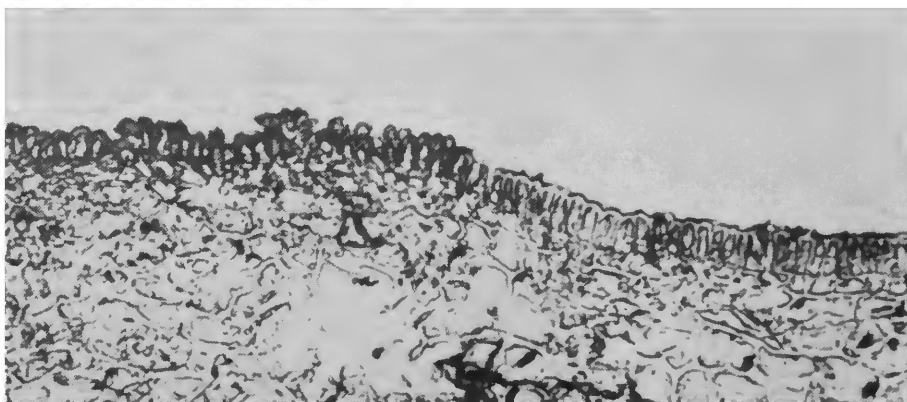
- DE BARY, A. — Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, "in" A. de Bary und J. Sachs, herausg. v. W. Hofmeister: Handbuch der Physiologischen Botanik. Band III.: XVI + 1-663, Leipzig, 1877.
- EAMES, A. J. and MacDANIELS, L. H. — An Introduction to Plant Anatomy. XIV + 1-364. McGraw-Hill Book Co., Inc., N. York and London, 1925.
- ESAU, K. — Plant Anatomy. XII + 1-735 (incl. 85 plates) John Wiley & Sons, Inc., New York, 1953.
- HABERLANDT, G. — Physiologische Pflanzenanatomie. Sechste Auflage. XVIII + 1-671. Leipzig, 1924.
- LINSBAUER, K. — Die Epidermis "in" K. Linsbauer — Handbuch der Pflanzenanatomie, unter Mitwirkung zahlreicher Fachmänner. Band IV: VIII + 1-283. Berlin, 1930.
- METCALFE, C. R. and CHALK, L. — Anatomy of the Dicotyledones. Vol. I: LXIV + 1-724. Oxford, 1950.
- SOLEREDER, H. — Systematic anatomy of the Dicotyledons. Transl. by L. A. Boodle and F. E. Fritsch. Revised by D. H. Scott. Vol. I: XII + 1-644. Vol. II: VI + 645-1182. Oxford, 1908.



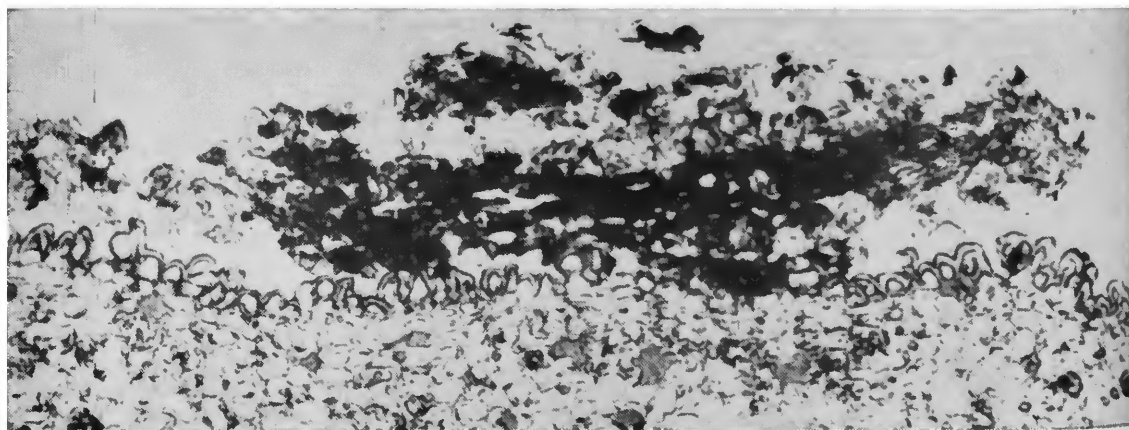
Fotomicrografia 1 — Epiderme vista em corte transversal do caule. As setas indicam células recém-divididas.



Fotomicrografia 2 — Bordo de uma cicatriz de fôlha (abscisão normal). Nota-se a interrupção brusca da epiderme e o tecido suberificado em escamação.



Fotomicrografia 3 — Bordo de uma cicatriz de folha (abscisão normal), com a epiderme completamente regenerada e contínua com a epiderme primitiva. Esta vê-se à direita.



Fotomicrografia 4 — Trecho central da cicatriz de folha (abscisão normal) em vias de regeneração da nova epiderme; notem-se os remanescentes do tecido suberoso em escamação acima da nova epiderme.

**CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA ECOLOGIA DO
CERRADO. Estudo comparativo da economia d'água de sua ve-
getação, em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de
Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás).**

Mario G. Ferri e Leopoldo M. Coutinho

**Departamento de Botânica, da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.**

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA ECOLOGIA DO CERRADO. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação, em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás).

Mario G. Ferri e Leopoldo M. Coutinho

Departamento de Botânica, da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

Introdução

Diversos trabalhos anteriores, de Rawitscher, Ferri e Rachid (15), Ferri (6, 8), Rachid (13), Rawitscher (14), Schubart e Rawitscher (17), Coutinho e Ferri (5), Andrade, Rachid-Edwards e Ferri (2), realizados em Emas (Pirassununga, Estado de São Paulo), trouxeram alguns esclarecimentos sobre a ecologia do cerrado, considerando especialmente o seu balanço hídrico.

Um estudo comparativo da economia d'água de cerrados sujeitos a condições ambientes diversas, traria, sem dúvida, subsídios valiosos à elucidação de muitos problemas que ainda aguardam solução. Cerrados típicos, em Campo Grande, Estado de Mato Grosso, e em Goiânia, Estado de Goiás, foram escolhidos para início deste estudo, para o qual, ainda, novas experiências foram realizadas em Emas.

Agradecimentos

Sem a valiosa cooperação de várias instituições e pessoas, a realização do presente trabalho não teria sido possível. A parte experimental de campo, em Emas, foi efetuada nos cerrados próximos de Pirassununga, onde se encontra a Estação Experimental de Biologia e Piscicultura. De seu Diretor, Dr.

Almir Perácio, do Dr. Otto Schubart e de outros funcionários da Estação tivemos, como sempre, o melhor auxílio.

Os estudos em Campo Grande foram facilitados por gentileza do Dr. Mario van den Bosch, do padre Mario Blandini, Diretor Vigário do Oratório São José, da Ordem dos Salesianos e do Clérigo Bartolomeu Giaccaria, do mesmo Oratório.

Em Goiânia contamos com a valiosa colaboração do Dr. Sebastião Dante de Camargo Júnior, de funcionários das Centrais Elétricas, do Palácio do Governo e da Secretaria da Agricultura. O Dr. Valerian Znamenskiy, desta última Secretaria, gentilmente forneceu dados meteorológicos aqui usados. Muitos outros dados meteorológicos foram fornecidos pelo Ministério da Agricultura, por gentileza do Ten-Cel. Av.^{or} Eng. João Luís Vieira Maldonado.

A Rockefeller Foundation proporcionou fundos que permitiram a aquisição de instrumentos utilizados nesta pesquisa.

A Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, mediante um convênio firmado em 22 de setembro de 1955 com o Departamento de Botânica, forneceu recursos, não só para aquisição de equipamentos, mas também para despesa com as viagens realizadas.

Aos ilustres representantes dos diversos estados com interesses na referida bacia, a cujo elevado espírito devemos a autorização para firmar-se o aludido convênio, o nosso maior reconhecimento, que se estende, igualmente, a todos que conosco colaboraram.

Caracterização sumária dos locais de trabalho

Emas situa-se a 47° 30' de longitude W de Greenwich, a 22° 2' de latitude sul e a altitude, na estação da estrada de ferro da Cia. Paulista, em pleno cerrado, é de 575 metros.

Campo Grande está a uma longitude de 54° 37' W de Greenwich, a 20° 27' de latitude sul e a sua altitude é de 366,2m, no posto meteorológico situado no Oratório São José, da Ordem dos Salesianos, próximo do centro da cidade.

Goiânia fica a 49° 17' de longitude W de Greenwich, a 16° 38' de latitude sul e a uma altitude de 744,3m; estas são as características do posto meteorológico do aeroporto local.

Considerações pormenorizadas sobre o clima de Emas são dispensáveis, uma vez que há numerosas informações publicadas a respeito (Rawitscher, Ferri e Rachid (15), Ferri (6, 8), Rachid (13), Schubart (16). Assinalaremos apenas que a média das precipitações anuais oscila ao redor de 1300 mm, havendo, em geral, um período de seca de cinco meses, de maio a setembro. Nesse período a média mensal de precipitações é de 19,1 mm. Se considerarmos apenas os três meses mais secos (julho a setembro), essa média cairá para 13,8 mm.

Em Campo Grande as precipitações anuais médias sobem a um valor aproximado de 1400 mm, sendo que o período de seca se restringe, em geral, a três meses — de julho a setembro. Em certos anos, porém, a seca pode ser mais longa, começando em junho e até mesmo em maio. Enquanto que em Emas a média mensal de pluviosidade no período de seca é de 19,1 mm, em Campo Grande ela se eleva a 23,5 mm.

A tabela 1 nos informa sobre as precipitações mensais em Campo Grande, de 1951 a 1955. Deve-se notar que, à semelhança do que ocorre em Emas (Ferri, 6, 8), são relativamente raros os meses com absoluta falta de chuvas.

A tabela 2 refere-se às precipitações mensais, de 1940 a 1948, na cidade de Goiânia. Verifica-se, em primeiro lugar, que a média das precipitações anuais é de cerca de 1600 mm, mais elevada, portanto, que nas duas localidades anteriormente mencionadas. O período de seca é de quatro meses, de maio a agosto. Observa-se ainda, que em Goiânia, ao contrário do que ocorre em Emas e em Campo Grande, raros são os anos que não apresentem um, dois, três e até quatro meses com absoluta falta de chuvas. Esse fato parece indicar que, embora as precipitações anuais de Goiânia superem, em média, as de Emas e Campo Grande, a seca é mais severa na primeira localidade. A essa mesma conclusão chegaremos, observando que a média das precipitações dos quatro meses mais secos, em

TABELA 1

Distribuição mensal das Precipitações em Campo Grande (1951-1955),
segundo dados fornecidos pelo Posto Meteorológico situado no Oratório
São José, da Ordem dos Salesianos.

	1951	1952	1953	1954	1955	Média
Janeiro	511,8	272,3	147,0	315,0	285,2	306,26
Fevereiro	180,0	383,7	146,4	163,3	83,8	191,44
Março	156,5	205,3	99,8	180,8	255,2	179,52
Abril	2,5	97,7	95,5	116,0	130,0	88,34
Maiο	31,7	17,0	138,3	189,0	20,9	79,38
Junho	50,6	52,6	92,8	79,5	59,7	67,04
Julho	4,2	9,2	10,3	4,5	33,7	12,38
Agosto	18,7	2,0	21,8	0,0	20,4	12,58
Setembro	26,8	31,4	152,9	17,0	0,0	45,62
Outubro	176,9	164,6	166,0	181,4	134,3	164,64
Novembro	125,2	198,4	313,1	93,2	93,7	164,72
Dezembro	74,5	115,6	123,5	144,3	299,6	151,50
Totais anuais	1359,4	1549,8	1507,4	1484,0	1416,5	1463,38

Goiânia, é de 7,9 mm, muito inferior à obtida para as outras duas localidades.

Quanto ao fator temperatura, Ferri (8), reúne informações relativas a Emas e de seu trabalho reproduzimos os seguintes dados: a média das temperaturas máximas (de 1951 a 1953) é de 28,7° C, sendo 12,4° C a das mínimas. Para Campo Grande as médias das máximas e das mínimas são, respectivamente, 29,5° C e 17,3° C, considerando-se os anos de 1935, 1945 e 1955, a que se referem os dados que pudemos obter. Em Goiânia essas médias são 29,0° C e 15,5° C (1940 a 1948). Comparando as três localidades vemos que a média das máximas pouco varia enquanto que a das mínimas apresenta diferenças apreciáveis, principalmente entre Emas e Campo Grande.

Por falta de dados mais numerosos que permitissem um confronto das condições de umidade relativa nas três localidades, as informações sobre esse fator, apresentadas mais adiante, serão restritas aos dias em que nossas experiências se realizaram.

Com relação ao solo, informações sobre o de Emas já foram reunidas por Rawitscher, Ferri e Rachid (15), Rachid (13) e Ferri (8).

Campo Grande está em terrenos de idade mesozóica (1^a), constituídos por "trapps" basálticos e arenitos. O solo aí pode ser fértil, com frequência constituído por terra roxa, havendo manchas intercaladas, de solo mais arenoso. Testemunho da fertilidade de alguns desses solos é o bom desenvolvimento de várias culturas que tivemos ensejo de observar. É natural que em muitos casos o solo se apresente, ao menos nas camadas superiores, altamente empobrecido, devido, inclusive, aos maus tratos a que vem sendo submetido desde longa data.

Informações locais sobre a profundidade do solo revelam situação comparável à de Emas, pois o lençol freático, permanente, pode achar-se até a 16 m.

Em Goiânia e arredores, igualmente, o solo é, muitas vezes, de aparência fértil, tipo massapé e salmourão, proveniente de decomposição de rochas do complexo cristalino (4). Com relativa frequência encontram-se manchas que lembram, pelo

TABELA 2

Distribuição mensal das Precipitações em Goiânia (1940—1948), segundo dados fornecidos pelo Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura

	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	Média
Janeiro	233,3	306,9	238,3	416,3	118,4	364,0	200,0	194,3	179,3	260,1
Fevereiro	389,8	278,9	364,2	113,3	240,5	213,7	143,7	183,0	128,8	228,4
Março	266,4	278,2	169,1	194,1	162,4	265,7	207,1	223,8	235,9	222,5
Abril	35,4	65,3	149,4	86,8	97,0	443,3	35,0	87,6	11,6	112,4
Maiο	44,9	0,9	22,0	1,6	0,0	43,8	28,2	5,7	0,3	16,4
Junho	0,0	0,0	0,0	0,1	5,0	0,0	1,4	1,6	0,3	0,9
Julho	0,0	22,2	0,1	0,0	0,0	0,0	23,3	4,2	1,6	5,7
Agosto	41,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	8,9
Setembro	76,0	79,9	127,7	43,4	0,0	8,3	50,8	34,1	48,0	52,0
Outubro	204,8	80,5	179,4	159,2	190,0	197,4	152,4	126,7	62,7	150,4
Novembro	169,3	315,5	222,2	433,4	258,0	377,7	205,3	184,8	210,2	264,0
Dezembro	207,5	296,8	250,3	458,4	235,3	253,6	270,4	363,0	400,7	315,1
Totais anuais	1668,4	1915,1	1722,7	1906,6	1306,6	2167,5	1317,6	1447,8	1279,4	1636,8

aspecto, terra roxa. Nestes solos, também, diversas culturas atestam, às vezes, a fertilidade, valendo, entretanto, para êles, as mesmas considerações acima feitas, sôbre a possibilidade de esgotamento, principalmente nas camadas mais superficiais.

A vegetação

Referindo-se aos campos cerrados de Emas, Ferri (8) afirma apresentarem “fisionomia e composição florística muito semelhantes às dos outros cerrados do Brasil”. De fato, comparando a vegetação de Emas com a de Campo Grande e Goiânia, verificam-se pequenas diferenças que não chegam, porém, a distinguir com nitidez, quer fisionômica, quer florísticamente, o cerrado das três localidades.

Assim, enquanto que em Emas, entre as espécies predominantes figuram **Stryphnodendron adstringens** e **Dimorphandra mollis**, em Campo Grande **Anona coriacea** é a dominante absoluta, que em Goiânia desaparece, cedendo lugar a **Curatella americana**. Uma outra espécie de **Anona**, ainda não determinada, ocorre com certa freqüência neste último local.

E, se **Anona coriacea**, em Emas, nunca ultrapassa a altura de um metro, em Campo Grande atinge cinco ou mais, constituindo frondosas árvores, à sombra das quais, com freqüência, nos abrigávamos para a realização das nossas experiências. **Curatella americana**, espécie que não ocorre em Emas, sôbre ser muito freqüente em Goiânia, atinge 7-10 metros de altura, tornando-se, por ambos os motivos, componente em grande destaque, de sua vegetação.

Também entre as espécies herbáceas, como as que constituem o revestimento do solo, algumas diferenças ocorrem. Assim, **Echinolaena inflexa**, gramínea muito freqüente em Emas, é incomum em Goiânia e principalmente em Campo Grande; certa freqüência de Bromeliáceas terrestres só foi constatada em Goiânia.

Fato interessante observa-se nas proximidades desta cidade: a uns 10 km do centro, ao longo da estrada de rodagem que conduz a Goiás, antiga capital do Estado, numa faixa de mais

ou menos 50 m de largura, encontra-se uma vegetação bastante densa, em que predominam espécie do cerrado; sua fisionomia não é, porém, a fisionomia típica de cerrado; as árvores atingem a vários metros de altura; há boa cobertura do solo por folhas e detritos vegetais; líquens abundantes revestem os troncos das árvores, onde se encontram, igualmente, como epífitas, orquídeas e Bromeliáceas; não se notam aí, sinais de queima, nem indícios de recente corte de árvores; afastando-se da estrada, uma vez ultrapassada esta faixa, descortina-se logo o cerrado típico.

A explicação para êste fato foi logo encontrada: quem vai lenhar em propriedade alheia, nunca o faz nas vizinhanças da estrada, temendo ser surpreendido. Assim, a faixa de vegetação próxima à estrada, tem oportunidade de desenvolver-se melhor, oferecendo ao solo mais sombra protetora e possibilitando, com a rápida melhora geral das condições ambientes, oportunidade para ocupação por espécies mais exigentes, que aí chegam, vindas de associações vizinhas, de composição diversa.

A lista que segue, das principais espécies do cerrado, compara a vegetação das três localidades em consideração neste trabalho. Confirma o fato da relativa uniformidade dessa vegetação, mostrando haver, todavia, diferenças na composição florística.

Quando uma espécie é indicada com sinal negativo, isso não significa que ela tenha ausência absoluta no local considerado, mas, apenas, que não foi por nós encontrada.

LISTA COMPARATIVA DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DOS CERRADOS DE EMAS, CAMPO GRANDE E GOIÂNIA

Nome científico	Nome vulgar	Família	Emas	Campo Grande	Goiânia
Alibertia sessilis Schum.	Marmelinho	Rubiácea	+	+	—
Anacardium pumilum St. Hil.	Cajueiro do campo	Anacardiácea	+	+	+
Andira humilis Mart.	Mata-barata, Angelim	Leguminosa	+	+	+
Andira sp. (arbórea)	—	Leguminosa	—	++	—
Anemia anthriscifolia Schrad.	—	Esquiseácea	+	—	+
Anona coriacea Mart.	Cabeça de negro	Anonácea	++	++	—
Anona dioica St. Hil.	—	Anonácea	+	+	—
Aspidosperma tomentosum Mart.	Peroba do campo	Apocinácea	++	—	++
Banisteria sp.	—	Malpigiácea	+	+	+
Bauhinia sp.	Unha de vaca	Leguminosa	+	+	+
Bombax gracilipes Schum.	Paina do campo	Bombacácea	+	—	—
Bombax longiflorum Schum.	Embirussú	Bombacácea	+	+	+
Bowdichia virgilioides Kunth in H. B.	Sucupira	Leguminosa	+	+	++
Butia leiopatha (Barb. Rodr.) Bacc.	—	Palmácea	+	+	+
Byrsonima coccolobifolia Kunth	Murici	Malpigiácea	++	+	+
Byrsonima verbascifolia Rich.	Murici	Malpigiácea	+	+	—
Caryocar brasiliense St. Hil.	Piqui	Cariocarácea	+	+	+
Cassia chrysocarpa Desv.	—	Leguminosa	+	+	+
Cochlospermum insignie St. Hil.	Algodão do campo	Coclospermácea	+	—	+
Conarus suberosus Planch.	—	Conarácea	+	+	++
Curatella americana Linn.	Lixeira	Dileniácea	—	++	++
Didymopanax vinosum E. March.	—	Araliácea	+	—	+
					(?)

Nome científico	Nome vulgar	Família	Emas	Campo Grande	Goiânia
Dimorphandra mollis Benth.	Barbatimão de fôlha miúda	Leguminosa	+++	+	+
Diplothemium campestre Mart.	—	Palmácea	+	—	+
Diplusodon virgatus Pohl	—	Litrácea	+	—	+
Duguetia furfuracea (St. Hil) Benth. & Hook. fil.	—	Anonácea	+	+	+
Echinolaena inflexa (Poir.) Chase	Capim flecha	Gramínea			
Eremanthus sphaerocephalus (D. C.) Baker	—	Composta	++	—	+
Erythroxylum suberosum St. Hil.	—	Eritroxilácea	+	—	+
Erythroxylum tortuosum Mart.	Mercúrio do campo	Eritroxilácea	++	+	+
Helicteris sp.	Mercúrio do campo	Esterculiácea	+	+	+
Himatanthus sp.	—	Apocinácea	+	—	+
Hymenaea sp.	—	Leguminosa	—	—	++
Jacaranda sp.	Jatobá	Bignoniácea	+	+	++
Kielmeyera coriacea Mart.	—	Ternstroemiácea	+	+	+
Kielmeyera corymbosa Mart.	Pau santo	Ternstroemiácea	++	—	+
Machaerium sp.	Pau santo	Leguminosa	+	+	+
Miconia sp.	Jacarandá do campo	Melastomácea	+	—	+
Neea theifera Oerstedt	—	Nictaginácea	+	+	+
Ouratea spectabilis (Mart.) Engl.	—	Ocnácea	+	—	+
Palicourea rigida H.B.K.	Gritadeira	Rubiácea	+	+	+
Periandra dulcis Mart.	Alcaçúis do campo	Leguminosa	+	+	+

Nome científico	Nome vulgar	Família	Emas	Campo Grande	Goiânia
<i>Piptadenia</i> sp.	—	Leguminosa	+	++	—
<i>Psychotria</i> sp.	—	Rubiacea	—	—	+
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau terra	Voquistiacea	+	++	+
<i>Ruellia geminiflora</i> (N. ab Es.) H.B.K.	—	Acantacea	+	—	+
<i>Serjania erecta</i> Radlk.	—	Sapindacea	+	+	+
<i>Smilax</i> sp.	—	Esmilacacea	+	+	+
<i>Solanum grandiflorum</i> Ruiz et Pavon.	Fruta de lobo	Solanacea	+	+	+
<i>Strychnos pseudo-quina</i> St. Hil.	Quina do campo	Loganiacea	+	—	+
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	Leguminosa	+++	+	+
<i>Styrax camporum</i> Pohl.	—	Estiracacea	+	+	+
<i>Sweetia dasycarpa</i> Benth.	—	Leguminosa	+	+	+
<i>Sweetia elegans</i> Benth.	—	Leguminosa	+	+	—
<i>Tabebuia</i> sp. (2 ou 3 espécies)	Ipê	Bignoniacea	+	+	+
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	—	Rubiacea	+	+	+
<i>Tocoyena formosa</i> Schum.	—	Rubiacea	+	—	+
<i>Vernonia</i> sp.	—	Composita	+	—	+
<i>Xylopia grandiflora</i> St. Hil.	Pimenta de macaco	Anonacea	+	+	+
<i>Zeyhera montana</i> Mart.	Bolsa de pastor	Bignoniacea	+	—	+

Considerações sobre a metodologia e indicação das espécies estudadas

Para o estudo da transpiração e do comportamento estomático das espécies escolhidas, foi empregado o método das pesagens rápidas, utilizando-se para isso de uma balança de torção Jung-Heidelberg.

A velocidade das reações hidroativas dos estômatos foi igualmente estabelecida. Para isso, uma fôlha destacada da planta era posta na balança, efetuando-se pesagens de minuto em minuto; os valores assim obtidos, de sua transpiração, os quais gradativamente decresciam, com maior ou menor velocidade, indicavam o grau variável de eficiência dos aparelhos estomáticos das diversas espécies.

Avaliações das aberturas estomáticas pelo método de infiltração com xilol, foram feitas, não só para as espécies cujo andamento diário da transpiração se estudou, mas, também, para muitas outras.

Maiores detalhes sobre o método das pesagens rápidas, e justificativas de seu emprêgo, deixam de aquí figurar, visto que Ferri (8), ainda recentemente, apresentou a respeito, muitas informações.

Os resultados a seguir discutidos, referem-se ao andamento diário da transpiração, à velocidade de reação e ao comportamento estomático de diversas espécies permanentes, escolhidas, de preferência, entre aquelas que são comuns aos cerrados de Emas, Campo Grande e Goiânia. A não ocorrência de uma espécie em certo local, o mau estado dos exemplares encontrados, de outra, etc., impediram, por vêzes, o estudo de tôdas, nas três localidades.

Em Campo Grande foram estudadas: *Erythroxylum suberosum*, *Anona coriacea*, *Connarus suberosus*, *Xylopia grandiflora*, *Byrsonima coccolobifolia* e *Andira humilis*. Em Goiânia: *Erythroxylum tortuosum*, *Erythroxylum suberosum*, *Connarus suberosus*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Andira humilis* e *Curatella americana*. Finalmente, em Emas, onde Ferri já estudara a maioria das espécies agora analisadas em Campo Gran-

de e Goiânia, foi julgado interessante obter informações relativas a *Connarus suberosus* e *Xylopia grandiflora*.

O comportamento estomático analisado pelo método de infiltração com xilol abrangeu um grande número de espécies. Em Campo Grande foram feitas observações em: *Duguetia furfuracea*, *Anona coriacea*, *Xylopia grandiflora*, *Andira humilis*, *Andira* sp. (espécie arbórea), *Qualea grandiflora*, *Stryphnodendron adstringens*, *Curatella americana*, *Tecoma* sp., *Tocoyena brasiliensis*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Connarus suberosus*, *Caryocar brasiliensis*, *Sweetia elegans*, *Hymenae* sp., *Anacardium pumilum*, *Butia leiospatha* e *Alibertia sessilis*. Em Goiânia foram observadas: *Palicourea rigida*, *Connarus suberosus*, *Erythroxylum suberosum*, *Bowdichia virgilioides*, *Tocoyena formosa*, *Kielmeyera* sp., *Anacardium pumilum*, *Curatella americana*, *Aspidosperma tomentosum*, *Andira humilis*, *Erythroxylum tortuosum*, *Tecoma* sp., *Butia leiospatha*, *Neea theifera*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Qualea grandiflora*, *Stryphnodendron adstringens*. Observações no mesmo sentido, em Emas, foram dispensadas, por já terem sido feitas anteriormente (Ferri, 6).

Condições meteorológicas nos dias de realização das experiências

O andamento diário da temperatura, da umidade relativa e da evaporação, nos dias em que as determinações de transpiração foram feitas, está representado nas curvas das figuras 1, 2a e b e 3a, b e c, que se referem, respectivamente, a Emas, Goiânia e Campo Grande.

A figura 1, relativa ao dia 10 de agosto de 1956, mostra o início das observações em Emas, um pouco depois das nove horas. Era impraticável começar o trabalho mais cedo, pela grande quantidade de orvalho que permanecia sobre a vegetação até aquela hora. A partir de então, a H. R. caiu rapidamente, para quase se estabilizar no período das 11,30 às 16,00 horas. Com o pôr do sol, novamente os valores de H. R. se elevaram. A temperatura, ao contrário do que geralmente ocorre

no cerrado, durante o fim da sêca, pouco variou, mantendo-se, durante quase todo o dia, próxima de 20° C. A curva de evaporação, de valores relativamente altos já às 9,30 horas, apresentou dois máximos: um às 11,15 aproximadamente e outro às 13,15. A partir de então decaiu continuamente.

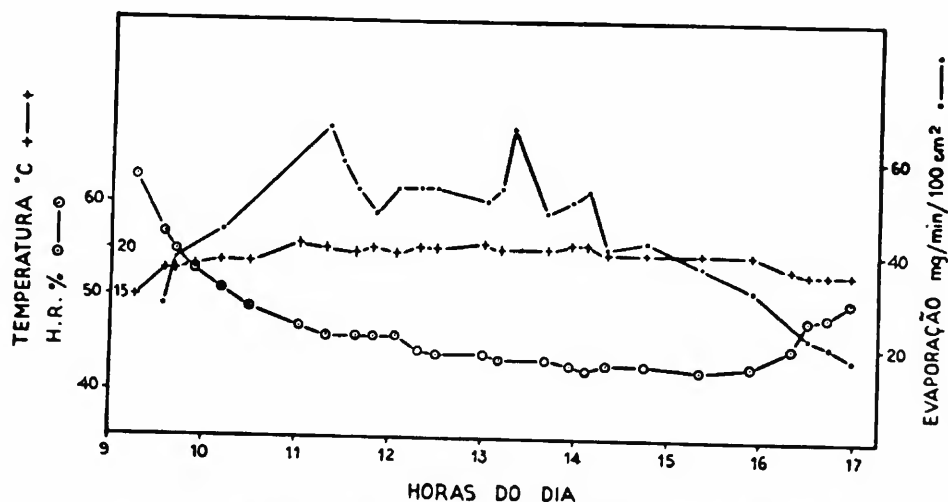


Fig. 1 — Andamento diário da evaporação, umidade relativa e temperatura no cerrado de Emas, em 10/8/1956.

As figuras 2a e 2b referem-se, respectivamente, às condições dos dias 27 e 28 de julho de 1956, em Goiânia. Na primeira nota-se que a H.R. já às 8,30 horas apresentou valores bem abaixo de 100%, o que condiz com as observações de Ferri (6, 8), no fim da sêca, em Emas. O mínimo foi atingido às 15,30, a partir de quando os valores se elevaram rapidamente. A temperatura, também coincidindo com as observações de Ferri, sofreu durante o dia uma variação de quase 15° C, sendo que o máximo ocorreu às 14 horas, permanecendo estável até quase às 16 horas, para então começar a decrescer. A evaporação atingiu o maior valor por volta das 14 horas; oscilou um pouco até perto das 16 horas e então decresceu definitivamente.

A figura 2b, semelhante em geral, à anterior, revela que o mínimo de H. R., nesse dia, foi antecipado, ocorrendo logo após as 13 horas. A temperatura atingiu o máximo depois das 12 horas, permaneceu estável até depois das 13, decaindo em segui-

da. A evaporação chegou a um valor máximo, nesse dia, por volta das 13,30 horas.

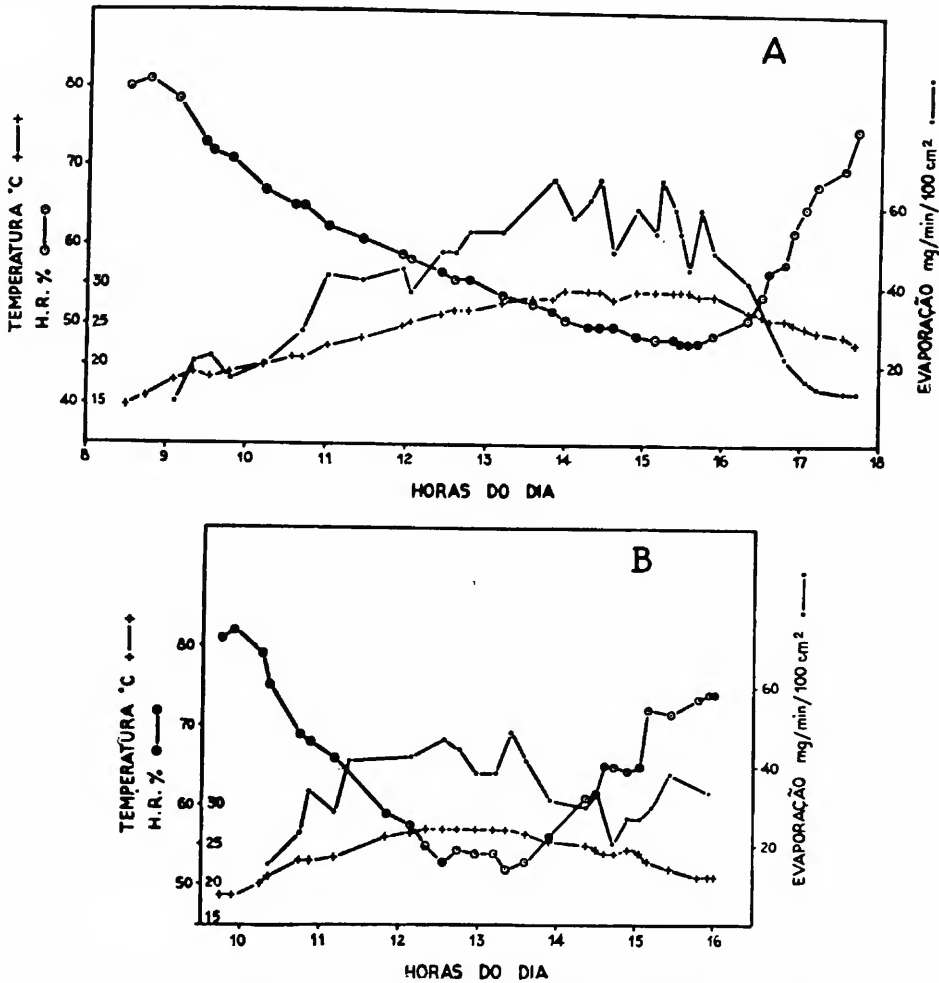


Fig. 2 — Andamento diário da evaporação, umidade reativa e temperatura no cerrado de Goiânia; A — em 27/7/1956, B — em 28/7/1956.

O andamento diário da temperatura, umidade relativa e da evaporação em Campo Grande, nos dias 18, 19 e 21 de julho de 1956 acha-se representado pelas curvas das figuras 3a, 3b e 3c, respectivamente.

Na figura 3a encontramos um valor já relativamente baixo para a H. R. às 8 horas; o mínimo foi atingido nas proximidades das 13 horas, elevando-se daí por diante. A temperatura pouco variou nesse dia, havendo entre a máxima e a mínima observada, uma diferença de apenas 7° C. A evaporação elevou-

se durante o período da manhã, atingiu o seu máximo pouco depois do meio dia e declinou a partir de então.

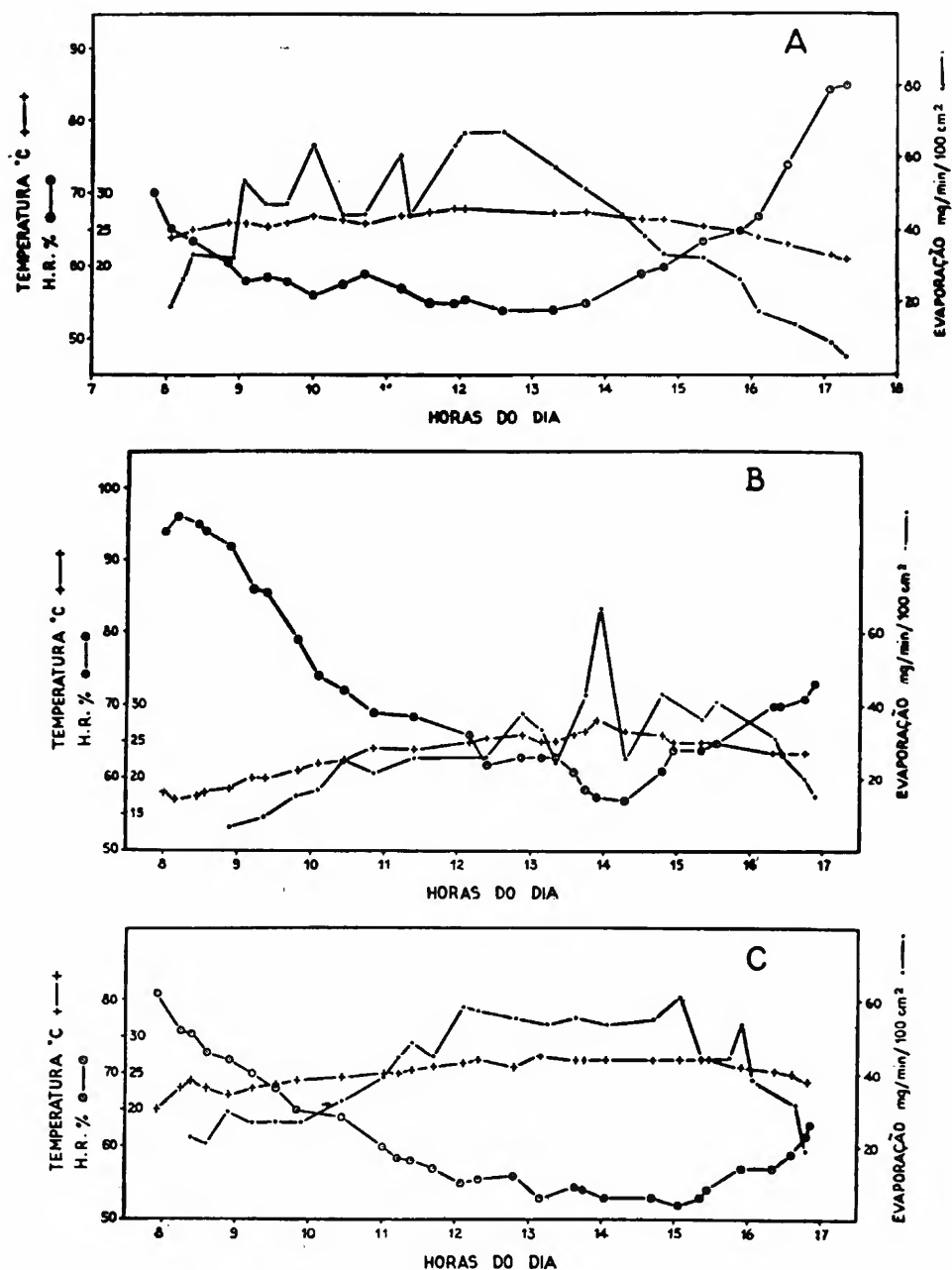


Fig. 3 — Andamento diário da evaporação, umidade relativa e temperatura no cerrado de Campo Grande; A — em 18/7/1956, B — em 18/7/1956 e C — em 21/7/1956.

A curva da umidade relativa da figura 3b indica valores elevados pela manhã. Tais valores já são, entretanto, inferiores a 100%. O mínimo foi atingido pouco depois das 14 horas. A temperatura alcançou um valor máximo às 14 horas aproximadamente, decrescendo lentamente a partir de então. A evaporação, depois das 13,15 horas, elevou-se rapidamente, atingindo o máximo perto das 14 horas.

As curvas da figura 3c nos mostram que enquanto a umidade relativa atingiu seu valor máximo às 15 horas, a temperatura, que se encontrava em elevação até pouco depois das 13 horas, estabilizou-se até às 15 horas e meia, decaindo em seguida; a evaporação, já elevada às 12 horas, só alcançou o máximo às 15 horas.

Vemos, portanto, que de uma maneira geral as curvas de umidade relativa iniciam-se pela manhã com valores elevados, porém, sempre inferiores a 100%. O valor mínimo é atingido à tarde, em torno das 14-15 horas, ficando em geral ao redor de 50%.

As curvas de temperatura mostram, em média, valores bastante elevados para uma época de inverno*. Diferenças de até 15° C foram observadas num mesmo dia.

A evaporação, em geral, atinge seu máximo, cujo valor oscila entre 60-70 mg/min/100cm², à tarde, ao redor das 14 ou 15 horas.

Andamento diário da transpiração

Andira humilis

Esta planta, de relativa frequência, e comum aos cerrados de Emas, Campo Grande e Goiânia, já havia sido estudada, na primeira localidade, por Ferri (6). Mostrou-se **Andira humilis** sem qualquer restrição de consumo de água, no início da seca. No fim, uma ligeira antecipação do máximo de transpiração ocorreu, em relação ao máximo de evaporação, indicando isso uma pequena restrição no consumo de água. Para efeito de comparação, extraímos do trabalho de Ferri (6) o gráfico relativo ao andamento diário da transpiração de **Andira humilis**

* Convém lembrar que o ano de 1956 foi um tanto irregular quanto às condições climáticas.

no fim da sêca em Emas, o qual, juntamente com aqueles obtidos por nós em Campo Grande e Goiânia, compõe a figura 4.

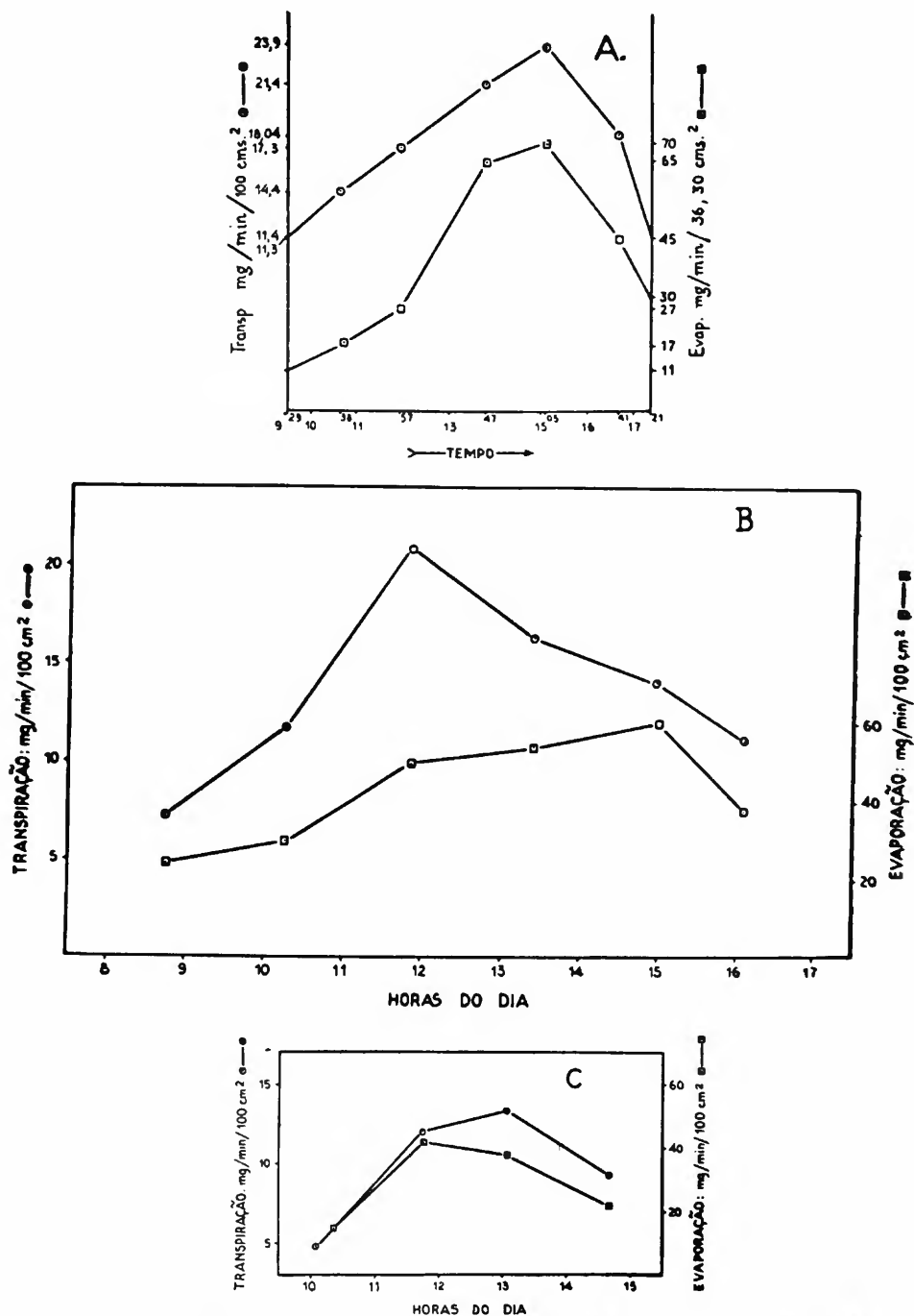


Fig. 4 — Andamento diário da transpiração de *Andira humilis*; A — em Emas (28/8/1943), seg. Ferri (6); B — em Campo Grande (21/7/56) C — em Goiânia (28/7/1956).

O segundo gráfico da figura 4, relativo a Campo Grande, mostra-nos que o máximo de transpiração de **Andira humilis** antecipou-se ao de evaporação cerca de três horas. Como essa antecipação, em Emas, foi de apenas uma hora, é admissível que a restrição em Campo Grande seja maior. Outro fato que devemos notar é que a época em que esta planta foi estudada corresponde ao início e não ao fim da seca em Campo Grande. Portanto, aqui, já no início da seca **Andira humilis** apresenta uma certa restrição de seu consumo hídrico, o que não acontece em Emas.

O último gráfico da figura 4 é relativo ao andamento diário da transpiração de **Andira humilis** em Goiânia. Mostra-nos que, ao contrário dos dois casos anteriores, nenhuma restrição do consumo d'água foi registrada, muito embora já estivéssemos no período final da seca naquela localidade.

Dêstes três gráficos conclui-se que, de um modo geral, o comportamento de **Andira humilis** é bastante semelhante nas três localidades. Em nenhuma delas se observou acentuada restrição em seu consumo d'água.

Pequenas diferenças ocorrem sem dúvida, porém, não chegam a modificar acentuadamente o tipo de comportamento da planta em relação ao fator água.

Byrsonima coccolobifolia

Assim como a planta anterior, **Byrsonima coccolobifolia** já havia sido estudada por Ferri (6), em Emas. O primeiro gráfico da figura 5, reproduzido do trabalho de Ferri (6), refere-se ao andamento diário da transpiração dessa planta, no fim da seca, em Emas. O mesmo autor mostra que no início da seca **Byrsonima coccolobifolia** não apresenta, ainda, qualquer restrição de seu consumo d'água. No fim da seca, entretanto, como nos indica o gráfico aqui reproduzido, há uma restrição nas horas em que a seca é mais severa. À tarde observa-se uma nova elevação da transpiração, para, depois, as curvas de evaporação e transpiração caírem simultaneamente.

Nossas determinações feitas em Campo Grande, permitiram construir o segundo gráfico da figura 5. Podemos obser-

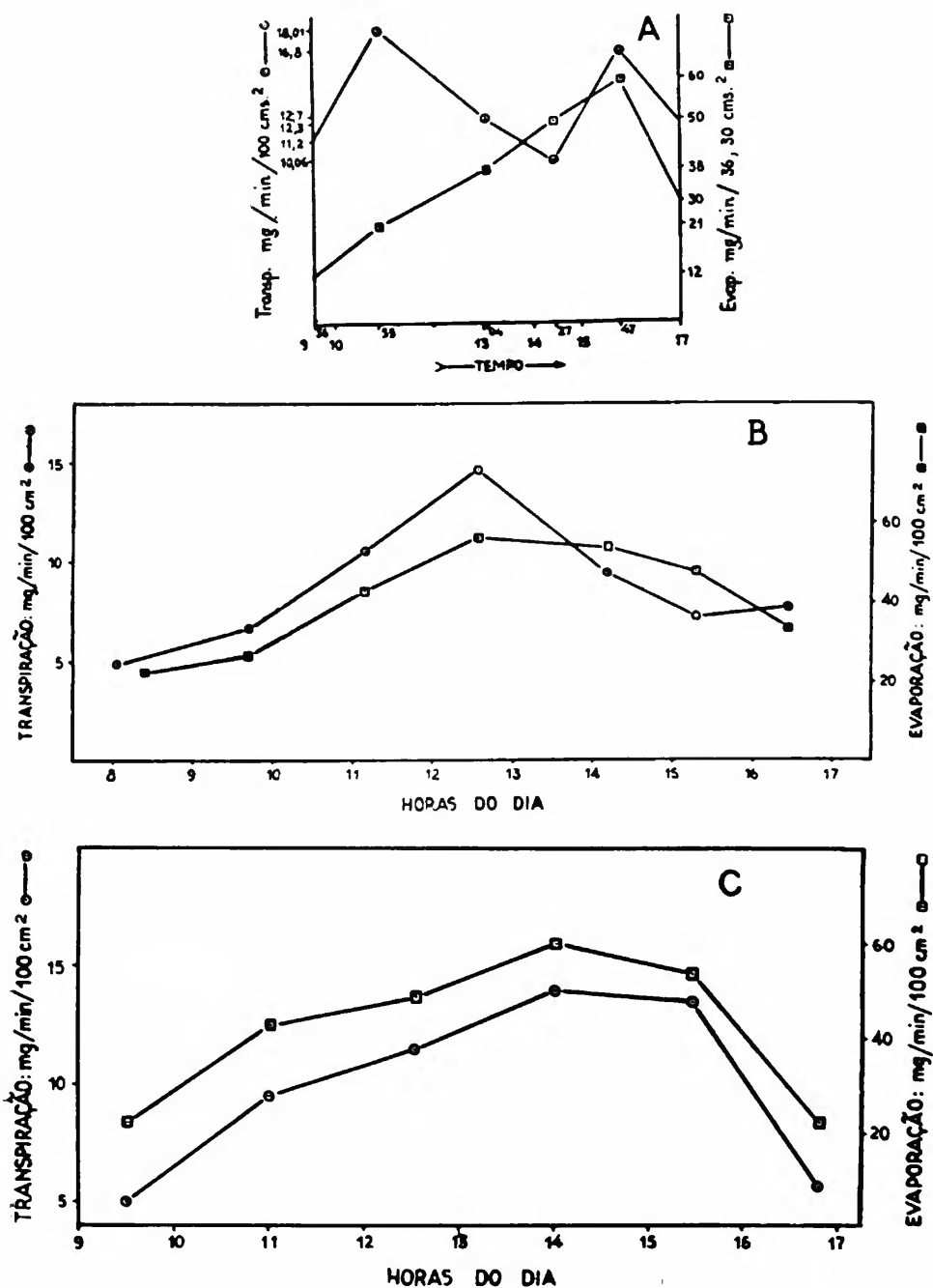


Fig. 5 — Andamento diário da transpiração de *Byrsonima coccolobifolia*; A — em Emas (27/8/1943), seg. Ferri (6); B — em Campo Grande (21/7/1956); C — em Goiânia (27/7/1956).

var que, embora ambas as curvas de transpiração e evaporação decresçam depois das 12 horas e meia, êsse decréscimo é muito mais acentuado para a primeira que para a segunda, parecendo isso indicar que houve ligeira restrição da transpiração no período da tarde.

O último ponto da curva de transpiração é um pouco mais elevado que o anterior, o que nos leva a pensar numa reabertura dos estômatos. Essa reabertura, possibilitada pela economia d'água feita durante o período de restrição, não foi muito acentuada, pelo que se pode depreender da figura, talvez devido às condições de luminosidade já decrescentes àquela hora.

Vemos que êsse gráfico assemelha-se um pouco àquele relativo a Emas. Deve-se ter em mente que essas observações foram realizadas no início da sêca e que já nessa época, **Byrsonima coccolobifolia** apresenta ligeira economia d'água em Campo Grande.

O último gráfico da figura 5, referente ao andamento diário da transpiração de **Byrsonima coccolobifolia** em Goiânia, mostra-nos claramente, dado o paralelismo existente entre as curvas de transpiração e evaporação, que não houve qualquer restrição do consumo d'água por parte dessa planta, naquele dia. E' de se notar que, àquela época, já nos aproximávamos do fim da sêca naquela localidade.

Connarus suberosus

Esta espécie, estudada por nós, inicialmente em Campo Grande e Goiânia, foi posteriormente estudada em Emas, para fins de comparação.

O andamento diário da transpiração dessa planta, em Emas, mostrou-se perfeitamente concordante com a afirmação de Ferri (6, 8) de que as plantas permanentes do cerrado de Emas, em geral, não têm necessidade de restrição do seu consumo d'água. Podemos acompanhar o andamento diário da transpiração de **Connarus suberosus** através do primeiro gráfico da figura 6, observando que as curvas de evaporação e transpiração são praticamente paralelas. Isso indica que essa planta

transpirou livremente durante todo o dia, não tendo necessidade de restringir sua transpiração para economia d'água.

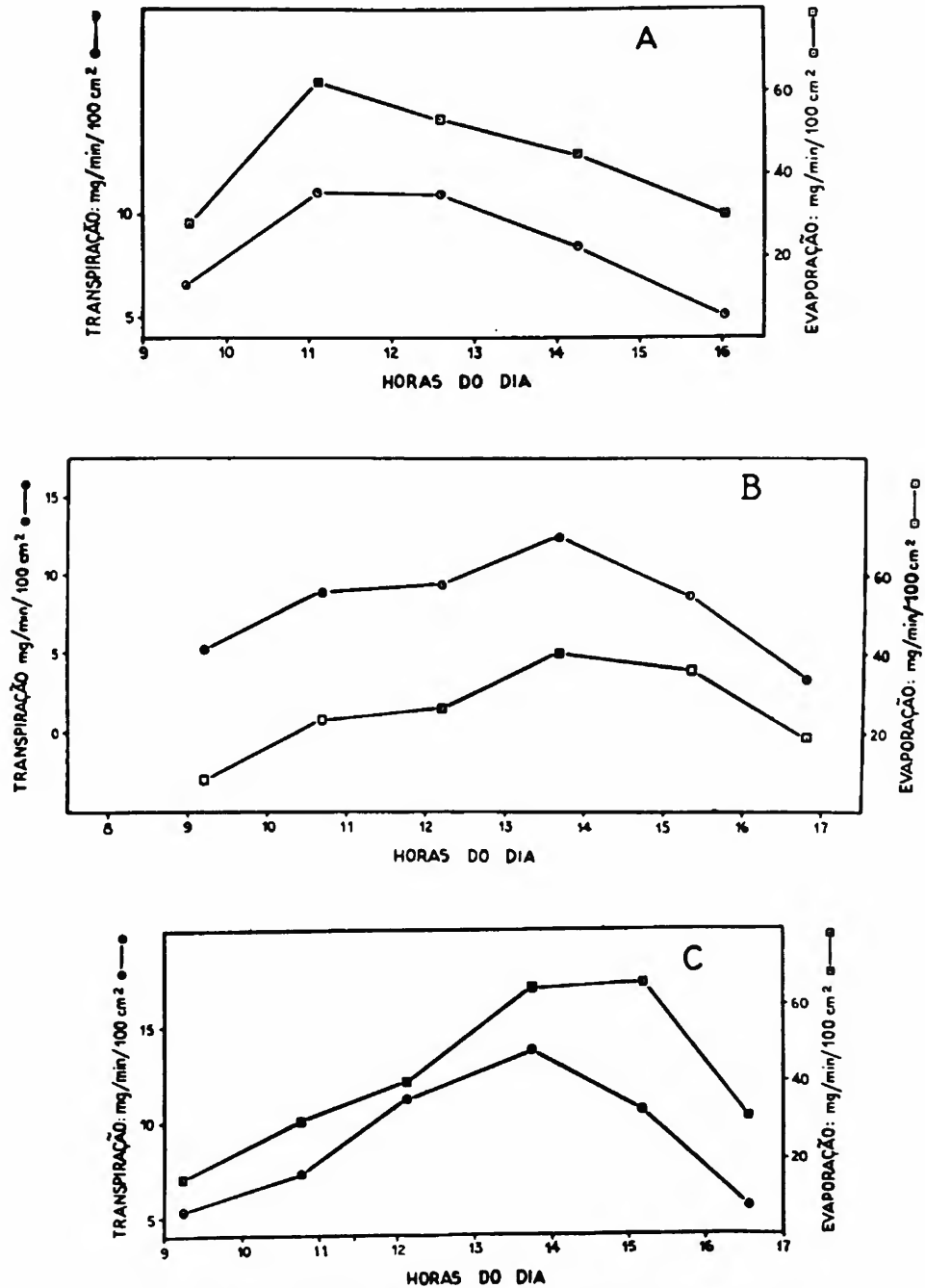


Fig. 6 — Andamento diário da transpiração de *Connarus suberosus*; A — em Emas (10/8/1956); B — em Campo Grande (19/7/1956); C — em Goiânia (27/7/1956).

O segundo gráfico da figura 6 refere-se ao andamento diário da transpiração de **Connarus suberosus** em Campo Grande. Vemos que também nesta localidade, nenhuma restrição foi observada: o paralelismo entre as curvas é visível. Em Goiânia, entretanto, uma pequena divergência foi notada. As curvas do andamento diário de transpiração e de evaporação do terceiro gráfico da figura 6 nos mostram que os seus valores máximos se acham ligeiramente deslocados; o de transpiração ocorreu cerca de uma hora e meia antes que a evaporação atingisse seu climax, nesse dia. Isso significa que enquanto a evaporação ainda se elevava, a transpiração já entrava em declínio. Esse declínio antecipado da transpiração, parece-nos indicar que a planta teve necessidade de pequena economia d'água, e, diminuindo suas aberturas estomáticas, restringiu um pouco sua transpiração.

Erythroxylum suberosum

Sendo uma das plantas permanentes já estudadas por Ferri (6) em Emas, utilizamos-nos de um de seus gráficos para compor a figura 7. O primeiro gráfico dessa figura representa o andamento diário da transpiração de **Erythroxylum suberosum**, em Emas, no início da seca. Como Ferri já salientou, há relativo paralelismo entre as curvas de evaporação e de transpiração; apenas o segmento da curva de transpiração compreendido entre o 4º e o 5º ponto apresenta um ligeiro declínio, enquanto que o segmento correspondente da curva de evaporação ainda se eleva.

Um declínio muito acentuado da transpiração, nas horas críticas, não foi observado por aquele autor, nem no início, nem no fim da seca em Emas.

O dia 18 de julho de 1956, quando estudamos o andamento diário da transpiração de **Erythroxylum suberosum** em Campo Grande, apresentou-se um tanto variável em suas condições meteorológicas, até cerca de 12 horas. Ventilação intercalada com períodos de calma, céu ora nublado ora descoberto, determinaram as oscilações de temperatura, umidade re-

lativa e principalmente de evaporação, registradas nas curvas da figura 3a.

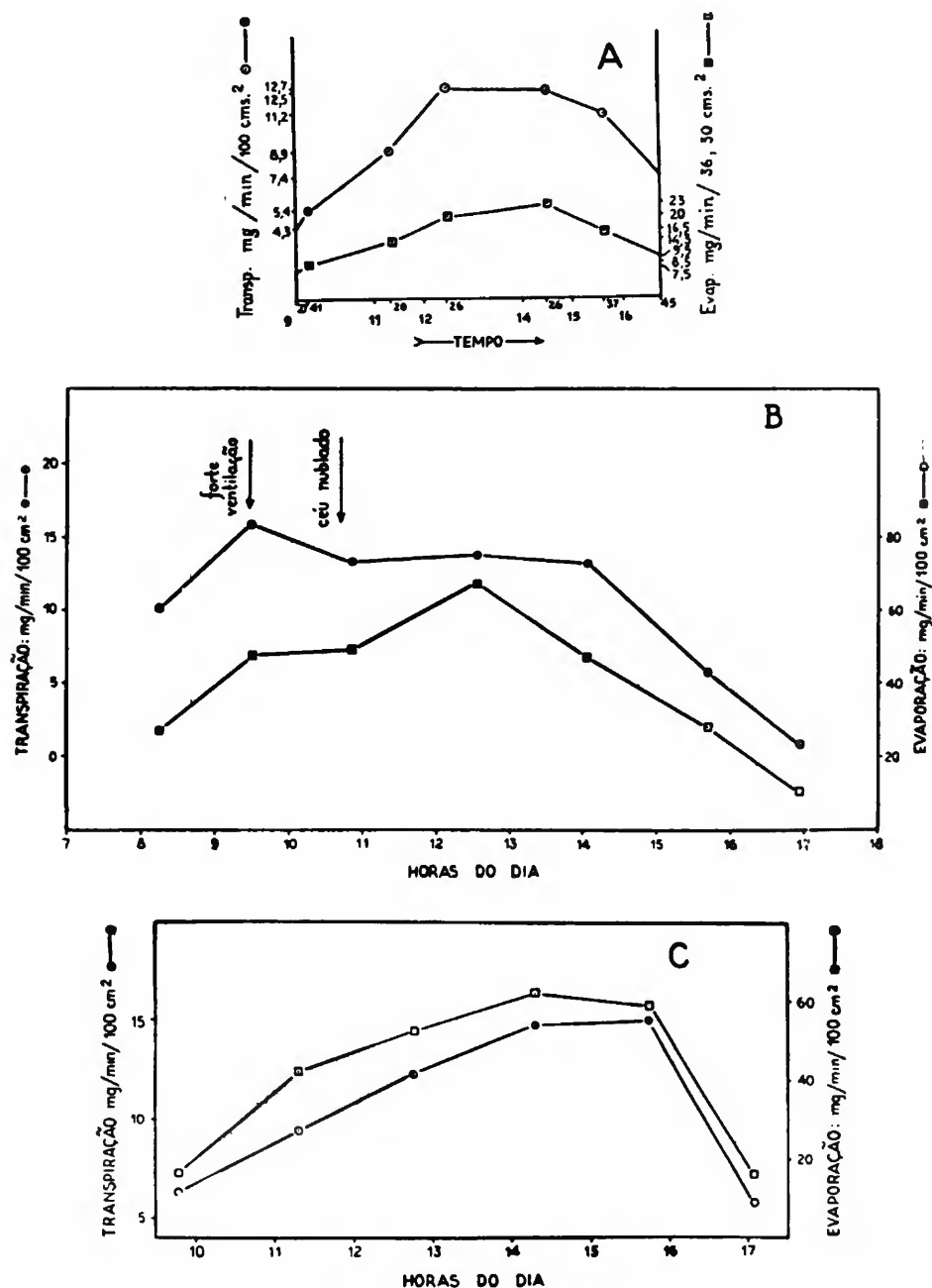


Fig. 7 — Andamento diário da transpiração de *Erythroxylum suberosum*; A — em Emas (20/6/1943), seg. Ferri (6); B — em Campo Grande (18/7/1956); C — em Goiânia (27/7/1956).

O segundo gráfico da figura 7, relativo ao andamento diário da transpiração daquela planta em Campo Grande, acha-se assinalado com um período de forte ventilação e outro, em que o céu se apresentou fortemente nublado. O primeiro ocorreu próximo das 9 horas e meia, e o segundo pouco antes das 11 horas. Tais fatos, pela intensidade com que se verificaram, foram registrados e assinalados em nossas curvas.

Observando o andamento das curvas de transpiração e de evaporação, verifica-se um desencontro entre os seus máximos. Isso nos faz pensar em economia d'água.

A forte ventilação ocorrida pela manhã elevou, provavelmente, muito o consumo d'água, do que resultou um acentuado deficit de saturação na planta, com conseqüente restrição da transpiração. Esta restrição pode, entretanto, não ter sido definitiva, pois, os valores de transpiração mantêm-se em nível relativamente alto, mesmo quando os de evaporação caem de maneira marcada, o que faz supor ter havido uma certa reabertura das fendas estomáticas.

O último gráfico da figura 7, relativo ao andamento diário da transpiração de *Erythroxylum suberosum*, em Goiânia, mostra-nos que essa planta transpirou livremente durante todo o dia, pois, a curva de transpiração acompanhou perfeitamente a de evaporação.

Anona coriacea

Já foi assinalado que não encontramos esta espécie em Goiânia. Assim, o estudo do andamento diário de sua transpiração só foi possível em Campo Grande e em Emas. Nesta última localidade, *Anona coriacea* já havia sido estudada por Ferri (6) e de seu trabalho extraímos o primeiro gráfico da figura 8; refere-se êsse gráfico ao início da seca. Podemos observar que a curva de evaporação teve seu máximo, naquêlê dia, por volta das treze horas e a de transpiração mostrou dois máximos: o primeiro, perto das 11 horas e o segundo, coincidindo com o máximo de evaporação, próximo das treze.

Isso nos parece indicar que essa planta, em Emas, já no início da seca, apresentou ligeira restrição de sua transpira-

ção. Essa restrição, segundo Ferri, se acentuou com o progresso da seca, pois, no fim da estação *Anona coriacea* apresentou uma restrição bem mais acentuada.

Em Campo Grande essa planta foi estudada no início da seca, e nenhuma tendência à economia d'água foi possível constatar. O segundo gráfico da figura 8 nos mostra o andamento diário dessa planta em Campo Grande. Vemos que as curvas relativas à evaporação e à transpiração são praticamente para-

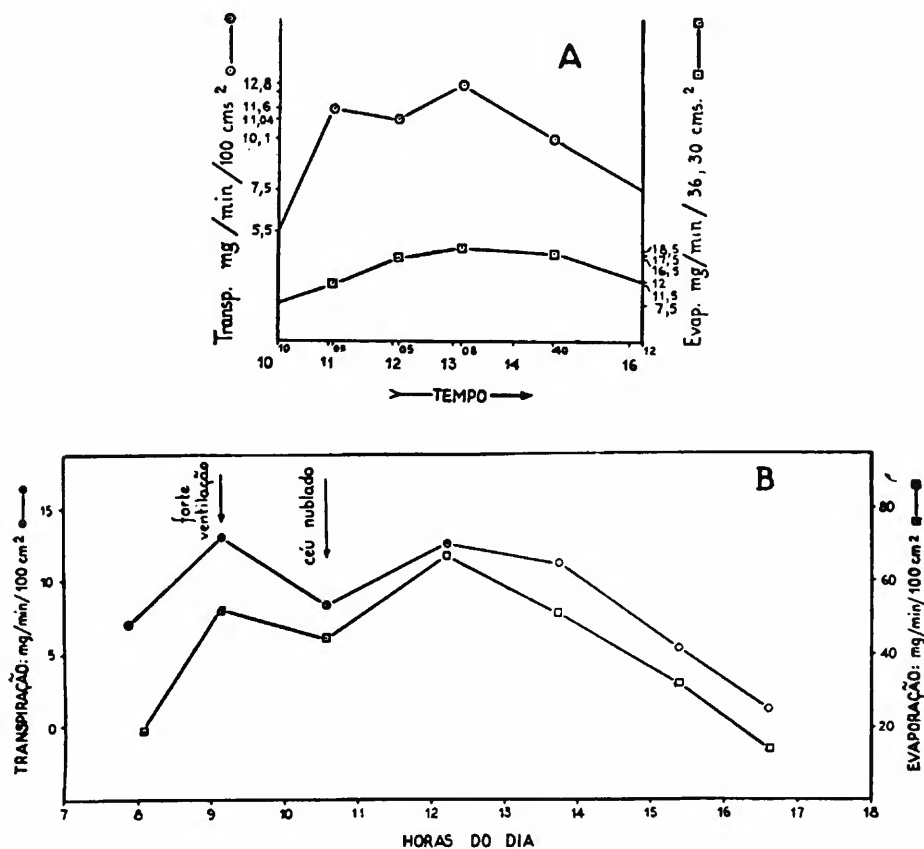


Fig. 8 — Andamento diário da transpiração de *Anona coriacea*; A — em Emas (21/6/1943), seg. Ferri (6); B — em Campo Grande (18/7/56).

lelas. A oscilação apresentada pela curva de transpiração entre 9 e 12 horas, devida a um período de forte ventilação, sucedido por um período de calma e céu nublado, aparece, igualmente, na curva de evaporação, o que exclui a hipótese de restrição de transpiração.

Xylopia grandiflora

Embora comum aos cerrados de Emas, Campo Grande e Goiânia, por motivos de ordem técnica, o estudo dessa planta só pôde ser feito nas duas primeiras localidades, antes em Campo Grande e depois em Emas.

O gráfico da figura 9 A, relativo ao andamento diário da transpiração de *Xylopia grandiflora* em Emas, a 10 de agosto de 1956, revela que, apesar de já estarmos próximos do fim do período de seca (o qual, naquela localidade, tendo-se iniciado em maio, vai até setembro), nenhuma restrição notável do consumo hídrico foi aparente.

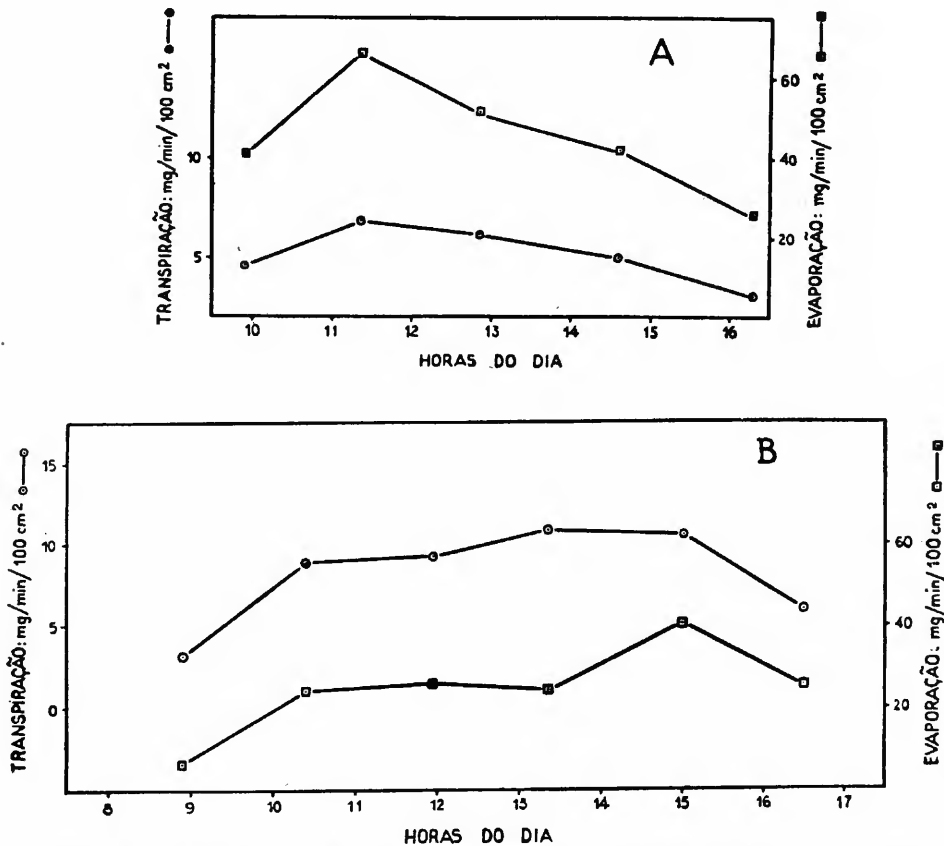


Fig. 9 — Andamento diário da transpiração de *Xylopia grandiflora*; A — em Emas (10/8/1956); B — em Campo Grande (19/7/1956).

Em Campo Grande essa planta foi estudada no início da seca. Se houve restrição de transpiração, foi ela muito pouco

nítida: o máximo de transpiração ocorreu, como podemos observar no gráfico da figura 9 B, logo após às 13 horas e foi mantido até às 15, para depois cair. A curva de evaporação apresenta um segmento quase horizontal, entre 10,30 e 13,30, aproximadamente; eleva-se então, atingindo o máximo às 15 horas. As duas curvas são, praticamente, paralelas.

Erythroxylum tortuosum

Essa planta só pôde ser estudada por nós em Goiânia, tendo o seu comportamento em Emas sido determinado por Ferri em 1943. Esse autor, pelo seu gráfico, aqui reproduzido na figura 10 A, mostrou que ***Erythroxylum tortuosum***, no início da seca, em Emas, teve andamento diário de transpiração prática-

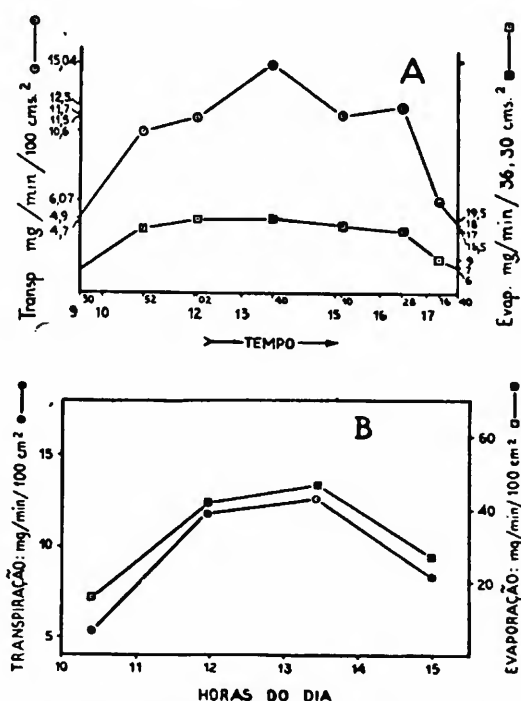


Fig. 10 — Andamento d'ário da transpiração de *Erythroxylum tortuosum*; A — em Emas (22/6/1943), seg. Ferri (6); B — em Goiânia (28/7/1955).

mente paralelo ao de evaporação, sendo os máximos de ambas coincidentes; apenas, como Ferri já indicou, um pequeno segundo máximo dos valores de transpiração se fez notar à tardinha, antes da queda final.

Nossas determinações em Goiânia, no dia 28 de julho de 1956, iniciaram-se por volta das 10,30 horas, sendo interrompidas às 15 horas. As condições meteorológicas dêste dia não nos permitiram iniciar antes, nem prolongar por mais tempo, nossas observações.

Embora determinadas por poucos pontos, as curvas de transpiração e evaporação apresentadas no gráfico da figura 10 B referem-se às horas mais secas daquele dia, justamente quando o comportamento das plantas em relação ao fator água é de maior significação.

Neste gráfico, relativo ao andamento diário da transpiração de *Erythroxylum tortuosum* em Goiânia, podemos ver que o paralelismo entre as curvas de transpiração e evaporação é perfeito, o que nos indica que essa planta não teve necessidade de restringir sua transpiração, nem mesmo nas horas de condições mais severas.

Curatella americana

Esta planta, ainda que freqüente em Campo Grande e, principalmente, em Goiânia, não ocorre em Emas. Embora não estudada em Campo Grande, foi incluída nas experiências feitas em Goiânia, por ser, aí, a espécie dominante.

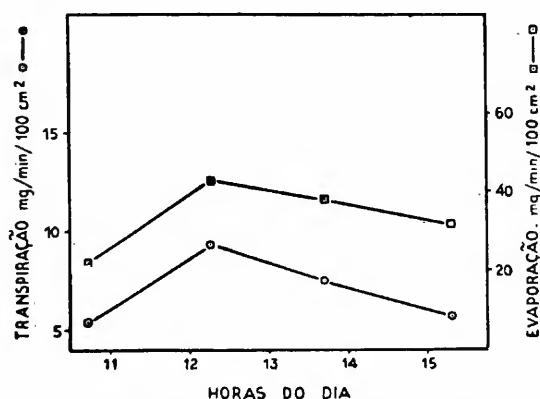


Fig. 11 — Andamento diário da transpiração de *Curatella americana*, em Goiânia em 28/7/1956.

O gráfico da figura 11 mostra o andamento diário da transpiração de *Curatella americana*, entre as 10,30 e as 15,30 horas. O comportamento desta planta se enquadra perfeitamente

no tipo geral das plantas de cerrado, que não têm necessidade de restringir grandemente seu consumo d'água. De fato, o paralelismo entre as curvas de transpiração e evaporação é perfeito, indicando que esta planta transpirou livremente durante todo o dia.

Comportamento dos estômatos em situação natural

As medidas de transpiração aqui descritas, foram acompanhadas de observações do grau de abertura dos estômatos, feitas nas folhas "in situ", com o método de infiltração por xilol. Tais observações não se limitaram às espécies cuja transpiração foi estudada, mas se estenderam a muitas outras.

Sobre o grau de confiança que se deva depositar no método de infiltração, dispensamo-nos de maiores comentários, visto trabalhos anteriores já terem discutido amplamente o assunto (vide Ferri, 8). Lembramos apenas que êsse método pode ser usado com sucesso para obtenção de dados preliminares, sendo de utilidade para estudos de campo, quando os resultados com êle obtidos, são controlados por outro método, como o das pesagens rápidas.

A tabela 3 reúne os dados de infiltração por nós obtidos em Campo Grande, no início da época seca. Podemos verificar que tôdas as espécies estudadas mantiveram seus estômatos abertos durante todo o dia. Resultados negativos de infiltração, indicando estômatos fechados, só foram obtidos em **Andira** sp. às 17 horas e em **Erythroxylum suberosum** às 8 e às 17 horas. Esta última planta mostra, aliás, uma pequena restrição das aberturas estomáticas logo após o meio dia. Êsse movimento hidroativo de fechamento dos estômatos, embora não muito acentuado, mas suficientemente grande para ser percebido pelo método de infiltração, faz-nos pensar em restrição do consumo d'água, o que confirma as afirmações adrede apresentadas, quando tratamos do andamento diário da transpiração dessa planta, em Campo Grande.

Para tôdas as plantas cujo andamento diário de transpiração foi estudado, os dados de infiltração obtidos concordam

TABELA 3

COMPORTAMENTO DOS ESTÔMATOS EM SUA SITUAÇÃO
NATURAL (CAMPO GRANDE)

Espécies	Horas do Dia									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Graus de Infiltração									
<i>Duguetia furfuracea</i>	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Anona coriacea</i>	1	4	4	4	4	4	4	4	3	2
<i>Xylopia grandiflora</i>	1	1	3	3	3	4	4	4	4	4
<i>Andira humilis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
<i>Andira</i> sp. (arbórea)	1	2	4	4	4	4	4	4	2	0
<i>Qualea grandiflora</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1
<i>Curatella americana</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
<i>Tecoma</i> sp.	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Tocoyena brasiliensis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3
<i>Erythroxylum suberosum</i>	0	1	2	3	3	2	2	2	1	0
<i>Connarus suberosus</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	2	2
<i>Caryocar brasiliense</i>	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Sweetia elegans</i>	1	2	3	3	3	4	4	3	2	1
<i>Hymenaea</i> sp.	—	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Anacardium pumilum</i>	—	3	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Butia leiospatha</i>	—	4	4	4	4	4	4	4	4	2
<i>Salvertia convallariodora</i>	3	4	4	4	4	4	4	3	—	—
<i>Anona dioica</i>	3	4	4	4	4	4	4	4	3	—
<i>Alibertia sessilis</i>	—	4	4	4	4	4	4	4	4	—

Nota: 0 — indica infiltração nula

- 1 — " " em pontos esparsos
 2 — " " " densos
 3 — " " regular
 4 — " " intensa

Os espaços em branco indicam ausência de observações.

com os de transpiração. Uma exceção deve ser feita no caso de **Andira humilis**, que, pelo método de pesagens rápidas apresentou pequena restrição da transpiração a partir das 12 horas, o que não foi possível confirmar por infiltração. Talvez a diminuição das fendas estomáticas, nessa planta, tenha sido tão pequena, que fugiu à sensibilidade do método de infiltração.

Deve-se concluir, pois, que, de um modo geral, praticamente todas as plantas estudadas mantiveram seus estômatos abertos durante todo o dia, permitindo, assim, transpiração irrestrita.

Se houve qualquer diminuição das aberturas estomáticas, deve ter sido tão pequena que o método de infiltração, não muito sensível, não permitiu perceber.

A tabela 4 reúne os dados de infiltração obtidos por nós em Goiânia, próximo ao fim do período da seca. Da mesma forma que em Campo Grande, não se observou restrição das aberturas estomáticas nas plantas estudadas. Apenas **Erythroxylum suberosum** não se deixou infiltrar pelo xilol às 17 horas. Todas as demais espécies apresentaram infiltração intensa o dia todo.

Ferri (6), em seu trabalho sobre a transpiração das plantas permanentes dos cerrados, apresenta à página 209, uma tabela de infiltração com xilol e éter de petróleo, para várias plantas dos cerrados de Emas. Essa tabela reflete, como ele observa, não só a situação encontrada no fim, como também, no início da seca. Se a compararmos com as nossas tabelas 3 e 4, concluiremos que o tipo de comportamento dos estômatos dessas várias espécies, nas três localidades, não difere substancialmente, sendo, ao contrário, praticamente idêntico.

TABELA 4
COMPORTAMENTO DOS ESTÔMATOS EM SUA SITUAÇÃO
NATURAL (GOIÂNIA)

Espécies	Horas do Dia								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Graus de Infiltração								
Palicourea rigida	3	4	4	4	4	4	4	4	3
Connarus suberosus	2	3	3	4	4	4	4	3	2
Erythroxylum suberosum	2	3	3	3	3	4	3	2	0
Bowdichia virgilioides	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Tocoyena formosa	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Kielmeyera corymbosa	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Anacardium pumilum	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Curatella americana	4	4	4	—	4	4	4	4	3
Aspidosperma tomentosum	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Andira humilis	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Erythroxylum tortuosum	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Tecoma sp.	4	4	4	4	4	—	4	4	4
Butia leiospatha	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Neea theifera	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Byrsonima coccolobifolia	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Qualea grandiflora	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Stryphnodendron adstringens	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nota: 0 — indica infiltração nula

1 — " " em pontos esparsos

2 — " " " " densos

3 — " " regular

4 — " " intensa

Os espaços em branco indicam ausência de observações.

Velocidade dos movimentos hidroativos dos estômatos

Além dos dados referentes ao andamento diário da transpiração, pareceu-nos interessante obter informações a respeito

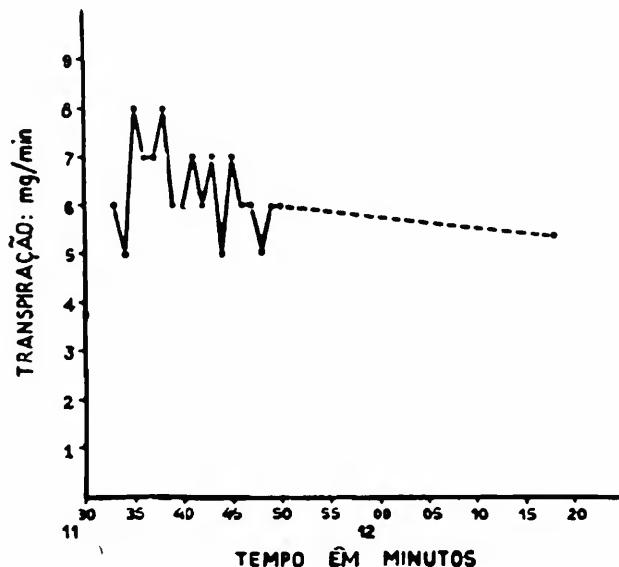


Fig. 12 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Xylopia grandiflora*; Campo Grande, 19/7/1956.

da velocidade dos movimentos estomáticos. Preocupamo-nos apenas com os movimentos hidroativos.

Para obter tais informações, uma fôlha destacada da planta em estudo é posta na balança de torsão e sua perda de pêso é registrada de minuto em minuto, durante longo lapso de tempo. A fôlha assim mantida, está sem suprimento d'água. Observa-se, então, que os valores de transpiração decrescem. Pela maior ou menor velocidade com que êsse decréscimo se faz, pode-se ter a idéia da velocidade dos movimentos hidroativos dos estômatos. Êsse decréscimo não se apresenta, necessariamente, contínuo e uniforme, mas inúmeras oscilações, de amplitudes variáveis, são, freqüentemente, observadas, como veremos nos gráficos a ser apresentados. Tais oscilações aparecem, como veremos, praticamente em tôdas as plantas estudadas. Sôbre o seu significado voltaremos a nos manifestar.

Os estudos de velocidade de fechamento dos estômatos foram feitos principalmente em Campo Grande. Aí, além de *Xylopia grandiflora* e *Connarus suberosus*, duas novas espécies cujo balanço d'água foi pesquisado, foram estudadas outras, como *Byrsonima coccolobifolia*, *Andira humilis*, *Anona coriacea* e *Erythroxylum suberosum*, cujo comportamento já havia sido analisado, em Emas, por Ferri (6, 8).

Em Goiânia, a velocidade de fechamento dos estômatos foi determinada apenas em *Curatella americana* e em *Erythroxylum tortuosum*.

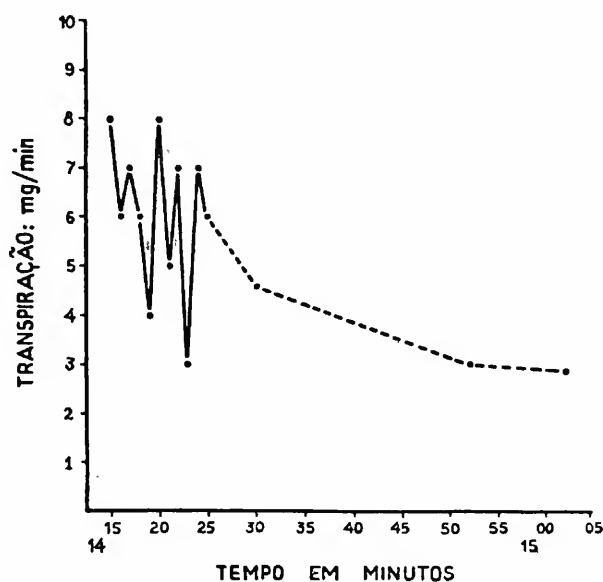


Fig. 13 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Curatella americana*: Goiânia, 28/7/1956.

Os diversos gráficos que seguem reúnem dados sobre a velocidade de fechamento dos estômatos das espécies mencionadas. De um modo geral, todas elas têm movimentos estomáticos lentos. Em *Xylopia grandiflora* (Fig. 12), por exemplo, após haver a folha permanecido cerca de 45 minutos na balança, sem suprimento de água, os valores de perda d'água eram, praticamente, iguais àquêles obtidos nos primeiros minutos. Em *Curatella americana* (Fig. 13), para que a razão inicial de transpiração se reduzisse de 50%, definitivamente, foram necessá-

rios cêrca de 25 minutos. *Connarus suberosus* (Fig. 14) apresenta reações estomáticas mais rápidas, pois que, em 7-8 minutos realizou essa mesma redução. A ligeira subida dos valores de perda d'água, observada no último ponto da curva, pode ser explicada, embora de modo não inteiramente satisfatório, por uma certa reabertura tardia dos estômatos, determinada pela

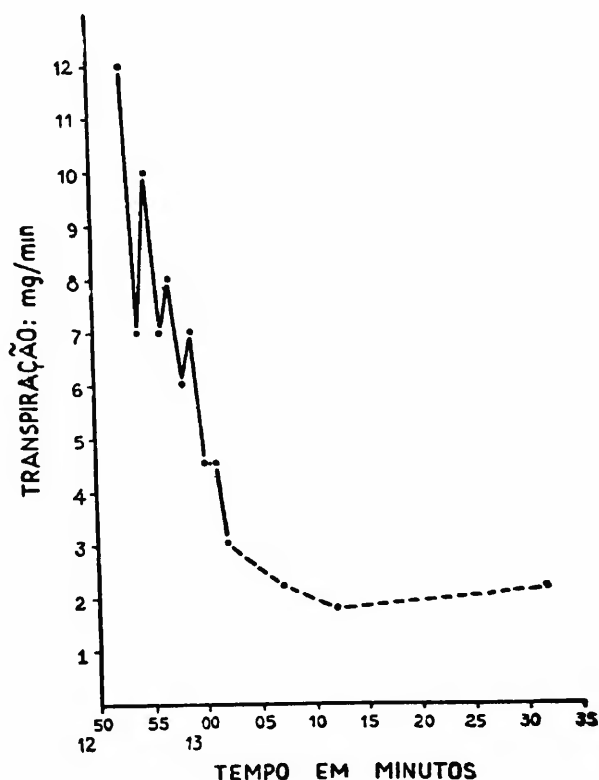


Fig. 14 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Connarus suberosus*; Campo Grande, 19/7/1956.

tração exercida por células epidérmicas vizinhas, sôbre as estomáticas, quando a fôlha, tendo perdido muita água, estivesse com um elevado deficit de saturação (vide literatura em Maximov, 10, p. 191, também discutida por Ferri, 8).

Em *Erythroxylum tortuosum* (Fig. 15), após vinte e cinco minutos, a fôlha, na balança, ainda não mostrou um decréscimo de 50% da razão do valor inicial de transpiração.

A curva representativa da velocidade de fechamento estomático de *Erythroxylum suberosum*, apresentada na figura 16, mostra que, embora essa planta também apresente movimentos estomáticos hidroativos lentos, quando comparada com a maioria das espécies do cerrado, é uma das mais eficientes, pois em cerca de 10 minutos conseguiu restringir de 50% sua ra-

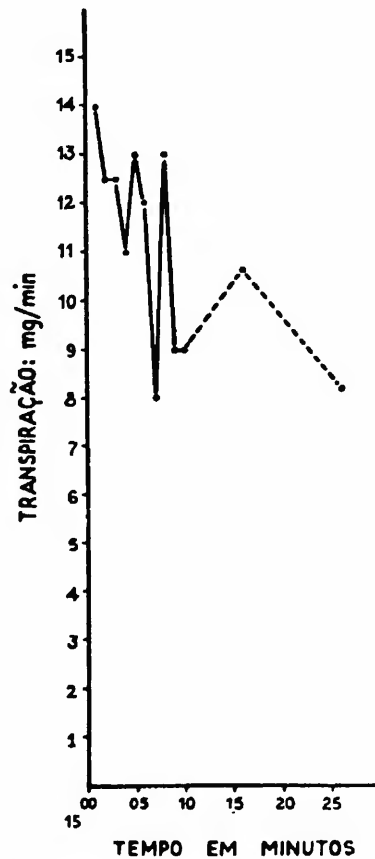


Fig. 15 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Erythroxylum tortuosum*; Goiânia, 26/7/1956.

ção inicial de transpiração. Das espécies estudadas só *Conarus suberosus* mostrou nitidamente, maior eficiência.

Anona coriacea, espécie dominante em Campo Grande, apresenta, como se pode depreender da figura 17, um movimento de fechamento estomático muito lento. A restrição de 50% não foi observada durante todo o tempo (35 minutos) em

que a fôlha permaneceu na balança. Nesse período, a restrição havida foi de 40% apenas.

Em *Andira humilis* (Fig. 18), em cêrca de 10-15 minutos ocorre uma restrição definitiva de 50%. Note-se no trecho médio da curva, a regularidade das oscilações já mencionadas.

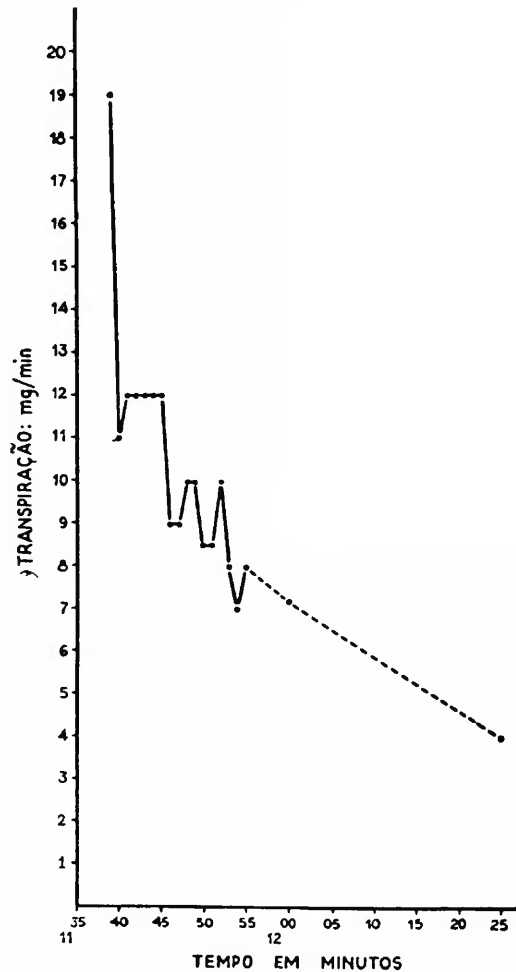


Fig. 16 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Erythroxylum suberosum*; Campo Grande, 18/7/1956.

Finalmente, a figura 19 indica a velocidade de fechamento dos estômatos de *Byrsonima coccolobifolia*. A restrição de 50% da razão transpiratória inicial, só se constata 20 a 25 minutos após o comêço da experiência.

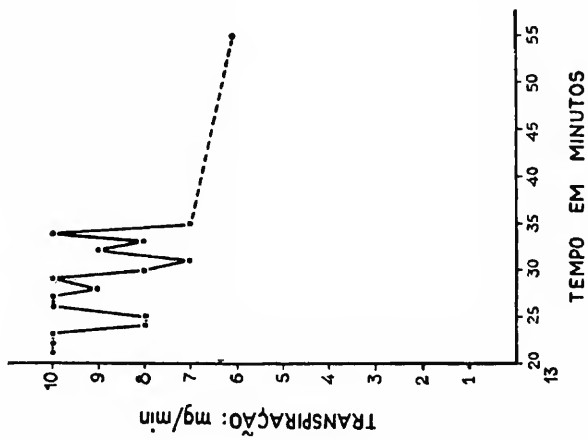


Fig. 17 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Annona coriacea*; Campo Grande, 18/7/1956.

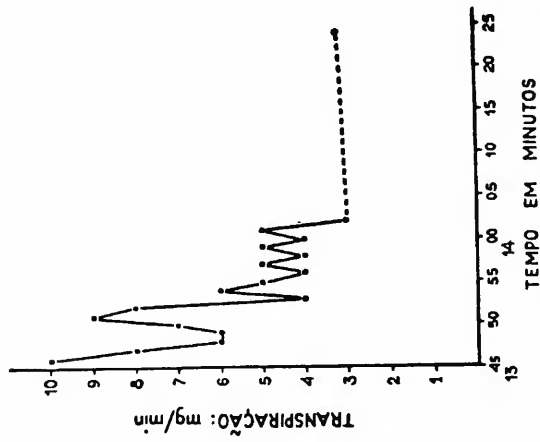


Fig. 18 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Andira humilis*; Campo Grande, 21/7/1956.

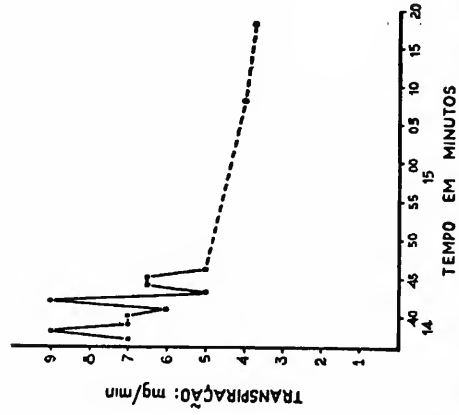


Fig. 19 — Rapidez de fechamento dos estômatos de *Byrsonima coccolobifolia*; Campo Grande, 21/7/56.

Discussão

Diversos trabalhos publicados por vários pesquisadores do Departamento de Botânica, têm oferecido subsídios ao conhecimento da ecologia do cerrado, levando em conta, principalmente, o fator água. Êsses trabalhos, que se iniciaram com a publicação de Rawitscher, Ferri e Rachid (15), foram realizados, em sua quase totalidade, nos cerrados de Emas, próximos de Pirassununga, Estado de São Paulo.

A publicação acima citada, de Rawitscher, Ferri e Rachid, apresenta, entre outros, dados sobre as reservas de água armazenadas no solo.

Sobre o movimento d'água nesses solos encontram-se informações no trabalho de Schubart e Rawitscher (17). E quanto à possibilidade de aproveitamento dessa água pela vegetação permanente, há muitos dados nos trabalhos de Ferri (6, 8), que pesquisou o problema na época seca. Coutinho e Ferri (5) estenderam tal estudo à estação das chuvas.

Do comportamento da vegetação de verão tratou Rachid (13), e, recentemente, Andrade, Rachid-Edwards e Ferri (2) iniciaram o estudo da transpiração de gramíneas do cerrado.

A conveniência de ampliar tais estudos a cerrados de outras áreas geográficas, principalmente àquêles situados mais ao norte, dispensa discussão, pois, certamente, muitas informações importantes podem surgir do confronto do comportamento da mesma vegetação sujeita a condições diversas. Além do interesse teórico, tal estudo apresenta inegável valor prático, pois, poderá fornecer dados valiosos para o aproveitamento racional de imensas áreas do território brasileiro.

O presente estudo reúne dados que indicam ser a média das precipitações anuais um pouco maior em Campo Grande que em Emas, e, maior ainda, em Goiânia. Entretanto, em Campo Grande a estação seca é de menor duração e a quantidade de precipitações nos meses mais secos é aí maior que em Emas, enquanto que em Goiânia o período de seca pode

ser mais extenso e a quantidade de precipitações nos meses mais secos, menor.

De outro lado, ainda que a média das temperaturas máximas não seja muito diversa nos três lugares, a média das mínimas cresce de Emas para Goiânia e desta localidade para Campo Grande.

Quanto à umidade relativa, nas ocasiões das experiências, verificou-se que Emas apresentava os menores valores, pois, como se depreende da análise dos gráficos apresentados, situam-se em sua maior parte, numa faixa entre 40 e 50%, enquanto que em Goiânia ficam entre 50 e 60% e em Campo Grande um pouco acima. Entretanto, como Goiânia e principalmente Campo Grande tem temperaturas médias mais elevadas que Emas, isso poderá criar deficits de saturação superiores nessas localidades.

De qualquer forma, porém, nenhuma das localidades em questão pode ser considerada como de condições muito severas para a vegetação, o que se depreende de um confronto com as condições dominantes nas caatingas (cf. Ferri, 8).

Acresce que as grandes reservas de água, cuja existência foi constatada em Emas por Rawitscher, Ferri e Rachid (15), e que em Campo Grande em Goiânia são muito prováveis, dada a existência de um lençol freático permanente, fazem supor que também nestas últimas localidades a vegetação do cerrado disponha todo o ano da água necessária à sua manutenção, o que não ocorre na caatinga.

Quanto aos solos, não desejamos nos estender demasiadamente, por falta de um grande número de análises. As existentes limitam-se, quase sempre, às camadas mais superficiais, que podem ser bastante degradadas. Se essas são as camadas que importam às plantas de interesse agrícola, as mais profundas têm, igualmente, importância, para as espécies utilizadas na silvicultura e, principalmente, para a vegetação permanente dos cerrados, cujos sistemas radiculares são, em ge-

ral, muito profundos, como foi demonstrado por Rawitscher, Ferri e Rachid (15). Não se exclui, todavia, a possibilidade de apresentarem êsses solos deficiências de certos elementos (cf. Alvim e Araújo, 1; vide também a discussão de Arens, 3), o que, aliás, é provável, em virtude dos maus tratos a que vêm sendo sujeitos desde longa data.

Quanto à vegetação, não difere ela, essencialmente, nas três localidades. Não se pode, porém, afirmar ser idêntica, pois, há certas espécies freqüentes num local e que faltam ou são pouco comuns em outro. Isso se depreende, facilmente, da análise da tabela aqui incluída.

A tabela 5 resume os resultados do estudo do andamento diário da transpiração de diferentes plantas, nas três localidades. Pode-se verificar que, de um modo geral, predominam as indicações S. R. que simbolizam a ausência de restrição no consumo d'água. São muito menos freqüentes as indicações P. R. que indicam ter havido pequena restrição. Nenhuma indicação de acentuada economia no consumo d'água aparece na tabela. É de notar que as informações aí contidas referem-se a época de seca mais acentuada, quando seria mais provável o encontro de restrição no consumo d'água, caso a vegetação não dispusesse de suprimento hídrico satisfatório.

Embora em Goiânia, apenas **Connarus suberosus**, dentre as espécies estudadas, tenha limitado um pouco o consumo d'água, enquanto que em Emas e principalmente em Campo Grande, um número relativamente maior de plantas revelou tal restrição, isso não significa, obrigatoriamente, que as condições em Goiânia foram mais favoráveis à vegetação, pois, o número das espécies estudadas foi relativamente pequeno para garantir tal conclusão. Além disso, o fato de **Connarus suberosus** ter restringido um pouco o seu consumo hídrico em Goiânia e não em Emas ou em Campo Grande, indicaria, antes, que para essa espécie as condições foram menos favorá-

veis na primeira localidade. O que se pode dizer com segurança é que as três localidades, que já pela análise das condições ambientes não se revelaram essencialmente diversas,

TABELA 5

Andamento diário da transpiração de espécies dos cerrados, em Emas, Campo Grande e Goiânia

Espécies	Emas	Campo Grande	Goiânia
Andira humilis	P. R.	P. R.	S. R.
Anona coriacea	P. R.	S. R.	—
Erythroxylum suberosum	S. R.	P. R.	S. R.
Erythroxylum tortuosum	S. R.	—	S. R.
Xylopia grandiflora	S. R.	S. R.	—
Connarus suberosus	S. R.	S. R.	P. R.
Curatella americana	—	—	S. R.
Byrsonima coccolobifolia	P. R.	P. R.	S. R.

P.R. — Simboliza pequena restrição do consumo d'água.

S.R. — " sem " " " " "

não mostram, também, grande diferença, quanto ao comportamento da vegetação, no que respeita à economia d'água. E, de um modo geral, pode-se afirmar, que para a vegetação do cerrado a água não constitui um problema em nenhuma das três localidades consideradas. O confronto dos presentes dados com os obtidos na caatinga, apoia esta conclusão, pois, na-

quêle ambiente, muitas plantas apresentam fortes restrições, já na estação das chuvas (vide Ferri e Labouriau, 9) e tôdas, na estação sêca (Ferri, 7).

Quanto ao comportamento dos estômatos em sua situação normal, nas plantas, os dados obtidos confirmam, inteiramente, as observações anteriores, feitas em Emas por Ferri (6): os estômatos permaneceram abertos durante todo o dia, na maioria das plantas estudadas em Campo Grande e Goiânia. Estômatos sempre abertos indicam ausência de restrição no consumo d'água.

Foram também confirmadas, em estudos feitos em Campo Grande e Goiânia, as observações de Ferri (6, 8) em Emas, quanto à pequena velocidade das reações estomáticas. Na grande maioria das plantas em que êsse fato foi pesquisado, encontrou-se grande lentidão nas reações de fechamento hidroativo dos estômatos. Das curvas que representam êsse fenômeno, depreende-se, ainda, que a transpiração cuticular geralmente é elevada, fato que também já havia sido constatado por Ferri (6, 8) em Emas, e, que, juntamente com a lentidão dos movimentos estomáticos e com a falta de restrição do consumo d'água diário, contrasta nitidamente a vegetação do cerrado com a da caatinga, como salientou aquêle autor.

Com referência às oscilações — que podem ser numerosas e de grande amplitude — aparentes nas mencionadas curvas, devemos relembrar que o mesmo fato já foi assinalado entre nós, em relação a essências do cerrado e da caatinga e a plantas cultivadas (Ferri e Labouriau, 9, Ferri, 8, Coutinho e Ferri, 5, Meguro e Ferri, 11, Andrade, Rachid-Edwards e Ferri, 2). Também na literatura do exterior êsse fenômeno acha-se registrado e discutido (vide, por exemplo Oppenheimer, 12). Quanto à sua interpretação não queremos, no momento, nos estender, pois, temos em andamento algumas experiências que julgamos indispensáveis.

Do presente estudo pode-se tirar uma conclusão a ser, eventualmente, aproveitada na prática: a de que, nas regiões estudadas, a água não pode ser tida como fator limitante da vegetação; a existente basta para manter uma vegetação mui-

to mais exuberante que a do cerrado, que é a dominante nessas regiões.

Diante dos dados obtidos, é de esperar que nessas regiões, muitos tipos de cultura possam ser instalados com sucesso, sem necessidade de um complemento de água de irrigação. Entretanto, ainda não se pode afirmar até que ponto a água aduzida cada ano pelas precipitações, e a existente no solo na forma de reservas, pode ser explorada sem perigo para a economia hídrica das referidas regiões. Isso dependerá da extensão da área a ser cultivada, e, também, da espécie vegetal a ser utilizada, tornando-se necessárias algumas determinações prévias do consumo d'água da mesma, no próprio local em que se pretenda cultivá-la, a fim de ser possível o cálculo do consumo total.

Resumo

O presente trabalho contém informações sobre o balanço d'água de diversas espécies do cerrado, em Emas (Est. São Paulo), Campo Grande (Est. Mato Grosso) e Goiânia (Est. Goiás).

Inicialmente procedem os autores a um estudo comparativo das condições dos diferentes ambientes, focalizando os principais fatores do clima e do solo. Segue-se um estudo comparativo da vegetação do cerrado nas três localidades.

A análise do andamento diário da transpiração de diferentes espécies, na época seca, revela não existir uma diferença fundamental de comportamento nas três regiões consideradas. Revela, ainda, não haver, em qualquer dessas localidades, necessidade de apreciável restrição do consumo hídrico.

O estudo do comportamento estomático, mostrando estômatos abertos durante todo o dia, em quase todas as plantas, nos três locais, confirma a conclusão acima.

São, igualmente, confirmadas, observações anteriores, quanto à lentidão dos movimentos estomáticos das plantas dos cerrados e quanto ao fato de ser a transpiração cuticular, em geral, alta.

Os autores concluem que o fator água não é limitante do desenvolvimento da vegetação do cerrado, nas três regiões consideradas, finalizando o estudo com considerações de ordem prática, quanto às possibilidades de sucesso no estabelecimento de culturas sem irrigação, nas referidas regiões.

Summary

The present paper gives information on the water-balance of several species of the "cerrado" vegetation, in Emas (Est. São Paulo), Campo Grande (Est. Mato Grosso) and Goiânia (Est. Goiás).

It begins with a comparative study of climatic and edaphic conditions in the different localities.

The results that follow, on the daily march of transpiration of several species in the dry season, show, that there is not a fundamental difference in the behavior shown by the vegetation in the three habitats under consideration.

They show also that there is no necessity for an appreciable restriction of the water consumption of the plants in any of the three localities.

The study of the stomatic behavior, showing open stomata all day long in almost all the species, is a confirmation of that conclusion. Previous observations that the stomata of the "cerrado" plants are in general very sluggish and that cuticular transpiration is high, are confirmed.

The authors end with the conclusion that water is not the limiting-factor of the development of the "cerrado" vegetation in the three localities, and with considerations on the possibilities of cultivation of such places without necessity of irrigation.

Bibliografia

- 1 — ALVIM, Paulo de T. e Wilson de ARAÚJO — 1952 — El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. Turrialba, 2(4): 153-160.

- 1ª — ALMEIDA, F. M. — 1946 — Depósitos mesozóicos do planalto de Maracajú, Estado de Mato Grosso. Anais 2.º Congr. Pan-Amer. de Eng. Minas e Geologia, vol. 3.º, pp. 211-245, Rio de Janeiro.
- 2 — ANDRADE, Maria A. B., Mercedes RACHID-EDWARDS e Mario G. FERRI — 1957 — Informações sôbre a Transpiração de duas Gramíneas freqüentes no cerrado. Rev. Brasil. Biol., 17(3): 317-324.
- 3 — ARENS, K. — O cerrado como vegetação oligotrófica (No prelo).
- 4 — Atlas Geológico do Brasil — Ministério da Agricultura, Departamento Nacional da Produção Mineral. 1938.
- 5 — COUTINHO, L. M. e M. G. FERRI — 1956 — Transpiração de Plantas Permanentes do Cerrado na Estação das Chuvas. Rev. Brasil. Biol., 16(4): 501-518.
- 6 — FERRI, Mario G. — 1944 — Transpiração de Plantas Permanentes dos Cerrados. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. XLI — Botânica n.º 4: 159-224.
- 7 — 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.
- 8 — FERRI, Mario G. — 1955 — Contribuição ao Conhecimento da Ecologia do Cerrado e da Caatinga. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. 195 — Botânica n.º 12.
- 9 — 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.
- 10 — MAXIMOV, Nicolai A. — 1929 — The Plant in relation to water. Trad. R. Yapp, London.
- 11 — MEGURO, M. e M. G. FERRI — 1956 — Economia d'água de cana de açúcar. An. Acad. Bras. Ciências., vol. 28(4): 523-543.
- 12 — OPPENHEIMER, H. R. — 1953 — An experimental study on ecological relationships and water expenses of mediterranean forest vegetation. Palest. J. Bot., 8(2): 103-124. Rehovot ser.
- 13 — RACHID, M. — 1947 — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão nos campos cerrados de Emas. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. LXXX, Botânica n.º 5.

- 14 — RAWITSCHER, F. — 1948 — The Water Economy of the Vegetation of the "Campos Cerrados" in Southern Brasil. Jour. Ecology, Vol. 36, n.º 2.
- 15 — RAWITSCHER, F., M. G. FERRI e M. RACHID — 1943 — Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. An. Acad. Bras. Ciências, T. 15, n.º 4.
- 16 — SCHUBART, O. — 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.
- 17 — SCHUBART, O. e F. RAWITSCHER — 1950 — Movimentos de água subterrânea em Emas-Pirassununga. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. CIX — Botânica n.º 8.

Í N D I C E

Felix Rawitscher (In memoriam)	
M. G. Ferri	7
Considerações sôbre as causas do xeromorfismo foliar	
Karl Arens	23
O cerrado como vegetação oligotrófica	
Karl Arens	57
Observações sôbre a anatomia da casca do Guapuruvú, Schizolobium parahyba (Vell.) Blake	
A. B. Joly e Clovis Teixeira	79
Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado	
M. G. Ferri e L. M. Coutinho	101

Faculdade de Filosofia
Ciências e Letras
Biblioteca Central

BOLETINS PUBLICADOS PELO DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

N.º 1 — 1937:

- RAWITSCHER, F. — Experiências sobre a symetria das folhas.
ARENS, K. — Sobre o papel do Potassio na Photosynthese aquatica e aérea.
ARENS, K. — O processo de infecção da **Bremia Lactucae**.

N.º 2 — 1939:

- RAWITSCHER, F. — Sobre a reprodução vegetativa no genero *Kalanchoe*.
KLEEREKOPER, H. — Estudo limnologico da Represa de Santo Amaro em São Paulo.

N.º 3 — 1942:

- RAWITSCHER, F. K. — Problemas de Fitoecologia com Considerações especiais sôbre o Brasil Meridional.
RAWITSCHER, F. K. e FERRI, M. G. — Observações sôbre a Metodologia para o estudo da Transpiração Cuticular em Plantas Brasileiras, especialmente em **Cedrela fissilis**.

N.º 4 — 1944:

- RAWITSCHER, F. K. — Problemas de Fitoecologia com Considerações especiais sôbre o Brasil Meridional. 2a. parte.
FERRI, M. G. — Transpiração de plantas permanentes dos "Cerrados".

N.º 5 — 1947:

- RACHID, M. — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Emas.

N.º 6 — 1948:

- FERRI, M. G. e JOLY, A. B. — Partenocarpia induzida com o ácido β -naftóxi-acético.

N.º 7 — 1949:

- MORRETES, B. L. de — Ciclo evolutivo de **Pilacrella delectans** Möll.
JOLY, A. B. — Contribuição para o conhecimento da vegetação do Brasil Meridional. I — Plantas raras ou pouco conhecidas.

N.º 8 — 1950:

- JOLY, A. B. — Estudo fitogeográfico dos campos de Buntantã (São Paulo).

SCHUBART, O. e RAWITSCHER, F. — Notas sôbre os movimentos de água subterrânea de Emas — Pirassununga.

N.º 9 — 1951:

FERRI, M. G. — Foto-Destruição do Fito-Hormônio Ácido Indolil-3-Acético por Compostos Fluorescentes.

N.º 10 — 1953:

HUECK, K. — Distribuição e habitat natural do Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*).

MORELLO, J. — Transpiración y balance de água de la Bananera en las condiciones de la ciudad de São Paulo.

N.º 11 — 1954:

VILLAÇA, H. e FERRI, M. G. — Transpiração de *Eucalyptus tereticornis*.

VILLAÇA, H. e FERRI, M. G. — On the Morphology of the Stomata of *Eucalyptus tereticornis*, *Ouratea spectabilis* and *Cedrela fissilis*.

JOLY, A. B. — The Genus *Bostrychia* Montagne, 1838 in Southern Brasil. Taxonomic and Ecological Data.

N.º 12 — 1955:

FERRI, M. G. — Contribuição ao Conhecimento da Ecologia do Cerrado e da Caatinga — Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação.

N.º 13 — 1956:

JOLY, A. B. — Additions to the marine flora of Brasil. I.

JOLY, A. B. — The sexual female plants of *Griffithsia tenuis* C. Agardh.

RACHID-EDWARDS, M. — Alguns dispositivos para a proteção de plantas contra a seca e o fogo.

N.º 14 — 1957:

JOLY, A. B. — Contribuição ao conhecimento da flora fitológica marinha da baía de Santos e arredores.

COMPOSTO E IMPRESSO NA SECÇÃO GRÁFICA DA
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
1958

