

OCORRÊNCIA DO CAM EM PERNAMBUCO

JOSÉ DARCY DE ARAGÃO BELTRÃO
Prof. Assistente do Dep. de
Biologia da UFRPE.

O efeito de "De Saussure" (CAM Plantas), foi estudado em Epidendrum ellipticum, Cattleya labiata, (Orchidaceae); Kalanchoe daigremontiana híbrido Bryophyllum (Crassulaceae); Tillandsia usneoides, Ananas comosus e Aechmea bromeliifolia, (Bromeliaceae), nas sub-zonas das matas úmidas e serranas de Pernambuco, Brasil.

1 - INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 1804 "De Saussure" iniciou brilhantemente experimentos pertinentes à fixação do carbono nas plantas, demonstrando que este provinha do CO_2 .

Foi recentemente perscrutado esse fenômeno na família das Crassuláceas e demonstrado que certas plantas que pertencem a esse taxon fixam e acumulam o dióxido de carbono à noite.

Neste processo vital, formam-se, através de diversas carboxilações o ácido málico. Durante o dia a fotossíntese compete com esse aspecto metabólico, baixando o teor do ácido aci-

ma mencionado.

Essa peculiaridade do metabolismo daquela família é conhecido pela sigla CAM, sendo ocasionado pela aceitação dos gases acima aludido pelo ácido piruvico ou fosfoenolpiruvico, aparecendo como produto intermediário, o ácido oxalico e finalmente o malico. Outros fito-ácidos podem ser sintetizados.

COUTINHO² em 1965 e COUTINHO³ em 1969 investigou este problema, sobretudo do ponto de vista fisiológico, em várias espécies das famílias dos Bromeliáceos e Orquidáceas, em erbáceas, terrestres e epifitas.

Essas plantas raras vezes abrem os estomas durante o dia, economizando água e mantendo em condições relativamente boas o balanço hídrico, são portanto poiquilohidratas.

No caso das epífitas da sub-zona da mata úmida, vivem em microhabitats, resistindo com a carência hídrica na estação seca; são geralmente xeromorfas, apresentando xerofitismo.

Outras erbáceas terrestres e epífitas existem em magasistemas semi-áridos nas nossas caatingas, cuja precipitação pluviométrica é de aproximadamente 500 mm, temperatura ao redor de 40°C e umidade relativa baixa; nestes sistemas ecológicos não levou-se a efeito nenhuma investigação, principalmente devido ao fato de aí ocorrerem temperaturas muito altas durante o dia. Foi registrada no município de Floresta temperatura do ar às 14 horas de 47°C.

É certo que à noite a temperatura, nestas regiões, baixa muito, por isso não se desprezam esses ecossistemas de pesquisas: pois, como se sabe, geralmente a fixação do CO₂ no escuro só se opera aproximadamente até os 21°C.

As plantas que apresentam o CAM possuem o caráter de suculência folhear bem conspícuo, ou não muito evidente, porém possuem geralmente tecidos aquíferos.

O CO₂ penetra na célula clorofilada ou não, na forma de HCO₃ podendo permanecer também nos espaços intercelulares,

obedecendo às leis da difusão.

2 - MATERIAL E MÉTODO

As plantas nas quais estudou-se o fenômeno aqui focalizado, vivem na sub-zona da mata úmida e sub-zonas das matas serranas, classificação de VASCONCELOS SOBRINHO e de acordo com o mapa fitogeográfico organizado por ANDRADE LIMA¹ para Pernambuco.

O primeiro ecossistema, é também denominado de floresta atlântica ou mata pluvial perenifolia, segundo outros, trata-se de uma formação tipicamente edáfico-climática que atingiu o seu climax, onde ainda existe, o segundo não são mais que disjunções do primeiro, onde a temperatura é mais baixa, devido principalmente à altitude.

As observações foram efetuadas em *Epidendrum ellipticum*, *Cattleya labiata*, (Orchidaceae); *Kalanchoe daigremontiana* *hybrida* *Bryophyllum*, (Crassulaceae), *Tillandsia usneoides*, *Ananas comosus* e *Aechmea bromeliifolia* (Bromeliaceae).

Os testes colorimétricos foram efetuados usando o método adotado por COUTINHO², anteriormente utilizado por outros fitofisiólogos, e é: empregamos a solução de cresol, ou seja: 84mg de NaHCO₃, 7,46 g de KCl e 10 mg de vermelho de cresol, para 1 litro d'água destilada.

Foram colocados 4ml desta solução em cada tubo de ensaio e quando se obteve o equilíbrio com a concentração do CO₂ no ar colocou-se numa câmara escura improvisada. Dentro de cada tubo

de ensaio suspendeu-se uma folha ou parte do limbo presa a uma tela de nylon por um fio do mesmo material. Após serem vedados os tubos foram então colocados na câmara escura, à temperatura 20°C , $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Para determinação do pH, foram trituradas as folhas, utilizando um liquidificador e após prensarem-se os fragmentos, usando-se papel de filtro e um espremedor de laranjas, centrifugou-se o líquido em 2.400 rpm. obtendo-se o suco celular isento de pigmentos.

Não dispondo de potenciômetro para avaliação da acidez, fez-se uso de papel indicador de pH Merck com intervalos convenientes.

Repetiu-se a experiência sem centrifugar e observou-se que as discrepâncias entre os valores obtidos foram mínimas.

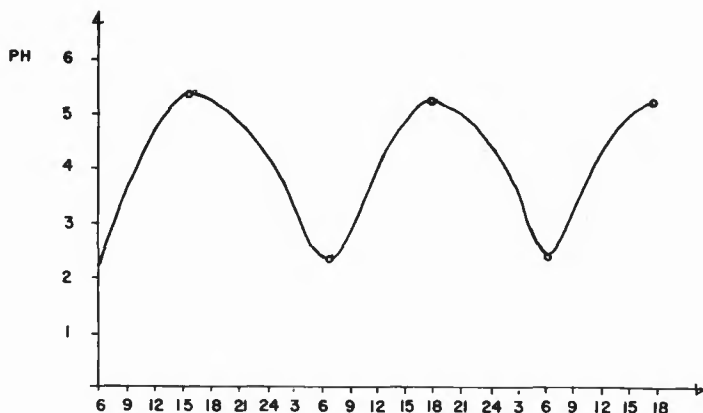
Para o estudo dos movimentos hidroativos, foi empregado o método de infiltração com xilol e éter do petróleo, que segundo COUTINHO³ revelou-se "mais interessante" pois permitiu uma melhor apreciação dos movimentos.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1- Os tubos que foram colocados na câmara escura a 20°C , passadas 2 horas, apresentaram a mudança de coloração da solução comparada com a do tubo testemunha, adquirindo cor arroxeada. Todas as experiências levadas a cabo, foram bem sucedidas e executadas em laboratório.

3.2- Os resultados das variações do pH diário representam as médias de 26 determinações; cada valor das coordenadas representam as médias dos valores de 26 determinações, que foi efetuada em *Cattleya labiata*, vulgarmente conhecida como "parasita roxa", epífita, ocorrente nas zonas da mata úmida e nas chamadas matas serranas de Pernambuco.

3.2.1- Variação Diária do pH no Suco



As outras espécies estudadas neste trabalho, apresentaram muita semelhança na variação diária do pH do Suco Celular, apenas *Kalanchoe daigremontiana* híbrida *Bryophyllum* discrepou das outras tendo na média das ordenadas máximas um valor de pH6, e a mínima no de pH2. É de se notar que as plantas que não possuem esse efeito, no escuro o pH chega geralmente até 4,5 aproximadamente e na luz até 7,4.

3.3 - Os movimentos estomáticos hidroativos destas plantas contrariam em parte a teoria enzimática, cujos primeiros estudos foram feitos por ILJIM (1914), no que diz respeito a hidrólise do amido nas células guardas sob a ação da luz.

Essas pesquisas continuaram com SAYRE (1926) e SCARTH (1932), até que em 1951 houve uma resposta muito elucidativa sobre o mecanismo de abertura e fechamento dos estomas, estabeleceu-se então a teoria acima mencionada.

Mas será que esta explicação é válida para todas as plantas que não apresentem o caráter de suculência folhear? Esse

assunto parece pouco perquirido, neste último tópico, através dos conhecimentos que se tem de bibliografias consultadas.

Serão que plantas de porte médio, arbustos, até 3 ou 4m, que cresçam e se desenvolvam rapidamente também apresentam esse "efeito"? E outras arvoretas (Sistema de Aubreville) de folhas delgadas ou semi-delgadas absorvem o CO_2 no escuro? Resta pesquisar cientificamente esse problema nos diversos taxons, que compõem os arbustos e arvoretas.

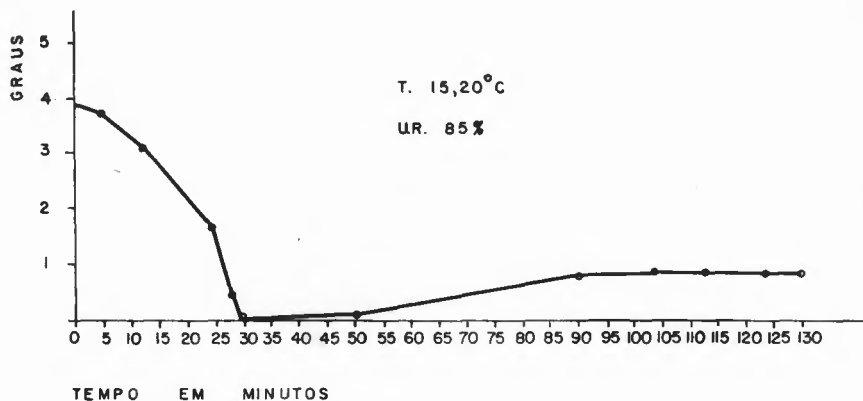
Talvez, um dia venha-se descobrir um liame metabólico entre as plantas que normalmente transpiram e as que fazem parcamente à noite, uma substância interferente no processo que causa a fixação do CO_2 à noite, de fácil e econômica aplicação seja descoberta e tenha grande importância prática se usada, no sentido de obter um minramento da perda d'água nas plantas cultivadas, tendo como resultado um baixo consumo de energia utilizada na irrigação. Sabe-se que se pode interferir nos movimentos estomáticos, empregando-se certas substâncias inorgânicas que, todavia, são caras e de difícil aplicação prática.

STALFELT⁹ (1957), no seu trabalho "The water output of the guard cells of the stomata", relata o seguinte: "Like many other acids and inorganics substances, CO_2 effects the state of the Stomatal cells. In light it elicits the closing movements and inhibite opening movements respectively, in darkness the, effect may be both opening and closure".

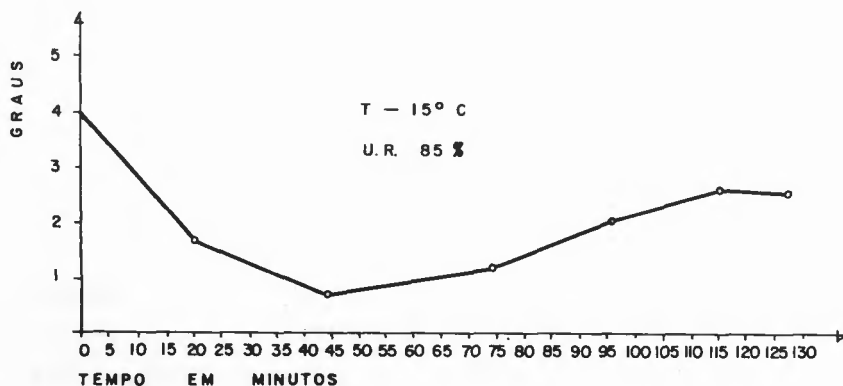
O autor apresenta agora suas poucas observações sobre os movimentos hidroativos de *Cattleya labiata* e *Epidendrum ellipticum*.

As figuras 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 e 3.3.4 resumem os resultados obtidos.

3.3.1- Velocidade dos Movimentos Hidroativos de *Cattleya labiata* Avaliados pelo Processo de Infiltração com Xilol, no Mês de Junho de 1973.



3.3.2- Velocidade dos Movimentos Hidroativos de *Cattleya labiata* Obtidos pelo Processo de Infiltração com Éter de Petróleo, no Mês de Junho de 1973.



Esses resultados grafados foram obtidos nas proximidades de Garanhuns e nas circunvizinhanças da Universidade Federal Rural de Pernambuco, (Dois Irmãos-Recife), efetuamos a supra referida experiência em *Cattleya labiata* cultivada em um ripado e também provas em tubos de ensaio (solução de cresol), as temperaturas ambientais durante noites; chegamos à conclusão de que o CAM só se verifica aquém dos 21°C, sendo a temperatura o fator exógeno determinante desse processo vital, além das condições e fatores internos.

COUTINHO³ e outros pesquisaram a ocorrência do efeito de "De Saussure" na mata pluvial tropical cerrado, caatinga, manguesal e dunas marítimas, em condições de campo, todavia esses sistemas ecológicos situavam-se em Pirassununga (São Paulo), Cruz das Almas, Castro Alves e Jequiê (Bahia), Paranapiacaba (São Paulo) e Itanhaém (São Paulo). Em todas essas localidades obteve resultados positivos, a temperaturas ambientais, que certamente era inferior aos 21°C.

É encontrado o CAM em Pernambuco (Dois Irmãos), e em Garanhuns, sub-zonas das matas úmidas e serranas, a temperaturas ambientais.

Mas em Dois Irmãos, onde raras vezes no ano a temperatura noturna baixa aquém dos 21°C, só foi encontrado no mês de junho, em algumas noites. Todavia, diz ODUM⁷ "Desde que os principais componentes estejam presentes e operando conjuntamente para obter uma espécie de estabilidade funcional, mesmo que por apenas em curto espaço de tempo, a entidade pode ser considerada como um ecossistema".

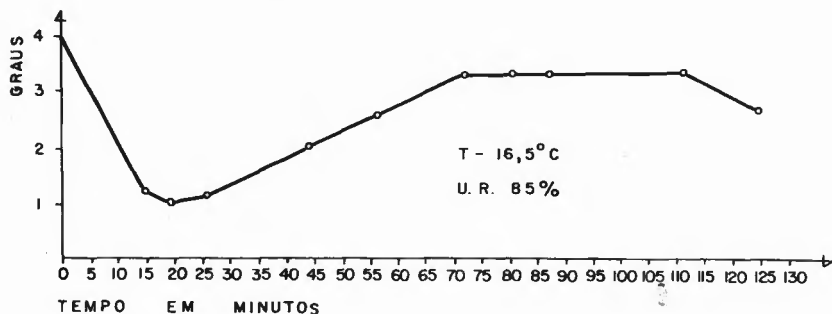
Assim se esse "efeito" ocorre também em condições de campo (noturnas), se bem que em raras noites do ano, quando a temperatura desce dos 21°C, esse sistema ecológico pode ser chamado de mata pluvial tropical.

Do ponto de vista desta função trata-se de denominações diferentes para dois ecossistemas iguais.

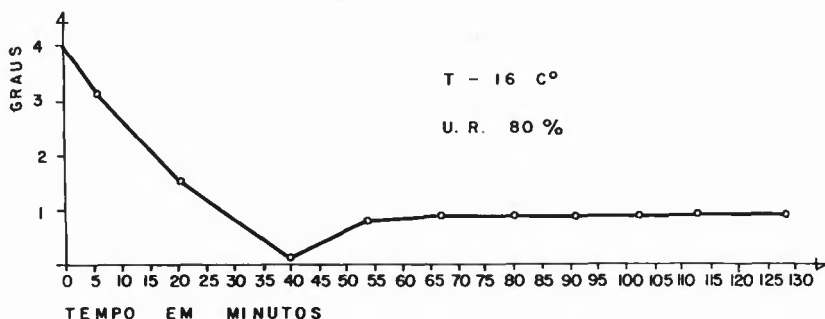
Resultados obtidos com *Epidendrum ellipticum* nas

proximidades de Garanhuns em condições ambientais.

3.3.3 - Velocidade dos Movimentos Hidroativos de *Epidendrum ellipticum* Obtidos pelo Processo de Infiltração com Éter de Petróleo, no Mês de Junho de 1973. Tempo em Minutos (Depois do Corte da Folha).



3.3.4 - Velocidade dos Movimentos Hidroativos de *Epidendrum ellipticum*, Avaliados pelo Processo de Infiltração com Xilol, no Mês de Junho de 1973. Tempo em Minutos (Depois do Corte da Folha).



Deseja-se enfocar aqui, a suculência folhear não é condição determinante do "efeito de De Saussure", COUTINHO³ demonstrou esse aspecto com suas investigações em *Tillandsia usneoides*.

O autor também comprovou este aspecto aqui em Pernambuco na mesma espécie.

Em vista disto, o autor friza e repete sua opinião de que tal "efeito" deve ser perquerido em plantas de folhas delgadas, principalmente umas arvoretas e arbustos (Sistemas de Aubreville), porque podem ser cultivadas em jardins residenciais e arborizações das ruas sem apresentarem o inconveniente do porte alto que venha a prejudicar redes elétricas e telefônicas, ao mesmo tempo apresentando vantagem de que crescendo mais apresentam um metabolismo mais alto, e no caso fixariam maior quantidade de CO_2 .

Determinações procedentes de pesquisas de autores de renome internacional, afirmam que uma planta de 3m de altura, incluindo a copa absorve mais ou menos 50g de carbono por dia (no caso essa taxa seria fixada à noite).

Isso corresponde ao CO_2 contido em 300m^3 , o que é um número bastante impressionante e que deve encorajar outros pesquisadores a trabalharem neste setor a fim de resolver o problema da poluição devido ao aumento do teor deste gás à noite, desintoxicando o ar. Levando em consideração que durante a noite a concentração deste gás aumenta aproximadamente de 13% sobre 0,03% em volume que normalmente existe no ar, principalmente devido a paralização da etapa fotoquímica e posteriormente das reações obscuras da fotossíntese, e ainda devido o que a respiração continua no período da noite, temos a explicação da foto acima exposta.

Particularmente em microhabitats pouco ventilados, onde respiram grande número de seres vivos, ou pessoas, aumenta muito a taxa do CO_2 , que ascende até 30 vezes maior que a normal.

Um homem durante o dia exala 1,2% de CO_2 do total do peso do seu corpo. Naquelas condições, o equilíbrio $\text{O}_2\text{-CO}_2$ é quebrado de tal forma a causar efeitos maléficos nos animais ou homens que estão nestes ambientes.

4 - CONCLUSÕES E RESUMO

- a) As sub-zonas das matas úmidas e serranas de Pernambuco vivem epífitas e erbáceos terrestres que apresentam o CAM, são citadas as espécies estudadas;
- b) Esses ecossistemas, do ponto de vista funcional, no que se refere ao efeito acima aludido, são os mesmos que *COUTINHO*² chamou em seus trabalhos de mata pluvial tropical;
- c) É a temperatura o fator externo mais importante no aparecimento do fenômeno. Temperaturas acima de 21°C, nas espécies aqui estudadas, fazem-no cessá-lo quase completamente;
- d) É possível que outros sistemas ecológicos como o das caatingas, também apesar da temperatura diurna ultrapassar de muito o limite máximo além do qual o CAM não se verifica, mas que devem apresentar temperaturas noturnas bem mais baixas, (trata-se de áreas semi-desérticas) sejam propícias ao aparecimento desse efeito, principalmente nos bromeliáceas. Essas plantas fechando os estômatos durante o dia economizam água suficientemente para mantê-las vivas nos grandes períodos de seca física, é o que parece-nos acontecer;
- e) O efeito de "De Saussure" completamente pesquisado metabólica e funcionalmente pode trazer consequências práticas imensas no que tange a economia de água nas práticas de irrigação.

5 - ABSTRACT

"De Saussure" effect (CAM Plants) was studied in some species such as *Epidendrum ellipticum*, *Cattleya labiata*, (*Orchi-*

daceae); *Kalanchoe daigremontiana* hibrid *Bryophyllum*, (*Crassulaceae*); *Tillandsia usneoides*, *Ananas comosus* and *Aechmea bromeliifolia*, (*Bromeliaceae*) in sub-zones of the wet humid area, and wet hilly area, of Pernambuco, Brazil.

6 - BIBLIOGRAFIA

1. ANDRADE LIMA, Dárdano de. *Estudos fitogeográficos de Pernambuco*. Recife, Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, 1957. (Publicação, 2). p. 21-36.
2. COUTINHO, L. M. Algumas informações sobre a capacidade rítmica diária da fixação e acumulação do CO₂ no escuro em epífitas e erbáceos terrestres da mata pluvial. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Botânica*, São Paulo, 294(21):397-408, 1965.
3. —. Novas observações sobre a ocorrência do "Efeito Saussure" e suas relações com a suculência, a temperatura folhear e os movimentos estomáticos. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Botânica*, São Paulo, 331(24):79-102, 1969.
4. FERRI, M. G. & LOMBERTI, Antonio. Informações sobre a economia d'água de plantas de um taboleiro no Município de Goiânia (Pernambuco). *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 247(17):133-45, 1958.
5. JAMES, W. O. *Introducción a la fisiología vegetal*. Barcelona, Omega, 1967. 328 p.
6. MOLISCH, H. Dos offen und Geschlossensein da Spaltoffnungen, Verauschaucht neve methode (Infiltrations methode). *Zeitschrift für Botanik*, Jena :106, 1912.
7. ODUM, Eugene P. O ecossistema. In: —. *Ecologia*. 2. ed. São Paulo, Pioneira, Instituto Nacional do Livro, 1975. p.30-1.

8. STALFELT, M. G. The stomate as a hydrophotic reguelator of the water deficit of the plant. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 8:572-93, 1955.
9. —. The water ouput of the guard cells of the stomate. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 10(4):752-73, 1957.
10. SÔMULA metereológica. Recife, 1971. Fornecida pela Estação do Instituto de Pesquisas Agrônomicas (IPA), em maio de 1971.