

EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA EM PLÂNTULAS DE SERINGUEIRA (Hevea spp) SUBMETIDOS A DÉFICITS HÍDRICOS¹

O.G. Rocha²

M.A.O. Cano³

J.T.L. Thiebaut⁴

RESUMO

Foram utilizadas plântulas de seringueira (Hevea spp), clones IAN 717 e IAN 873, com o objetivo de avaliar a sua produtividade primária, quando submetidas a déficits hídricos crescentes, por meio da eficiência no uso de água e da sensibilidade estomática.

As plantas foram cultivadas em casa de vegetação e o déficit hídrico foi induzido pela diminuição da disponibilidade de água no solo, por meio da variação dos níveis de irrigação.

Como indicadores da resistência das plantas à tensão hídrica, foram considerados alguns parâmetros de prevenção e tolerância à seca. Como parâmetros de prevenção foram determinados a resistência estomática

-
1. Parte de tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do grau de Mestre em Fisiologia Vegetal. Trabalho realizado com a participação financeira do Convênio SUDHEVEA/EMBRAPA.
 2. Eng^o Agr^o M.Sc. em Fisiologia Vegetal, Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisas da Seringueira, C.P. 319, 69.000 - Manaus (AM).
 3. Biólogo, Dr. Rec. Nat. em Fisiologia Vegetal, Professor Adj. da Univers. Fed. de Viçosa (MG) - CEP- 36.750.
 4. Eng^o Agr^o, MSc. Prof. Adj. do Dept^o de Matemática da Univ. Fed. de Viçosa, Viçosa (MG) CEP 36.750.

e a taxa transpiratória, enquanto a eficiência no uso de água, as taxas fotossintéticas, o ponto de compensação hídrico e o déficit crítico de saturação foram considerados como parâmetros de tolerância.

Os menores valores de déficit crítico de saturação, observados para as progênies do clone IAN 873, parecem mostrar sua menor tolerância a tensões hídricas, em comparação com aquelas do IAN 717.

As taxas transpiratórias diminuíram com o aumento do déficit hídrico e, sob tensões acentuadas, observou-se a manutenção da taxa transpiratória em valores mínimos, sendo a perda de água, provavelmente controlada pela resistência cuticular.

Os valores de resistência estomática foram mais elevados para os genótipos do clone IAN 873, mesmo quando as plantas se apresentavam túrgidas. Em ambos os casos, o aumento da resistência estomática acentuou-se a partir do teor relativo de água de 80%.

Por meio da relação entre a fotossíntese líquida e as taxas transpiratórias, pôde-se verificar a maior eficiência no uso de água apresentada pelas progênies do clone IAN 717, porquanto, em teor relativo de água mais baixo, sua eficiência foi maior do que a apresentada por aquelas do clone IAN 873.

As diferenças entre as plântulas dos dois clones não foram acentuadas, sob condições hídricas limitantes, podendo sugerir que ambos apresentaram maior capacidade de prevenção do que de tolerância à seca.

ABSTRACT

WATER USE DEFICIENCY IN RUBBER SEEDLINGS SUBJECTED TO WATER DEFICIT.

Young plants of Hevea spp (clones IAN 873 , IAN 717) were grown in a greenhouse and water deficit was induced in them by decreasing water in the soil, varying the level of irrigation.

As an indication of water stress resistance of the plants, some parameters concerned with drought avoidance and drought tolerance were considered: stomatal resistance and transpiratory value for drought avoidance, and water use efficiency, photosynthesis value, water compensation and water resaturation deficits for drought tolerance.

Water resaturation deficits and transpiration values were detected gravimetrically; net photosynthesis was measured by potentiometer; stomatal sensibility to water deficit was measured by stomatal resistance to water vapour utilizing parameters of diffusion.

The lower values of water deficit saturation observed for IAN 873 seem to show its lesser tolerance to water stress when compared to IAN 717.

The highest photosynthesis values were observed in turgid plants of IAN 717; a low net photosynthesis value was observed in both clones when water deficit was induced.

Water compensation point correspondent to

IAN 873 occurred in higher water content than to IAN 717. This fact was related to a probable difference in the mesophyll resistance to CO_2 diffusion between the studied clones.

Transpiration values decreased with the increasing of the water deficit. When in high tension a very low constant transpiratory value was observed. It is possible that the water loss controlled by the cuticular resistance.

Stomatal resistance values were high in turgid plant of IAN 873. In both clones these values became high when the relative water content was 80 percent.

A high efficiency of water use was observed in the relation between net photosynthesis and transpiratory values in IAN 717.

Differences between both clones were not stressed under limited water conditions, suggesting that both possess good capacity for prevention of drought than drought tolerance.

INTRODUÇÃO

A seringueira (Hevea spp) é uma espécie , tropical, típica de regiões de clima quente e úmido, definidos nos tipos climáticos A_{fi} e A_{mi} da classificação de Koeppen, o primeiro caracterizado pela ausência de estação seca, e o segundo, pela presença desta estação, um pouco pronunciada (BASTOS e DINIZ, 1975).

Em áreas da região amazônica, "habitat" na-

tural da seringueira, as elevadas precipitações pluviométricas e a alta umidade relativa favorecem a incidência e a propagação do fungo Microcyclus ulei P. Henn. V. Arx, causador do "Mal Sulamericano das Folhas", principal entrave para o desenvolvimento da heveicultura no Brasil (MORAES e BASTOS, 1972). Estes autores sugerem o cultivo da seringueira em regiões com estação seca definida, como medida de escape ao fungo. Aceitando-se esta possibilidade como medida preventiva ao ataque do M. ulei, torna-se necessário um maior conhecimento acerca da resistência e produtividade da seringueira sob condições de limitação de água.

Os trabalhos desenvolvidos até agora em regiões tropicais relacionam principalmente a economia hídrica geral da planta com as variações de temperatura, evaporação de água do solo e umidade relativa do ar, afetando a sua produtividade, durante a sangria (BUTTERY e BOATMAN, 1976).

SAMSUDDIM e IMPENS (1978) estudaram, em plantas túrgidas, as diferenças genotípicas de quatro clones de seringueira, em relação às taxas fotossintéticas, resistências difusivas, transpiração e eficiência no uso de água. Observaram a existência de uma hierarquia nas taxas de fotossíntese dos clones e as relacionaram com as resistências residual (resistência do mesófilo + resistência de carboxilação). As taxas transpiratórias não variaram, mas a eficiência no uso de água apresentou diferenças significativas entre os genótipos estudados.

Pode-se admitir, portanto, que a seringueira, como muitas outras espécies, apresente algum mecanismo de resistência às tensões hídricas, que pode ser

dos tipos prevenção e/ou tolerância à seca (LEVIT, 1972).

Em plantas de seringueira de um ano de idade submetidas a ciclos de tensão hídrica no solo, observou-se que o potencial hídrico da folha, durante o dia, era regulado pela resistência dos estômatos à difusão de água (RESNIK e MENDES, 1979). Este fato demonstra que a seringueira apresenta uma alta sensibilidade estomática ao déficit hídrico, podendo, portanto, ser considerada como uma espécie preventiva à perda de água.

O prematuro fechamento estomático, em face de déficits hídricos relativamente suaves, provoca um bloqueio parcial ou total não só à perda de água, como também à entrada de CO_2 . A relação entre a produtividade primária da planta e a perda de água, relação P_n/T , parece ser um bom indicador da produtividade da planta, sob condições hídricas limitantes, quando determinadas sob as mesmas condições (BARRS, 1968).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade primária de plântulas de dois clones de seringueira (IAN 717 e IAN 873), quando submetidos a "deficits" progressivos de água, por meio da resistência estomática e da eficiência no uso de água, considerada esta como a relação entre a assimilação líquida de CO_2 e a transpiração.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, foram utilizadas plântulas de seringueira (Hevea spp) advindos dos clones

IAN 717, com paternos PB 86 x F 4542, e IAN 873, oriundo do cruzamento PB 86 x FA 1717, sendo o primeiro um híbrido interespecífico de H. brasiliensis x H. benthamiana e o IAN 873 um híbrido intra-específico de H. brasiliensis. Os genótipos foram originados de sementes ilegítimas (meio-irmãos) provenientes de blocos monoclonais dos referidos clones.

As sementes germinaram em caixas contendo areia e, aproximadamente três dias após a germinação, foram transplantadas para vasos de cerâmica contendo cerca de cinco litros de solo, cuja análise química revelou um Ph de 4,4 (1:2.5) e concentração para P.K. Ca e Mg de 30 ppm, 1,4 eq. mg/100g e 0,6 eq. mg/100g, respectivamente.

As plantas cresceram em casa-de-vegetação, no período de 15 de janeiro a 15 de maio de 1979, e foram irrigadas regularmente, de modo a manter o solo próximo à sua capacidade de campo.

Os experimentos tiveram início quando as plantas emitiram o segundo surto de lançamentos, utilizando-se para as medições folhas do primeiro lançamento.

A desidratação foi induzida pela diminuição da disponibilidade de água no solo, variando-se as quantidades de água e os turnos de rega.

Em plantas túrgidas e desidratadas, foram medidos os seguintes parâmetros: déficit crítico de saturação (DCS); fotossíntese líquida (P_n); taxa transpiratória (T); resistência estomática (r_s) e teor relativo de água (\bar{w}).

Para a determinação do D.C.S., utilizou-se o método gravimétrico (WEINBERGER et alii., 1972), tomando

-se 36 folíolos uniformes e túrgidos de cada clone.

O peso fresco máximo dos folíolos (PF_{max}) foi obtido saturando-os, em câmara úmida, a 30°C, por 24 horas. O peso fresco mínimo (PF_{min}) foi determinado após a indução de níveis de desidratação, entre 30% e 70% do peso fresco máximo. O peso de ressaturação (P_{res}) foi obtido após novamente 48 horas em câmara úmida. O peso seco (PS) foi determinado em estufa de ventilação forçada a 75°C, até peso constante.

A medição da taxa fotossintética foi feita por meio do método potenciométrico, em aparelho descrito por ZUNKER e KREEB, (1970) e adaptado por CASTRO (1977).

Dois dias antes das medições, as plantas foram escolhidas e transportadas para uma sala de crescimento, com ambiente parcialmente controlado (temperatura de 25[±] 3°C e umidade relativa em torno de 70%), e mantidas sob uma intensidade luminosa de 1,5 mW.cm⁻², aproximadamente, fornecida por oito lâmpadas fluorescentes de 40W cada uma, em fotoperíodo de treze horas.

Durante as medições da fotossíntese, a intensidade luminosa foi de 30 mW.cm⁻² a temperatura foi mantida em 26[±] 2°C e a concentração de CO₂ no ar variou entre 300 ppm e 360 ppm. A velocidade do fluxo de ar no circuito foi ajustada para 0,3 litros por minuto, aproximadamente, e o aquecimento foi parcialmente reduzido com o uso de um filtro de água destilada de 4cm de espessura, aproximadamente, colocado entre a fonte luminosa e a cubeta de acrílico.

Uma hora antes das medições, as plantas foram submetidas à mesma iluminação anterior, seguindo-se

da introdução de uma folha completa, sem destacar na cubeta de acrílico. Nesta fase, procurou-se manter a folha completamente espalmada e com a face abaxial voltada para a fonte luminosa.

O potenciômetro foi ajustado regularmente com solução tampão padrão, em temperatura de 25°C, efetuando-se na mesma oportunidade a troca da solução de bicarbonato contida no frasco lavador.

Para o cálculo da fotossíntese líquida, foram feitas as correções de pressão barométrica, volume do circuito e temperatura, conforme SESTAK et alii (1971).

A perda de água pelos folíolos foi determinada gravimetricamente, sendo tomados de cada planta os folíolos opostos aos utilizados anteriormente para a fotossíntese.

Os folíolos, após serem destacados e pesados individualmente, foram introduzidos na cubeta de acrílico, onde, por dois minutos, tiveram o mesmo tratamento (iluminação, temperatura e circulação de ar) dado às plantas durante as medições de fotossíntese. Em seguida, foram novamente pesados, e as diferenças de peso relacionadas com a área foliar foram utilizadas para o cálculo da sua taxa transpiratória.

Sob as mesmas condições, mediu-se a evaporação de água através de uma superfície livre (disco de Piché), durante as medições de transpiração.

Com base nas taxas transpiratórias das folhas e na evaporação da superfície livre, calculou-se a transpiração relativa para os "seedlings" de ambos os clones.

A resistência estomática ao vapor de água foi medida com um porômetro de difusão LAMBDA LI-60. Utilizou-se a câmara adaptada por KANEMASU et alii (1969), segundo o método descrito por WALLIHAN (1964).

Para a determinação da resistência estomática, foram utilizados os mesmos folíolos anteriormente usados nas medições de fotossíntese, tomando-se sempre a mesma região e evitando-se os bordos e a nervura central.

Durante as determinações, procurou-se manter a face abaxial dos folíolos voltada para fonte luminosa, mantendo-se as mesmas condições ambientais utilizadas nas determinações anteriores.

Por intermédio das equações de regressão, obtidas para os valores de fotossíntese líquida e transpiração, calculou-se o ponto de compensação hídrica (PCH) e a eficiência no uso de água (E).

Para o cálculo da eficiência no uso de água, tomou-se quinze valores de fotossíntese e transpiração, distribuídos no intervalo de 95% de teor relativo de água até o ponto de compensação hídrico. Por meio da relação P_n/T , estimou-se a eficiência no uso de água dos dois clones estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Déficit crítico de saturação

Por meio do déficit crítico de saturação, procurou-se estabelecer a quantidade máxima de água que

as plântulas dos dois clones poderiam perder, em relação ao seu estado túrgido, conservando ainda a capacidade de recuperação, quando as condições hídricas do solo são reestabelecidas.

A capacidade de ressaturação das folhas das progênes de IAN 717 e IAN 873, após serem submetidas a déficits hídricos controlados, é mostrada na Figura 1.

A desidratação máxima tolerada por plantas de seringueira, neste experimento, foi de 51,4% e 58,4%, para os "seedlings" dos clones IAN 873 e IAN 717, respectivamente. Tais percentagens são compatíveis com os valores obtidos por STOCKER (1956), para plantas mesófitas, e indicam que o maior valor de DCS apresentado pelas progênes do clone IAN 717 lhe confere maior tolerância à perda do que aquelas do IAN 873.

Para plantas superiores, é difícil discernir se um efeito da seca é direto ou indireto, ou, também, se a resistência envolvida é tolerância ou prevenção à seca (LEVITT, 1972). Geralmente a sobrevivência das plantas a longos períodos de seca é atribuída principalmente à prevenção. Em muitos casos, entretanto, a ausência de mecanismo de prevenção provoca o desenvolvimento de mecanismo de tolerância.

Quando várias espécies são comparadas, sob déficit hídrico natural, as plantas tolerantes à seca apresentam-se em quantidades superiores às plantas preventivas, sob as mesmas condições (LEVITT, 1972).

ROCHA (1976) comparou o grau de tolerância à desidratação de várias plantas tropicais e observou uma grande variação entre as espécies estudadas. Entre as

menos tolerantes, encontrava-se a mandioca (Manihot uti-
lissima Pohl), similar em muitos aspectos à seringueira,
principalmente no que diz respeito à abscisão foliar, co-
mo provável medida de prevenção à seca (MORAES, 1977).

Os valores de DCS obtidos neste experimen-
to indicam apenas a capacidade de reidratação do proto-
plasma, quando sujeito a déficit hídrico, servindo so-
mente como referência para uma comparação com outros parâ-
metros mais sensíveis ao déficit, como fotossíntese e
transpiração.

Resistência estomática (R_s)

Os resultados obtidos para resistência es-
tomática estão apresentados na Figura 2. Pode-se observar
que os menores valores de resistência estomática difusiva
ao vapor de água, medidos para as plântulas dos dois clo-
nes, foram obtidos em plantas túrgidas (Φ^+ 95%); todavia,
mesmo nestas condições, as plantas do IAN 873 apresenta-
ram valores mais altos de resistência ($7^+ 2 \text{ s.cm}^{-1}$) do
que a de IAN 717 ($4,5^+ 2 \text{ s.cm}^{-1}$).

Estes valores parecem bastante elevados,
quando comparados com a R_s observada em algumas plantas
mesófitas (GALE e POLJAKOFF-MEYBER, 1968). Entretanto, a
espessa camada cuticular apresentada por plantas de serin-
gueira (MOACIR MEDRI, comunicação pessoal) parece justi-
ficar plenamente os resultados obtidos.

O aumento de R_s apresentou a mesma tendên-
cia para os genótipos dos dois clones, à medida que a
desidratação da folha foi aumentado; contudo, os genóti-

pos do IAN 873 mostraram-se dotados de maior sensibilidade estomática ao déficit hídrico, haja visto que para esta população a R_s aumentou significativamente em teores de água mais elevados.

Em teores relativos de água inferiores a 75%, observou-se um acentuado aumento da R_s nos dois conjuntos de "seedlings", atingindo muitas vezes valores superiores a 100 s.cm^{-1} . Estas observações estão de acordo com SIONIT e KRAMER (1976), que, para soja e girassol, verificaram um aumento gradual na r_s à medida que o déficit hídrico evoluiu, até que um ponto crítico é atingido, quando a resistência aumenta rapidamente. Este ponto crítico provavelmente está ligado a um efeito de retroalimentação, ocasionado pelo aumento na concentração de ácido abscísico no mesófilo na folha e seu transporte até as células guardas, através da corrente transpiratória, provocando o fechamento ativo dos estômatos (RASCHKE, 1975). Neste ponto, a síntese de ABA é altamente estimulada (ZABADAL, 1974), tendo-se observado que, em algumas espécies, os níveis de ABA continuaram aumentando, ainda que os estômatos estivessem completamente fechados (BEARDSELL e COHEN, 1975).

Em espécies arbóreas, TOBIESSEN e KANA (1974) observaram uma grande diferença entre os potenciais hídricos críticos para o fechamento dos estômatos. Estas diferenças foram correlacionadas com os "habitats" das espécies estudadas, mostrando que árvores de "habitats" mais secos apresentavam melhor controle estomático da perda de água. Estes mesmos autores parecem mostrar que a falta deste controle é muitas vezes suprida por um grande

desenvolvimento radicular das plantas.

Em plantas adultas de seringueira, tem sido observado que o diâmetro do tronco e a pressão de turgência para a expulsão do látex durante, a sangria, são dependentes do estado de turgidez da planta. Ambos aumentam durante a noite e diminuem durante o dia, sendo estas oscilações correlacionadas com vários fatores, entre os quais, o déficit hídrico foliar e a abertura estomática (BUTTERY e BOATMAN, 1976).

Fotossíntese líquida (P_n)

Na figura 3 estão as taxas de fotossíntese líquida, obtidas para as plantas túrgidas e desidratadas, de IAN 717 e IAN 873, respectivamente.

Sob condições de turgidez plena ($\Phi=+95\%$), as progênies do clone IAN 717 exibiram maiores taxas de fotossíntese líquida ($9,5 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) do que o clone IAN 873. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por SAMSUDDIM e IMPENS (1978) que encontraram para plantas túrgidas de seringueira, clones PB 5/51 e GT₁, taxas fotossintéticas de $7,5 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ e $8,5 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente.

As taxas de fotossíntese, tanto no IAN 717 como no IAN 873, decaíram, num curto intervalo, de teor relativo de água, à medida que o déficit hídrico aumentou na folha. Para o IAN 873, o PCH ocorreu em teor relativo de água mais alto ($\Phi=70\%$) do que o verificado para o clone IAN 717 ($\Phi=50\%$). Esse decréscimo de P_n como de T (Figuras 3 e 4) quando o déficit hídrico aumentou parece ter como causa o fechamento estomático.

BRIX (1962) e TROUGHTON (1969) relacionam a queda simultânea de fotossíntese e transpiração, em plantas sob déficit hídrico, com o aumento da resistência difusiva aos gases. Em algumas espécies, tem-se observado que as taxas de fotossíntese são limitadas pela resistência estomática, mesmo em potenciais hídricos elevados. Quando esses potenciais diminuem, passa a atuar, além da resistência estomática, a resistência do mesófilo.

Em seringueira, SAMSUDDIM e IMPENS (1978) observaram variações na resistência do mesófilo de quatro diferentes genótipos, quando plantas túrgidas foram comparadas. Estas diferenças, além de afetarem as taxas de fotossíntese líquida, podem servir de parâmetro para a seleção de clones quanto à eficiência no uso de água.

Assim, as taxas de fotossíntese líquida mais elevadas, observadas para as plantas do clone IAN 717, quando túrgidas, podem estar relacionadas com menor resistência do mesófilo, sob estas condições.

Tem-se constatado que a temperatura da folha exerce uma grande influência nas taxas de assimilação de algumas espécies. Em alguns casos, são exigidas altas temperaturas (acima de 30°C) para que a taxa de fotossíntese máxima seja atingida, enquanto para outras logra-se este máximo com temperatura entre 15 e 25°C.

No caso da seringueira, é possível que o déficit hídrico foliar e a diminuição da transpiração tenham provocado um excessivo aquecimento dos folíolos, concorrendo deste modo para a queda das taxas de fotossíntese líquida.

De um modo geral, parece que o movimento estomático, em resposta ao estado hídrico das folhas, foi o principal controlador da troca de CO_2 , determinando deste modo as taxas de fotossíntese líquida obtidas.

Deficiência hídrica e transpiração-(T)

Os efeitos dos déficits hídricos progresivos sobre a taxa transpiratória do IAN 717 e do IAN 873 são mostrados na Figura 4. Para os descendentes dos dois clones, a redução de T se deu em uma função exponencial, à medida que o déficit hídrico nos folíolos se fez sentir. Em ambos os casos observou-se uma acentuada diminuição da transpiração em teor relativo de água de 80%, aproximada-mente.

O fechamento estomático é a maior causa do declínio da transpiração, quando a tensão hídrica ocorre (HSIAO, 1973; BRIX, 1962). A redução da taxa transpiratória, ocasionada pelo fechamento dos estômatos, constitui medida satisfatória do grau de prevenção da planta à perda de água (LEVITT, 1972).

No caso da seringueira, pôde-se observar que as plantas, quando túrgidas, apresentaram taxas transpiratórias aparentemente elevadas, parecendo mostrar que nestas condições ela se apresenta como uma espécie consumidora de água. Entretanto, estes valores representam apenas cerca de 15-20% da taxa de evaporação de uma superfície livre, determinada sob as mesmas condições, proporcionando uma transpiração relativa consideravelmente baixa (Figura - 4). Este fato deve estar relacionado com a espessa camada

cuticular que a seringueira apresenta, bem como o fechamento estomático prematuro observado nas plantas, indicando um comportamento preventivo aos primeiros sintomas de déficit hídrico.

Sob déficits hídricos acentuados ($\Phi=50\%$), verificou-se um estacionamento na taxa transpiratória das plântulas dos dois clones, em valores muito baixos, sendo a manutenção da mesma provavelmente controlada pela resistência cuticular. As folhas da seringueira apresentam a sua epiderme superior dotada de células bem unidas, sem espaços intercelulares, e com uma fina camada protetora de cutina. Esta estrutura é aparentemente adaptada para prevenir a face abaxial da folha quanto a condições ambientais adversas (BOBILIOFF, 1923).

A importância relativa da transpiração através da cutícula e dos estômatos varia amplamente, entre as diferentes espécies. KRAMER e KOZLOWSKY, (1960) relatam que certas espécies, como a magnólia e algumas coníferas, perdem água muito lentamente, quando os estômatos estão fechados, em virtude de serem dotadas de grossa camada de cutina, ao passo que outras, cujas camadas cuticulares são menos espessas, continuam transpirando, através da cutícula, principalmente após o total fechamento dos estômatos.

Eficiência no uso de água

Os valores de eficiência no uso de água, relativos aos "seedlings" dos clones IAN 717 e IAN 873, foram obtidos a partir da relação P_n/T , e estão representados na Figura 5.

A eficiência no uso de água, durante a fotossíntese, geralmente é estabelecida pela relação entre as resistências difusivas ao vapor de água ($r_a + r_s$) e as resistências difusivas ao CO_2 ($r'_a + r'_s + r'_m$), e sua magnitude indica o grau de economia hídrica da planta (HOLMGREN et alii, 1965). Da mesma forma, a relação P_n/T caracteriza o tipo de prevenção ao déficit apresentada por algumas espécies (LEVITT, 1972). Sob condições de "deficit" hídrico, altos valores na relação P_n/T são característicos de espécies conservadoras de água, enquanto valores baixos indicam tratar-se de uma espécie consumidora.

Os resultados mostram que plantas do clone IAN 717 apresentaram-se mais eficientes na utilização de água do que as do IAN 873, porquanto, com menor teor relativo da água, mostraram maior eficiência no uso de água. Isto, em parte, se deve às maiores taxas fotossintéticas apresentadas pelo IAN 717, mesmo quando a troca gasosa foi diminuída pelo fechamento parcial dos estômatos, ocasionada pelo déficit de água na folha. Por esse motivo, KRIEDMAN (1971) concluiu que a contribuição da resistência estomática no processo transpiratório, quando o déficit hídrico aumenta, é mais relevante do que a difusão de CO_2 , sendo, portanto, o principal fator condicionante de maior eficiência no uso de água de certas espécies.

Outros trabalhos mostram que, para certas espécies, a relação P_n/T se manteve constante em uma grande faixa de potencial hídrico, indicando que a resistência estomática controla ambos os processos, em um mesmo grau (JANES, 1973 e BARRS, 1968).

JONES e RAWSON (1979) observaram que, para

plantas de sorgo, a relação P_n/T se manteve constante em uma faixa de potencial hídrico foliar, quando um "stress" suave foi induzido, caindo, todavia, linearmente, sob "stress" mais severos.

Os resultados obtidos por SAMSUDDIN e IM PENS (1978) indicam que a variação na resistência do mesófilo em clones de seringueira é fator de grande importância, para maior ou menor eficiência no uso de água. Estas observações estão de acordo com as de RAWSON et alii (1977), que verificaram que algumas espécies xerófitas (C_4) apresentam maior eficiência no uso de água do que outras espécies mesófitas (C_3), principalmente em virtude de menores valores de resistência do mesófilo apresentados pelas primeiras.

Em ambos os clones de seringueira, os maiores valores da relação P_n/T ocorreram em plantas túrgidas, mostrando que a capacidade fotossintética das plantas é máxima apenas sob estas condições, e que pequenas variações no teor relativo de água das folhas provocam uma diminuição na transpiração, como na fotossíntese.

Estes resultados contrastam com os de TEIXEIRA (1978), que observou em algumas espécies de leguminosas maiores valores da relação P_n/T em teor relativo de água de 70%, aproximadamente. Pode-se relacionar este fato com a tolerância apresentada por essas espécies, mostrando que a queda das taxas transpiratórias, atribuída ao déficit hídrico, não foi acompanhada pela diminuição da fotossíntese líquida.

Deste modo, pode-se dizer que as progênies de ambos os clones de seringueira mostraram-se preventi

vas à perda de água quando túrgidas, mas pouco tolerantes à medida que o déficit hídrico aumentava.

CONCLUSÕES

As plântulas do clone IAN 873 apresentaram menor valor de déficit crítico de saturação, indicando ser menos tolerante às tensões hídricas do que os descendentes do IAN 717.

As taxas fotossintéticas mais elevadas foram observadas em plantas túrgidas de IAN 717, e, quando o déficit hídrico foi induzido, houve uma acentuada queda nas taxas fotossintéticas de ambos os clones. O ponto de compensação hídrica das plantas do IAN 873 ocorreu em teor relativo de água mais elevado do que para as do IAN 717. Este fato foi correlacionado com uma provável diferença na resistência do mesófilo dos dois clones estudados.

Como na fotossíntese, as taxas transpiratórias caíram com o aumento do déficit hídrico, e, em tensões acentuadas, houve uma manutenção da taxa transpiratória, provavelmente controlada pela resistência cuticular.

Os valores de resistência estomática foram mais elevados para as progênies do clone IAN 873, mesmo quando as plantas estavam túrgidas. Em ambos os clones, o aumento da resistência estomática acentuou-se a partir do teor relativo de água de 80%. Os valores de resistência estomática foram correlacionados com a espessa camada cu

ticular apresentada por plantas de seringueira.

Por meio da relação fotossíntese líquida - transpiração, verificou-se maior eficiência no uso de água apresentada pelas plântulas do clone IAN 717, pois , mesmo em teores relativos de água mais baixos, apresentaram maior eficiência do que as do clone IAN 873. A maior eficiência no uso de água para os dois clones ocorreu em plantas túrgidas, ficando evidente que pequenas variações no teor relativo de água afetam consideravelmente a eficiência no uso de água das plântulas dos dois clones estudados.

Analisando conjuntamente os parâmetros estudados, pôde-se concluir que as plântulas dos clones IAN 717 e IAN 873 previnem a perda de água, quando túrgidas ; todavia, são muito pouco tolerantes à desidratação.

LITERATURA CITADA

- BARRS, H.D. Effect of cyclic variations in gas exchange under constant environmental conditions on the ratio of transpiration to net photosynthesis. Physiol. Plant. 21: 918-922, 1968.
- BASTOS, T.X. e DINIZ, T.D.A.S. Clima típico da Seringueira. Belém, EMBRAPA-Representação Estadual do Pará, 1975. 19 p.
- BEARDSELL, M.F. e COHEN, D. Relationships between leaf water status, abscisic acid levels, and stomatal resistance in maize and sorghum. Plant Physiol., 56: 207-212, 1975.
- BOBILIOFF, W. Anatomy of Hevea brasiliensis (C. Yampolsky, transl.) Orell. Zurich, Fussli, 1923. 150 p.
- BRIX, H. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and loblolly pine seedlings. Physiol. Plant. 15: 11-20, 1962.
- BUTTERY, B.R. e BOATMAN, S.G. Water deficits and flow of latex. In: KOZLOWSKI, T.T. Water deficits and plant growth. New York, Academic press, vol. 4, 1976, p.233-289.
- CASTRO, T.A.P. Efeito de déficits hídricos sobre a fotossíntese e respiração em Phaseolus vulgaris, L. e Phaseolus bracteoelatus, D.C.: Universidade Federal de Viçosa, 1977. 38 p. (Tese de mestrado).
- GALE, J. e POLJAKOFF - MAYBER, A. Resistances to the diffusion of gas and vapor in leaves. Physiol. Plant., 21: 1170-1176, 1968.

- HOLMGREN, P.; JARVIS, P.G. JARVIS, M.S. Resistances of carbon dioxide and water vapour transfer in leaves of different plants species. Physiol.Plant., 18: 557-573, 1965
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol., 24: 519-570, 1973.
- JANES, B.E. Variations in transpiration, net CO₂ assimilation and leaf water potential of paper plants produced by changes in the root and top environment. In: SLATYER, R.O. Plant responses to climatic factors. Proc.Uppsala Symp. Paris, 1973. p. 193-199.
- JONES, M.M. e RAWSON, H.M. Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance water use efficiency and osmotic potential in sorghum. Physiol Plant., 45: 103-111, 1979.
- KANEMASU, E.T.; TRURTELL, G.W. e TANNER, C.B. Design, calibration and field use of a stomatal diffusion porometer. Plant. Physiol., 44: 881-885, 1969.
- KRAMER, P.I. e KOZLOWSKI, T.T. Physiology of trees. New York, McGraw Hill. 1960. 642 p.
- KRIEDMAN, P.E. Photosynthesis and transpiration as a function of gaseous diffusive resistance in orange leaves. Physiol.Plant., 24: 218-225, 1971.
- LEVITT, J. Responses of plants to enviromental stress. New York, Academic Press, 1972. 697 p.

- MORAES, V.H.F. e BASTOS, T.X. Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes, semi-permanentes e anuais, com possibilidade de expansão na Amazônia. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE. Zoneamento Agrícola da Amazônia. Manaus, 1972. p. 123-153. (IPEAN Boletim Técnico, 54).
- MORAES, V.H.F. Rubber. In: KOZLOWSKY, T.T. & ALVIM, P. T. Ecophysiology of Tropical crops. New York, Academic Press, 1977. p. 315-331.
- RASCHKE, K. Stomatal action. Ann. Rev. Plant. Physiol., 26: 309-340, 1975.
- RAWSON, H.M.; BEGG, I.E. e WOODWARD, R.G. The effect of atmospheric humidity on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of leaves of several plant species. Planta, (134):5-10, 1977.
- RESNIK, M.E. e MENDES, L.F. Water relations of young potted rubber plants subjected to various degree of water stress. Theobroma, 9 (4): 185-195, 1979.
- ROCHA, Z.M.M. Estudo comparativo da tolerância à desidratação, em cacaueteiro (Theobroma cacao, Linn) e plantas de sombreamento. Universidade Federal da Bahia. 1976. 55 p. (Tese de mestrado).
- SAMSUDDIN, Z. e IMPENS, I. Water vapour and carbon dioxide diffusion resistance of four Hevea brasiliensis clonal seedlings. Exp. Agric., 14: 173-177, 1978.
- SESTAK, Z.; JARVIS, P.G. e CATSKI, J. Criteria for selection of suitable methods. In: SESTAK, Z.; JARVIS, P.G. CATSKI, J. Plant photosynthetic production. Manual of Methods. Hague, W. Junk N.V. Publishers, 1971.p.1-38.

- SIONIT, N. e KRAMER, P.J. Water potential and stomatal resistance of sunflower and soybean subjected to water stress during various growth stages. Plant. Physiol., 58: 537-540, 1976.
- STOCKER, O. Die Dürre-resistenz. In: Encyclopedia of plant physiology. Berlin, Gottinger, Heidelberg, Springer-Verlag, (Vol. III: VI-D), 1956. 727 p.
- TEIXEIRA, J.B. Efeito do deficit hídrico sobre a fotossíntese, a respiração, a transpiração e a eficiência no uso de água em seis espécies de leguminosas forrageiras. Viçosa (Minas Gerais), Universidade Federal de Viçosa, 1978. 38 p. (Tese de Mestrado).
- TOBIESSEN, P. e KANA, T.M. Drought-stress avoidance in three pioneer tree species. Ecology, 55: 667-670, 1974.
- TROUGHTON, J.H. Plant water status and carbon dioxide exchange of cotton leaves. Aust. J. Biol. Sci., 22: 289-302, 1969.
- WALLIHAN, E.F. Modification and use of an electric hygrometer for estimating relative stomatal aperture. Plant Physiol., 43: 208-214, 1964.
- WEINBERGER, P.; ROMERO, M. e OLIVA, M.A. Ein methodischer Beitrag zur Bestimmung des subletalen (Kriteschen) Wassers "attigungsdefizits". Flora, 161: 555-561, 1972.
- ZABADAL, T.J. A water potential threshold for the increase of ABA in leaves. Plant Physiol., 53: 125-127, 1974.
- ZUNKER, E. e KREEB, K. Untersuchungen zur potentiometrischen Messung der Photosyntheserate. Ber. Dtsch Bot. Ges., 83: 245-257, 1970.

LEGENDA DAS FIGURAS

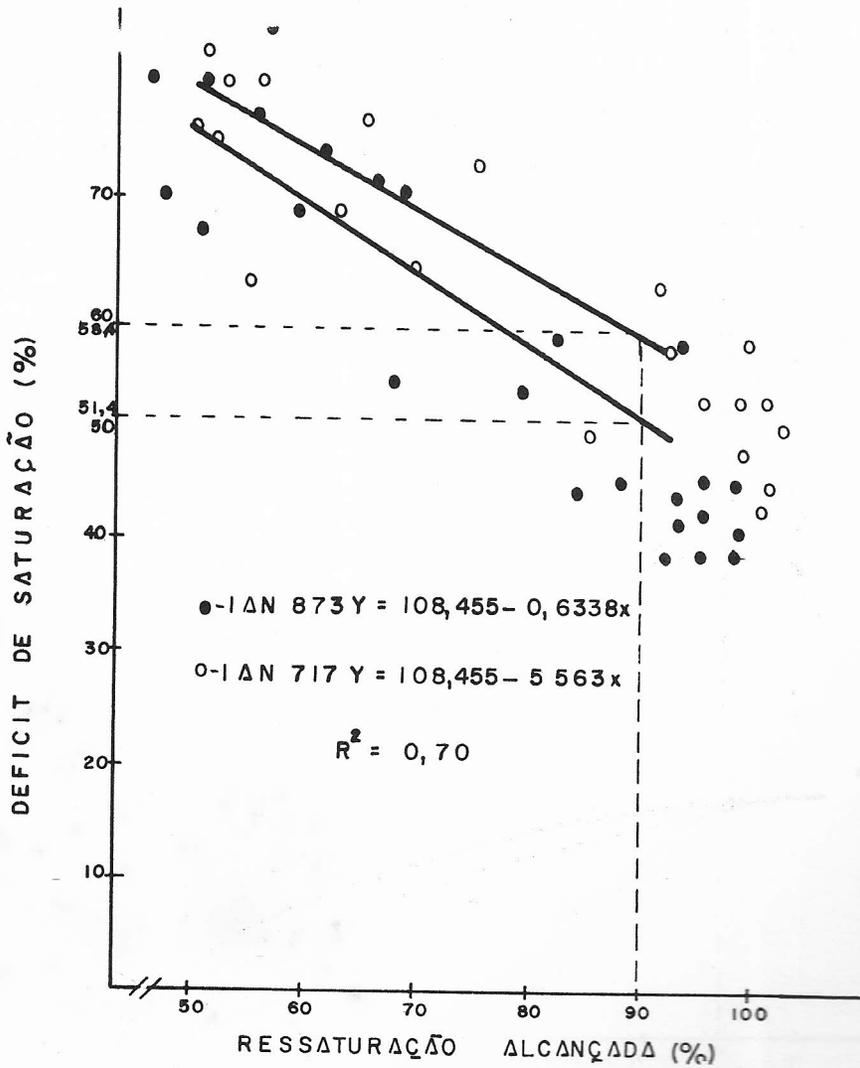
FIGURA 1 - Deficit crítico de saturação de "seedlings" dos clones IAN 717 e IAN 873.

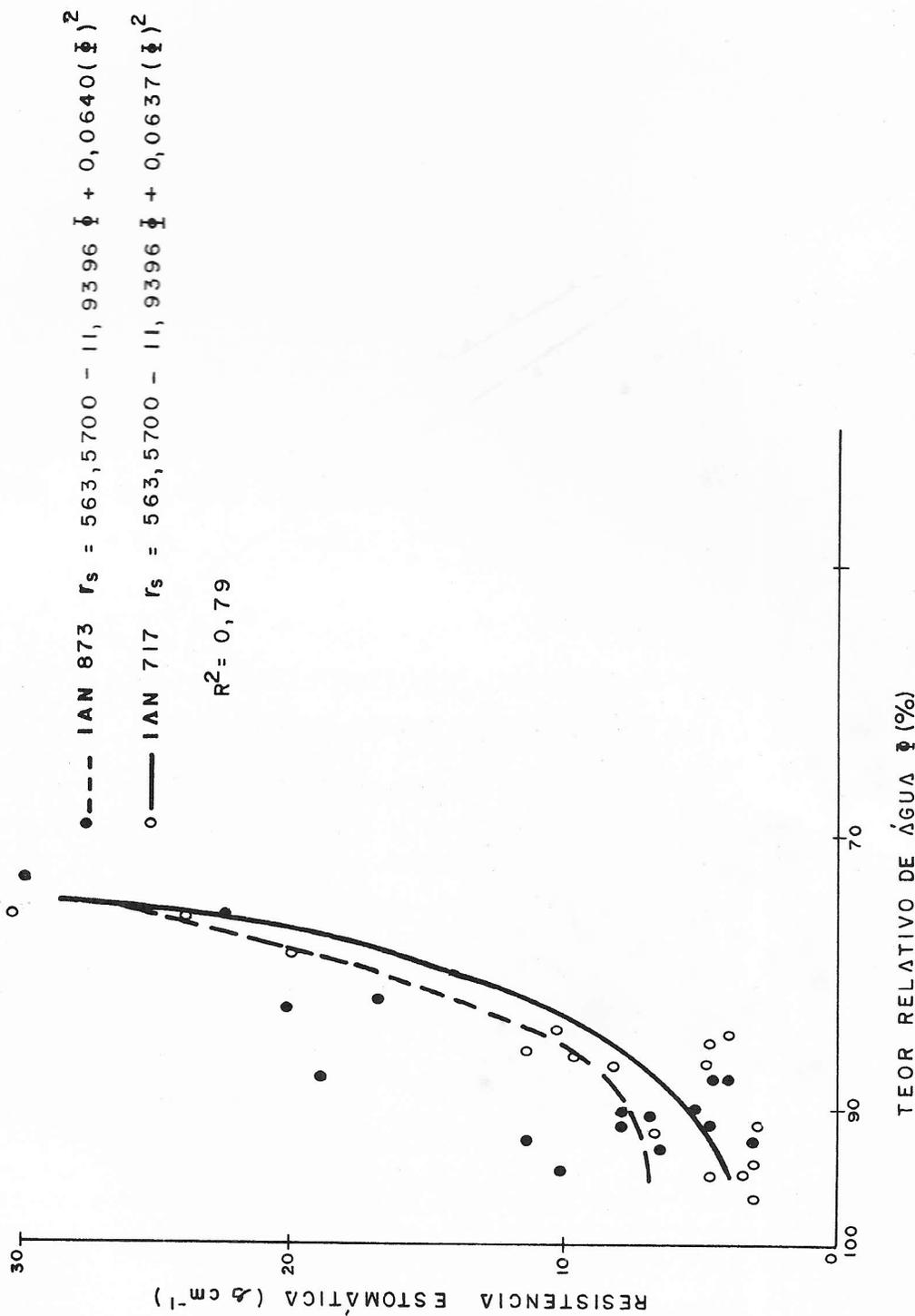
FIGURA 2 - Resistência estomática (r_s) em função do teor relativo de água de "seedlings" dos clones IAN 717 e IAN 873.

FIGURA 3 - Efeito do "deficit" hídrico sobre P_n de "seedlings" dos clones IAN 717 e IAN 873.

FIGURA 4 - Efeito do "deficit" hídrico sobre a transpiração de "seedlings" dos clones IAN 717 e IAN 873.

FIGURA 5 - Efeito do "deficit" hídrico sobre a eficiência no uso de água de "seedlings" dos clones IAN 717 e IAN 873.





● --- IAN 873 $P_n = 6,0740 - 0,3513 \frac{I}{I} + 0,0038 (I)^2$

○ — IAN 717 $P_n = 6,0740 - 0,3268 \frac{I}{I} + 0,0038 (I)^2$

$R^2 = 0,81$

