

I CURSO SOBRE MANEJO DE SOLO E ÁGUA  
EM PROPRIEDADES AGRÍCOLAS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Período: 4 a 29 de outubro de 1982

Doação  
fol  
02945

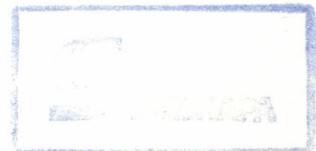
PRINCÍPIOS BÁSICOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Octávio Pessoa Aragão

Be. 7/1.02

1982

Petrolina, PE.



CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

CPATSA

PRINCÍPIOS BÁSICOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO<sup>1</sup>

Octávio Pessoa Aragão<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Trabalho elaborado para o I Curso sobre Manejo de Solo e Água em Propriedades Agrícolas do Trópico Semi-Árido.

<sup>2</sup>Pesquisador em Irrigação do CPATSA-EMBRAPA, em Petrolina-PE.

## PRINCÍPIOS BÁSICOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

### Noções Sobre o Relacionamento entre o Clima e Agricultura

O crescimento das plantas e a exteriorização de seus fatores genéticos dependem das condições do solo e clima. O fator solo, na agricultura, tem sido satisfatoriamente estudado e está muito melhor compreendido do que as condições climáticas. Em geral, os agricultores conhecem mais acerca do manejo do solo do que das condições climáticas. Uma das razões para este baixo progresso na meteorologia agrícola é a falta de entendimento pelos agricultores das relações entre plantas e clima. Embora o homem seja somente capaz de mudar as condições climáticas em pequena escala, ele tem condições de ajustar as práticas agrícolas às condições climáticas, além das muitas aplicações das informações climatológicas para problemas correntes (geadas, etc), estudos meteorológicos podem beneficiar a agricultura em, pelo menos, três distintas condições:

Primeiramente, está relacionado na seleção de zonas de próduções para uma dada cultura. Como por exemplo, podemos citar o "cinturão de milho", nos EUA, selecionado pelos agricultores muito antes do desenvolvimento da moderna ciência da climatologia. Este processo de seleção ocorreu em um longo tempo prejudicando logicamente a economicidade da cultura. Condições similãres jamais poderão hoje em dia serem usadas. A prática comum da escolha de uma região para uma determinada cultura, baseada somente em médias mensais de temperatura e precipitação pluviométrica, tem provado ser inadequado como um guia para a introdução de cultivos no planejamento de uma exploração agrícola. Para o máximo retorno econômico em uma dada condição climática, os seguintes fatores devem ser também analisados detalhadamente: radiação, evapotranspiração, variações diurnas da temperatura, balanço d'água, etc.

Em segundo lugar, as medições dos fatores climatológicos são necessários para a interpretação dos experimentos agrônômicos. Sem levar em consideração as variações climáticas, é difícil interpretar resultados experimentais como testes de variedades, fertilizantes, etc. A documentação dos fatores climatológicos no decorrer de um experimento é de inestimável valor, pois um número limitado de trabalho de campo acompanhado de informações climatológicas

tem muito maior aplicação prática do que informações de um grande número de trabalhos isentos destas informações.

A terceira aplicação da climatologia é com respeito às práticas culturais. Problemas tais como irrigação, espaçamento dos cultivos, épocas de aplicação dos fertilizantes, seleção de variedades, transplante, são melhores manuseados quando conhecidas as condições climáticas. Outro campo promissor de pesquisa é a modificação artificial do microclima por meio de quebra-vento, sombreamento, "mulching", aquecimento, etc.

Assim, meteorologia e agricultura, têm que ser consideradas como ciência ou técnica básica para a vida cotidiana.

### Relação entre a Água de Constituição e o Crescimento das Plantas.

Existem três grupos distintos de plantas: hidrófilas, mesófilas e xerófilas (ou xerófitas). Hidrófilas normalmente crescem dentro d'água. A maioria cultivada pertence à mesófilas, que é caracterizada em apresentar murchamento permanente quando perde 25% de sua água de constituição. Xerófilas são plantas capazes de sofrer severas condições climáticas. Elas murcham permanentemente, somente após perderem de 50% a 75% de sua água de constituição. Como exemplo temos a maioria da vegetação da caatinga do Nordeste do Brasil. Merece salientar que estas relações apresentadas variam com as características da planta, estágio de desenvolvimento, solo e condições climáticas.

A deficiência d'água em um cultivo, além de reduzir a produtividade, muda o padrão de crescimento da cultura, em geral a profundidade do sistema radicular efetivo decresce à medida que a umidade do solo aumenta. Desta maneira irrigações frequentes sempre condiciona um raso desenvolvimento (horizontal) do sistema radicular, que é uma desvantagem quando aparecem condições em que a umidade disponível do solo torna-se mais baixa.

A razão de raízes para o número de brotos usualmente é aumentado com a tensão da água do solo. Espécies de plantas diferem marcadamente em suas habilidades para suportar deficiências de água. Uma reduzem, outras não, sua fotossíntese. Uma continuam com seu processo normal de fotossíntese, em outras, este processo cai bruscamente quando a tensão da água no solo aumenta. O girassol (Helianthus annuus L.) pode ser citado como exemplo. Suas folhas

túrgidas apresentam uma taxa de fotossíntese 10 vezes mais que quando suas folhas estão murchas. Em outras plantas ocorre o contrário. Na cana-de-açúcar, por exemplo, observa-se que a fotossíntese é somente sensivelmente afetada quando a maioria da umidade do solo é utilizada ou, até próximo do ponto de murchamento. A pesquisa conduzida por Ashton mostra que a fotossíntese da cana-de-açúcar não diminui até a umidade de 40% de água disponível, e a redução da fotossíntese não foi demasiadamente sensível de 40% de água disponível até próximo ao ponto de murchamento. Idealmente, irrigação deve ser aplicada, portanto, no "ponto crítico" onde cai sensivelmente a fotossíntese. No caso da cana-de-açúcar, irrigações frequentes não aumentarão a colheita.

A taxa de fotossíntese da cana-de-açúcar cai de 25% do potencial quando a tensão de umidade do solo está próximo ao ponto de murchamento.

Em culturas em que a fotossíntese decresce com uma leve diminuição de umidade disponível do solo, a umidade do solo de 60% de água disponível deve ser mantida, requerendo, assim frequentes irrigações para obtenção da máxima colheita.

Em milho, por exemplo, a fotossíntese decresce sensivelmente ainda quando a umidade do solo é relativamente alta.

#### Fatores climatológicos Determinantes da Evapotranspiração e Ciclo das plantas

Antes de tratarmos de problemas práticos relacionados com o uso d'água pelas plantas e controle de irrigação, é fundamental conhecermos primeiramente (teórica e praticamente), os fatores determinantes dos mesmos. Desse modo poderemos mais adiante entender claramente sobre:

- a quantidade d'água requerido por um cultivo;
- intervalo de irrigação.

#### Energia de Atmosfera:

A energia radiante do sol é responsável por 99,97% da energia total da atmosfera. Ela é a fonte primária de energia para a vida terrestre. Diferenças na radiação solar provocam variações nas condições climatológicas. A energia solar absorvida pela atmosfera toma a forma de calor ou energia cinética.

tica provocando o movimento do ar (vento). A energia solar é como uma grande máquina que orienta a atmosfera da terra, a circulação dos oceanos, cria diferentes condições climáticas e faz da terra um lugar para plantas e animais.

### Natureza da Radiação

Todos os corpos ou objetos, independentemente de suas temperaturas, emitem energia radiante na forma de ondas eletromagnéticas. Estas ondas se movimentam em uma velocidade de 186.000 milhas/segundo, transportando energia, justamente como as ondas do mar. Radiações eletromagnéticas existem em uma variedade de condições: energia solar; calor emitido por um forno; rádio e televisão; calor proveniente da terra; raios X, etc. Estas diferem, umas das outras, principalmente pelos comprimentos de ondas, que é distância linear entre as cristas das ondas. O comprimento de onda da energia radiante varia de ondas curtas de raios cósmicos e raios X ( $10^{-8}$  a  $10^{-5}$  micros), para ondas longas (rádio) e centenas de metros ( $10^8$  micros). De uma maneira geral, as radiações emitidas pelo sol e a terra possuem comprimento de ondas entre  $10^{-3}$  e  $10^2$  micros.

O comprimento de onda depende da temperatura do radiante; ela aumenta quando a temperatura do corpo diminui. Desta maneira alta temperatura solar origina ondas mais curtas do que aquela emitida em decorrência do esfriamento da terra.

Radiação é a energia em trânsito. Quando ela encontra um objeto ou substância qualquer ela pode ser transmitida, refletida ou absorvida, em proporções que dependem da natureza do meio e do comprimento da onda de radiação. Somente a parte da radiação que é absorvida pelo meio é efetiva em aquecê-lo. Céu limpo ou vidro, transmitem a maioria da luz do sol e assim, retêm muito pouco calor. A neve reflete a grande parte da luz solar, e assim não é demasiadamente aquecida; mas os solos escuros absorvem grande parte da luz do sol incidente e, como uma consequência, sua temperatura é marcadamente aumentada.

+ micro = um milhão ( $10^{-6}$ ) do metro.

## Energia Solar como um Elemento Climático

A radiação solar, é a única fonte de energia da atmosfera; sua distribuição sobre a terra, é o principal determinante dos fatores climáticos. A energia solar não é somente um controlador de clima; ela também é um elemento climático de alta importância, pois ela afeta diretamente o crescimento e caráter das plantas e animais. Seu efeito faz-se através da parte visível do espectro solar (luz) e da radiação não visível.

O regime de iluminação natural (ou a variação dos comprimentos dos dias e noites), determina o período de fotossíntese, que para algumas plantas é um fator crítico. A radiação solar atua sobre as plantas em três diferentes modo: a) até um certo período crítico do seu crescimento, ela pode causar "queimas" (das folhas); b) pode determinar a taxa de crescimento; c) diretamente influencia a taxa de transpiração e, conseqüentemente, o requerimento d'água pelas plantas.

## Temperatura da Atmosfera

Como sabemos, a fonte de energia da atmosfera é a energia solar. Devido a luz solar ser em forma de radiação de ondas curtas, a atmosfera recebe menos de 20% dos raios solares. Para ser absorvida pelo ar a radiação de ondas curtas provenientes do sol, é convertida em radiações de baixa temperatura ou seja, em ondas longas, emitidas pela terra.

A energia solar absorvida pela superfície da terra é convertida em calor ou em outra forma de energia. Assim, a terra torna-se um corpo emissor de radiações (ondas longas) que apresenta temperatura média de 15°C. Desta maneira a atmosfera recebe a maioria de seu calor indiretamente do solo e diretamente da superfície da terra. Tem sido estimado que a atmosfera absorve quase sete vezes mais energia da terra do que da radiação direta (ondas curtas) do solo.

Diferentes tipos de objetos apresentam diferenças marcantes em suas características de aquecimento. Suas diferentes capacidades refletoras dão-lhe proporções diferentes de absorção de energia solar. A neve aquece-se lentamente porque ela reflete de 70 a 90% da energia solar. Por outro lado solos escuros refletem somente 8 a 14% dos raios do solo; a grama de 14 a 37%, etc.

A energia solar retida pela terra é usada principalmente de três maneiras: aquecimento do solo, aquecimento do ar, e evapotranspiração (evaporação + transpiração) de superfícies umedecidas, inclusive vegetação. Superfícies onde evaporação é intensa, aquece-se mais lentamente porque parte da energia é usada em forma de calor latente de vaporização. Cultivo que tenha um suprimento de umidade e uma evapotranspiração normal, apresenta sempre sua folhagem com temperaturas baixas (frias). Por outro lado, se a demanda de evaporação por elevada (acima das condições que a planta pode suprir água), ou se a umidade do solo não for adequada, as folhas da vegetação apresentarão temperatura a normal e sintomas de murchamento aparecerão. Neste caso parte da energia solar será transformada em calor latente (evaporação) e calor sensível (aquecimento).

### Vento:

Vento é o ar em movimento. O vento influencia a taxa de evaporação e portanto afeta a temperatura sensivelmente. Ele é um poderoso determinante de temperatura e condições de umidade do ar. De fato, pode-se dizer que o vento opera como controlador do clima, principalmente através de seus efeitos sobre a temperatura e precipitação. Ele é o principal agente para manter o balanço do calor latitudinal da terra. Ele opera como corretor da distribuição irregular (devido variações de latitude) da energia solar sobre a terra. Ele transporta o calor (sensível ou latente) das baixas, para as altas latitudes. O vento movimentando as massas de ar responsáveis pelas precipitações pluviométricas, transportando o vapor d'água que é evaporado dos oceanos, para o continente onde é condensado e cai em forma de chuva.

Com respeito à irrigação sabemos que a uniformidade de distribuição d'água por um sistema de aspersão é demais dependente da velocidade do vento. Assim, na escolha de um sistema de aspersão para uma área, informações sobre a velocidade do vento deve ser considerado, quase sempre, na altura de 2 metros. Medições tomadas em outras alturas podem ser corrigidas para a altura de 2 metros usando-se a fórmula:

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^k$$

V = velocidade do vento na altura Z acima da superfície do solo.

$V_0$  = velocidade do vento na altura  $Z_0$  do anemômetro

$K$  = é frequentemente escolhido como 1/7.

Entre outros exemplos, também podemos citar a ação do vento na remoção do ar úmido das superfícies do cultivo aumentando conseqüentemente o gradiente de umidade; ou transportando ar quente e seco para uma área cultivada, contribuindo sensivelmente no aumento da evapotranspiração da cultura (efeito de oásis).

O vento também pode agir mecanicamente, retirando moléculas d'água de uma superfície de um corpo, provocando, conseqüentemente o resfriamento do mesmo. O motivo do abaixamento de temperatura do corpo é devido a mudança do estado físico da água; de líquido para vapor. A mudança do estado físico de um objeto condiciona perda ou ganho de energia. Neste caso a água ganha energia que foi retirada do vasilhame. Este por sua vez, devido a perda de energia, apresenta uma temperatura mais baixa. Como exemplo, podemos citar o uso de potes de barro, para esfriamento da água.

Mukammal e Bruce (1960) encontraram a relação de importância dos três fatores responsáveis pela evaporação:

radiação = 80%

umidade do ar = 6%

vento = 14%

Naturalmente o efeito do vento sobre a evaporação (ou transpiração) sofrerá variações com a temperatura e umidade do ar.

A medida de velocidade do vento é feita com anemômetro. As medidas são: m/seg., milha/hora, etc.

### Umidade do Ar

O processo pelo qual a água líquida é convertida em vapor é chamado vaporização ou evaporação. Moléculas d'água tendo suficiente energia cinética, liberta-se da força atrativa, que as prende em um corpo líquido e lançam-se no ar.

A energia cinética aumenta e a tensão superficial decresce com

a elevação de temperatura, a taxa de evaporação aumenta com a temperatura.

A umidade do ar refere-se ao vapor d'água na atmosfera. Ela exerce uma pressão, que é conhecida como "pressão de vapor". A pressão exercida pelo vapor d'água em um espaço saturado, é chamado de "pressão de vapor saturado", que corresponde ao máximo de vapor possível em um recipiente, para uma dada temperatura; Qualquer acréscimo de vapor ao meio saturado ocorrerá com condensação do vapor, de igual quantidade.

Alta umidade atmosférica tem pelo menos dois possíveis efeitos benéficos sobre o crescimento das plantas. Primeiro, muitas plantas podem absorver umidade diretamente do ar (não saturado mas com elevada umidade). Em segundo, a umidade pode afetar a fotossíntese das plantas, pois a taxa de fotossíntese aumenta com a umidade. A maioria das plantas crescem bem sob a umidade atmosférica alta; exceto quando o ar saturado persiste por algumas semanas, transpiração para completamente.

Outro ponto importante é que a taxa de evapotranspiração decrece com o aumento de umidade do ar. Assim, a eficiência do uso d'água deverá aumentar com a umidade do ar. Merece salientar que muitas informações devem ser ainda obtidas para melhor esclarecimento do efeito da umidade sobre o crescimento de uma cultura.

Como ficou dito anteriormente o valor da umidade no processo da evaporação contribui com a taxa de 6%; a radiação e o vento, contribuem com 80% e 14%, respectivamente.

### Medidas de Umidade

Geralmente medidas de umidade da atmosfera são feitos com psicrômetro, o qual consiste de dois termômetros, um com seu bulbo coberto com mussulina, saturada com água. O bulbo é ventilado por meio de um ventilador. Por causa do efeito da evaporação, causada pela ventilação, o termômetro de bulbo úmido apresenta leituras mais baixas do que o termômetro de bulbo seco. A diferença entre as leituras é chamada "depressão do bulbo úmido". A temperatura do ar (termômetro bulbo seco) e a depressão do termômetro de bulbo úmido informa-nos, por meio de tabelas, a umidade do ar.

Higrômetro de cabelo: é também usado como indicador de umidade

do ar, pois o comprimento do cabelo sofre variações com a variação da umidade do ar. As variações de comprimento são transmitidas a um ponteiro que indica a umidade relativa em uma escala graduada. O higrógrafo de cabelo é um higrômetro de cabelo operando com uma pena que marca atual umidade relativa sobre um diagrama enrolado em um tambor que é movido por um mecanismo de relógio. O higrôtermógrafo é uma combinação do higrógrafo de cabelo e o termógrafo. As informações de ambos (umidade relativa e temperatura), são gravadas em diagrama. Este diagrama encontra-se sobre um tambor que é acionado por um mecanismo de relógio.

### Evaporação

Este capítulo descreve a fase do ciclo hidrológico no qual a precipitação após alcançar a superfície da terra é retornada para a atmosfera como vapor. Estimativas de evaporação é um elemento decisivo ao planejamento de reservatórios e zonas áridas e, também, usada na determinação do requerimento d'água para um projeto de irrigação. A definição hidrológica de evaporação é restrita para a taxa neta de vapor transportado para a atmosfera. Refere-se ao termo neta, porque existe um processo contínuo de movimento de moléculas d'água da terra para a atmosfera e vice-versa. No processo da evaporação ou mudança do estado líquido para o estado de vapor são necessárias 590 cal. para cada grama de água evaporada. Esta energia pode ser proveniente diretamente da radiação solar, do ar aquecido, ou às expensas da energia da terra, adquirida da radiação solar. Vide gráfico página .

Considerando-se a natureza da superfície evaporante, dois pontos importantíssimos devem ser considerados quando referimo-nos a irrigação:

- Evaporação em Solos Nus (sem vegetação)
- Evaporação em Superfície com vegetação ou Evapotranspiração.

### Evaporação em Solos Nus (sem vegetação)

Experimentos realizados por Penmann, mostram que a taxa de evaporação em solos nus (sem vegetação) e com umidade acima de saturação, tem a mesma taxa de evaporação de uma superfície livre d'água.

Se o solo permanecer com a superfície bem umedecida, sua evaporação pode até mesmo exceder aquela da superfície livre da água. Na realidade, o solo não pode ser mantido molhado todo o tempo por meio de uma aplicação contínua de irrigação. Com a alta condição da radiação que temos aqui no Nordeste, o "mulch" superficial do solo pode se desenvolver dentro de poucas horas em solos de textura grossa e, em um ou dois dias em solos de textura fina; estes períodos são conferidos após o término de uma irrigação. O "mulch" proveniente da camada seca do solo atua quebrando a capilaridade deste e, portanto, reduzindo significativamente a taxa de evaporação. Em solos de textura fina, o movimento capilar é grande. Em solos de textura grossa, o ar tem mais livre acesso na superfície seca do solo e a água que movimenta para a superfície, sofre transformação do estado líquido para o estado de vapor e, verifica-se a difusão do vapor d'água na camada seca. Gardner (1958) constatou que a água que se perde através de difusão, em forma de vapor, é usualmente menor que 20% daquela do solo com superfície umedecida. Esclarecimentos devem ser feitos com referência a solos argilosos que apresentam movimento de contração e expansão. Estes solos devido a propriedade física de sua argila (montmorilonita), mostram-se fendilhados à medida que perde umidade. Deste modo a superfície de evaporação torna-se muitas vezes maior do que aquela do solo não fendilhado. Assim, as perdas d'água por evaporação em solos com estas características podem ser demasiadamente significativas. Neste caso o revolvimento dos primeiros centímetros do solo, quebrando a capilaridade, pode resultar numa redução das perdas d'água por evaporação.

OBS: O revolvimento da superfície do solo é considerada prática agrícola porque ela pode ter influência sobre as colheitas e eficiência do uso da água. O uso da escarificação para obtenção de melhores colheitas e melhor uso d'água continuam sendo um ativo campo de pesquisa. Nos últimos anos as pesquisas têm sido dirigidas sobre o mínimo revolvimento do solo. O sucesso desta prática agrícola possibilita a obtenção de melhor germinação e crescimento mais rápido da cultura. Para obter-se boa germinação e um crescimento mais rápido, as plantas devem ter temperatura favorável, umidade e oxigênio. Isto obtém-se pelo mínimo revolvimento da superfície do solo próximo as sementes. O revolvimento da superfície do solo resulta em um aumento de porosidade, aumenta a infiltração d'água e conseqüentemente a eficiência do uso da água.

## Evapotranspiração

Evapotranspiração é a soma da evaporação de todas as superfícies e a transpiração das plantas. Exceto uma negligível quantidade de água usada nas atividades metabólicas, evapotranspiração é o mesmo que "uso consuntivo das plantas".

Penmann define Evapotranspiração Potencial, como a quantidade de água transpirada por uma cultura de pequeno porte (porte rasteiro) e uniforme, completamente cobrindo o solo, e nunca com deficit de água. Esta definição não especifica a área do campo ou as condições do meio circundante. Pruitt criou o termo de "Máxima Evapotranspiração Potencial" para descrever a situação quando há presença do "efeito de oásis (energia advectiva)".

Quando não há déficit de água para as plantas, os estômatos ficam abertos e a transpiração é determinada primeiramente pela energia disponível (condições climáticas), mas, se aparece uma deficiência d'água, os estômatos tornam-se mais fechados e a taxa de transpiração sofre a redução.

Penmann and Scofield deram as razões porque a evapotranspiração potencial (E.T.P.) de uma cultura de porte rasteiro é menor do que a evaporação de uma superfície livre de água:

- a) maior albedo da vegetação;
- b) fechamento dos estômatos durante a noite e;
- c) impedância da difusão no estômato.

Uma cultura de porte alto com folhas desenvolvidas, pode apresentar uma maior E.T. do que uma cultura de pequeno porte. Folhas largas e delgadas são capazes de extrair mais energia do ar e, portanto, tem uma taxa mais alta de E.T. Além dos efeitos aerodinâmicos sobre as folhas, há também o albedo que exerce influência na taxa da E.T.

Num campo parcialmente coberto por uma cultura, geralmente apresenta um consumo d'água muito inferior do que se ele fosse completamente coberto pela vegetação (vide figura página ). A razão disso é devido a gradativa redução da disponibilidade d'água para a superfície do solo. Após uma irrigação a evaporação no solo nu é intensa, entretanto, à medida que a superfície do solo vai perdendo água, a condutividade capilar vai tornando-se demasiadamente baixa. Merece salientar que em solos argilosos e que apresentam fendi

lhamento, as perdas d'água podem ser significativas se comparadas com solos que não apresentam estas características.

Quando a vegetação está bem desenvolvida, cobrindo toda a superfície do solo, grandes diferenças em crescimento vegetativo pode causar somente uma diferença relativamente pequena na taxa de evapotranspiração (E.T.), isto se a umidade do solo é adequada.

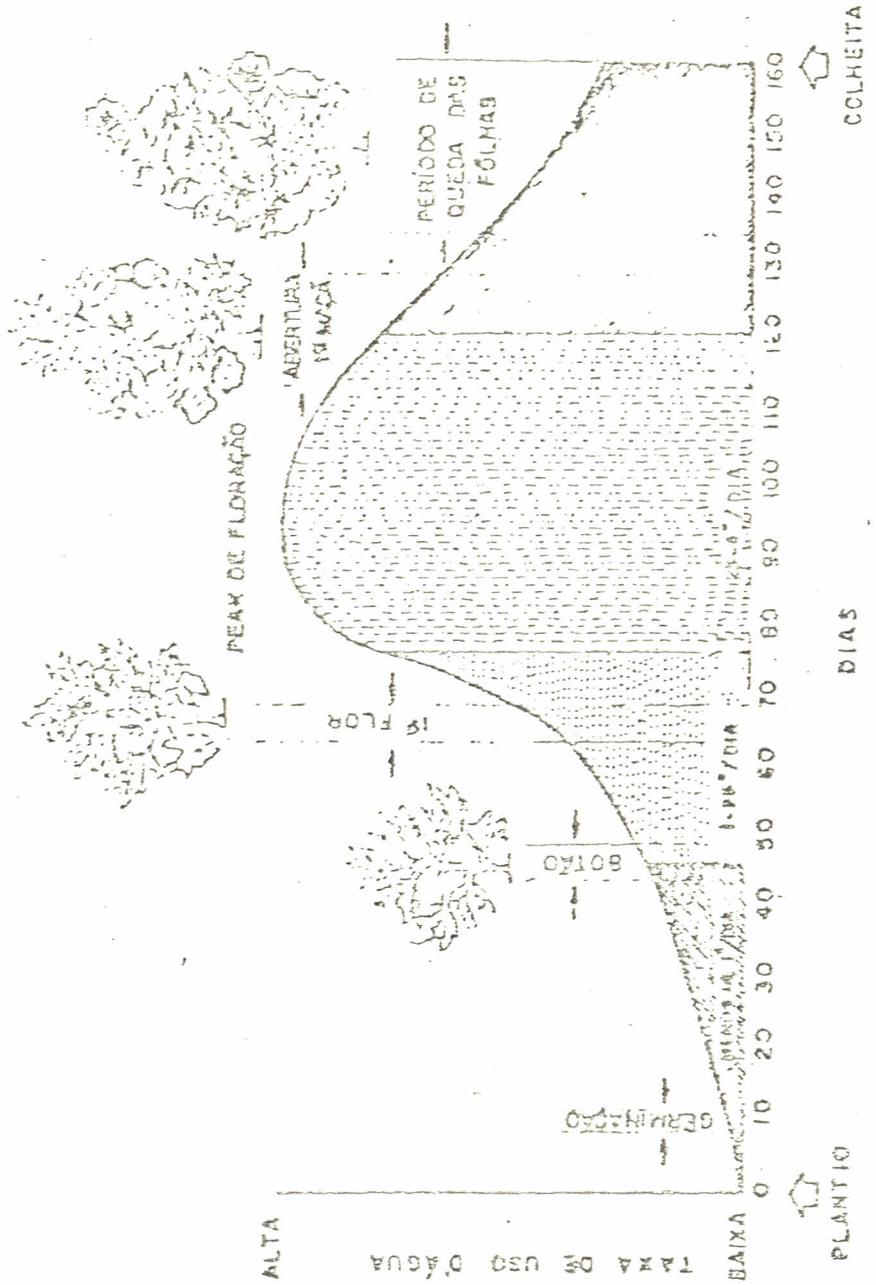
### Transpiração

Transpiração é um processo controlado em grande escala puramente por variáveis físicas como difusão gasosa e, por meio da existência do mecanismo de transferência. Quando ocorre a evaporação para a atmosfera motivada pelo gradiente, este mecanismo move o vapor d'água da superfície da planta. A transpiração é função de umidade do solo, do potencial da água da planta e fatores meteorológicos - principalmente Radiação neta ( $R_n$ ). Vide figura página .

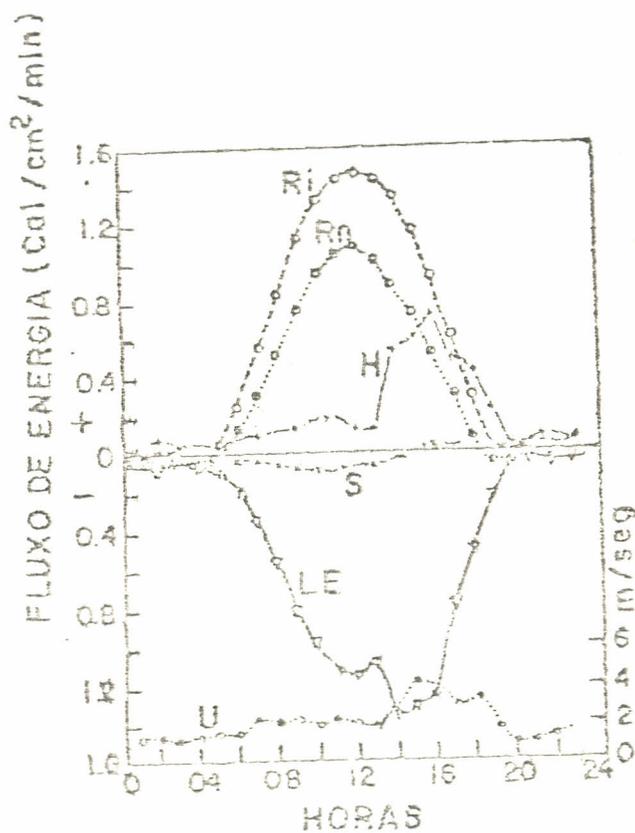
### Evapotranspiração Atual

Quando a umidade do solo abundante, e a vegetação cobre todo o solo, a taxa de E.T. é mantida como potencial, determinada largamente pelas condições climatológicas. À medida que o solo perde água, ou seja, quando a água disponível do solo vai tornando-se mais baixa, a E.T. Atual cairá em algum ponto, abaixo da E.T. Potencial. Consideráveis opiniões existem quanto ao efeito de tensão de umidade do solo sobre a taxa da E.T. Atual.

ALGODÃO: TAXA DE USO D'ÁGUA EM RELAÇÃO AO CRESCIMENTO



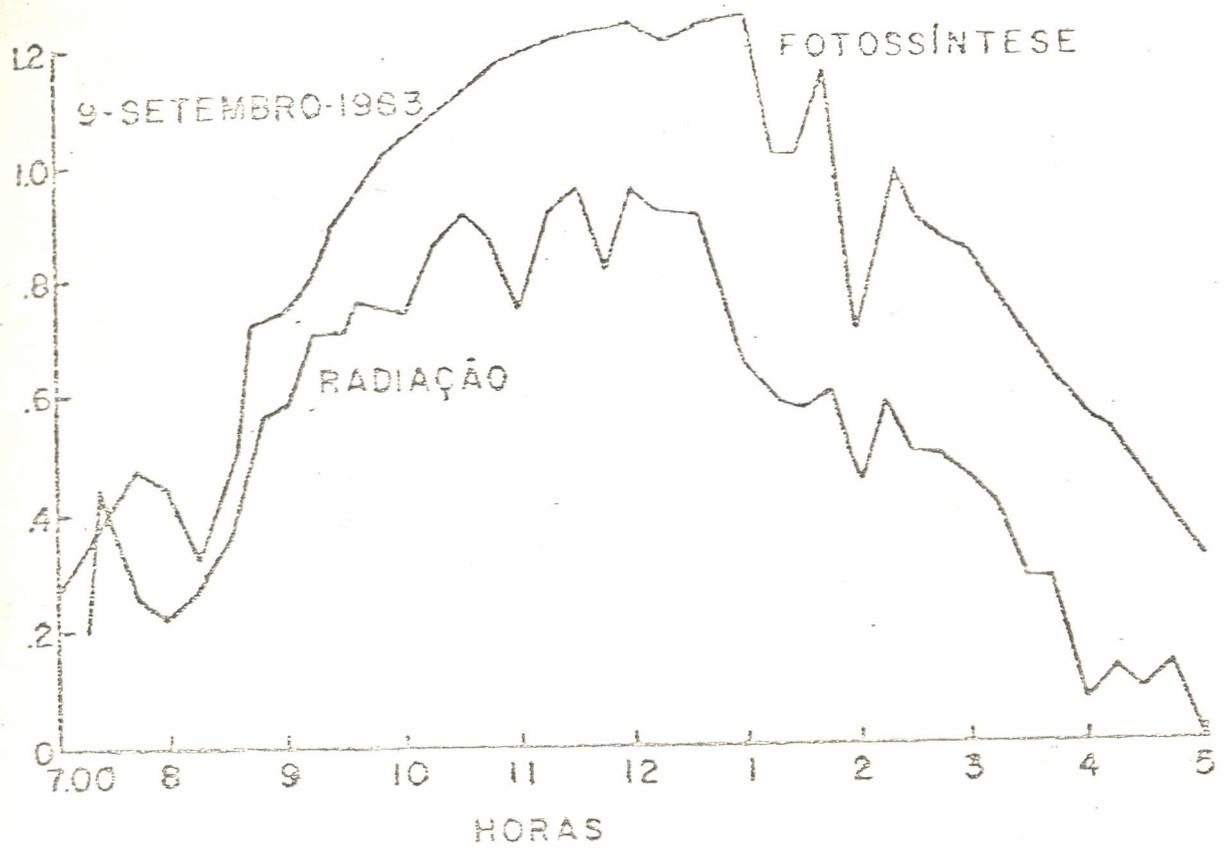
TEMP  
 ARIZONA U.S.A  
 21 JUN 1963



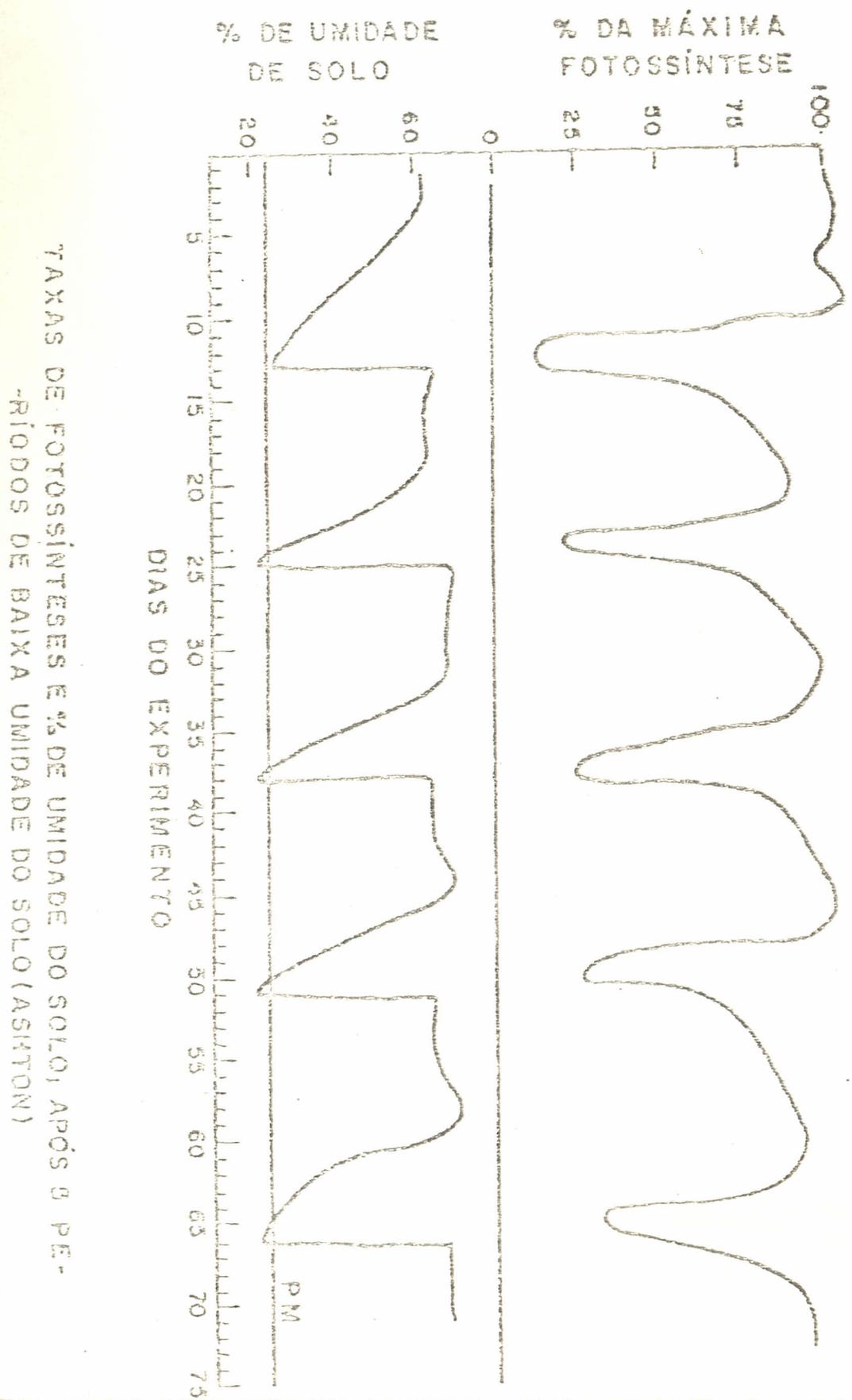
BALANÇO DE ENERGIA DE ~~TERRESTRE~~ <sup>SOLAR</sup>

- Ri - FLUXO DE RADIACÃO ~~DE SUPERFÍCIE~~ <sup>SOLAR</sup>
- Rn - FLUXO DE RADIACÃO NETA
- H - FLUXO DE CALOR SENSÍVEL
- S - FLUXO DE ENERGIA-ADUECIMENTO DO SOLO
- LE - FLUXO DE CALOR LATENTE
- U - VELOCIDADE DO VENTO

FOTOSSÍNTESE (mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/min) ou RADIAÇÃO (langley/min)



VARIAÇÃO DIÁRIA DE FOTOSSÍNTESE E RADIAÇÃO (BAKER)



TAXAS DE FOTOSSÍNTESES E % DE UMIDADE DO SOLO, APÓS 9 PE-  
-RÍODOS DE BAIXA UMIDADE DO SOLO (ASHTON)