

**PLANILHAS NO AMBIENTE EXCEL™ PARA OS CÁLCULOS DE BALANÇOS
HÍDRICOS: NORMAL, SEQUENCIAL, DE CULTURA E DE PRODUTIVIDADE REAL
E POTENCIAL.**

**SPREADSHEETS IN EXCEL™ ENVIRONMENT TO CALCULATION OF WATER
BALANCE: NORMAL, SEQUENCIAL, CULTURE, AND POTENCIAL, REAL
PRODUCTIVITY.**

Glauco de Souza Rolim¹, Paulo Cesar Sentelhas² e Valter Barbieri³

NOTA TÉCNICA

RESUMO

Foram elaborados três programas para os cálculos de Balanço Hídrico (BH): Normal, Sequencial e de Cultura (nas escalas diária, decendial e mensal) segundo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955). A planilha que realiza o cálculo do BH de cultura também faz o cálculo da Produtividade Potencial e Real, pelo método da zona agroecológica (FAO). Os programas foram desenvolvidos no ambiente EXCEL™, dando, portanto, ao usuário uma nova ferramenta para a confecção de gráficos e criação e manipulação de banco de dados. As planilhas possuem áreas que não são acessíveis ao usuário, reservadas para os cálculos básicos e para a lógica do programa. Nas áreas disponíveis, o usuário poderá entrar com os dados, modificar/criar gráficos, ou inserir fórmulas. Inicialmente, o programa utiliza a método de THORNTHWAITE (1948) para a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP), mas o usuário poderá usar qualquer outro método. Para tanto, deverá introduzir as fórmulas adequadas nas áreas indicadas. Esta maleabilidade dos programas disponibiliza a utilização dos mesmos em uma ampla variedade de condições climáticas.

¹ Engº Agrº, Mestrando do Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: gsrolim@carpa.ciagri.usp.br

² Engº Agrº, MSc. Prof. Assistente do Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/ USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: pcsentel@carpa.ciagri.usp.br.

³ Engº Ftal, Dr. Prof. Doutor do Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, caixa Postal 9,13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: vbarbier@carpa.ciagri.usp.br.

Palavras-chave: planilha de cálculo, balanço hídrico, produtividade de cultura

SUMMARY

Three programs were developed for Water Balance calculation: normal, sequential and for culture, following the method of THORNTHWAITE & MATHER (1955). The spreadsheet that makes the calculation of Water Balance for culture makes the Potential and Real Productivity calculation as well, following the Agroecological Zone method (FAO). The programs were developed for EXCEL™ environment, because it provides the users a good tool for graphic confection and data manipulating. The spreadsheets have areas that users are not allowed to enter new data. These areas are reserved to basic calculations and program's logic. In the areas that the users are allowed to change, they have the permission to enter data, modify/create graphics or insert formulas. Initially, the programs use the THORNTHWAITE (1948) method for estimate the potential evapotranspiration, but users can change the method as they want. This capacity of the programs make available its use in a large range of climatic conditions.

Key words: spreadsheets, water balance, crop productivity

INTRODUÇÃO

O balanço hídrico (BH) é um sistema contábil de monitoramento da água do solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água num volume de solo vegetado (PEREIRA et al., 1997). Segundo esses autores a variação do armazenamento, num intervalo de tempo, representa o balanço entre entradas e saídas de água do volume de controle. São basicamente seis os elementos de entrada: chuva, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral, ascensão capilar e irrigação, e quatro para as saídas : evapo(transpi)ração, escoamento superficial, drenagem lateral, e drenagem profunda.

De acordo com AMORIM (1989), o BH é uma ferramenta em distintas áreas de estudo. Na meteorologia agrícola, delimita áreas de mesma disponibilidade hídrica; na irrigação, determina as deficiências hídricas de uma região; na hidrologia, estuda as bacias hidrográficas, dimensionando reservatórios. De acordo com a aplicabilidade, o BH pode vir a ser calculado para várias escalas de tempo: diária, decenal e mensal.

Segundo AGUILAR et al. (1986) os resultados de um BH podem ser utilizados para o zoneamento agroclimático da região, demanda potencial de água das culturas irrigadas, definição de prioridades no planejamento de pesquisas ou, ainda, no conhecimento do regime hídrico.

Sendo mais específico para cada tipo de BH calculado neste trabalho, pode-se afirmar que:

- o BH Normal é importante para o planejamento agrícola, caracterização climática de uma região, servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo para a exploração agrícola;

- o BH seqüencial é importante para as tomadas de decisões em práticas agrícolas tais como: plantio, colheita, irrigação, entre outros;

- o BH de cultura é importante para os mesmos itens citados acima (BH normal e BH seqüencial), porém, levando-se em consideração as diferentes necessidades hídricas das culturas.

Planilhas eletrônicas têm sido largamente usadas para tratamento de dados e apresentação de gráficos. Um exemplo são as rotinas para planilha EXCEL™ apresentadas por MARUR & VIEIRA (1997) para o tratamento de dados coletados por sistema portátil de fotossíntese, os quais, segundo os autores, facilitam sobremaneira as análises e confecções de gráficos e tabelas.

Apesar de existirem na literatura programas para a confecção do BH, (BARBIERI et al., 1991, DOURADO NETO & Van LIER, 1991, LEMOS FILHO et al., 1994), o presente trabalho tem como objetivo trazer uma melhoria na interface com o usuário, devido a utilização do ambiente Excel for Windows™ (facilitando a construção de gráficos, a comunicação dos dados e gráficos com outros programas, possibilitando a confecção de banco de dados, apresentações e textos), cálculo da produtividade potencial e real e na utilização de qualquer método para o cálculo de evapotranspiração potencial (ETP).

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) para o cálculo do BH Normal e Seqüencial (pastas ou arquivos.. Bhnorm.xls e BHseq.xls, respectivamente). Este método considera que a variação do armazenamento (ARM) de água do solo é uma função exponencial que envolve capacidade de água disponível (CAD) (Função da profundidade de exploração efetiva das raízes e características físicas do solo) e perda de água acumulada (Negativo Acumulado).

Para a estimativa da ETP os programas utilizam o procedimento proposto por THORNTHWAITE (1948), o qual tem a vantagem de necessitar apenas dos dados de temperatura média do ar dos períodos e da latitude local e fornece resultados confiáveis entre as latitudes de 40°N e 40°S (DOURADO NETO & Van LIER, 1991). Apesar dos programas estarem configurados para este método, é permitido ao usuário que o substitua por qualquer outro.

A inicialização do BH Normal segue o critério de MENDONÇA (1958). Para o BH seqüencial é dada ao usuário duas opções: o valor do armazenamento do período anterior pode ser fornecido, ou este valor ficará igual a capacidade de água disponível (CAD).

O cálculo do BH de cultura (Pasta Bhcult.xls) seguiu também o método apresentado por THORNTHWAITE & MATHER (1955), mas com modificações propostas por BARBIERI et al. (1997) que possibilita o cálculo com CAD e coeficiente de cultura (Kc) variáveis. Estas modificações são importantes, pois se sabe que no caso de uma cultura a CAD e o Kc (função do índice de área foliar-IAF) não são constantes, variando com o subperíodo da cultura.

O cálculo do BH de cultura é dependente de uma regressão específica para cada espécie ou variedade a ser utilizada, que relacione somatório do índice térmico em um determinado período ($\sum IT_i$, em graus-dia) com o Kc. Essa função indicará aos cálculos a duração de cada subperíodo e por conseguinte a duração total do ciclo da cultura para uma determinada época de plantio. Nesta pasta (programa) tem-se também os cálculos de produtividade potencial e real, explicados abaixo:

Produtividade Potencial: ou Rendimento Potencial (Ym) seguiu o método proposto pela FAO (DOORENBOS & KASSAM, 1979) - Método da Zona Agroecológica, baseado na metodologia de De WIT (1965), com modificações proposta por BARBIERI & TUON (1992), que considera as variações do IAF durante o ciclo, possibilitando os cálculos para cada fase fenológica.

Supõe-se através desse método, que sejam satisfeitas completamente as necessidades climáticas da cultura sob o aspecto hídrico, nutricional e fitossanitário, não afetando negativamente o seu crescimento e/ou desenvolvimento. Sendo assim, as culturas expressam totalmente seu potencial genético sob o referido clima. Essa metodologia se baseia, fundamentalmente, na seguinte equação:

$$Y_m = (F_b) (C) (n) \quad (1)$$

em que: **Fb** é a Fotossíntese Bruta (dependente da espécie vegetal), **C** as correções por fatores adimensionais relativos aos processos de crescimento, manutenção e outros que deflacionam a taxa potencial, devido às condições ambientais: Índice de Área Foliar (IAF), Respiração, Índice de Colheita e **n** o período considerado (dias, decêndios, meses.).

Produtividade Real: ou Atual ou Rendimento Real (Y_r), seguiu também o método proposto pela FAO (DOORENBOS & KASSAM, 1979). Quando o suprimento de água não atende às necessidades hídricas potenciais da cultura, a evapotranspiração real ou atual da cultura (ET_a) é inferior à evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), ou seja, $ET_a < ET_m$. Nessa condição, desenvolve-se um estresse hídrico na planta, o qual afetará adversamente o crescimento da cultura e, conseqüentemente, a sua produtividade. O efeito do estresse hídrico sobre o crescimento e produtividade de uma cultura depende, por um lado, da espécie e da variedade da cultura e, por outro, da intensidade e duração com que o déficit hídrico ocorre. Geralmente, as culturas são mais sensíveis ao déficit hídrico durante a emergência, a floração e o período inicial da frutificação (DOORENBOS & KASSAN, 1979).

O efeito do déficit no suprimento de água sobre a produtividade de uma cultura é quantificado através do fator de sensibilidade da cultura ao estresse hídrico (K_y), o qual relaciona a queda de rendimento relativo ($1 - Y_r/Y_m$) com o déficit de evapotranspiração relativa ($1 - ET_a/ET_m$). Assim, conhecendo-se a relação ET_a/ET_m , Y_m e K_y pode-se determinar a produtividade real (Y_r) de uma cultura através da seguinte relação, para cada subperíodo da cultura:

$$Y_r = [1 - (K_y) (1 - ET_a / ET_m)] (Y_m) \quad (2)$$

A representação gráfica dos BH é feita na forma completa e resumida como sugerido por CAMARGO & CAMARGO (1993), além de outras formas.

DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS

BHnorm.xls:

Apresenta uma planilha para o cálculo do BH normal mensal e outra para o cálculo decendial. Cada uma das planilhas contém duas áreas: uma para a entrada dos dados e outra para os resultados, e ainda três gráficos: a) balanço hídrico: evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR) e precipitação (P) (Figura 1a), b) extrato do balanço hídrico: deficiência e excedente hídrico (Figura 1b), c) armazenamento e capacidade de água disponível, variando no tempo.

Bhseq.xls:

Apresenta uma planilha para o cálculo do BH sequencial mensal e outra para o cálculo decendial ou diário (Figura 2). Cada uma delas apresenta três gráficos: a) balanço hídrico; b) extrato do balanço hídrico; c) armazenamento e capacidade de água disponível, variando no tempo.

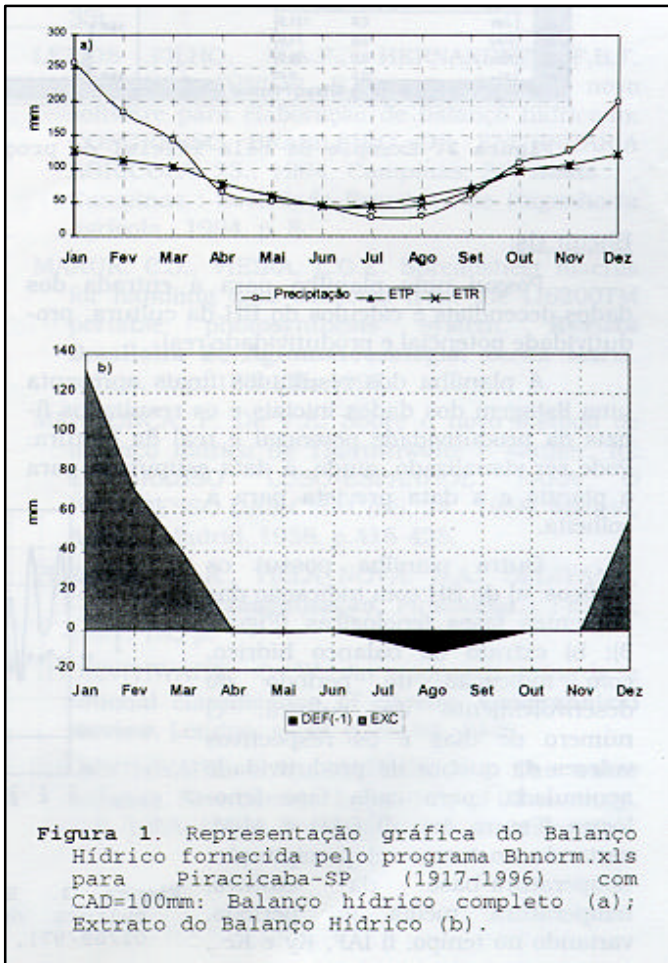


Figura 1. Representação gráfica do Balanço Hídrico fornecida pelo programa Bhnorm.xls para Piracicaba-SP (1917-1996) com CAD=100mm: Balanço hídrico completo (a); Extrato do Balanço Hídrico (b).

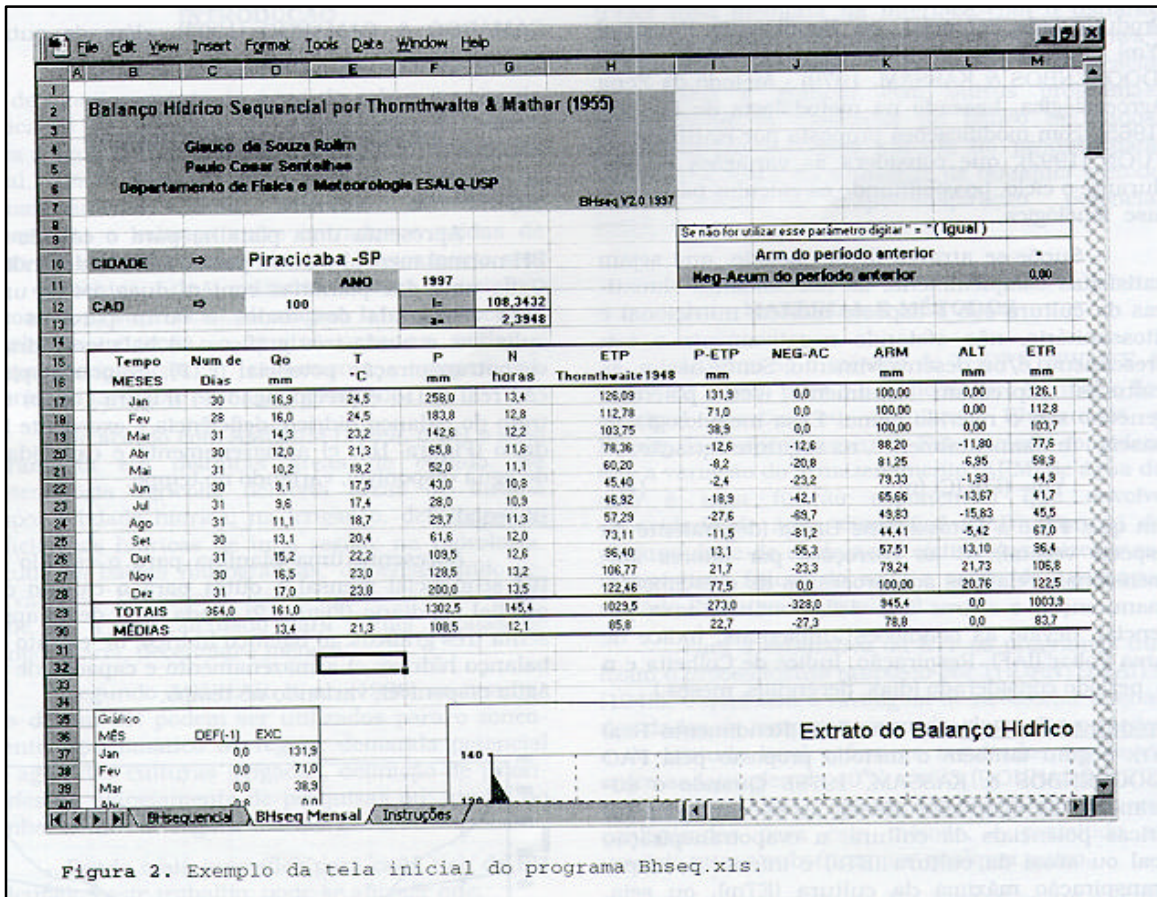


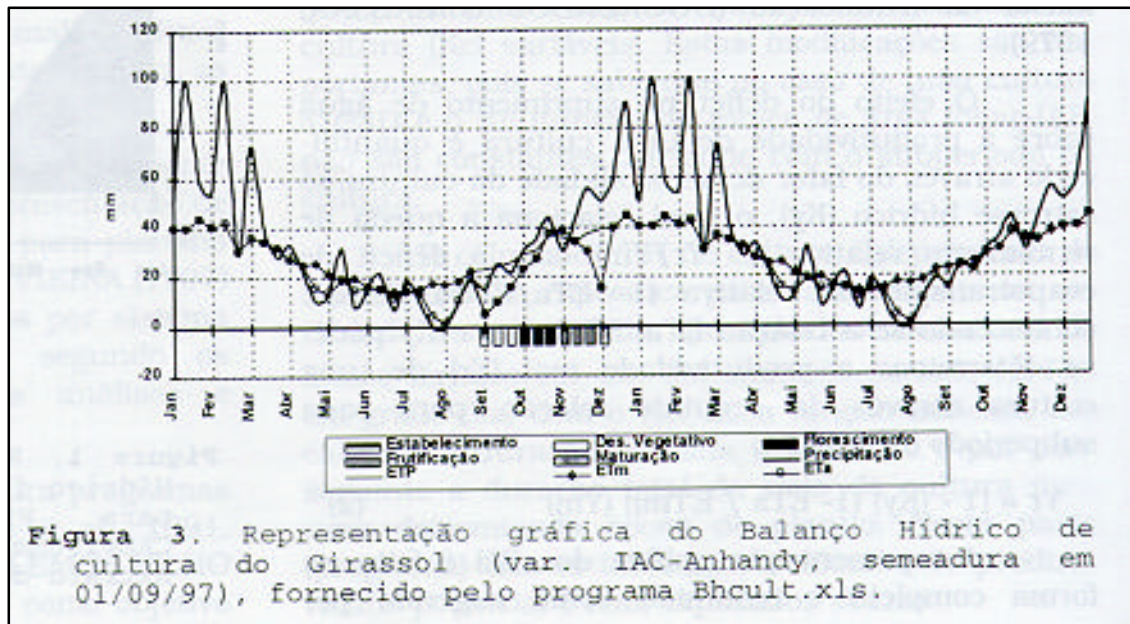
Figura 2. Exemplo da tela inicial do programa Bhnorm.xls.

Bhcult.xls:

Possui uma planilha para a entrada dos dados decendiais e cálculos do BH da cultura, produtividade potencial e produtividade real.

A planilha dos resultados finais apresenta uma listagem dos dados iniciais e os resultados finais da produtividade potencial e real da cultura. Pode ser visualizado, ainda, a data estipulada para o plantio e a data prevista para a colheita.

Outra planilha possui os gráficos: a) do BH com indicação das diferentes fases fenológicas (Figura 3); b) extrato do balanço hídrico, com indicação do período do desenvolvimento da cultura; c) número de dias e os respectivos valores da quebra de produtividade acumulada, para cada fase fenológica (Figura 4a); d) CAD e ARM, variando no tempo; e) precipitação, temperatura-base da cultura, temperatura média do período, variando no tempo; f) IAF, Ky e Kc , para diferente estádios fenológicos; g) ETP, ETm, ETa, estádios fenológicos, variando no tempo (Figura 4b).



Todas as pastas/programas possuem uma planilha com instruções.

Os programas são gratuitos para fins de pesquisa e ensino. Os interessados podem solicitar por carta (enviando dois disquetes e envelope selado) ou via internet (gsrolim@carpa.ciagri.usp.br).

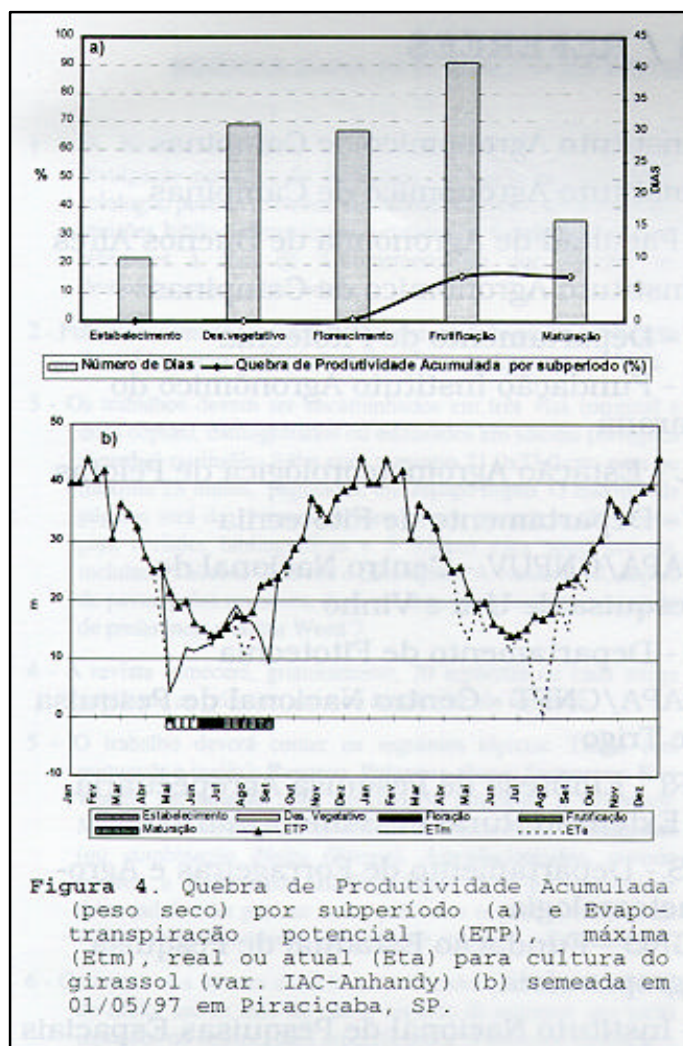


Figura 4. Quebra de Produtividade Acumulada (peso seco) por subperíodo (a) e Evapotranspiração potencial (ETP), máxima (ETm), real ou atual (Ete) para cultura do girassol (var. IAC-Anhandy) (b) semeada em 01/05/97 em Piracicaba, SP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, D.J., KRUKER, R.J.M., CALHEIROS, R. de O, et al. **Determinação da evapotranspiração potencial e balanço hídrico de região da Grande Dourados**. Dourados : EMBRAPA – UEPAE, 1986. 150 p.
- AMORIM, M. da S.M. **Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955)**. Petrolina : EMBRAPA - CPATSA, 1989. 18 p. (Boletim Técnico n. 34).
- BARBIERI, V., TUON, R.L., ANGELOCCI, L.R. Programa para microcomputador do balanço hídrico (Thornthwaite & Mather, 1955) para dados mensais, In: CONGRESSO BRASILEIRO

- DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa : SBA/UFV, 1991. 314 p. p. 297-299.
- BARBIERI, V., TUON, R.L. **Metodologia para estimativa da produção potencial de algumas culturas**. Piracicaba : Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, 1992. 17 p. (Apostila).
- BARBIERI, V., TERUEL, D.A., SILVA, J.G., et al. Balanço hídrico de Thornthwaite e Mather modificado para estimativa de deficiência nas culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...**, Piracicaba : SBA/ESALQ, 1997. 759 p. p. 587-589.
- CAMARGO, M.B.P., CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather, **Bragrantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.
- DE WIT, C.T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Pudoc, Wageningen. 1965. 57 p. (Agric. Rep. n. 663).
- DOURADO NETO, D., Van LIER, Q.J. **Programa para elaboração do balanço hídrico para culturas anuais e perenes**. Piracicaba : Departamento de Agricultura da ESALQ/USP, 1991. 58 p. (Apostila).
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma : FAO, 1979, 212 p. (Irrigation & Drainage papers n° 33).
- LEMO FILHO, M.A.F., HERNANDEZ, F.B.T, MARQUES JÚNIOR, S., et al. Hidrisa: novo software para elaboração de balanço hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 1994, Campinas, SP. **Anais...** , Campinas : Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola., 1994. p. 8.
- MARUR, C.J., VIEIRA, L.G.E. Spreadsheet macros for handling data collected from the LI6200TM portable photosynthesis system. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 133-135, 1997.
- MENDONÇA, P. De V.E. Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. In: CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS, 24., 1958, Madrid, **Acta...**, Madrid, 1958. p.415-425.
- PEREIRA, A .R., VILLA NOVA, N.A., SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba : FEALQ, 1997. 183 p.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, n. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, R.J. **The water Balance**. New Gersey : Laboratory of
Climatology, v. 8, 1955, 104 p. (Publication in Climatology).