

EFICIÊNCIA DE USO DA RADIAÇÃO LÍQUIDA PARA CÁLCULO DA TRANSPIRAÇÃO DE MACIEIRAS

Nilson Augusto Villa Nova¹; André Belmont Pereira²

¹Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Fone: (0xx19) 34294283, navnova@esalq.usp.br

²Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Dep. de Agronomia, UEPG, Ponta Grossa – PR

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –
Aracaju – SE

RESUMO – Com o objetivo de simplificar o cálculo da quantidade de água a ser aplicada por irrigação localizada em pomares de macieiras de modo a assegurar a melhor resposta agrícola com proteção ambiental, propôs-se neste trabalho um método de estimativa da transpiração em função da área foliar da árvore e da radiação líquida. O método foi proposto e validado a partir de dados medidos de transpiração obtidos através do método de balanço de calor. Os resultados revelaram que a metodologia baseada na habilidade da planta em converter a energia líquida disponível em fluxo de transpiração mostrou-se viável para avaliar o consumo ideal de água de macieiras na região estudada.

Palavras-chave: radiação líquida, perda de água, estômatos, estimativa, macieira.

NET RADIATION USE EFFICIENCY FOR THE CALCULATION OF TRANSPIRATION RATES OF APPLE TREES

ABSTRACT – Aiming at simplifying the calculation procedure of the amount of water to be applied by localized irrigation in apple trees so the maximum yield might be obtained with environmental protection, an estimation method to determine transpiration rates as a function of the leaf area of the tree and net radiation was proposed in the current study. The proposed method was tested and validated from measured data of transpiration rates obtained by means of the heat balance approach. The results revealed that the methodology based on the ability of the plant in converting net radiation into transpiration flow was to be feasible to assess the ideal water consumption of apple trees at the site in study.

Keywords: net radiation, water loss, stomata, estimation, apple tree.

1. INTRODUÇÃO

A finalidade do presente estudo foi desenvolver uma metodologia que nos permita avaliar, através de dados meteorológicos e da área foliar de um dossel de árvores de macieiras, a fração da energia radiante disponível para produção de calor latente na forma de transpiração. Uma vez obtido tal parâmetro, o modelo proposto deverá ser bastante útil para cálculos de irrigação localizada de pomares em geral. Para tanto, porém, sua calibração específica para cada espécie vegetal deve ser efetuada numa situação atual, na qual se procura maximizar o número de árvores irrigadas em função de um volume de água que promova economia de água com a melhor resposta biológica esperada ao longo da estação de crescimento de árvores de macieira cultivadas na região sudoeste da França.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Conhecendo-se o valor da transpiração no período de um dia, desde que neste dia haja disponibilidade de energia radiante global ou líquida para o processo transpiratório, e sendo a área foliar do dossel A_f ($\text{m}^2 \text{ árvore}^{-1}$), denominou-se de eficiência de uso da radiação líquida (ε) a seguinte relação adimensional:

$$\varepsilon = \frac{2,45 TM}{R_n A_f} \quad (1)$$

Na equação acima os termos significam:

TM = transpiração medida pelo método do balanço de calor ($1 \text{ árvore}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

A_f = área foliar ($\text{m}^2 \text{ árvore}^{-1}$)

R_n = radiação líquida ou balanço geral de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

2,45 = calor latente de evaporação (MJ litro^{-1})

O valor de ε pode ser estimado tanto em função de R_n como da densidade de fluxo de radiação solar global Q_g , pois estes elementos meteorológicos caracterizam a energia radiante disponível para o processo de perda d'água da comunidade vegetal através de seus estômatos em determinada localidade.

É obvio que para se validar o método necessário será conhecer-se o valor da transpiração obtido através de medidas diretas (empregando-se a lisimetria, por exemplo) ou por intermédio do método do balanço de calor considerado neste estudo.

Para provar-se a viabilidade do método foram utilizados os dados de transpiração em pomar de macieiras, obtidos pelo método do balanço de calor durante os anos de 1988 e 1989 na região de Bordeaux, França, para diferentes épocas do ano e áreas foliares (ANGELOCCI, 1997). Os elementos meteorológicos necessários para obtenção da transpiração calculada (TC) através da eficiência de conversão de energia solar foram: balanço de energia radiante (R_n), temperatura média do ar (T_a), umidade relativa média do ar (UR) e déficit de saturação médio diário do ar (Δe).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cálculo das eficiências de uso de R_n (ε) em função do déficit de saturação médio do ar (Δe) e da eficiência média para cada dia Juliano ($\bar{\varepsilon}f$)

Na tabela 1 são relacionados parte dos dados obtidos para cálculo de ε (para cada área foliar) em função da equação (1). O valor da correlação $\bar{\varepsilon}f \times \Delta e$, obtida através dos dados apresentados na tabela 1 é demonstrada na figura 1.

A equação obtida a partir de um estudo de regressão linear simples entre as variáveis correlacionadas na figura 1 foi a seguinte:

$$\bar{\varepsilon}f = 0,0703\Delta e + 0,2462 \quad r^2 = 0,900 \quad (2)$$

A equação (2) nos demonstra que é possível a estimativa de ($\bar{\varepsilon}f$) em função de Δe . Para esta estimativa foi necessário separar estes dados do conjunto geral dos dados obtidos para que houvesse independência da estimativa de ($\bar{\varepsilon}f$).

Tabela 1 – Valores de transpiração medida TM ($l \text{ árvore}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), área foliar AF ($m^2 \text{ árvore}^{-1}$), radiação líquida R_n ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), déficit de saturação médio diário do ar Δe (kPa) em árvores de macieira medidos ao longo dos anos de 1988 e 1989 na região de Bordeaux, França, e eficiências médias de transpiração ($\bar{e}f$) calculadas pelo método proposto.

ANO 1988												
<i>DJ</i>	R_n	AF	TM	e_f	AF	TM	e_f	AF	TM	e_f	$(\bar{e}f)$	Δe
184	7,3	4,7	3,7	0,264	9,3	7,3	0,263	11,3	8,9	0,264	0,264	0,15
186	9,7	4,7	5,5	0,295	9,3	10,9	0,296	11,3	13,2	0,295	0,296	0,49
188	14,5	4,7	7,6	0,273	9,3	15,1	0,273	11,3	18,3	0,274	0,274	0,56
191	14,3	4,7	7,7	0,250	9,3	15,3	0,281	11,3	18,6	0,282	0,281	0,64
192	19,2	4,7	9,0	0,293	9,3	17,8	0,292	11,3	21,7	0,294	0,293	0,83
200	15,5	4,7	8,4	0,282	9,3	16,6	0,282	11,3	20,2	0,283	0,282	0,75
206	13,5	4,7	7,8	0,297	9,3	15,0	0,291	11,3	18,2	0,283	0,290	0,62

ANO 1989												
<i>DJ</i>	R_n	AF	TM	e_f	AF	TM	e_f	AF	TM	e_f	$(\bar{e}f)$	Δe
184	19,7	7,8	20,5	0,327	15,7	41,2	0,326	20,6	54,1	0,326	0,326	1,01
185	19,4	7,8	21,8	0,353	15,7	43,9	0,353	20,6	57,6	0,353	0,353	1,41
193	17,0	7,8	18,0	0,332	15,7	36,2	0,332	20,6	47,5	0,332	0,332	1,05
194	18,5	7,8	19,6	0,333	15,7	39,5	0,333	20,6	51,8	0,333	0,333	1,15
197	19,1	7,8	22,6	0,371	15,7	45,5	0,372	20,6	59,7	0,372	0,372	1,88

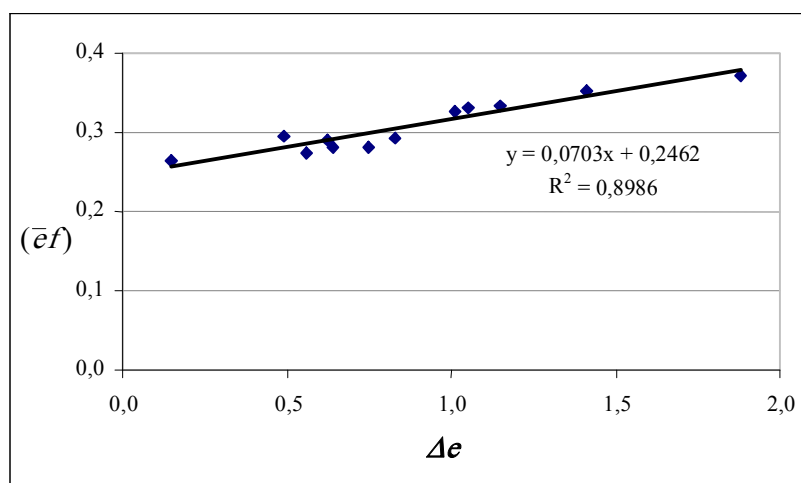


Figura 1 – Relação de dependência entre a eficiência média de conversão da radiação líquida em transpiração de macieiras ($\bar{e}f$) e o déficit de saturação médio diário do ar (Δe , em kPa).

3.2. Equação para determinação da transpiração calculada ($l \text{ árvore}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

O valor da transpiração calculada (TC) será determinado substituindo-se TM por TC na equação (1) e o valor de ε por $(\bar{e}f)$ de acordo com a equação (2). Assim sendo, teremos:

$$TC = \frac{\bar{e} R_n Af}{2,45} \quad (3)$$

Substituindo (2) em (3), tem-se que:

$$TC = \frac{(0,2462 + 0,0703 \Delta e) R_n Af}{2,45},$$

Ou ainda simplificando,

$$TC = [0,1 + 0,287 \Delta e] R_n Af \quad (4)$$

A equação (4) expressa então o método da “eficiência de conversão de energia solar” proposto para avaliação da transpiração de macieiras, onde os termos significam:

TC = transpiração calculada ($l \text{ árvore}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

Δe = déficit de saturação médio diário (kPa)

R_n = radiação líquida ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

Af = área foliar do dossel ($\text{m}^2 \text{ árvore}^{-1}$)

3.3. Comparação entre os valores de transpiração calculados pelo método proposto (TC) e medidos pelo método do balanço de calor (TM)

Na tabela 2 são relatados os valores calculados de transpiração pelo método em estudo (TC , $l \text{ árvore}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e os medidos pelo método de fluxo de calor (TM) no experimento conduzido por ANGELOCCI (1977) em árvores de macieira na região de Bordeaux, França. São relatados também para cada dia Juliano os valores de R_n e Δe obtidos no experimento. A figura 2 demonstra a relação de dependência entre TC e TM, revelando uma excelente correlação entre ambas variáveis expressa pela seguinte equação:

$$TC = 0,965 TM - 0,0959 \quad r^2 = 0,9853 \quad (5)$$

Observe-se que este conjunto de dados relatados na tabela 2 não foi considerado para estimativa de $(\bar{e}f)$, assegurando-se assim a independência entre a série de dados utilizada para proposição do modelo de estimativa da transpiração de árvores de macieiras e aquela empregada para sua validação na região estudada.

4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, o método proposto nos parece bastante viável para calcular a transpiração de macieiras, desde que seja calibrado por medidas lisimétricas ou pelo emprego do método do balanço de calor. Em estudos futuros, pretende-se definir o valor da eficiência de uso da energia líquida disponível em função da densidade de fluxo de radiação solar global, a qual é usualmente medida em postos de observação de superfície, facilitando assim as aplicações agrícolas com vistas à maximização da produção de pomares de macieiras com proteção ambiental em dado local.

Tabela 2 – Comparação entre transpiração medida (TM) e calculada (TC) pelo método proposto ($l \text{ árvore}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) para diferentes áreas foliares e épocas do ano (DJ), em função de R_n ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e do déficit de saturação médio diário Δe (kPa).

ANO	DJ	R_n	Δe	Af 4,7 m ²		Af 9,3 m ²		Af 11,3 m ²	
				TM	TC	TM	TC	TM	TC
1 9 8 8	186	9,7	0,49	5,5	5,2	7,3	10,3	13,2	13,2
	198	12,0	0,54	6,5	6,5	12,8	12,9	15,6	15,6
	200	15,5	0,75	8,4	8,8	16,6	17,4	20,2	20,2
	201	10,5	0,78	6,5	6,2	12,8	12,3	15,5	15,6
	203	13,1	0,54	7,1	7,1	14,0	14,0	17,1	17,0
	205	9,2	0,50	5,5	5,0	10,9	10,9	13,2	11,9
	206	13,5	0,62	7,6	7,5	15,0	14,8	18,2	18,0
ANO	DJ	R_n	Δe	Af 7,8 m ²		Af 15,7 m ²		Af 20,6 m ²	
				TM	TC	TM	TC	TM	TC
1 9 8 9	182	13,6	0,65	14,0	12,6	28,1	25,4	36,9	33,4
	186	11,0	0,83	12,0	10,7	24,2	21,4	31,7	28,0
	187	12,2	0,58	12,4	11,2	25,0	22,4	32,8	29,8
	191	11,3	0,51	11,1	10,1	22,4	20,4	29,4	26,8
	192	14,7	0,74	14,7	14,0	29,7	27,1	38,9	35,6
	194	18,5	1,15	19,6	19,2	39,5	38,7	51,8	50,8
	195	13,1	0,73	13,6	12,4	27,4	24,9	35,9	32,7
	197	19,1	2,0	20,4	23,5	45,8	47,3	60,2	62,1

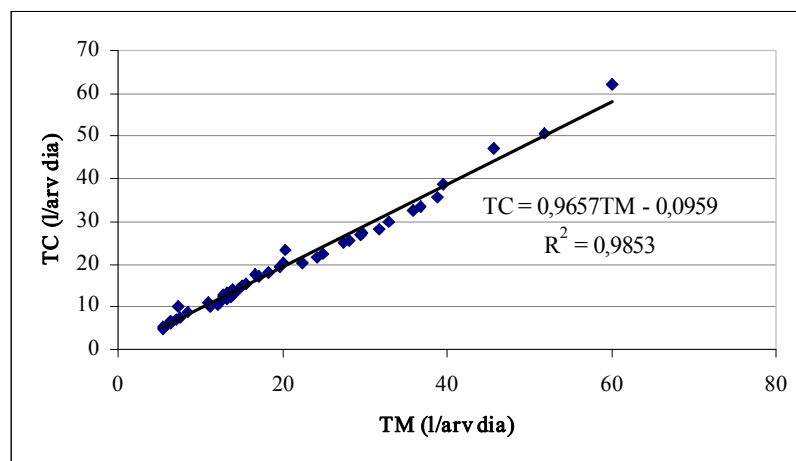


Figura 2 – Correlação entre os valores de transpiração calculados pela metodologia proposta (TC) e medidos pelo método de balanço de calor (TM) em Bordeaux, França, considerando-se uma série independente de dados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L.R. Estimativa da transpiração máxima de macieiras (*Malus spp.*) em pomares pelo modelo de Penman-Monteith. 1997. 103 p. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1997.