

O USO DO MÉTODO CLIMATOLÓGICO PARA A DETERMINAÇÃO PRÁTICA DE CRITÉRIOS DE IRRIGAÇÃO DA LAVOURA CAFEIEIRA

Antonio Giacomini **RIBEIRO**

Universidade Federal de Uberlândia - Departamento de Geografia

Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos

RESUMO: Este artigo apresenta um roteiro básico para o estabelecimento de turno e dotação de rega por intermédio de um método climatológico de fácil manipulação por parte do cafeicultor irrigante, e aplicável às condições climatológicas dos cerrados. O método do balanço hídrico diário, ora apresentado, utiliza dados diários de temperatura, chuvas, umidade relativa, medidos com instrumentos simples e de baixo valor financeiro, além de dados de ventos observados pelo próprio agricultor.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeicultura irrigada e balanço hídrico diário.

1. Introdução

O recente avanço tecnológico da lavoura cafeeira na região dos cerrados, representado pela utilização de modernos equipamentos de irrigação, não possui, em geral, um correspondente avanço técnico na determinação dos turnos e dotação de rega. A pressão sobre os recursos hídricos regionais já se faz sentir pelos conflitos de uso que se verificam entre os usuários da água na região dos cerrados. O uso racional da água, negociado entre os interessados, representa impactos ambientais de menor monta e, ao mesmo tempo, economia de energia, equipamentos e trabalho.

A obtenção do máximo rendimento de uma lavoura de café irrigado depende do conhecimento das reais necessidades de água da cultura, em determinado momento. Este conhecimento é adquirido pela solução das seguintes questões:

- a) Quanto de água a lavoura consome, durante um certo tempo ?
- b) Quanto de água a própria natureza repõe na lavoura, por meio da chuva ?
- c) Quanto de água é necessária para completar, por meio da irrigação, a quantidade não repostada pela chuva ?
- d) Qual é o momento certo para fazer a irrigação ?

Um procedimento eficaz para o encaminhamento destas perguntas baseia-se no método climatológico do balanço hídrico. Para executá-lo, o agricultor deverá possuir, em sua propriedade – de preferência ao lado do perímetro irrigado – um conjunto de equipamentos destinados à medição diária das chuvas, das temperaturas e da umidade relativa do ar. O agricultor também deve possuir

treinamento suficiente para observação sensível da intensidade dos ventos, isto é, sem o auxílio de equipamentos.

De posse dos referidos dados, deve-se estimar a Evapotranspiração Potencial da lavoura no estágio em que ela se encontrar e, finalmente, calcular o Balanço Hídrico que determinará a quantidade e o momento da irrigação.

2. Material e Método - A Coleta dos Dados

Os dados que devem ser observados e registrados, diariamente, são: temperatura, chuvas, umidade relativa do ar e intensidade dos ventos.

As **temperaturas**, dadas em graus Celsius ou Centígrados, são observadas nos termômetros instalados no abrigo meteorológico, sendo lidas a temperatura do ar às 7:00, 11:00 e 15:00 horas; a temperatura mínima e a máxima, apenas às 7:00 horas, correspondentes às últimas 24 horas. Com estes dados é calculada a temperatura média do dia anterior, resultante da média ponderada das três leituras, da seguinte forma:

$$T_m = [T_7 + T_{11} + (2 \times T_{15})] : 4$$

Os totais das **chuvas** diárias, dados em milímetros, são verificados todas as manhãs, às 7:00 horas, com a coleta das chuvas precipitadas nas últimas 24 horas.

A **umidade relativa do ar**, dada em percentagem, é lida diretamente no psicrômetro, um conjunto de dois termômetros, um úmido e outro seco. Os horários das leituras dos psicrômetros são os seguintes: 7:00, 11:00 e 15:00 horas. A umidade relativa média (UR_m) do dia anterior é resultante da média ponderada das três leituras, da seguinte forma:

$$UR_m = [UR_7 + UR_{11} + (2 \times UR_{15})] : 4$$

A **intensidade dos ventos** é dada pela sua força, medida segundo os efeitos que é capaz de produzir na superfície da Terra. Diferentes intensidades também estão relacionadas com diferentes velocidades.

Para auxiliar a observação da intensidade dos ventos será utilizada a **Escala da Força do Vento de Beaufort** (velocidade Km/h).

FORÇA	EFEITOS	VELOCIDADE
0	Calmo, fumaça eleva-se verticalmente.	0
1	Leve inclinação de coluna de fumaça. Cata-ventos imóveis.	1 a 5
2	Vento sentido no rosto e folhas das árvores levemente agitadas.	6 a 11
3	Folhas e pequenos galhos em movimento constante.	12 a 19
4	Poeira e papéis soltos são levantados e ramagens maiores das árvores são movidas.	20 a 27
5	Pequenas árvores e arbustos são agitados. Formação de ondas nos lagos.	28 a 35
6	Grandes ramos de árvores são agitados; guarda-chuvas abertos com dificuldade.	36 a 44
7	Grandes árvores sacudidas e dificuldade de se caminhar contra o vento.	45 a 55
8	Grandes ramos de árvores se quebram e quase impossível caminhar em espaços abertos.	56 a 66
9	Leves danos estruturais nas casas e telhas são arrancadas.	67 a 77
10	Árvores são arrancadas, casas destelhadas e paredes derrubadas.	78 a 90
11	Caminhões arrastados, automóveis e animais de grande porte arremessados à distância.	91 a 120
12	Arrasamento total da paisagem, como nos grandes tornados e furacões.	> 120

QUADRO 01 – Escala de Ventos de Beaufort

2.2. Estimativa da Evapotranspiração do Cafeeiro (ETc)

A ETc, dada em mm, corresponde à quantidade de água retirada do solo pela lavoura cafeeira durante um determinado tempo. Para efeito da determinação da dotação e turno de rega será utilizada a ETc diária. Esta estimativa, com os dados coletados junto ao perímetro irrigado, sempre corresponderá ao dia anterior. Entende-se por dia anterior, ao período compreendido pelas observações efetuadas entre 7:00 e 15:00 horas. Assim, a estimativa da ETc diária poderá ser feita logo no final da tarde, com a vantagem de se conhecer, de imediato, as necessidades de água da cultura, que poderão ser satisfeitas de imediato, ou no dia seguinte.

A estimativa da ETc diária é baseada no Método de Camargo (1971), com ajustes relacionados ao hábito da cultura cafeeira e ao estado da umidade presente no ar e predominância da intensidade do vento, pela aplicação da seguinte fórmula:

$$ETc \text{ diária} = Qo \times Tm \times F_1 \times F_2 \times F_3$$

Qo = Radiação solar extraterrestre incidente em superfície horizontal acima da atmosfera, em milímetros de evaporação equivalente, no 15º dia de cada mês, de acordo com o Qd. 01.

Tm = Temperatura média diária, calculada com os dados coletados no Mini-Posto Climatológico.

F₁ = Fator de ajuste função da temperatura média da estação do ano. Para a região do cerrado adotam-se os seguintes valores:

Estação do Ano	F ₁
Primavera	0,0110
Verão	0,0120
Outono	0,0105
Inverno	0,0100

QUADRO 02 – Fator de Ajuste F₁

F₂ = Fator de ajuste em função da diferença de potencial entre a água no solo e a água contida na Atmosfera, representada pela umidade relativa média, segundo as classes:

Urm %	F ₂
> 90	0,90
80 – 89	0,95
70 – 79	1,00
60 – 69	1,05
50 – 59	1,10
40 – 49	1,15
< 40	1,20

QUADRO 03 – Fator de Ajuste F₂

F₃ = Fator de ajuste em função da capacidade que possui o vento em acelerar o processo evaporativo ao remover, da superfície foliar, o excesso de umidade anteriormente evaporada.

É preciso considerar que ventos com velocidades superiores a 45 km/h provocam o fechamento dos estômatos, cessando o processo evaporativo; entretanto, o ressecamento superficial do solo é considerável. Ventos com força superior a 8 são perigosos e provocam danos mecânicos nas cultural, instalações e equipamentos. Ventos com intensidade superior a 1, na Escala Beaufort

estimulam a capacidade evaporativa do ar e, para considerar este fenômeno, é utilizado o fator de ajuste segundo a tabela abaixo.

Força do vento	F ₃
0-1	1,00
2-3	1,10
4-5	1,15
6	1,20
>6	1,00

QUADRO 04 – Fator de Ajuste F₃

Lat. Sul	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	14.5	15.0	15.2	14.7	13.9	13.4	13.5	14.2	14.9	14.9	14.6	14.3
2	14.8	15.2	15.2	14.5	13.6	13.0	13.2	14.0	14.8	15.0	14.8	14.6
4	15.0	15.3	15.1	14.3	13.3	12.7	12.8	13.7	14.7	15.1	15.0	14.9
6	15.3	15.4	15.1	14.1	13.0	12.6	12.5	13.5	14.6	15.1	15.2	15.1
8	15.6	15.6	15.0	14.0	12.7	12.0	12.2	13.2	14.5	15.2	15.4	15.4
10	15.9	15.7	15.0	13.8	12.4	11.6	11.9	13.0	14.4	15.3	15.7	15.7
12	16.1	15.8	14.9	13.5	12.0	11.2	11.5	12.7	14.2	15.3	15.8	16.0
14	16.3	15.8	14.9	13.2	11.6	10.8	11.1	12.4	14.0	15.3	15.9	16.2
16	16.5	15.9	14.8	13.0	11.3	10.4	10.8	12.1	13.8	15.3	16.1	16.4
18	16.7	15.9	14.7	12.7	10.9	10.0	10.4	11.8	13.7	15.3	16.2	16.6
20	16.7	16.0	14.5	12.4	10.6	9.6	10.0	11.5	13.5	15.3	16.4	16.8
22	16.9	16.0	14.3	12.0	10.2	9.1	9.6	11.1	13.1	15.2	16.5	17.0
24	16.9	15.9	14.1	11.7	9.8	8.6	9.1	10.7	13.1	15.1	16.5	16.5
26	17.0	15.9	13.9	11.4	9.4	8.1	8.7	10.4	12.8	15.0	16.6	17.3
28	17.1	15.8	13.7	11.1	9.0	7.8	8.3	10.0	12.6	14.9	16.6	17.5
30	17.2	15.7	13.5	10.8	8.5	7.4	7.8	9.6	12.2	14.7	16.7	17.6
32	17.2	15.6	13.3	10.5	8.1	7.0	7.4	9.2	11.9	14.6	16.7	17.6
34	17.2	15.5	13.0	10.1	7.6	6.6	7.0	8.8	11.6	14.4	16.7	17.6
36	17.3	15.4	12.7	9.7	7.2	6.1	6.5	8.3	11.3	14.3	16.6	17.7
38	17.3	15.2	12.4	9.3	6.7	5.6	6.0	7.9	11.0	14.1	16.6	17.7
40	17.3	15.1	12.1	8.9	6.3	5.1	5.5	7.5	10.6	13.9	16.5	17.8
42	17.2	14.9	11.7	8.4	5.9	4.6	5.1	7.1	10.2	13.7	16.4	17.8
44	17.2	14.7	11.4	8.0	5.5	4.2	4.7	6.7	9.8	13.4	16.3	17.8
46	17.1	14.5	11.0	7.5	3.8	4.2	6.2	9.4	13.1	16.2	17.8	17.8
48	17.0	14.3	10.6	7.0	4.5	3.3	3.7	5.7	9.0	12.8	16.1	17.8
50	16.9	14.1	10.3	6.6	4.0	2.8	3.2	5.3	8.7	12.5	15.9	17.8
52	16.8	13.8	9.9	6.1	3.5	2.4	2.8	4.9	8.2	12.2	15.7	17.7
54	16.7	13.5	9.5	5.7	3.0	2.0	2.4	4.5	7.8	11.8	15.5	17.7
56	16.6	13.2	9.0	5.2	2.5	1.6	2.0	4.0	7.3	11.4	15.4	17.6
58	16.5	12.9	8.6	4.7	2.1	1.2	1.6	3.5	6.9	11.1	15.2	17.6
60	16.4	12.7	8.2	4.2	1.7	0.8	1.1	3.0	6.4	10.8	15.1	17.5

QUADRO 05 – (Q₀) - Radiação solar incidente em superfície horizontal acima da Atmosfera, em milímetros de evaporação equivalente, no dia 15 de cada mês.

2.3. Balanço Hídrico

O balanço hídrico corresponde ao confronto entre as entradas de água no solo (P + I) – precipitação + irrigação – e as saídas de água do solo, representadas pela ETc.

O objetivo do balanço hídrico é a determinação, **dia a dia**, da quantidade de água no solo disponível para a lavoura. Também é necessário considerar a capacidade de campo e o armazenamento crítico de água no solo, para cada classe textural do solo, levando-se em conta a idade da lavoura, até o 3º ano, quando já pode ser considerada como lavoura adulta(Quadro 06).

O solo apresenta capacidade de campo quando está quase saturado, portanto, com água facilmente disponível para as plantas. Assim, o armazenamento de água no solo é pleno. A progressiva retirada da água do solo, sem que haja reposição pela chuva ou pela irrigação, faz com que o armazenamento de água no solo atinja o ponto crítico, ou seja, ponto a partir do qual o cafeeiro se estressa ao retirar a água do solo. Assim, o momento de irrigar é aquele em que a água do solo de aproxima do armazenamento crítico. O Quadro 06 apresenta os valores, em mm, da capacidade de campo e do armazenamento crítico recomendados segundo a idade da lavoura, respeitando-se, também, as características dos solos.

ESTÁGIO DA CULTURA	CAPACIDADE DE CAMPO			ARMAZENAMENTO CRÍTICO		
	arenosa	Média	Argilosa	arenosa	média	Argilosa
1º ano	30	50	70	20	35	55
2º ano	45	70	90	30	50	70
3º ano	75	100	125	60	75	100

QUADRO 06 – Capacidade de campo e armazenamento crítico, em mm, segundo a idade da lavoura, considerando a textura dos solos.

A planilha do cálculo do balanço hídrico do solo (em anexo) é preenchida com o auxílio do seguinte roteiro:

COLUNA 01 – Evapotranspiração do Cafeeiro (ETc) – Preencher com os valores obtidos na estimativa da ETp diária, segundo fórmula anteriormente apresentada.

COLUNA 02 – Precipitação (P) – Preencher com os registros diários, em mm, obtidos pelas leituras do pluviômetro.

COLUNA 03 – Irrigação (I) – Preencher com os valores correspondentes às quantidades, em mm, de água irrigadas na cultura.

COLUNA 04 – Saldo Hídrico (P + I - ETc) – Preencher com os saldos positivos ou negativos, entre as entradas de água no solo (P+I) e as retiradas de água do solo pela cultura (ETc).

COLUNA 05 – Alteração (ALT) ; **COLUNA 06** – Armazenamento Inicial (ARMi) e **COLUNA 07** - Armazenamento Final (ARMf) – Esta três colunas são preenchidas ao mesmo tempo. O cálculo tem início quando o solo está com capacidade de campo completa, ou seja, após uma abundante chuva ou intensa irrigação. Quando o saldo hídrico torna-se negativo, ALT = saldo hídrico negativo, ALT também será negativa. ARMi = capacidade de campo e ARMf = ARMi - ALT. Nos dias seguintes, continuando negativo o saldo hídrico, ALT = saldo hídrico negativo, com ALT também negativa; ARMi = ARMf do dia anterior e ARMf do dia em questão = ARMi - ALT. Esta situação deve perdurar até o momento em que o ARMf de determinado dia apresenta-se muito próximo do **ARMAZENAMENTO CRÍTICO**, quando é necessário irrigar para restabelecer a capacidade de campo. Nesta situação, o saldo hídrico passará a ser positivo e, conseqüentemente,

ALT também será positivo. No dia da irrigação o $ARM_f = ALT + ARM_i$, tendo como limite máximo a capacidade de campo. O mesmo procedimento deve ser adotado para os dias em que ocorrerem as chuvas; sempre lembrando que o ARM_f nunca deve ser superior à capacidade de campo.

3. Resultados

As questões colocadas inicialmente foram resolvidas ao longo do texto e, resumidamente, pode-se dizer:

- a) a quantidade de água consumida pela lavoura corresponde à Evapotranspiração da Cultura (ET_c);
- b) a quantidade de chuva registrada pelo pluviômetro corresponde à reposição, pela natureza, da água no solo;
- c) a quantidade de água a ser complementada pela irrigação é determinada no balanço hídrico, sempre buscando-se recuperar a capacidade de campo e;
- d) o momento certo de efetuar a irrigação é aquele em que a água no solo se aproxima do armazenamento crítico.

4. Bibliografia

CAMARGO, A. P. Balanço Hídrico no Estado de São Paulo. Campinas. Instituto Agronômico de Campinas. Bol. Téc. 116. 1971.

5. Anexo

PLANILHA PARA O CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO DIÁRIO

MÊS...../ ANO.....LOCALIDADE.....LAT.....

DIA	01 ETc	02 P	03 I	04 P+I-ETc	05 ALT	06 ARMi	07 ARMf
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

RESPONSÁVEL.....