

LEB 630 – Agrometeorologia aplicada

Profa. Juliana Chagas Rodrigues

Prof. Paulo Cesar Sentelhas

Prof. Thiago Liborio Romanelli

Prof. Gustavo Beruski

Aula

Balanço Hídrico de Cultivos

ESALQ/USP – 2021



Introdução – BH climatológico

Balanço hídrico climatológico



Visa conhecer o balanço de água em um solo coberto por uma vegetação padrão (gramado), que cobre totalmente o solo



Evapotranspiração potencial ou de referência (ETP ou ETo)



Evapotranspiração real (ETR)

Introdução – tipos de BH climatológico

Balanço hídrico climatológico

```
graph TD; A[Balanço hídrico climatológico] --> B[BH normal]; A --> C[BH sequencial]; B --> D[É um indicador climatológico da disponibilidade hídrica da região, por meio da variação sazonal das condições do BH ao longo de um ano médio (cíclico), ou seja, dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. Essas informações auxiliam no planejamento agrícola.]; C --> E[Fornece a caracterização e variação sazonal (um período ou de uma sequência de períodos – meses, semanas, dias – de um ano específico) das condições do BH (deficiências e excedentes) ao longo do período em questão. Essas informações auxiliam em tomadas de decisão.];
```

BH normal

É um indicador climatológico da disponibilidade hídrica da região, por meio da variação sazonal das condições do BH ao longo de um ano médio (cíclico), ou seja, dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. Essas informações auxiliam no *planejamento agrícola*.

BH sequencial

Fornece a caracterização e variação sazonal (um período ou de uma sequência de períodos – meses, semanas, dias – de um ano específico) das condições do BH (deficiências e excedentes) ao longo do período em questão. Essas informações auxiliam em *tomadas de decisão*.

Introdução – BH cultura

Balanço hídrico de cultivos ou de cultura



Visa conhecer o balanço de água em um solo coberto por um tipo de vegetação e sua fase de crescimento e desenvolvimento, que nem sempre cobre totalmente o solo



Evapotranspiração máxima de cultura ou evapotranspiração de cultura (ETc)



Evapotranspiração real de cultura (ETr)

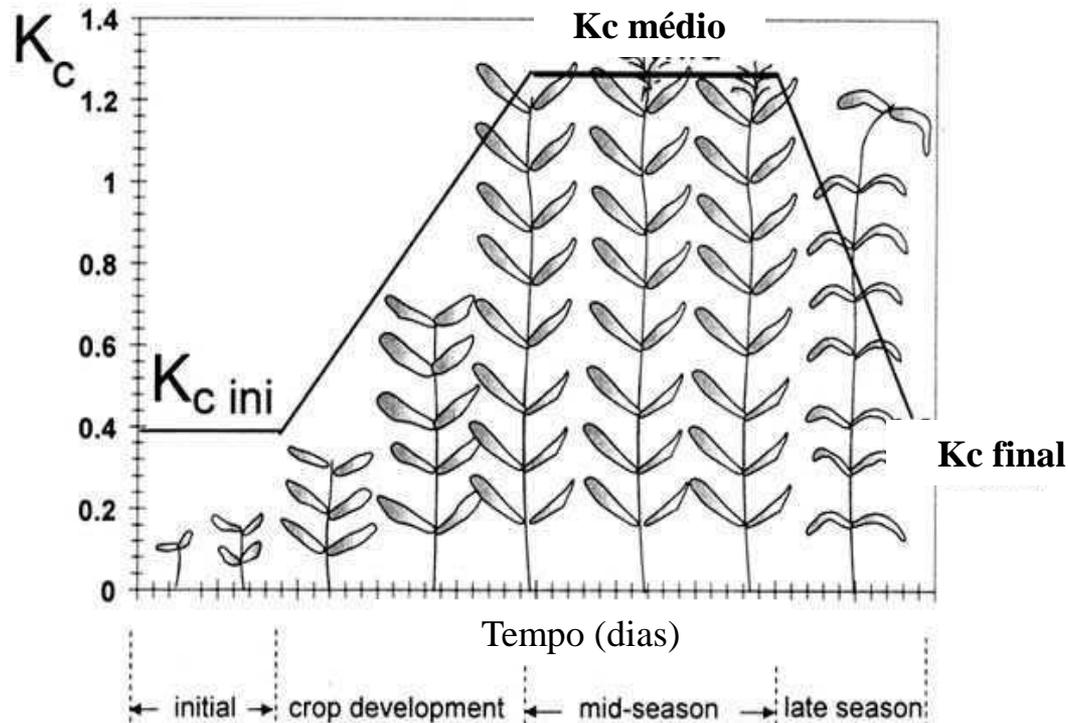
Evapotranspiração de cultura

Evapotranspiração de cultura (ETc)

$$ETc = ET_0 \times Kc$$

Coefficiente de cultura (Kc) → função do índice de área foliar da cultura (IAF)

Culturas de ciclo anual



Culturas de ciclo perene apresentam pouca variação de Kc , após atingirem a maturidade

Tabela 14.1. Coeficientes de cultura (Kc) para alguns cultivos. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994).

Cultura	Fases de Desenvolvimento da Cultura				
	Estabelecimento	Desenv. Veget.	Florescimento	Frutificação	Maturação
Alfafa	0,3 - 0,4	- -	- -	- -	1,05 - 1,2
Algodão	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,25	0,8 - 0,9	0,65 - 0,7
Amendoim	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,75 - 0,85	0,55 - 0,6
Arroz	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,9 - 1,2	0,8 - 0,9	0,5 - 0,6
Banana Tropical	0,4 - 0,5	0,7 - 0,85	1,0 - 1,1	0,9 - 1,0	0,75 - 0,85
Banana Subtropical	0,5 - 0,65	0,8 - 0,9	1,0 - 1,2	1,0 - 1,15	1,0 - 1,15
Batata	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,85 - 0,95	0,7 - 0,75
Beterraba açucareira	0,4 - 0,5	0,75 - 0,85	1,05 - 1,2	0,9 - 1,0	0,6 - 0,7
Cana - de - açúcar	0,4 - 0,5	0,7 - 1,0	1,0 - 1,3	0,75 - 0,8	0,5 - 0,6
Cebola seca	0,4 - 0,6	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,85 - 0,9	0,75 - 0,85
Cebola verde	0,4 - 0,6	0,6 - 0,75	0,95 - 1,05	0,95 - 1,05	0,95 - 1,05
Café c/ trato			0,65 - 0,8		
Café s/ trato			0,85 - 0,9		
Citros c/ trato			0,65 - 0,75		
Citros s/ trato			0,85 - 0,9		
Ervilha	0,4 - 0,5	0,7 - 0,85	1,05 - 1,2	1,0 - 1,15	0,95 - 1,1
Feijão verde	0,3 - 0,4	0,65 - 0,75	0,95 - 1,05	0,9 - 0,95	0,85 - 0,95
Feijão seco	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,65 - 0,75	0,25 - 0,3
Girassol	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,7 - 0,8	0,35 - 0,45
Melancia	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,05	0,8 - 0,9	0,65 - 0,75
Milho doce	0,3 - 0,5	0,7 - 0,9	1,05 - 1,2	1,0 - 1,15	0,9 - 1,1
Milho grão	0,3 - 0,5	0,7 - 0,85	1,05 - 1,2	0,8 - 0,95	0,55 - 0,6
Oliveira			0,4 - 0,6		
Pimentão verde	0,3 - 0,4	0,6 - 0,75	0,95 - 1,1	0,85 - 1,0	0,8 - 0,9
Repolho	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,9 - 1,0	0,8 - 0,95
Seringueira			0,7 - 1,2		
Soja	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,0 - 1,15	0,7 - 0,8	0,4 - 0,5
Sorgo	0,3 - 0,4	0,7 - 0,75	1,0 - 1,15	0,75 - 0,8	0,5 - 0,55
Tabaco	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,0 - 1,2	0,9 - 1,0	0,75 - 0,85
Tomate	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,25	0,8 - 0,95	0,6 - 0,65
Trigo	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,65 - 0,75	0,2 - 0,25
Uva	0,35 - 0,55	0,6 - 0,8	0,7 - 0,9	0,6 - 0,8	0,55 - 0,7

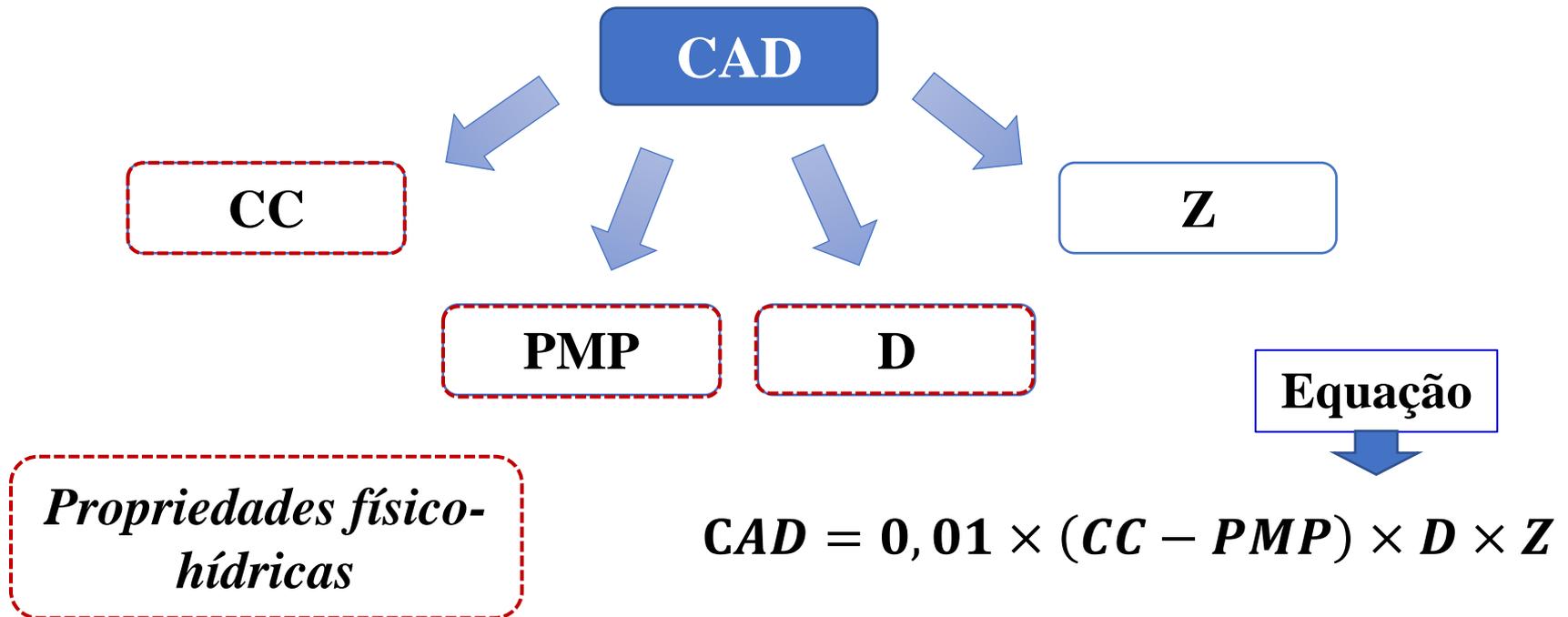
Primeiro valor: com umidade elevada (UR min > 70%) e vento fraco (U < 5 m/s)

Segundo valor: com umidade baixa (UR min < 70%) e vento forte (U > 5m/s)

Valores de Kc por decêndio após a emergência, para alguns cultivos anuais

Decêndio após a semeadura	Soja			Trigo	Feijão	Arroz	Algodão	Batata	Amendoim	Milho		
	Precoce	Média	Tardia							Precoce	Normal	Safrinha
1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4
3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,5	0,5	0,5
4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	0,7	0,8	0,9	0,6	0,6	0,6
5	0,9	0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	0,8	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7
6	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7
7	1,2	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	0,9	0,8
8	1,1	1,2	1,1	1,2	0,8	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	0,9
9	1,0	1,1	1,2	1,1	0,4	1,0	1,2	0,9	1,1	1,2	1,2	1,0
10	0,8	1,0	1,1	0,8		0,6	1,1	0,7	1,0	1,0	1,2	1,1
11	0,7	0,8	1,0	0,7			1,1		0,8	0,9	1,1	1,2
12	0,5	0,7	0,9	0,6			1,0		0,6	0,8	1,0	1,0
13		0,5	0,8	0,3			0,9			0,5	0,8	1,0
14			0,7				0,7				0,5	
15			0,5				0,5					

Determinação da CAD



Legenda:

CAD – Capacidade de água disponível (mm)

CC – Umidade no solo na capacidade de campo (%)

PMP – Umidade no solo no ponto de murcha permanente (%)

D – Densidade do solo (g/cm³)

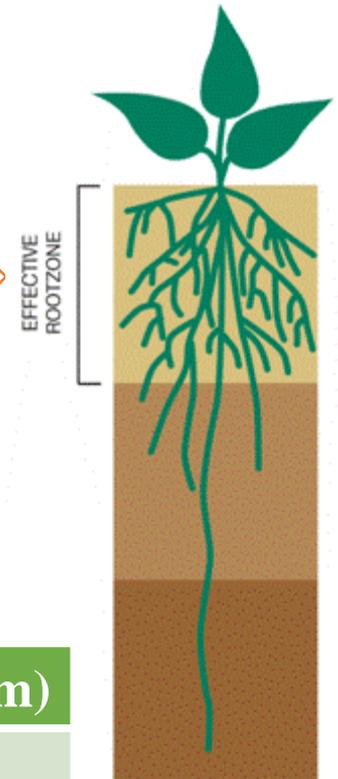
Z – Profundidade efetiva das raízes das plantas sob cultivo (mm)

Constante 0,01 da equação transforma os valores de porcentagem em fracionários

Profundidade efetiva do sistema radicular

O que é a profundidade efetiva do sistema radicular?

Profundidade do solo onde se concentram 80% das raízes de uma planta



Valores médios da profundidade efetiva do sistema radicular de alguns cultivos no estado de São Paulo

Cultivo	Profundidade efetiva das raízes (mm)
Hortalças	100 a 200
Arroz, batata e feijão	200 a 300
Trigo	300 a 400
Milho e soja	400 a 500
Amendoim	500 a 600

Plantas perenes →
700 a 1000 mm
Espécies florestais →
1500 a 2500 mm

Profundidade efetiva do sistema radicular

- **Propriedades físico-hídricas** → textura + estrutura do solo (muito variável).
 - **Ideal** → cálculo de CAD feito para as condições locais de solo e da cultura.
 - **Cultura** → considerar a variação da profundidade de raízes com o estágio de crescimento da cultura.
 - **Variação acentuada das propriedades físico hídricas com a profundidade** → deve-se calcular a CAD de cada camada de solo; a CAD total será a somatória das CADs de cada camada.

• Na impossibilidade de se ter dados locais, pode-se utilizar alguns **critérios práticos**, como:

- Solo de textura pesada: 200 mm/m
- Solo de textura média: 140 mm/m
- Solo de textura grossa: 60 mm/m

Equação

$$CAD = \textit{textura do solo} \times Z$$

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 1:

- Calcule o CAD para uma cultura de milho ($Z = 500$ mm) nas seguintes condições:

Solo 1 \rightarrow $CC\% = 32\%$; $PMP = 20\%$; $D = 1,3$ g/cm³

$$CAD = 0,01 \times (CC - PMP) \times D \times Z$$

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 1 – Solução:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 1 \rightarrow $CC\% = 32\%$; $PMP = 20\%$; $D = 1,3$ g/cm³

$$CAD = 0,01 \times (CC - PMP) \times D \times Z$$

$$CAD = 0,01 \times (32 - 20) \times 1,3 \times 450$$

$$CAD = 70,2 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 2:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 2 \rightarrow $CC\% = 25\%$; $PMP = 17\%$; $D = 1,2$ g/cm³

$$CAD = 0,01 \times (CC - PMP) \times D \times Z$$

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 2 – Solução:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 2 → $CC\% = 25\%$; $PMP = 17\%$; $D = 1,2$ g/cm³

$$CAD = 0,01 \times (CC - PMP) \times D \times Z$$

$$CAD = 0,01 \times (25 - 17) \times 1,2 \times 450$$

$$CAD = 43,2 \text{ mm} \approx 43 \text{ mm}$$

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 3:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 3 \rightarrow $CC\% = ?$; $PMP = ?$; $D = ?$; Textura média

Solo de textura média \rightarrow **140 mm/m**

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 3 – Solução:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 3 → $CC\% = ?$; $PMP = ?$; $D = ?$; Textura média

Solo de textura média → **140 mm/m**

$$CAD = 140 \times 0,45$$



$$CAD = 63 \text{ mm}$$

450 mm



0,45 m

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 4:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 4

Camada 1: $CC\% = 26\%$; $PMP = 19\%$; $D = 1,12$ g/cm³; $Z = 300$ mm

Camada 2: $CC\% = 30\%$; $PMP = 21\%$; $D = 1,21$ g/cm³; $Z = 400$ mm

$$\mathbf{CAD = 0,01 \times (CC - PMP) \times D \times Z}$$

Profundidade efetiva do sistema radicular

Exemplo 4 – Solução:

- Calcule o CAD para uma cultura de soja ($Z = 450$ mm) nas seguintes condições:

Solo 4

Camada 1: $CC\% = 26\%$; $PMP = 19\%$; $D = 1,12$ g/cm³; $Z = 300$ mm

Camada 2: $CC\% = 30\%$; $PMP = 21\%$; $D = 1,21$ g/cm³; $Z = 400$ mm

$$\mathbf{CAD = 0,01 \times (CC - PMP) \times D \times Z}$$

$$\mathbf{CAD_1 = 0,01 \times (26 - 19) \times 1,12 \times 300 \Rightarrow 23,52 \text{ mm} \approx 24 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{CAD_2 = 0,01 \times (30 - 21) \times 1,21 \times 400 \Rightarrow 43,56 \text{ mm} \approx 44 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{CAD = CAD_1 + CAD_2 \Rightarrow 24 + 44 = 68 \text{ mm}}$$

Elaboração do Balanço Hídrico de Cultivo

- Conhecendo-se a **ETc** e a **CAD** pode-se fazer um **balanço hídrico de cultivo** → procedimento semelhante ao adotado no balanço hídrico sequencial e usando diferentes escalas de tempo, como mensal, quinzenal e decendial.
- 

- O BH de cultivo **começa a ser rodado alguns meses antes da semeadura** para estabilizá-lo, mas a contabilização do BH é feita somente a partir da semeadura.
- 

- Quando trabalhamos com **várias safras**, no intervalo entre elas, o K_c é igual a 1,0, simulando uma situação de maior consumo possível de água no solo (período de pousio).

Exemplo 1:**Balanço Hídrico de Cultura – Cafeeiro****Local: Ituverava, SP (Lat.: 20°16'S; Lat.: 47°48' W)****Cultura: Café var. Catuaí (5 anos) CAD: 130 mm**

Mes	ETP (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)	P - ETc	NEG ACU	ARM (mm)	ALT (mm)	ETr (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	134	0,80	107	474	+367	0	130	0	107	0	367
FEV	105	0,81	85	141	+56	0	130	0	85	0	56
MAR	101	0,82	83	306	+223	0	130	0	83	0	223
ABR	93	0,64	60	30	- 30	- 30	103	- 27	57	3	0
MAI	75	0,64	48	17	- 31	- 61	81	- 22	39	9	0
JUN	49	0,64	31	0	- 31	- 92	64	- 17	17	14	0
JUL	54	0,64	34	0	- 34	- 126	49	- 15	15	19	0
AGO	77	0,64	49	29	- 20	- 146	42	- 7	36	13	0
SET	87	0,65	57	17	- 40	- 186	31	- 11	28	29	0
OUT	104	0,86	89	66	- 23	- 209	26	- 5	71	18	0
NOV	114	0,87	99	244	+145	0	130	+104	99	0	41
DEZ	120	0,88	106	210	+104	0	130	0	106	0	104
ANO			848	1534				0	743	105	791

Exemplo 2:**Balanço Hídrico de Cultura – Milharal****Local: Ituverava, SP (Lat.: 20°16'S; Lat.: 47°48' W)****Cultura: Milho precoce (1985/86) CAD: 78 mm**

Mes/Dec,	ETP (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)	P - ETc	NEG ACU	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	ETR/ ETc
Jan 1	42	1,0	42	127	+85	0	78	0	42	0	85	
Jan 2	41	1,0	41	158	+117	0	78	0	41	0	117	
Jan 3	44	1,0	44	189	+145	0	78	0	44	0	145	
Fev 1	39	1,0	39	60	+21	0	78	0	39	0	21	
Fev 2	38	1,0	38	41	+3	0	78	0	38	0	3	
Fev 3	29	1,0	29	40	+11	0	78	0	29	0	11	
Mar 1	36	0,3	11	133	+122	0	78	0	11	0	122	1
Mar 2	34	0,4	14	102	+88	0	78	0	14	0	88	1
Mar 3	34	0,5	17	71	+54	0	78	0	17	0	54	1
Abr 1	30	0,6	18	25	+7	0	78	0	18	0	7	1
Abr 2	28	0,7	20	14	-6	-6	72	-6	20	0	0	1
Abr 3	26	0,9	23	17	-6	-12	67	-5	22	1	0	0,95
Mai 1	24	1,0	24	7	-17	-29	54	-13	20	4	0	0,83
Mai 2	22	1,2	26	2	-24	-53	40	-14	16	10	0	0,61
Mai 3	23	1,2	28	8	-20	-73	31	-9	17	11	0	0,61
Jun 1	19	1,0	19	0	-19	-92	24	-7	7	12	0	0,37
Jun 2	17	0,9	15	0	-15	-107	20	-4	4	11	0	0,27
Jun 3	17	0,8	14	0	-14	-121	17	-3	3	11	0	0,21
Jul 1	18	0,5	9	0	-9	-130	15	-2	2	7	0	0,22
Jul 2	19	1,0	19	0	-19	-149	12	-3	3	16	0	
Jul 3	23	1,0	23	0	-23	-172	9	-3	3	20	0	

Tabela apresentada parcialmente

Aplicação prática 1 – BH de culturas

- Para a aplicar os conhecimentos adquiridos até o momento, vamos fazer um exercício seguindo os passos abaixo:
 - *Abrir uma pasta no Excel.*
 - *Na Planilha 1, inserir os seguintes itens de identificação do BH:*

Balanco Hídrico da Cultura do Milho

Local: Ituverava, SP (Lat.: 20°16'S; Long.: 47°48'W) **Cultura:** Milho
(precoce) Ano: 1985/1986
Semeadura: 01/03 e 01/10/1985 **CAD:** 78 mm

- *Inserir o cabeçalho da tabela com os seguintes itens:*

Mês/Dec.	ETP	Kc	ETc	P	P-ETc	NEG	ARM	ALT	ETr	DEF	EXC	ETR/ETc
	(mm)		(mm)	(mm)		ACUM	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	

Aplicação prática 1 – BH de culturas (cont.)

- Inserir os seguintes dados na tabela:

Mês/Dec.	ETP (mm)	P (mm)	Mês/Dec.	ETP (mm)	P (mm)
Jan_1	42	127	Jul_3	23	0
Jan_2	41	158	Ago_1	23	6
Jan_3	44	189	Ago_2	24	10
Fev_1	39	60	Ago_3	29	13
Fev_2	38	41	Set_1	28	0
Fev_3	29	40	Set_2	30	9
Mar_1	36	133	Set_3	32	8
Mar_2	34	102	Out_1	34	70
Mar_3	34	71	Out_2	36	25
Abr_1	30	25	Out_3	40	31
Abr_2	28	14	Nov_1	38	120
Abr_3	26	17	Nov_2	39	86
Mai_1	24	7	Nov_3	40	38
Mai_2	22	2	Dez_1	40	53
Mai_3	23	8	Dez_2	41	70
Jun_1	19	0	Dez_3	45	87
Jun_2	17	0	Jan_1	42	84
Jun_3	17	0	Jan_2	41	132
Jul_1	18	0	Jan_3	44	115
Jul_2	19	0	Fev_1	39	11

- **Vamos aos cálculos!**

Balanço hídrico para controle de irrigação

Monitoramento da necessidade de irrigação por balanço hídrico climatológico

Irrigação → ↑ produtividade; uso racional da água

Fenologia, demanda hídrica e características físico-hídricas do solo

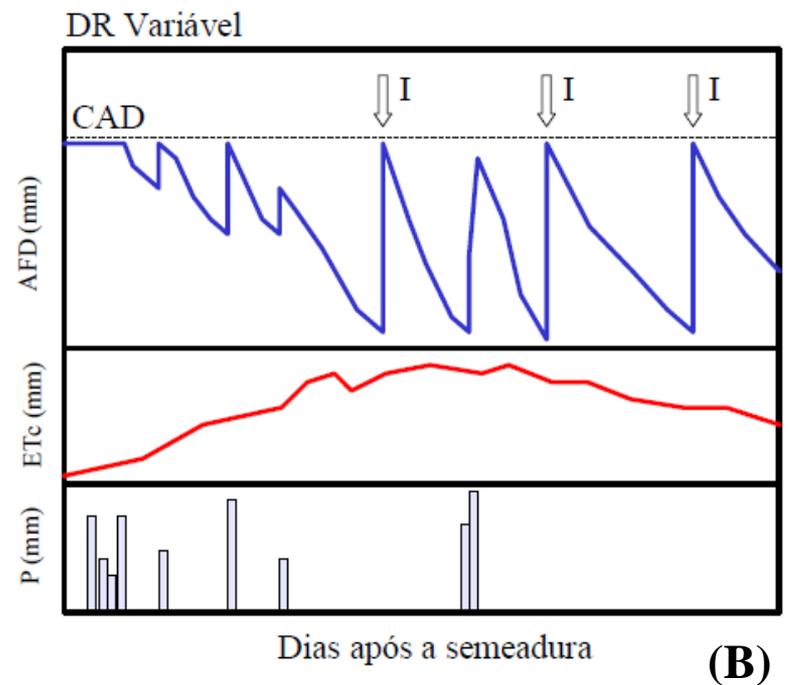
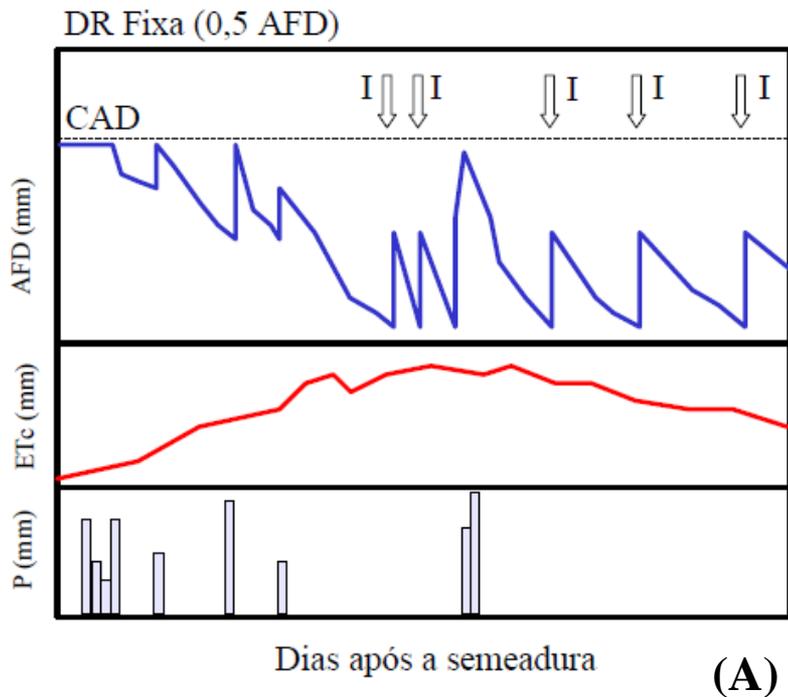
Pré-determinar a dotação de rega (DR) ou lâmina de irrigação – quantidade de água a ser aplicada

DR fixa

Pré-fixada entre um valor mínimo da água facilmente disponível (0,25 AFD) e um máximo (0,50 AFD)

DR variável

Busca-se elevar o armazenamento de água no solo até a capacidade de campo



Representação esquemática do monitoramento de irrigação de uma cultura hipotética, considerando-se a dotação de rega fixa (DR Fixa) (A) e de rega variável (DR Variável) (B)

Roteiro para o monitoramento da irrigação (I)

- **Passo 1 → Determinação da CAD**
- **Passo 2 → Determinação da Água Facilmente Disponível (AFD)**
 - É uma fração (p) da CAD que pode ser extraída do solo a partir do armazenamento máximo, sem que ocorra déficit hídrico na cultura; obtida por meio da seguinte equação:

$$AFD = pCAD$$

- Para fins práticos, normalmente, adota-se: $p = 0,35$ para culturas dos **grupos 1** (cebola, pimentão e batata) e **2** (banana, repolho, uva, ervilha e tomate), e $p = 0,50$ para culturas dos grupos **3** (alfafa, feijão, citros, amendoim, girassol, trigo) e **4** (algodão, milho, sorgo, soja, cana-de-açúcar).

Roteiro para o monitoramento da irrigação (II)

- **Passo 3 → Determinação da Evapotranspiração da Cultura (ETc)**
- **Passo 4 → Precipitação (P)**
- **Passo 5 → Irrigação (I)**
 - Lâmina de água a ser aplicada no final do período em questão, quando $AFD_f \approx 0$.
 - **Para DR fixa** → lâmina de irrigação igual a um valor mínimo (0,25 AFD) ou máximo (0,50 AFD);
 - **Para DR variável** → lâmina igual a diferença entre a AFD adotada e a AFD do final do período anterior.

Roteiro para o monitoramento da irrigação (III)

- **Passo 6 → Água Facilmente Disponível Inicial (AFDi)**
 - É a AFD no início do período considerado.
 - Quando não houver irrigação → AFD_I do período = AFD_f do período anterior.
 - Quando houver irrigação com DR fixa → AFD_I do período = $I + AFD_f$ do período anterior.
 - Quando houver irrigação com DR variável → AFD_I do período = AFD_f do período anterior.
- **Passo 7 → Água Facilmente Disponível Final (AFDf)**
 - É a AFD no final do período, resultante do seguinte balanço:
 - Para DR fixa → $AFD_f = AFD_i + (P - ETc)$
 - Para DR variável → $AFD_f = AFD_i + (I + P - ETc)$

Exemplo 3:

Balanço Hídrico para Controle da Irrigação
Local: Votuporanga, SP (Lat.: 20°S) Cultura: Feijão
CAD: 40 mm AFD = 20 mm DR = 10 mm

DR Fixa

Período	Qo (mm/dia)	Tar (°C)	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)	I (mm)	AFDi (mm)	AFDf (mm)
1-5/6	9,6	20,5	9,8	0,1	1,0	42,0		20,0	20,0
6-10/6	9,6	19,6	9,4	0,2	1,9	0		20,0	18,1
11-15/6	9,6	20,0	9,6	0,3	2,9	0		18,1	15,2
16-20/6	9,6	21,3	10,2	0,4	4,1	0		15,2	11,1
21-25/6	9,6	18,7	8,9	0,5	4,5	0		11,1	6,6
26/30/6	9,6	18,1	8,7	0,6	5,2	1,2		6,6	2,6
1-5/7	10,0	17,3	8,7	0,7	6,1	3,0		2,6	0,0
6-10/7	10,0	19,0	9,5	0,8	7,6	0	10,0	10,0	2,4
11-15/7	10,0	18,1	9,1	0,9	8,2	0	10,0	12,4	4,2
16-20/7	10,0	16,0	8,0	1,0	8,0	0	10,0	14,2	6,2
21-25/7	10,0	15,0	7,5	1,1	8,3	15,0		6,2	12,9
26-31/7	10,0	16,2	9,7	1,1	10,7	0		12,9	2,2
1-5/8	11,5	17,3	9,9	1,1	10,9	0	10,0	12,2	1,3
6-10/8	11,5	18,4	10,6	1,1	11,7	0	10,0	11,3	0,0
11-15/8	11,5	18,9	10,9	0,9	9,8	0	10,0	10,0	0,2
16-20/8	11,5	19,1	11,0	0,8	8,8	8	10,0	10,2	9,4
21-25/8	11,5	19,0	10,9	0,6	6,5	0		9,4	2,9
26-31/8	11,5	21,6	12,4	0,4	5,0	0		2,9	0,0

Exemplo 4:

Balanço Hídrico para Controle da Irrigação

Local: Campinas, SP (Lat.: 20°53'S) Cultura: Trigo
CAD: 38 mm AFD = 19 mm

DR Variável

Período	ETP (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)	I+P-ETc	AFDi (mm)	AFDf (mm)	I (mm)
11-15/5	10	0,3	3	26,1	+23,1	19,0	19,0	
16-20/5	10	0,3	3	19,4	+16,4	19,0	19,0	
21-25/5	10	0,4	4	29,3	+25,3	19,0	19,0	
26-30/5	9	0,4	4	20,9	+16,9	19,0	19,0	
31-04/6	6	0,6	4	22,2	+18,2	19,0	19,0	
05-09/6	8	0,6	5	1,0	-4,0	19,0	15,0	
10-14/6	8	0,7	6	8,2	+2,2	15,0	17,2	
15-19/6	7	0,7	5	2,0	-3,0	17,2	14,2	
20-24/6	9	0,8	7	1,0	-6,0	14,2	8,2	
25-29/6	9	0,8	7	1,4	-5,6	8,2	2,6	
30-04/7	9	1,1	10	0	+6,4	2,6	9,0	16,4
05-09/7	9	1,1	10	0	-10,0	9,0	0,0	
10-14/7	6	1,2	7	0	+12,0	0,0	12,0	19,0
15-19/7	7	1,2	8	0	-8,0	12,0	4,0	
20-24/7	9	1,2	11	0	+4,0	4,0	8,0	15,0
25-29/7	7	1,2	8	0	-8,0	8,0	0,0	
30-03/8	8	1,1	9	12,1	+22,1	0,0	19,0	19,0
04-08/8	10	1,1	11	0	-11,0	19,0	8,0	
09-13/8	10	0,8	8	0	-8,0	8,0	0,0	
14-18/8	11	0,8	9	0	+10,0	0,0	10,0	19,0
19-23/8	13	0,7	9	0	-9,0	10,0	1,0	
24-28/8	14	0,7	10	0	+8,0	1,0	9,0	18,0
29-02/9	14	0,6	8	0	-8,0	9,0	1,0	
03-07/9	12	0,6	7	5	+16	1,0	17,0	18,0*

* OBS: Apesar de no último quinquídio haver indicação de necessidade de irrigação, esta será descartada em função da cultura já se encontrar em fase de maturação, período em que falta da água torna-se até benéfica.

Aplicação prática 2 – BH controle irrigação

- Para a aplicar os conhecimentos adquiridos até o momento, vamos fazer um exercício seguindo os passos abaixo:
 - *Abrir uma pasta no Excel.*
 - *Na Planilha 1, inserir os seguintes itens de identificação do BH:*

Balanço Hídrico para Controle de Irrigação na Cultura do Feijão

Local: Votuporanga, SP (Lat.: 20°S), Cultura: Feijão, CAD = 40 mm, AFD = 20 mm, DR = 10 mm, Semeadura: 01/06

- *Inserir o cabeçalho da tabela com os seguintes itens:*

Período	Qo (mm/dia)	Tar (°C)	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)	I (mm)	AFDi (mm)	AFDf (mm)
---------	----------------	-------------	-------------	----	-------------	-----------	-----------	--------------	--------------

Aplicação prática 2 – BH controle irrigação

- Inserir os seguintes dados na tabela:

Período	Qo (mm/dia)	Tar (°C)	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)
1-5/6	9,6	20,5	9,8	0,1		42,0
6-10/6	9,6	19,6	9,4	0,2		0
11-15/6	9,6	20,0	9,6	0,3		0
16-20/6	9,6	21,3	10,2	0,4		0
21-25/6	9,6	18,7	8,9	0,5		0
26/30/6	9,6	18,1	8,7	0,6		1,2
1-5/7	10,0	17,3	8,7	0,7		3,0
6-10/7	10,0	19,0	9,5	0,8		0
11-15/7	10,0	18,1	9,1	0,9		0
16-20/7	10,0	16,0	8,0	1,0		0
21-25/7	10,0	15,0	7,5	1,1		15,0
26-31/7	10,0	16,2	9,7	1,1		0
1-5/8	11,5	17,3	9,9	1,1		0
6-10/8	11,5	18,4	10,6	1,1		0
11-15/8	11,5	18,9	10,9	0,9		0
16-20/8	11,5	19,1	11,0	0,8		8
21-25/8	11,5	19,0	10,9	0,6		0
26-31/8	11,5	21,6	12,4	0,4		0

- **Vamos aos cálculos!**

Aplicação prática 3 – BH controle irrigação

- Para a aplicar os conhecimentos adquiridos até o momento, vamos fazer um exercício seguindo os passos abaixo:
 - *Abrir uma pasta no Excel.*
 - *Na Planilha 1, inserir os seguintes itens de identificação do BH:*

Balanço Hídrico para Controle de Irrigação na Cultura do Trigo

Local: Campinas, SP (Lat.: 22°53'S), **Cultura:** Trigo, **CAD** = 38 mm, **AFD** = 19 mm, **Semeadura:** 11/05

- *Inserir o cabeçalho da tabela com os seguintes itens:*

Período	ETP (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)	I+P-ETc	AFDi (mm)	AFDf (mm)	I (mm)
---------	-------------	----	-------------	-----------	---------	--------------	--------------	-----------

Aplicação prática 3 – BH controle irrigação

- Inserir os seguintes dados na tabela:

Período	ETP (mm)	Kc	ETc (mm)	P (mm)
11-15/5	10	0,3		26,1
16-20/5	10	0,3		19,4
21-25/5	10	0,4		29,3
26-30/5	9	0,4		20,9
31-04/6	6	0,6		22,2
05-09/6	8	0,6		1,0
10-14/6	8	0,7		8,2
15-19/6	7	0,7		2,0
20-24/6	9	0,8		1,0
25-29/6	9	0,8		1,4
30-04/7	9	1,1		0
05-09/7	9	1,1		0
10-14/7	6	1,2		0
15-19/7	7	1,2		0
20-24/7	9	1,2		0
25-29/7	7	1,2		0
30-03/8	8	1,1		12,1
04-08/8	10	1,1		0
09-13/8	10	0,8		0
14-18/8	11	0,8		0
19-23/8	13	0,7		0
24-28/8	14	0,7		0
29-02/9	14	0,6		0
03-07/9	12	0,6		5

- **Vamos aos cálculos!**

Exercícios propostos 1 – para casa

1. Determine as lâminas de irrigação necessárias para um cafezal, nas seguintes condições:

Local: Ituverava, SP (Lat: 20° 16'S; Long: 47° 48'W; Alt.: 550m) - Escala Quinzenal - Variedade Catuaí

Mês/Quinzena	Tmed (°C)	Chuva (mm)	Mês/Quinzena	Tmed (°C)	Chuva (mm)
Jan/1	24,5	190	Jul/1	19,4	0
Jan/2	24,5	284	Jul/2	19,4	0
Fev/1	23,5	90	Ago/1	21,3	9
Fev/2	23,5	51	Ago/2	21,3	29
Mar/1	23,1	200	Set/1	22,2	5
Mar/2	23,1	106	Set/2	22,2	12
Abr/1	22,6	30	Out/1	23,2	20
Abr/2	22,6	26	Out/2	23,2	46
Mai/1	21,0	10	Nov/1	23,8	180
Mai/2	21,0	7	Nov/2	23,8	64
Jun/1	18,4	0	Dez/1	24,2	80
Jun/2	18,4	0	Dez/2	24,2	130

Exercícios propostos 2 – para casa

2. Determine as lâminas de irrigação necessárias para uma cultura de feijão, nas seguintes condições:

Local: Ituverava, SP (Lat: 20° 16'S; Long: 47° 48'W; Alt.: 550m)

Escala Quinquidial

Ciclo de 90 dias

Plantio em 15/05

Bordadura = 10m

Período	ECA (mm.d ⁻¹)	UR (%)	Vento (m/s)	Chuva (mm)
16-20/5	4,2	75	2,2	28
21-25/5	3,5	80	2,0	0
26-30/5	3,2	78	1,8	0
31-04/6	3,0	73	2,6	0
05-09/6	3,4	70	2,2	13
10-14/6	2,1	69	1,6	0
15-19/6	1,9	66	1,9	0
20-24/6	1,8	70	1,7	5
25-29/6	1,9	75	2,3	0
30-04/7	2,2	66	2,5	0
05-09/7	2,5	68	2,2	12
10-14/7	2,8	60	2,6	0
15-19/7	2,4	65	2,7	5
20-24/7	3,1	69	2,0	2
25-29/7	3,3	60	1,9	1
30-03/8	2,9	63	2,1	0
04-08/8	4,1	55	2,0	0
09-13/8	3,9	58	2,6	0



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
GRUPO DE PESQUISAS EM AGROMETEOROLOGIA

Obrigado pela atenção!!!

Contatos

E-mail: juliana_c_rodrigues@yahoo.com.br

Acesse:

<https://www.agrometeorologiafacil.org/>