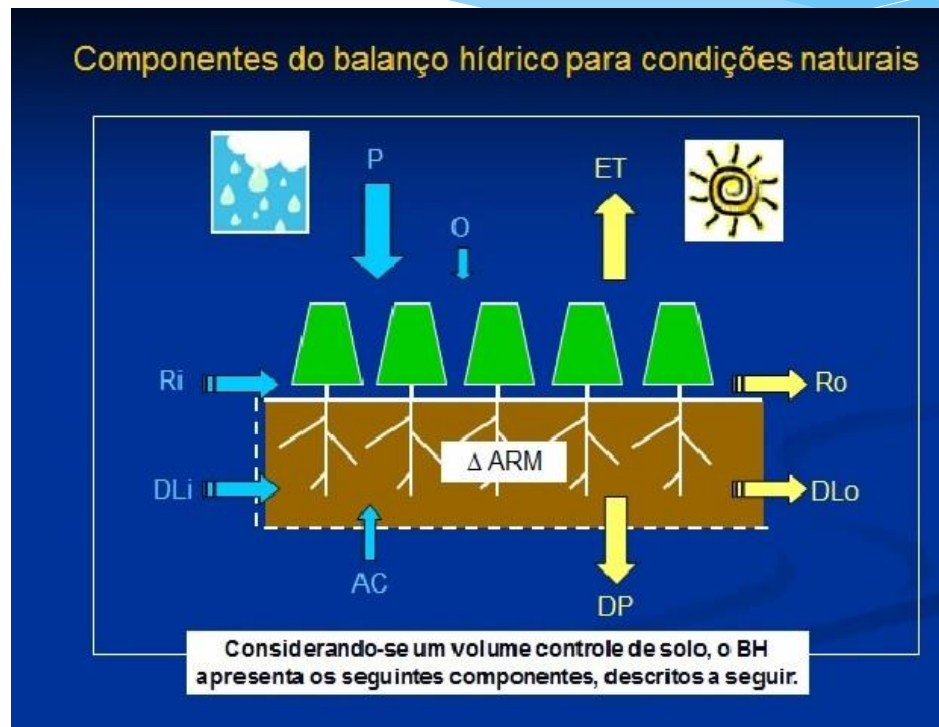


Balanço Hídrico

- * O conceito de balanço hídrico (Thornthwaite, 1948) avalia o solo como um reservatório fixo, no qual a água armazenada, até o máximo da capacidade de campo, somente será removida pela ação das plantas.

Componentes do balanço hídrico Climatológico



fonte: Sentelhas- ESALQ

Componentes do balanço Hídrico

- * $\Delta ARM = P + O + Ri + DLI + Ac - Etp - Ro - DLo - DP$



- * P – precipitação

Etp - Evapotranspiração

- * O- Orvalho

- * Ro - escoamento superficial

Ri- escoamento superficial

- * DLo - escoamento subsuperficial

DLi - escoamento subsuperficial

- * Ac – Ascensão capilar

DP- drenagem superficial

- * Alguns parametros são irrelevantes, então a equação é:

- *

- * Equação do balanço hidrico

$$\Delta ARM = P - ETp - DP$$

Balanço hídrico

- * $CAD = \frac{(CC\% - PM\%)}{10} \cdot D_s \cdot Z$
- * Solo : Nitossolo Vermelho
- * CC= Capacidade de campo, 37,6%
- * PM= Ponto de Murcha permanente, 27,2%
- * Ds- densidade do solo, 1,25 g/cm³.
- * Z- profundidade efetiva das raízes, cm

Balanço hídrico

- * CAD – Capacidade de armazenamento de água, mm;
- * $CAD = \frac{(CC\% - PM\%)}{10} \cdot D_s \cdot Z$
- * CC%- capacidade de campo, %
- * PM%- ponto de murcha permanente, %
- * Ds- densidade do solo , g/cm³
- * Z- Profundidade efetiva das raízes, cm

Profundidade das raízes

Cultura	Zr (cm)
Hortaliças	10 a 20
Arroz, batata, feijão	20 a 30
Trigo	30 a 40
Milho e soja	40 a 50
Amendoim	50 a 60
Cana, citrus, cafeeiro	70 a 100
Espécies florestais	150 a 250

Balanço hídrico

- * 1) Estimativa da ETP – deve-se estimar a ETP com o método mais adequado para a região, em função dos dados meteorológicos disponíveis
- * 2) Obtenção de dados de chuva (P) – esses dados devem ser obtidos junto a publicações que forneçam as normais climatológicas da região

Balanço hídrico

- * 3) Calcular (P-ETP), mantendo-se os sinais positivos (+) e negativos (-) reenchaaas colunas a seguir (Nac-Negativo acumulado e ARM) simultâneamente, iniciando-se com o primeiro mês com valor de $(P-ETP) < 0$, após uma seqüência de valores positivos de $(P-ETP)$, ou seja no início da estação seca. Porém, o valor de ARM a ser determinado para se iniciar o BHC Normal, será o do último mês (período) da estação úmida [com $(P-ETP) > 0$].

* 4) Determinação do NAc e do ARM

- ⇒ Se $(P-ETP) < 0$ Calcula-se o NAc, ou seja os valores de $(P-ETP)$ negativos, e soma os valor do mês ao do mês anteriores e depois calcula o valor do ARM
- ⇒ Se $(P-ETP) > 0$ e se Valor do $ARM < CAD$, calcula-se primeiro o ARM $[ARM = ARM \text{ anterior} + (P-ETP)]$ e posteriormente calcula-se o NAc $NAC = CAD \cdot \ln\left(\frac{ARM}{CAD}\right)$. Nesse caso o NAc deve ser determinado no caso de haver um próximo período com $(P-ETP) < 0$

Balanço hídrico

- * 5) Cálculo da Alteração ($ALT = ARM$)
- * $ALT = ARM - ARM \text{ anterior}$ ($ALT > 0$ reposição; $ALT < 0$ retirada de água do solo)
- * 6) Determinação da ETR (Evapotranspiração Real)
- * Se $(P - ETP) < 0$ $ETR = P + |ALT|$
- * Se $(P - ETP) > 0$ $ETR = ETP$

Balanço hídrico

- * 7) Determinação da DEF (Deficiência hídrica = o quanto o sistema solo-planta deixou de evapotranspirar)
- * $DEF = ETP - ETR$
- * 8) Determinação do EXC (Excedente hídrico, que corresponde à água que não pode ser retida e drena em profundidade = água gravitacional)
- * Se $ARM < CAD$ $EXC = 0$
- * Se $ARM = CAD$ $EXC = (P - ETP) - ALT$

Balanço hídrico- exercício

- * O Solo com as seguintes características 80 g kg⁻¹ de Areia, 90 g /kg⁻¹ de silte e 830 g/kg⁻¹ de argila e o valor da capacidade de campo é 37,6 % em peso e Ponto de murcha é 27,6% e a cultura é soja, com um sistema radicular cuja profundidade é de 30 cm e densidade de solo 1,25 g/cm⁻³. Calcule o balanço hídrico para ano de 1999, Maringá-Pr

Mês	ETP(mm/ mês)	Chuva (mm)	(P-ETP)	NAc (mm)	ARM (mm)	Alt	ETR	Déficit	Excesso
Jan	132,8	222,3	89,5	0	39	0	132,8	0	89,5
Fev	126,1	131,1	5,0	0	39	0	126,1	0	5,0
Mar	117,5	144,5	27,0	0	39	0	117,5	0	27,0
Abr	83,1	115,2	32,1	0	39	0	83,1	0	32,1
Mai	54,7	126,5	71,8	0	39	0	54,7	0	71,8
Jun	42,0	127,0	85,0	0	39	0	42,0	0	85,0
Jul	57,2	100,4	43,2	0	39,0	0	57,2	0	43,2
Ago	74,4	0,0	-74,4	-74,4	5,78	-33,22	33,22	-41,18	0
Set	96,3	52,3	-44,0	-118,4	1,87	-3,91	56,21	-40,09	0
Out	99,7	107,8	8,1	-53,19	9,97	8,1	99,7	0	0
Nov	104,9	46,7	-58,2	-111,39	2,24	-7,73	54,43	-50,47	0
Dez	141,3	280,9	139,6	0	39,0	36,76	141,3	0	102,4
Total	1130,0	1454,7							

Balanço hídrico

- * Cultura soja: $Z = 30\text{cm}$

- *
$$CAD = \frac{(CC\% - PM\%)}{10} \cdot D_s \cdot Z$$

- *
$$CAD = \frac{(37,6\% - 27,2\%)}{10} * 1,25 * 30$$

- *
$$CAD = 39 \text{ mm}$$

Balanço hídrico

- * Cálculo do negativo acumulado e do armazenamento.

Meses com $(P - ETP) > 0$

- * Começa-se o balanço após sequencia de valores de $(P - ETP) > 0$ para o mês de julho Arm=CAD= 39 mm

Armazenamento e NAC

- * Equação para calcular armazenamento

- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$

- * *Para o mês de agosto*

- * $Arm = 39 \cdot e^{\left(\frac{-74,4}{39}\right)} =$

- * $Arm = 5,78 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Equação para calcular armazenamento

- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$

- * *Para o mês de setembro*

- * $Arm = 39 \cdot e^{\left(\frac{-118,4}{39}\right)} =$

- * $Arm = 1,87 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Para outubro
- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$
- * $Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$
- * $Arm = 1,87 + 8,1 =$
- * $Arm = 9,97 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Para outubro
- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$
- * $Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$
- * $Arm = 1,87 + 8,1 =$
- * $Arm = 9,97 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Para calcular Negativo acumulado mês de outubro
- * $NAc = CAD \cdot \ln\left(\frac{Arm}{CAD}\right)$
- * $NAc = 39 * \ln\left(\frac{9,97}{39}\right)$
- * $Nac = -53,19 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Para mês de novembro

- * $Arm = 39 \cdot e^{\left(\frac{-111,38}{39}\right)} =$

- * $Arm = 2,24 \text{ mm}$

- * Para calcular Negativo acumulado

- * $NAC = CAD \cdot \ln\left(\frac{Arm}{CAD}\right)$

Armazenamento e NAC

- * Armazenamento para dezembro
- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$
- * $Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$
- * $Arm = 2,24 + 139,6 = 141,84 \text{ mm}$
- * $Arm > CAD \rightarrow ARM = CAD = 39,0 \text{ mm}$
- * $Arm = 39,0 \text{ mm}$

Balanço hídrico

* Cálculo da ETR.

- * $se (P - ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$
- * $se (P - ETP) > 0 \rightarrow ETR = ETP$

ETR no mês de agosto

- * Para agosto
- * $(P-ETP) = -74,4$
- * $ETR = 0 + |-33,22| = 33,22 \text{ mm}$

ETR no mês de setembro

- * Para mês de setembro
- * $(P-ETP) = -44,0$
- * $ETR = 52,3 + |-3,91| = 56,21 \text{ mm}$

Excesso no mês de dezembro

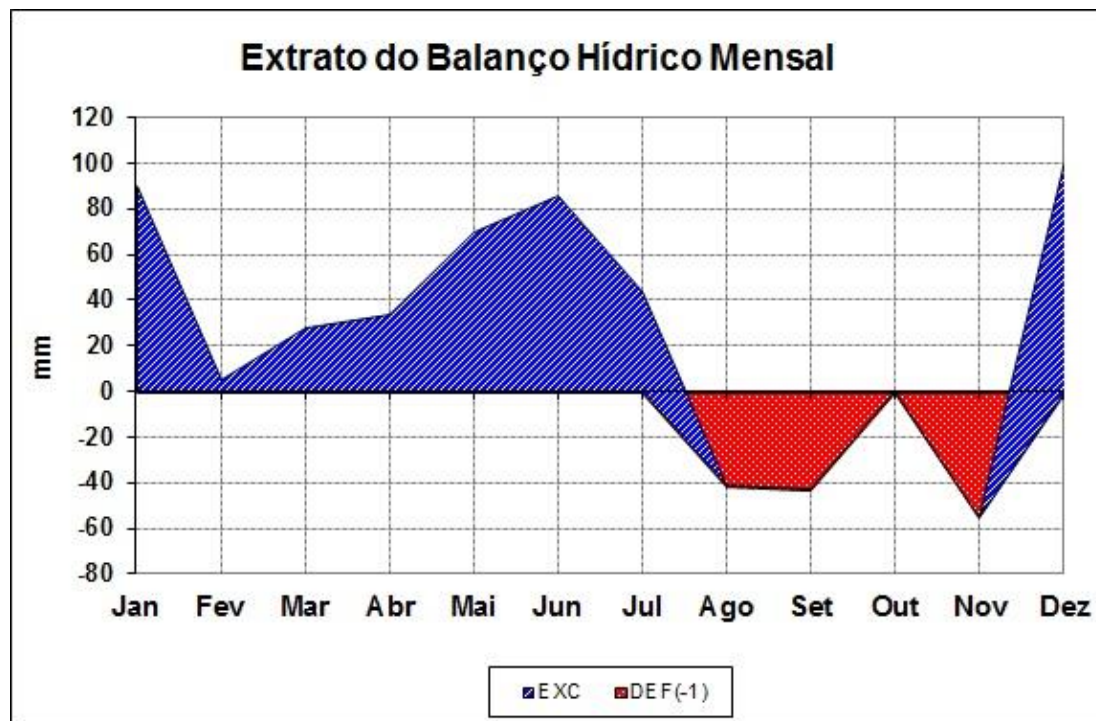
- * $ARM = CAD \quad EXC = (P-ETP) - ALT$


- * Para $Arm=CAD=39 \text{ mm}$

- * $EXC = (P-ETP) - ALT$

- * $Exc = 139,6 - 37,18 = 102,42 \text{ mm}$

Balanço hídrico climatológico



- 
- * Fazer o balanço hídrico para um solo com as seguintes características: 780 g kg⁻¹ de Areia, 90 g /kg⁻¹ de silte e 160 g/kg⁻¹ de argila e o valor da capacidade de campo é 12,9 % em peso e Ponto de murcha é 6,1% e a cultura cana de açúcar, com um sistema radicular cuja profundidade é de 80 cm e densidade de solo 1,32 g/cm⁻³. Calcule o balanço hídrico para 2002, região de cidade Gaúcha-Pr

Mês	ETP(m m/mês)	P	(P- ETP)	NAc (mm)	ARM (mm)	Alt	ETR	Déficit	Excesso
Jan	127,54	243,40	115,86	0	71,8	50,08	127,54	0	65,78
Fev	113,89	396,00	282,11	0	71,8	0	113,89	0	282,11
Mar	113,15	285,00	171,85	0	71,8	0	113,15	0	171,85
Abr	89,55	98,20	8,65	0	71,8	0	89,55	0	8,65
Mai	56,28	11,80	-44,48	-44,48	38,43	-33,37	45,17	-11,11	0
Jun	38,52	178,00	139,48	0	71,8	33,37	38,52	00	106,11
Jul	53,26	184,60	131,34	0	71,8	0	53,26	0	131,34
Ago	65,05	37,60	-27,45	-27,45	49,0	-22,8	60,4	-4,65	0
Set	87,82	35,40	-52,42	-79,87	23,6	-25,4	60,8	-27,02	0
Out	104,72	243,40	138,68	0	71,8	48,2	104,72	0	90,48
Nov	113,36	111,00	-2,36	-2,36	69,47	-2,33	113,33	-0,03	0
Dez	140,47	57,00	-83,47	-85,83	21,72	-47.75	104.75	-35,72	0
Total	1103,61	1881,4							

Cálculo da CAD

- * Cultura Cana-de-açúcar: $Z = 80\text{cm}$

- *
$$CAD = \frac{(CC\% - PM\%)}{10} \cdot D_s \cdot Z$$

- *
$$CAD = \frac{(12,9\% - 6,1\%)}{10} * 1,32 * 80$$

- *
$$CAD = 71,8 \text{ mm}$$

Armazenamento e NAC

- * O primeiro mês com sequencia de $(P - ETP) > 0$ é maio, então em abril, $ARM = CAD = 71,8$ mm
- * **Para o mês de maio**
- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$
- * $Arm = 71,8 \cdot e^{\left(\frac{-44,88}{71,8}\right)} =$
- * $Arm = 38,43$ mm

Armazenamento e NAC

- * Para o mês de junho

- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$

- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{maio} + (P - ETP)$

- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = 38,43 + 139,48$

- * $Arm = 177,91 \text{ mm} > CAD$

- * $Arm = 71,8 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Para o mês de agosto
- * Equação para calcular o armazenamento
- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$
- * $Arm = 71,8 \cdot e^{\left(\frac{-27,45}{71,8}\right)} =$
- * $Arm = 49,0 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Para o mês de setembro
- * Equação para calcular armazenamento
- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$
- * $Arm = 71,8 \cdot e^{\left(\frac{-79,87}{71,8}\right)} =$
- * $Arm = 23,6 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * **Para mês outubro**

- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{Ant} + (P - ETP)$

- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = ARm_{setembro} + (P - ETP)$

- * $(P - ETP) > 0 \rightarrow Arm = 23,6 + 138,68$

- * $Arm = 162,28 \text{ mm} > CAD$

- * $Arm = 71,8 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Equação para calcular armazenamento

- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$

- * Para o mês de novembro

- * $Arm = 71,8 \cdot e^{\left(\frac{-2,36}{71,8}\right)} =$

- * $Arm = 69,47 \text{ mm}$

Armazenamento e NAC

- * Equação para calcular armazenamento

- * $Arm = CAD \cdot e^{\left(\frac{NAC}{CAD}\right)}$

- * Para o mês de dezembro

- * $Arm = 71,8 \cdot e^{\left(\frac{-85,83}{71,8}\right)} =$

- * $Arm = 21,72 \text{ mm}$

Alteração

- * $ALT = Arm - Arm_{Ant}$
- * **Para o mês de fevereiro**
- * $ALT = 71,8 - 71,8 = 0$
- * **Para o mês de março**
- * $ALT = 71,8 - 71,8 = 0$
- * **Para o mês de agosto**
- * $ALT = 49,0 - 71,8 = -22,8 \text{ mm}$

Alteração

- * $ALT = Arm - Arm_{Ant}$
- * **Para o mês de setembro**
- * $ALT = 23,6 - 49,0 = -25,4 \text{ mm}$
- * **Para o mês de outubro**
- * $ALT = 71,8 - 23,6 = 48,2 \text{ mm}$

Alteração

- * $ALT = Arm - Arm_{Ant}$
- * **Para o mês de dezembro**
- * $ALT = 22,5 - 71,8 = -49,3 \text{ mm}$
- * **Para o mês de janeiro**
- * $ALT = 71,8 - 21,72 = 47,45 \text{ mm}$

Calculo da ETR

- * $se (P - ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$
- * $se (P - ETP) > 0 \rightarrow ETR = ETP$
- * **Para o mês de janeiro até julho**
- * $se (P - ETP) > 0 \rightarrow ETR = ETP$

Calculo da ETR

- * **Para o mês de agosto**

- * $se (P - ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$

- * $ETR = P + |ALT|$

- * $ETR = 37,6 + |-22,8|$

- * $ETR = 60,4 \text{ mm}$

Calculo da ETR

- * Para o mês de setembro

- * $se (P - ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$

- * $ETR = P + |ALT|$

- * $ETR = 35,4 + |-25,1|$

- * $ETR = 60,5 \text{ mm}$

Calculo da ETR

- * $se (P - ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$
- * $se (P - ETP) > 0 \rightarrow ETR = ETP$
- * **Para os meses de outubro e novembro**
- * $se (P - ETP) > 0 \rightarrow ETR = ETP$

Calculo da ETR

- * Para o mês de dezembro

- * $se (P - ETP) < 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$

- * $ETR = P + |ALT|$

- * $ETR = 57,0 + |-47,75|$

- * $ETR = 104,75 \text{ mm}$

Deficit

- * $DEF = ETR - ETP$

Excesso

- * $ARM = CAD \quad EXC = (P-ETP) - ALT$

- * **Para o mês de junho**

- * $EXC = (P-ETP) - ALT$

- * $EXC = 139,48 - 33,37 =$

- * $EXC = 106,11 \text{ mm}$

Extrato do Balanço Hídrico Mensal

