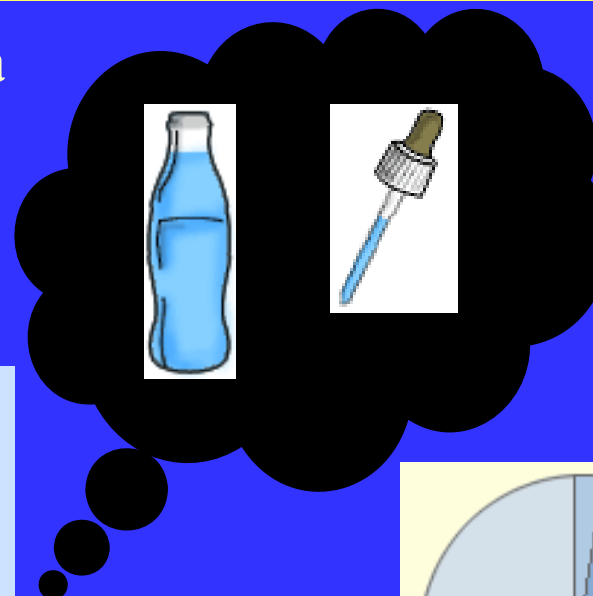


# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO PLANETA

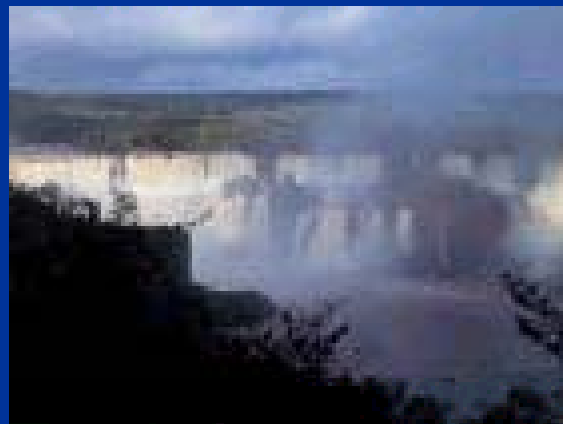
⇒  $\frac{3}{4}$  do planeta terra é água



# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO PLANETA

⇒ UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO

O Brasil possui 13,7% da água doce do planeta.



X

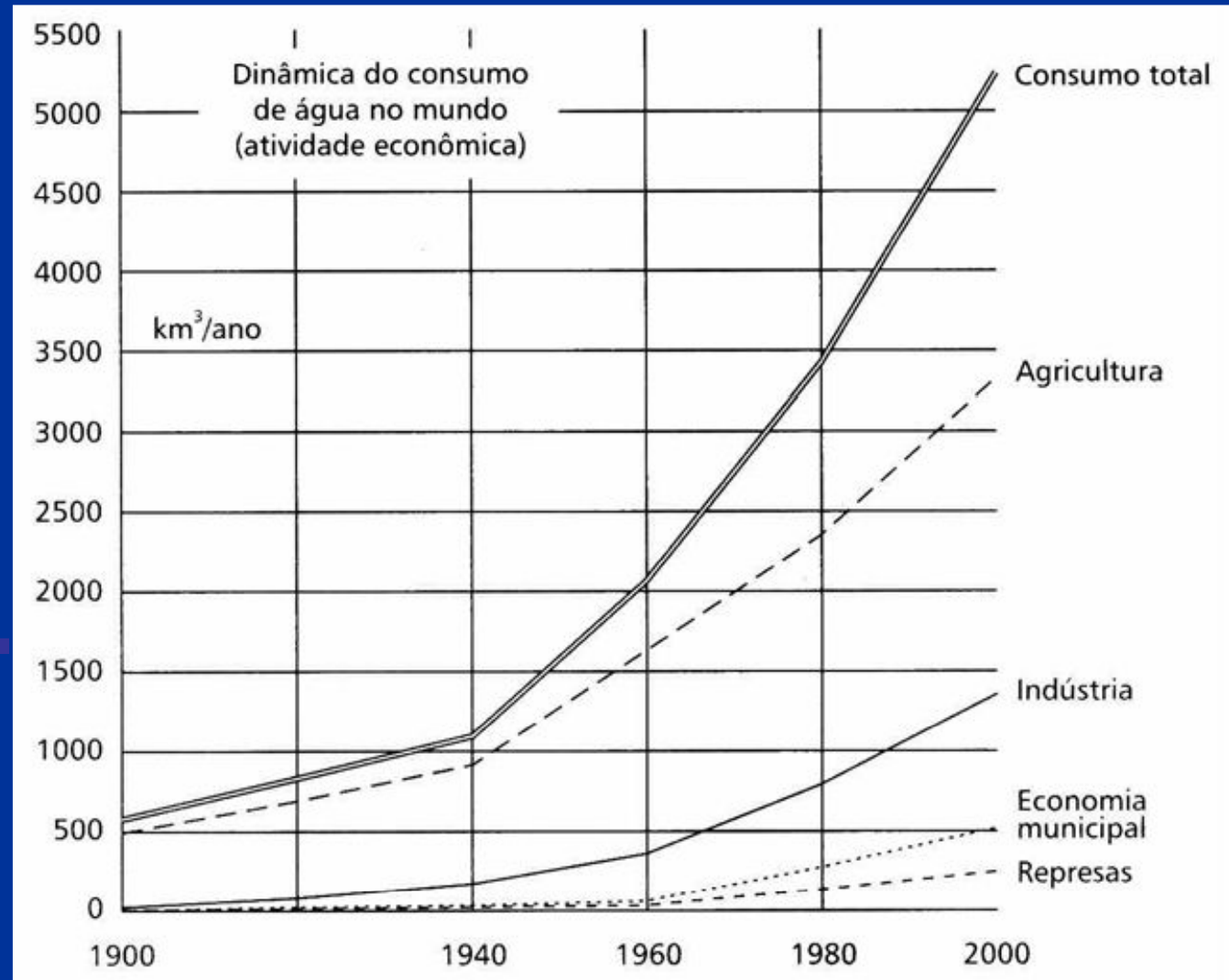


80% das águas brasileiras estão nos rios da Amazônia, e 1,6% no Estado de São Paulo.

Se toda água existente no Brasil fosse colocada em um barril, a parte que cabe ao Estado de São Paulo seria uma colher.



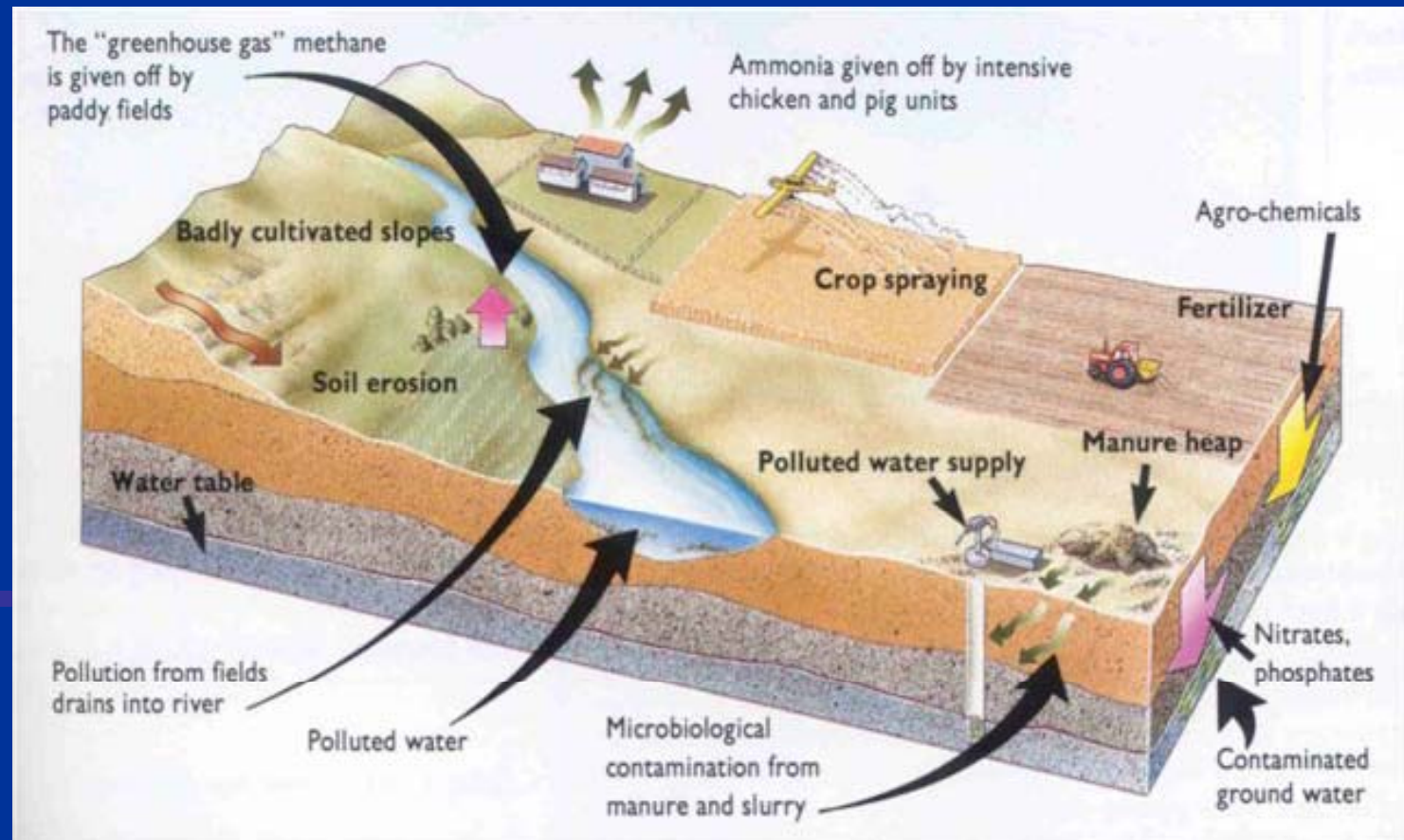
# CONSUMO NO MUNDO POR ATIVIDADE



# CICLO DA ÁGUA



# CICLO DA ÁGUA x EXPLORAÇÃO DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA



# AGRICULTURA VISTA COMO VILÃ (E A SUSTENTABILIDADE ?)



**-ALTO USO CONSULTIVO  
EM CULTIVOS IRRIGADOS**

**Quadro 1. Demandas de água na Bacia do rio São Francisco, por tipo e uso, no ano de 1994**

Tipo de Uso/Demanda	Demandas de água na bacia do São Francisco, por tipo e uso		
	Volume anual demandado (bilhões de m <sup>3</sup> )	Em relação à demanda total (%)	Em relação ao uso (%)
<b>Uso não consuntivo</b>	<b>6,4</b>	<b>70,3</b>	<b>100,0</b>
Ecológica	6,4	70,3	100,0
<b>Uso consuntivo</b>	<b>2,7</b>	<b>29,7</b>	<b>100,0</b>
Irrigação	2,0	22,0	74,1
Consumo urbano	0,3	3,3	11,1
Cons. agroindustrial	0,1	1,1	3,7
Pecuária	0,2	2,2	7,4
Consumo industrial	0,1	1,1	3,7
Consumo rural difuso	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>9,1</b>	<b>100,0</b>	<b>-</b>

Fonte: Áridas (2002).

# AGRICULTURA VISTA COMO VILÃ (E A SUSTENTABILIDADE ?)



**-ALTO USO CONSUNTIVO  
EM CULTIVOS IRRIGADOS**

**-ELEVADO POTENCIAL  
DE CONTAMINAÇÃO**

**-Lixiviação de fertilizantes**

**-Salinização dos solos**

**-Lavagem de pesticidas**

**-Carreamento de partículas do  
solo (EROSÃO +  
ASSOREAMENTO)**

**SOLUÇÃO → RACIONALIZAR**



# Racionalizar?

**Benjamín Franklin apud Bartlett (1968),  
já em 1727 afirmava com convicção:  
“Quando o poço seca é que sabemos  
realmente o valor da água”**

Um conceito amplo do uso racional da água abrange ações que venham reduzir a quantidade de água utilizada por unidade de qualquer atividade e que possibilite a manutenção e melhoramento da sua qualidade.(Donald, 1994).

**Quadro 8. Lâmina média aplicada ( $L_{m_{aplicada}}$ ), lâmina necessária ( $L_N$ ) e potencial para economia de água ao ano ( $P_{EA}$ ) para o sistema de irrigação por aspersão convencional**

Número da avaliação	Aspersão Convencional		$P_{EA}$ (%)
	$L_{m_{aplicada}}$	$L_N$	
10	21,8	16,2	25,7
13	6,6	6,4	3,0
14	12,2	3,4	72,1
21	18,2	2,0	89,0
23	29,8	16,6	44,3
37	15,9	12,0	24,5
Média			43,1

\*Avaliações com aplicações de água em excesso.

## DEMANDA DE ÁGUA

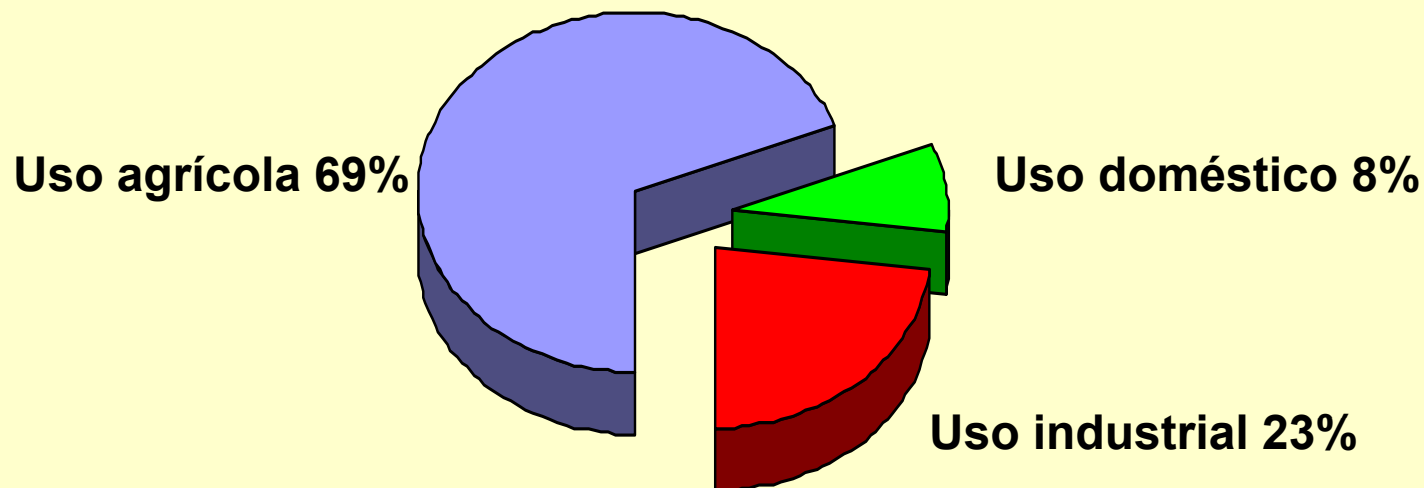
Nas últimas décadas houve um aumento na demanda dos recursos naturais e a água é o mais procurado e, ao mesmo tempo, o que mais tem sido afetado por esta intensificação no uso.

- ✓ **Crescimento demográfico**

Expansão urbana descontrolada

- ✓ **Modelo de desenvolvimento com expansão indiscriminada dos recursos naturais**

Modelo ecologicamente destrutivo



## EXEMPLOS DA DEMANDA DE ÁGUA

**Fiat (Betim, MG) – 1997**

318 mil m<sup>3</sup> para produzir 800 veículos  
397, m<sup>3</sup>/ veículo.

**Cerveja:**

20 m<sup>3</sup> de água para produzir 1 m<sup>3</sup> de cerveja.

**Tecido:**

1000 m<sup>3</sup> de água para produzir 1 ton de tecidos.

**Feijão irrigado:**

Lâmina de 250 mm/ciclo/ha = 2500 m<sup>3</sup>/ciclo/ha  
Produtividade média de 2000kg/ha  
Demanda média de 1250 m<sup>3</sup>/ton.

**Álcool:**

12 litros de vinhaça para produzir 1 litro de álcool

**Ferro:**

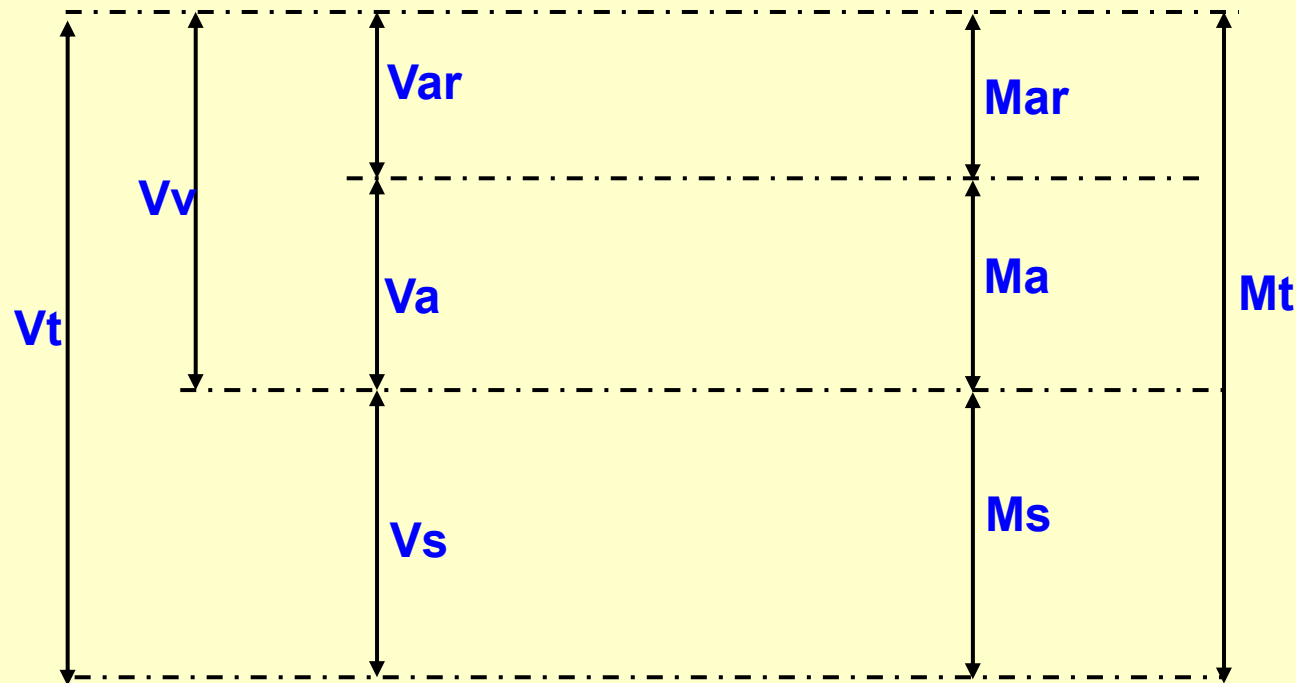
246 m<sup>3</sup> de água para produzir 1 ton de ferro.

# QUESTÕES IRRIGAÇÃO x MEIO AMBIENTE

- a) Degradação do solo;
- b) Disponibilidade limitada de água;
- c) Esgotamento de outros recursos naturais;
- d) Pobreza;
- e) Crescimento populacional e redução da força de trabalho agrícola.

# RELAÇÕES ÁGUA-SOLO-PLANTA

## 1. Relação massa volume dos constituintes do solo.



$M_{ar}$  = massa de ar  
 $M_a$  = massa de água  
 $M_s$  = massa de sólidos  
 $M_t$  = massa total

$V_{ar}$  = volume de ar  
 $V_a$  = volume de água  
 $V_v$  = volume de poros (vazios) =  $V_{ar} + V_a$   
 $V_s$  = Volume de sólidos  
 $V_t$  = Volume total

## 1.1 Densidade das partículas ( $d_p$ )

$$d_p = \frac{M_s}{V_s} \quad (\text{g/cm}^3) \sim 2,65$$

**f (nat. Mineralógica: feldspatos, quartzo)**

**M.O (1,3 – 1,5)**



## 1.2 Densidade do solo ( $d_s$ )

$$d_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (\text{g/cm}^3)$$

**f (textura, estrutura, grau compactação)**

---

**SOLOS TEXTURA:**

**$d_s$**

---

**GROSSA**

**1,3 – 1,8 g/cm<sup>3</sup>**

**FINA**

**1,0 – 1,4 g/cm<sup>3</sup>**

**ORGÂNICO**

**0,2 – 0,6 g/cm<sup>3</sup>**

---

## 2. Umidade do solo com base em massa (U)

$$U = \frac{Ma}{Ms} = \frac{Mt - Ms}{Ms} = \frac{gH2O}{gsoloseco}$$

$$Ms = \frac{Mt}{1 + U}$$

$$\left. \begin{array}{l} Mt = 100 \text{ g} \\ U = 10\% \end{array} \right\} Ms = 90,9 \text{ g}$$

### 3. Umidade do solo com base em volume ( $\Theta$ )

$$\Theta = \frac{V_a}{V_t} = \frac{\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O}}{\text{cm}^3 \text{solo}}$$

$$\left. \begin{array}{l} da = \frac{M_a}{V_a} \\ ds = \frac{M_s}{V_t} \end{array} \right\} \Theta = \frac{M_a}{M_s} \times \frac{ds}{da}$$

$$da = 1 \text{g/cm}^3$$

#### 4. Porosidade do solo ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_{ar} + V_a}{V_t} \quad (\text{cm}^3/\text{cm}^3)$$

$$\eta = \frac{V_t - V_s}{V_t} = 1 - \frac{V_s}{V_t}$$

$$\left. \begin{array}{l} ds = \frac{M_s}{V_t} \\ dp = \frac{M_s}{V_s} \end{array} \right\} \eta = 1 - \frac{ds}{dp}$$

## 5. Porosidade livre de água (E)

$$E = \frac{V_{ar}}{V_t}$$

$$E = \frac{V_v - V_a}{V_t} = \eta - \Theta$$

## 6. Grau de saturação ( $\Theta_{gs}$ )

$$\Theta_{gs} = \frac{V_a}{V_v} = \Theta / \eta$$

**SOLO SECO  $\Theta_{gs} = 0$**

**SOLO SATURADO  $\Theta_{gs} = 1$**

## Exercício

1000 cm<sup>3</sup> de solo tem massa úmida igual a 1460g e massa seca de 1200g. Sabendo-se que a  $d_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$ , calcular:

- a) umidade com base em massa seca;
- b) umidade volumétrica;
- c) densidade do solo;
- d) porosidade do solo;
- e) porosidade livre de água;
- f) grau de saturação.

## **Métodos de determinação da umidade do solo.**

- **Gravimétrico;**
- **Das pesagens;**
- **Dos volumes;**
- **Tensiômetro;**
- **Blocos de gesso;**
- **Sonda de nêutrons;**
- **Speed (Carbureto);**
- **Frigideira.**



## Métodos de determinação da umidade do solo.

### 1. Gravimétrico (Padrão)

$$U = \frac{M_t - M_s}{M_s} \times 100$$

Estufa – (105 – 110°C – 24 a 48 horas)

## Métodos de determinação da umidade do solo.

### 2. Método das pesagens (Frasco Papadakis)

$$U' = (M - M') \times \frac{dp}{dp - 1} \quad (\text{umidade com base em massa úmida})$$

$$U = \frac{100 \times U'}{100 - U'} \quad (\text{umidade com base em massa seca})$$

**M = massa do frasco + solo seco + água (Padrão)**

**M' = massa do frasco + solo úmido + água**

## Métodos de determinação da umidade do solo.

### 3. Método dos volumes

Balão volumétrico – 100ml

Tubo adicional

$$Ma = \frac{VX (dp - Mt)}{dp - 1}$$

V = volume em excesso no balão ( $\Delta$  ml)

$$Ms = Mt - Ma$$

$$U = \frac{Ma}{Mt - Ma}$$

## Métodos de determinação da umidade do solo.

### Exemplo

$$M_t = 20\text{g}$$

$$V = 10,1\text{ml}$$

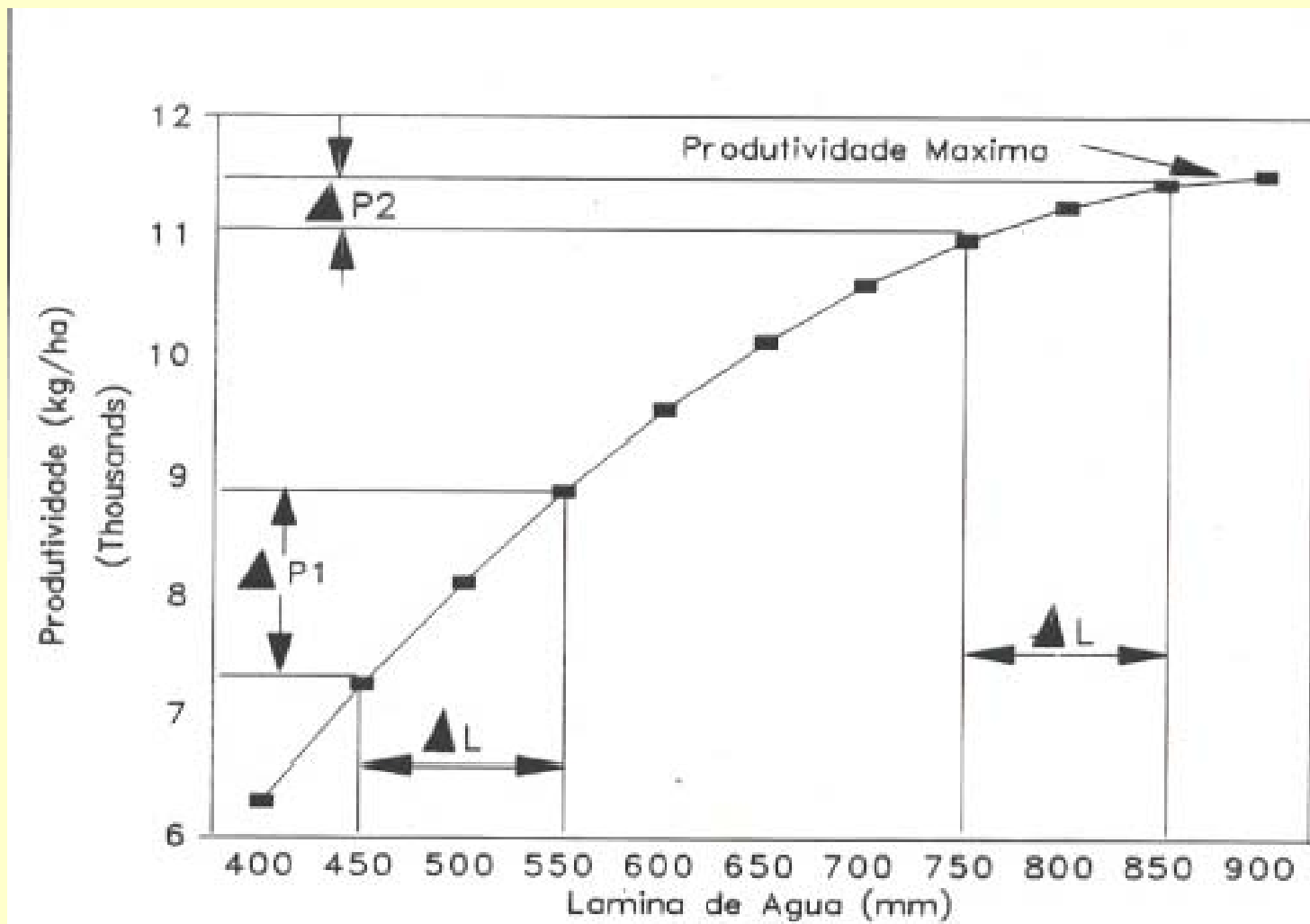
$$D_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

$$M_a = \frac{10,1 \times 2,65 - 20}{2,65 - 1} = 4,1$$

$$M_s = 20 - 4,1 = 15,9$$

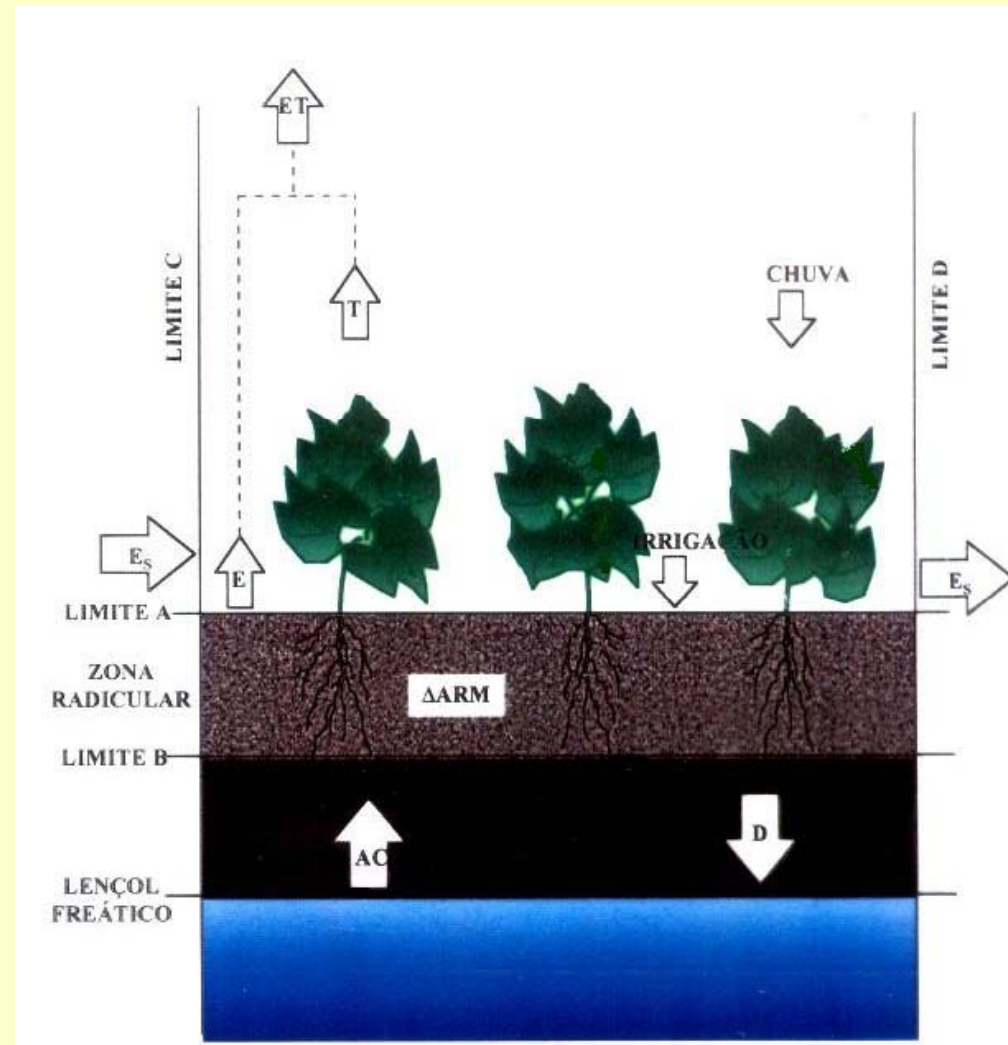
$$U = \frac{4,1}{15,9 - 4,1} = 0,347$$

## FUNÇÃO DE RESPOSTA DE UMA CULTURA À IRRIGAÇÃO

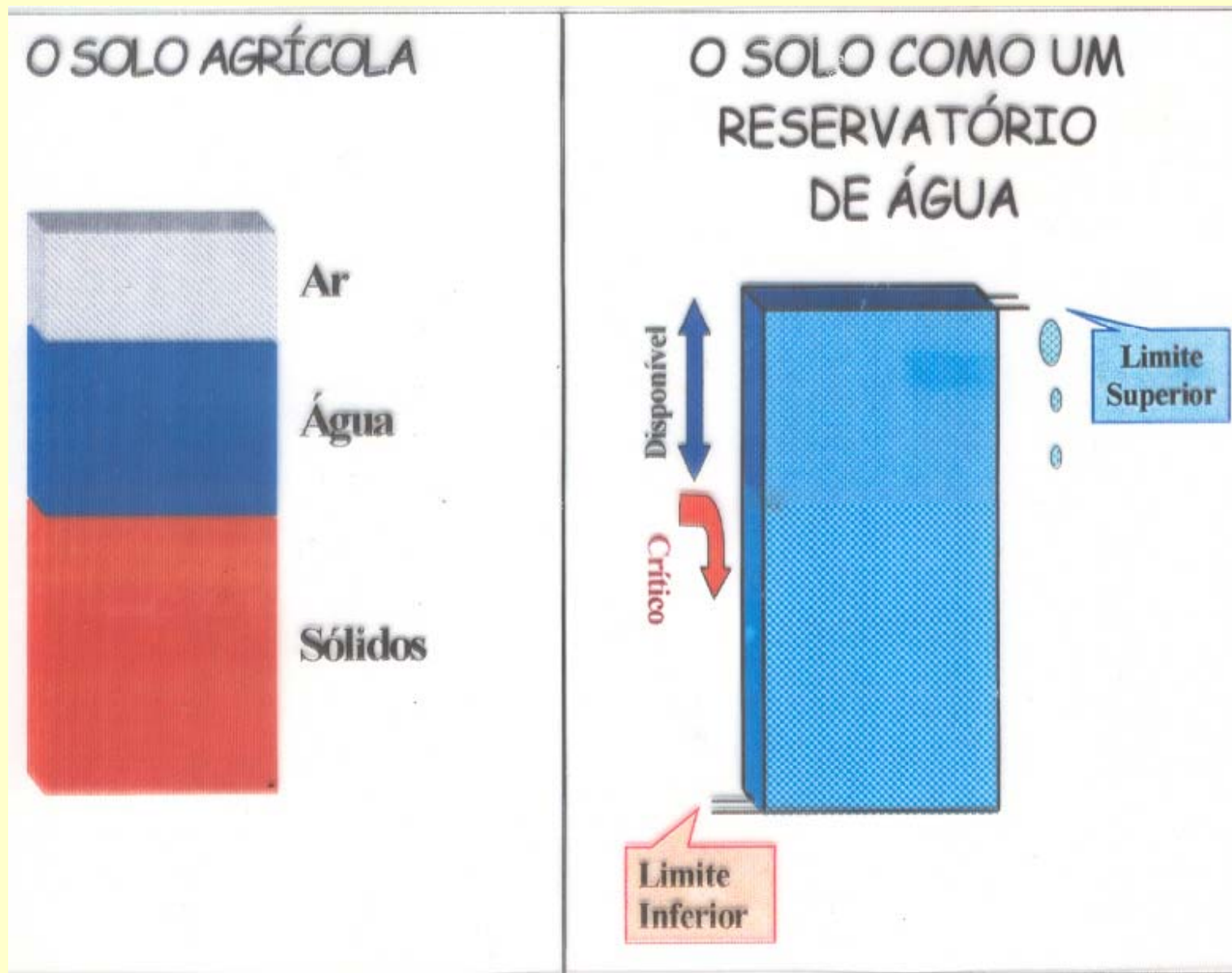


# RELAÇÕES ÁGUA-SOLO-PLANTA

## RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO



# RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO



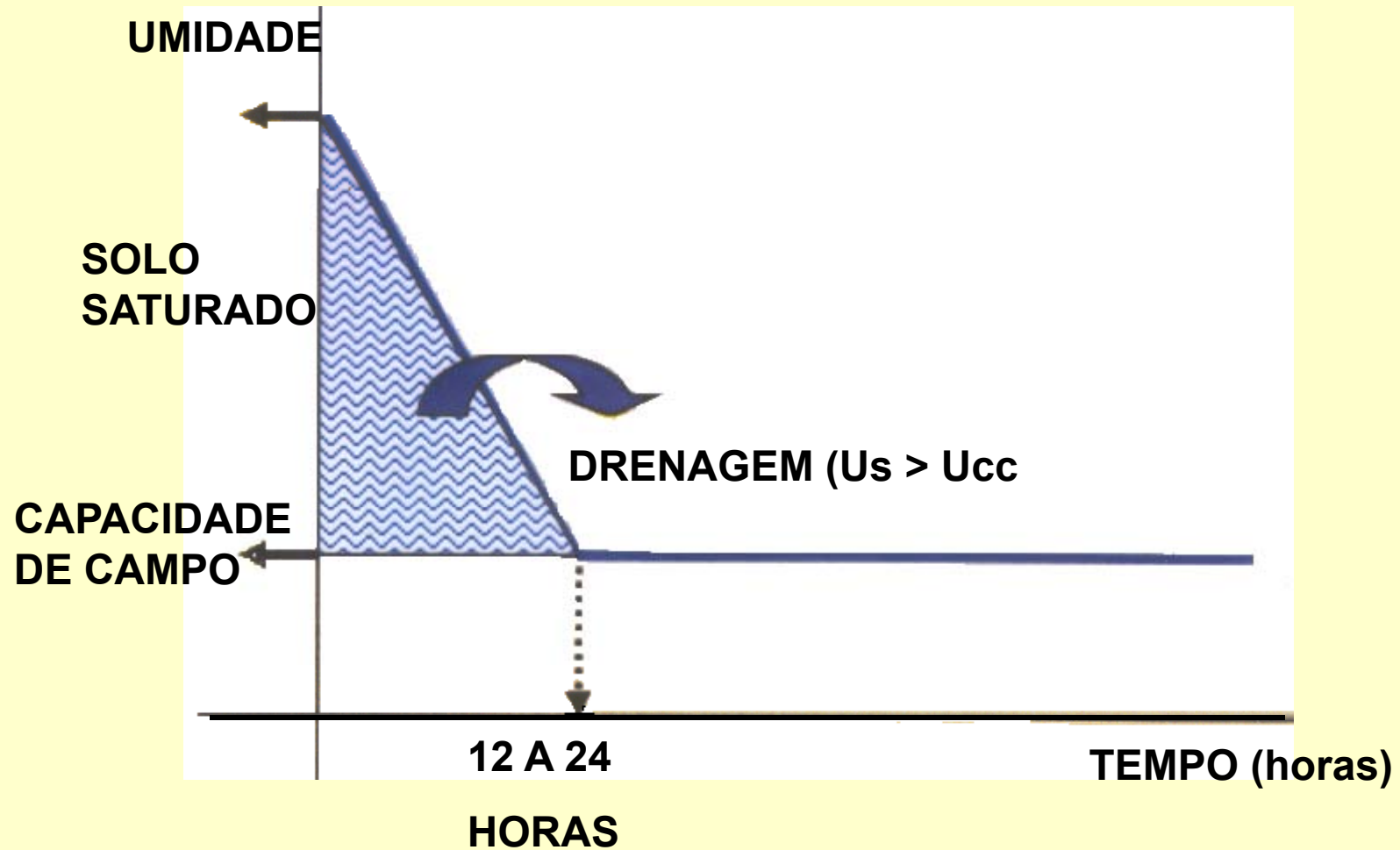
# RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO





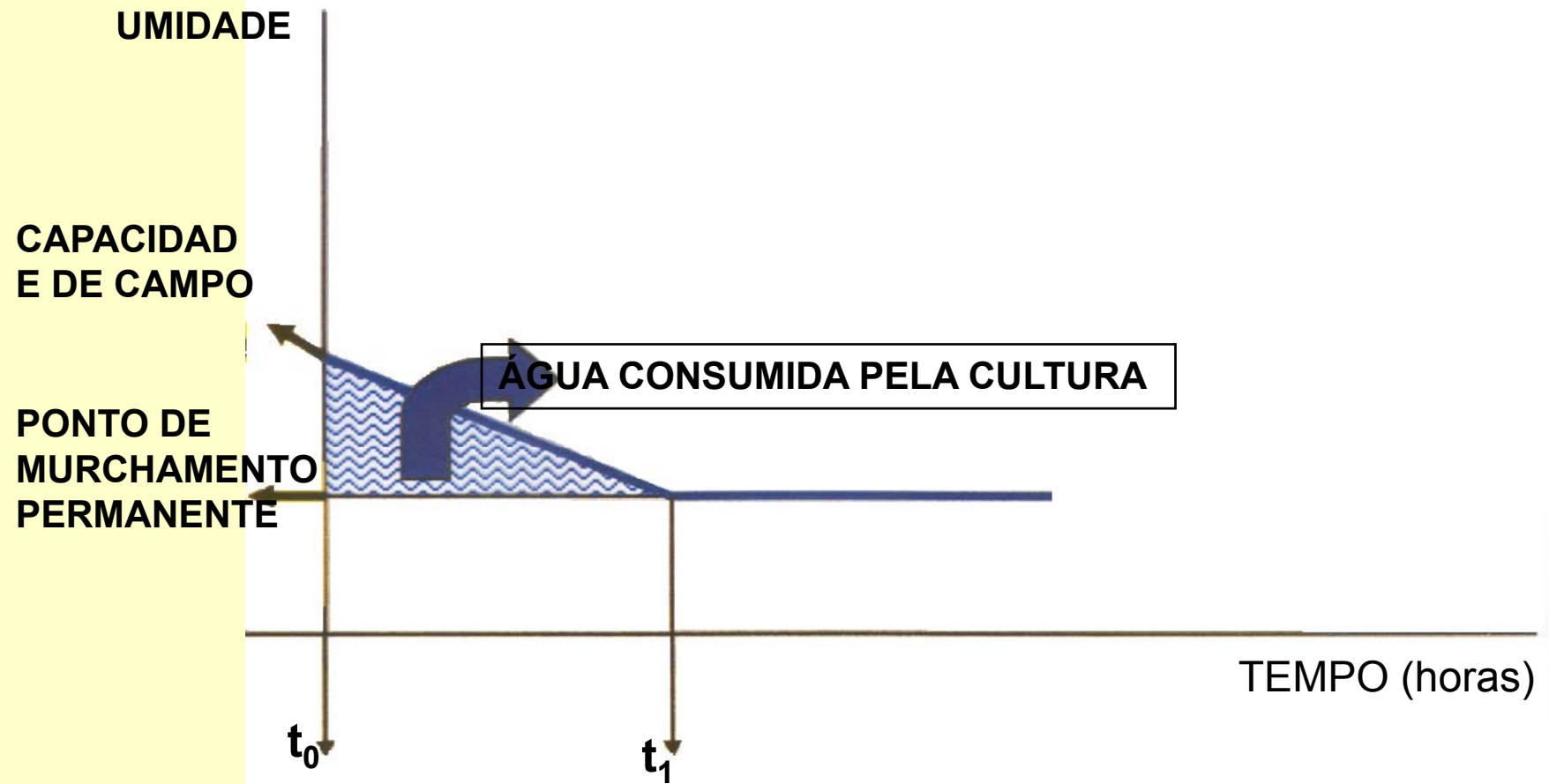
# RELAÇÕES ÁGUA-SOLO-PLANTA

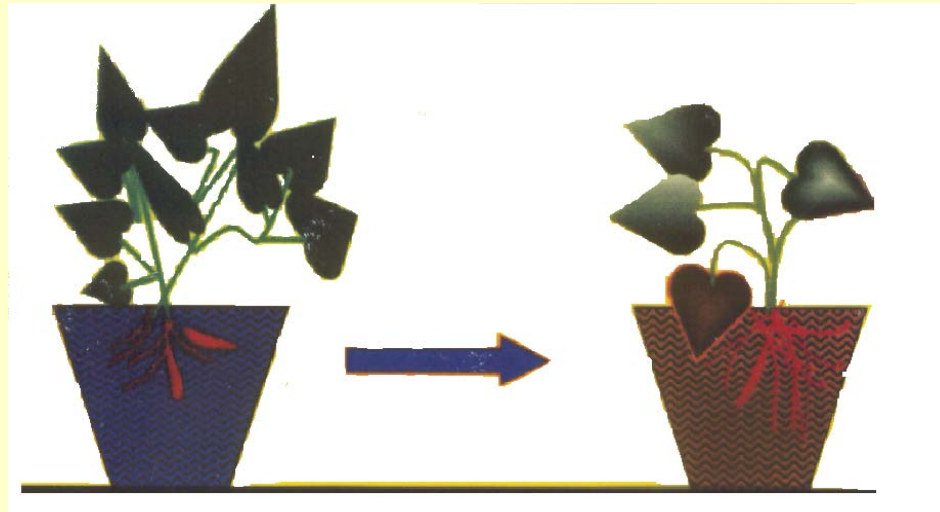
## 1. CAPACIDADE DE CAMPO



# RELAÇÕES ÁGUA-SOLO-PLANTA

## 2. PONTO DE MURCHAMENTO PERMANENTE

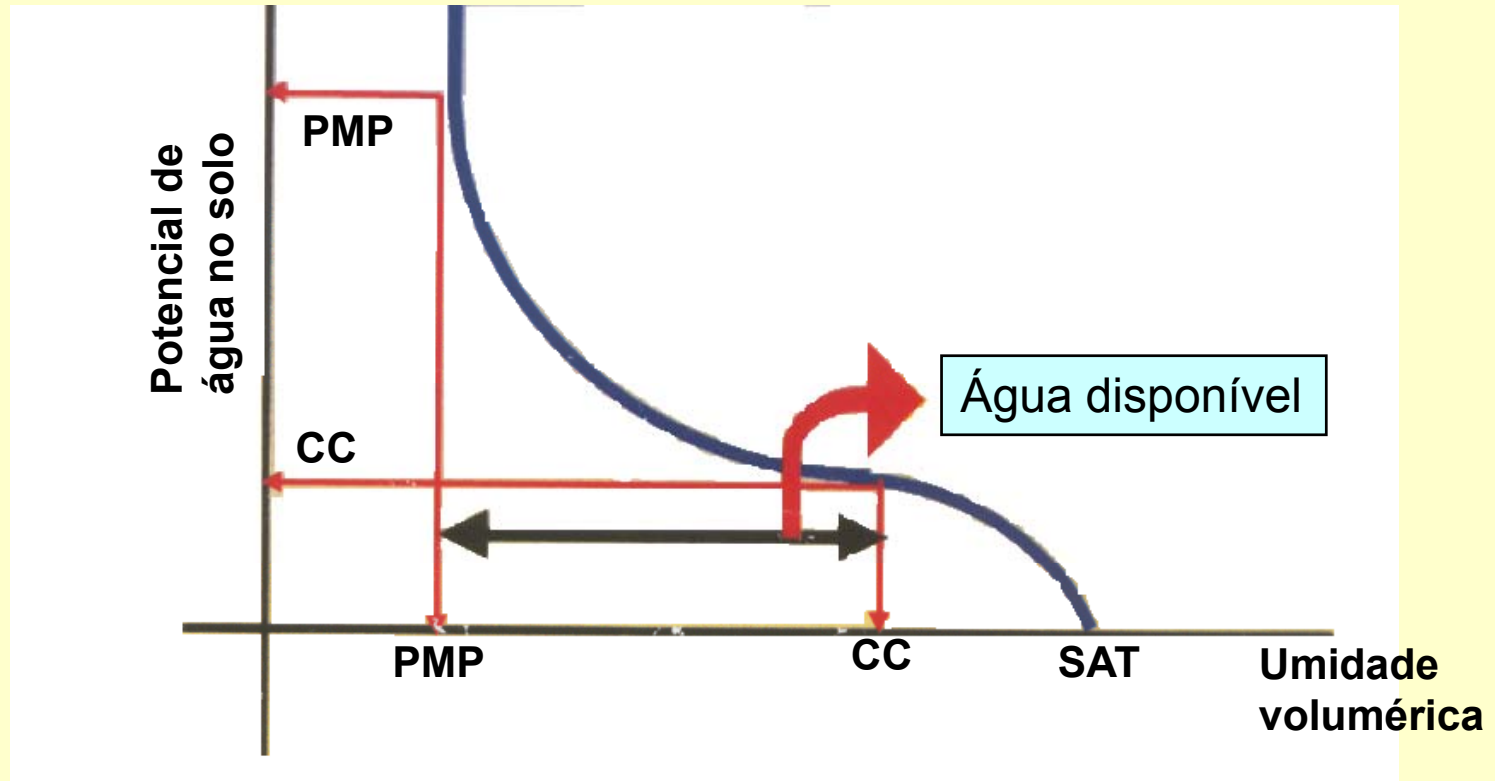




**SOLO COM UMIDADE A  
CAPACIDADE DE CAMPO -  
CC**

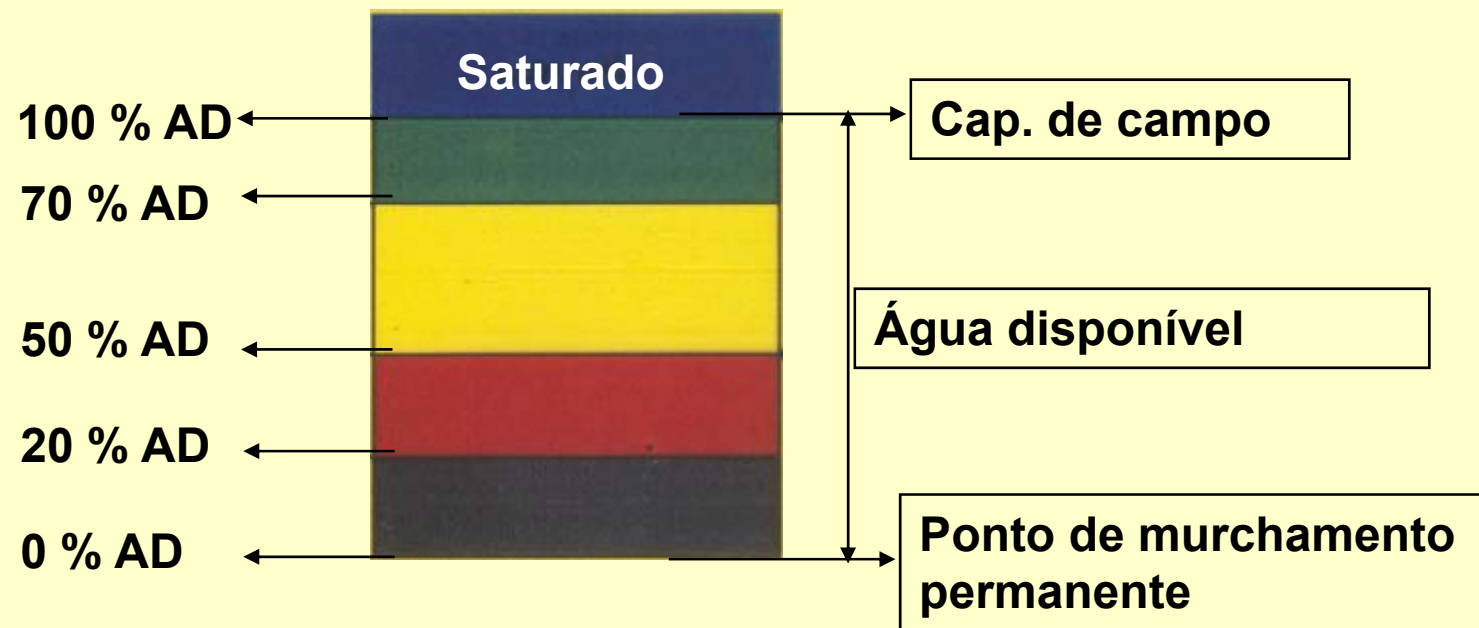
**SOLO COM UMIDADE NO  
PONTO DE MURCHA  
PERMANENTE**

## Curva de retenção de água no solo

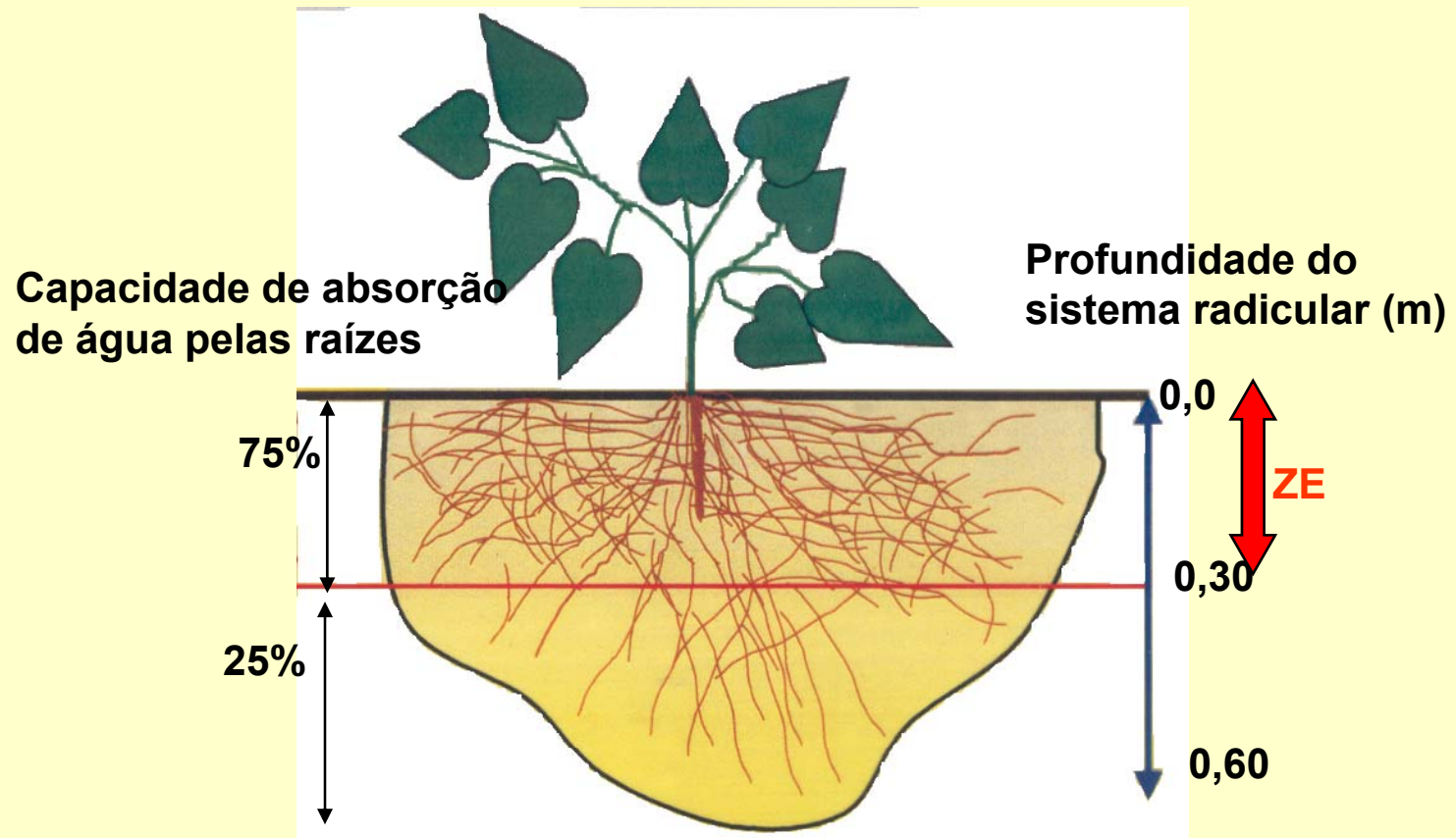


## ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO

Modelo para explicar as frações de água disponível no solo para as plantas



## PROFUNDIDADE DA IRRIGAÇÃO

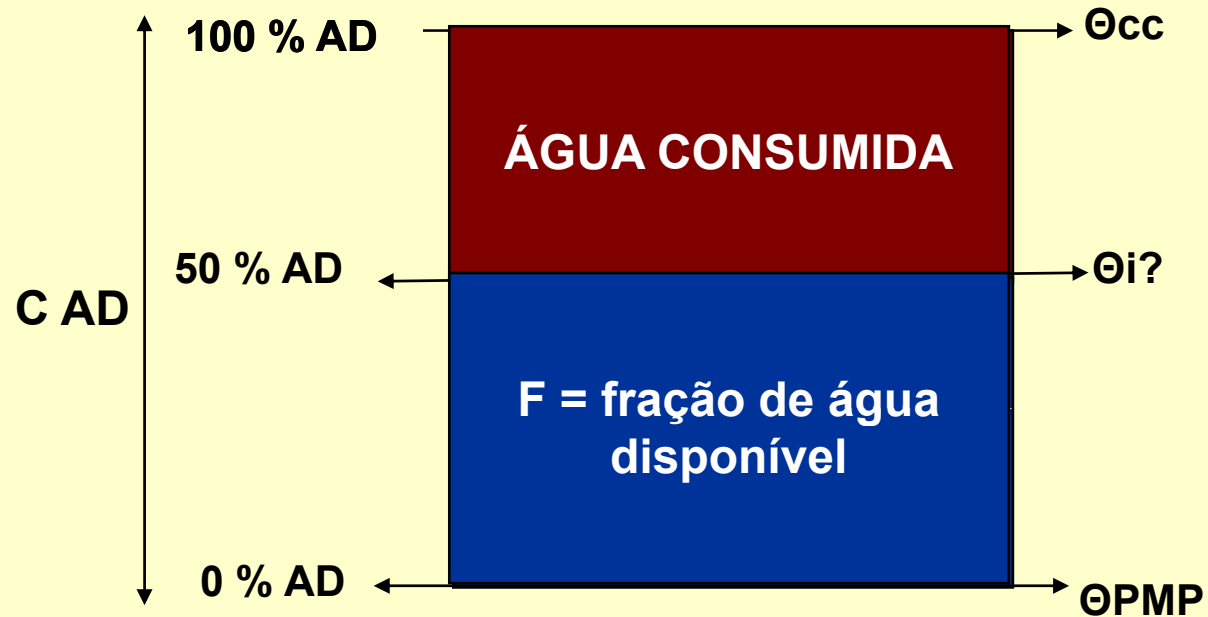


Capacidade de água disponível (CAD) ou Reservatório de água para as plantas – (Modelo)

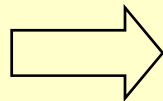
$$\text{CAD} = \Theta_{cc} - \Theta_{PMP}) \times \text{ZE} \longrightarrow \text{mm}$$

## QUANTO IRRIGAR?

Qual o valor da umidade do solo quando a cultura consome 50% da água disponível?



$$F = \frac{\theta_i - \theta_{PMP}}{\theta_{CC} - \theta_{PMP}}$$



F é a fração de água disponível no solo para as plantas e varia de 0 a 1

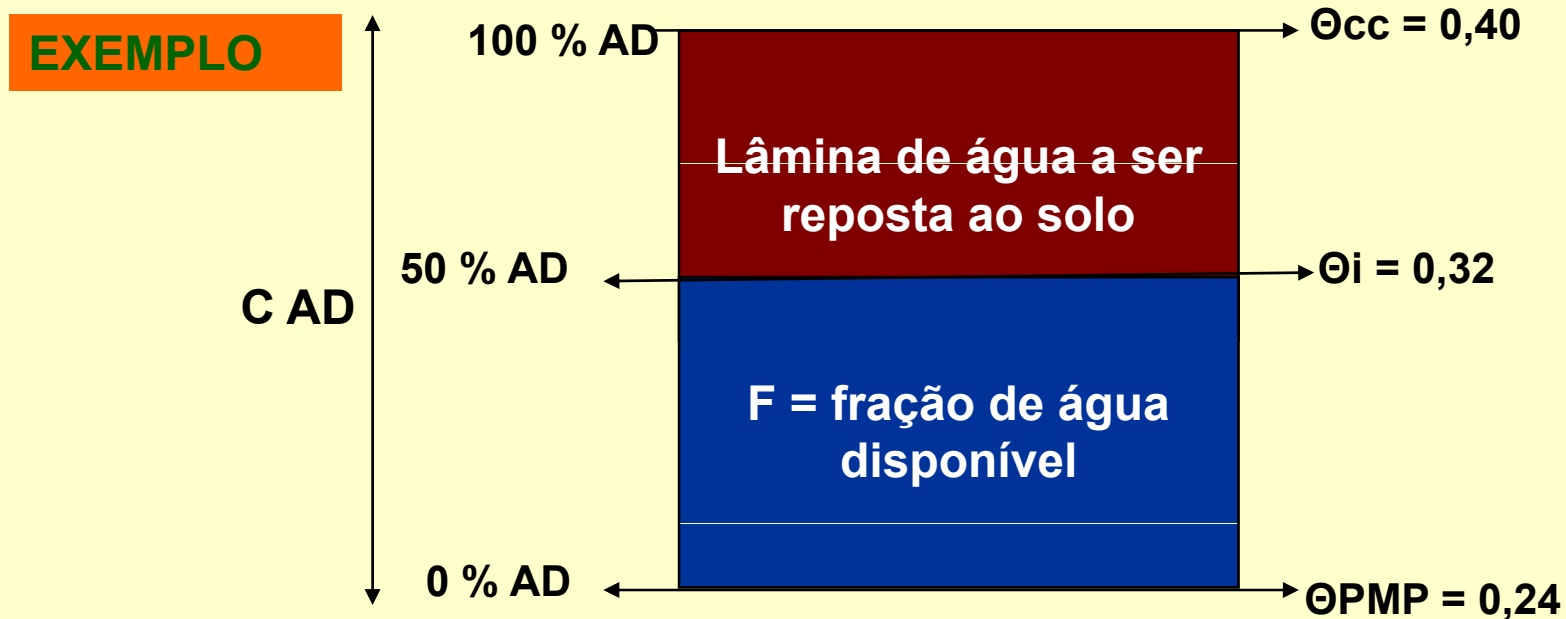
O valor da umidade do solo quando devo iniciar a irrigação é igual a:

$$\Theta_i = \Theta_{PMP} + F \times (\Theta_{CC} - \Theta_{PMP})$$



$$\Theta_i = \Theta_{PMP} + 0,5 \times (\Theta_{CC} - \Theta_{PMP})$$

Lâmina líquida de água a ser repostada ao solo





O valor da lâmina líquida de água a ser reposta ao solo é igual a:

$$L_r = (\Theta_{cc} - \Theta_i) \times Z E \quad (\text{mm})$$

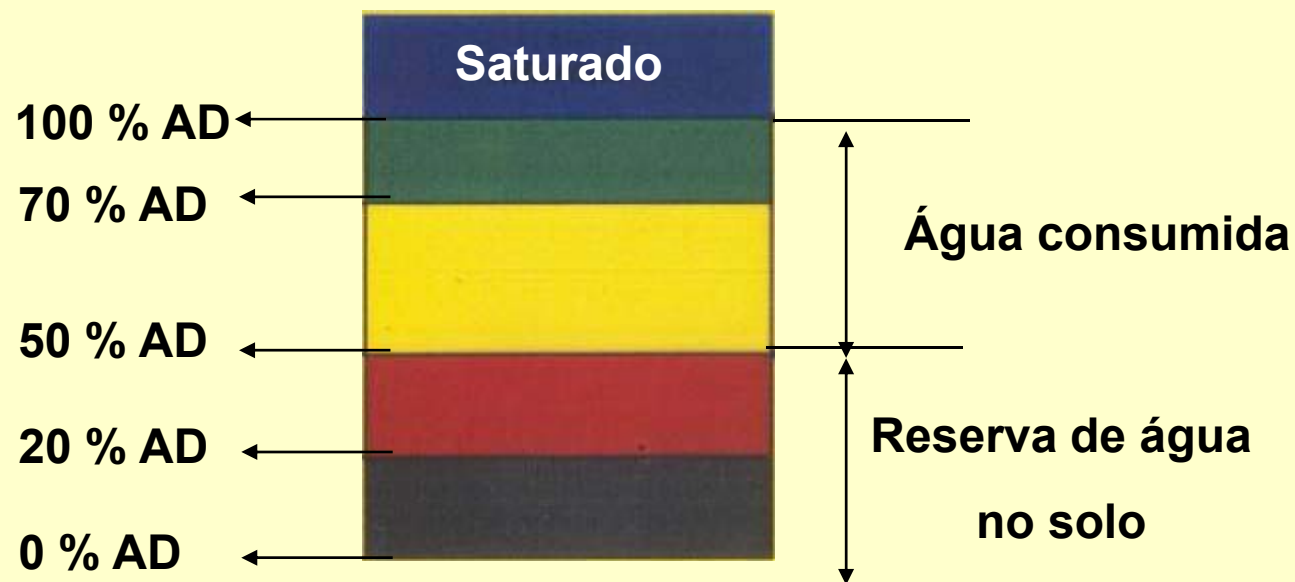
$$L_r = (0,40 - 0,32) \times 300 \quad (\text{mm})$$

$$L_r = 24 \text{ mm}$$

## Quando irrigar?

### 1. Fatores a serem observados para definição do nível de água disponível no solo antes de se iniciar a irrigação:

- Capacidade de aplicação de água do pivô central;
- Cultura e fase fenológica;
- Sub-divisões de culturas e/ou épocas de plantio sob pivô central;
- Datas de aplicações de agroquímicos via pivô central.



Disciplina Irrigação – LER 1571

Prof. Marcos Vinícius Folegatti

## 1o. Exercício

1- Defina Irrigação

2 - Qual a importância da irrigação para a produção de alimentos?

3 - Qual a área irrigada no mundo e qual a relação com a área cultivada?

4 - Qual a área irrigada no Brasil e qual a relação com a área cultivada?

5 - Quais os métodos de irrigação?

6 - Quais os métodos de irrigação utilizados no Brasil?

7 - Qual o potencial da irrigação no Brasil?

8 - Quais as questões ambientais hoje colocadas em relação a prática da irrigação?

9 – Quais os conhecimentos necessários para dimensionar um bom projeto de irrigação?