

**Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**  
**Centro de Ciência Agrárias, Ambientais e Biológicas**  
**Núcleo de Engenharia de Água e Solo**  
**Disciplina: CCA 039 - Irrigação e Drenagem**



# Relação Solo-Água

**Prof. Vital Pedro da Silva Paz**

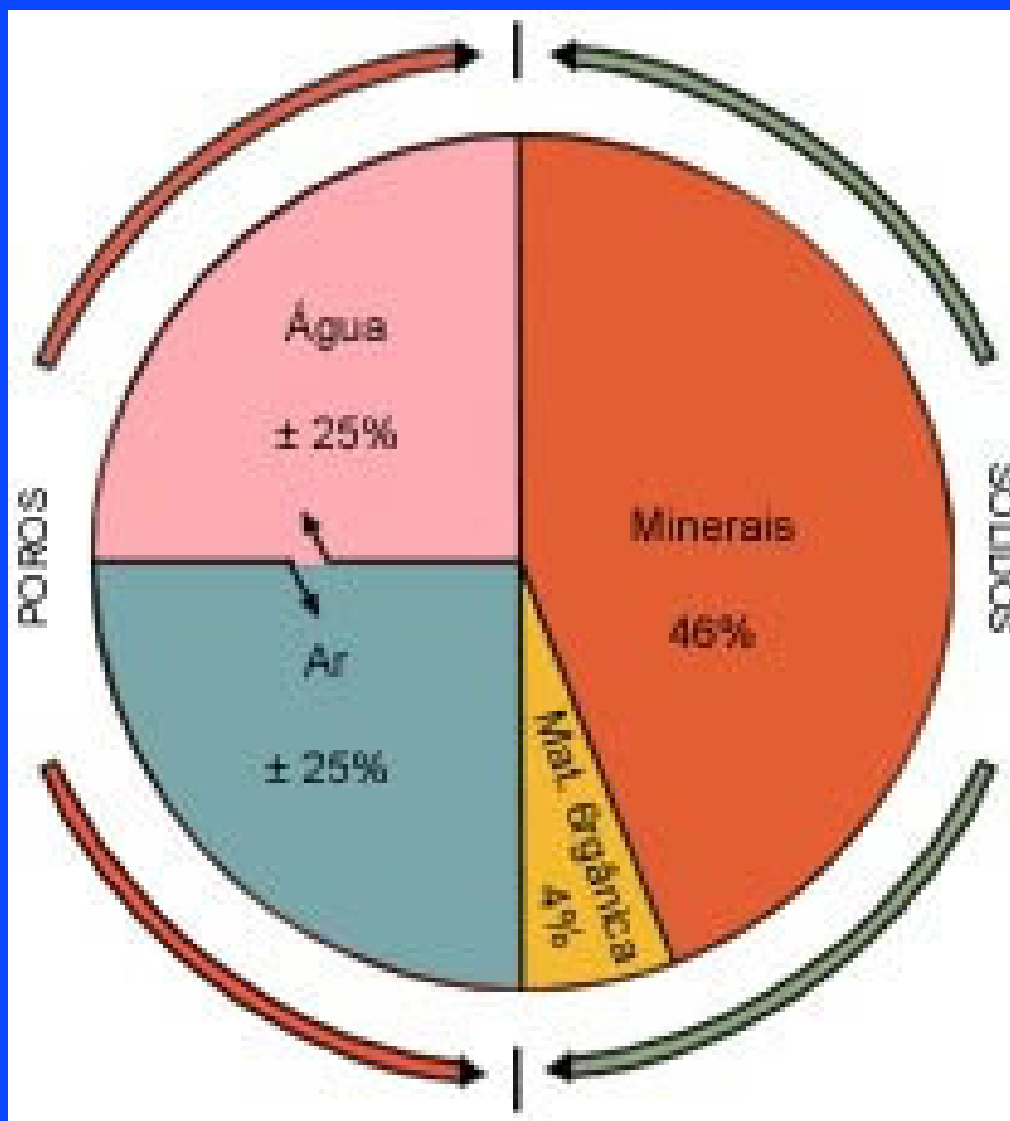


2010

# DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO SOLO

- Material poroso, constituído de 3 fases: sólidas, líquida e gasosa.
- Originado de rochas por processos de intemperização.
- Serve de apoio físico (sustentação), químico e biológico para o crescimento vegetal.
- Funciona como reservatório de água, essencial para o desenvolvimento vegetal e produção agrícola.

# COMPOSIÇÃO VOLUMÉTRICA DO SOLO



# FRAÇÃO SÓLIDA

- Constitui de partículas classificadas de acordo com o tamanho médio dos grãos (partículas).

- Areia: 2 – 0,02 mm

- Silte: 0,02 – 0,002 mm

- Argila: < 0,002 mm



# FRAÇÃO SÓLIDA

- **TEXTURA DO SOLO** = proporções de areia, silte e argila.
- **ESTRUTURA DO SOLO** = arranjo das diversas partículas, juntamente com os efeitos cimentantes de materiais orgânicos e inorgânicos.
- Os materiais orgânicos sólidos se constituem de resíduos vegetais e animais, vivos e em decomposição, por exemplo, (húmus).



# FRAÇÃO LÍQUIDA

- Água, contendo minerais dissolvidos e materiais orgânicos solúveis.
- Ocupa parte (ou quase o todo) do espaço vazio entre as partículas sólidas, dependendo da umidade do solo.
- A água é absorvida pelas plantas ou é drenada para camadas mais profundas.
- Reposta pela chuva ou pela “irrigação”.

# FRAÇÃO GASOSA

- Constitui-se do ar do solo ou da atmosfera do solo, ocupando o espaço poroso não ocupado pela água.
- Esta é uma porção importante do sistema solo, pois a maioria das plantas exige certa aeração do sistema radicular (exceção de plantas aquáticas, como o arroz).
- Na composição química semelhante à da atmosfera livre, junto à superfície do solo, diferenças quanto aos teores de  $O_2$  e  $CO_2$ .

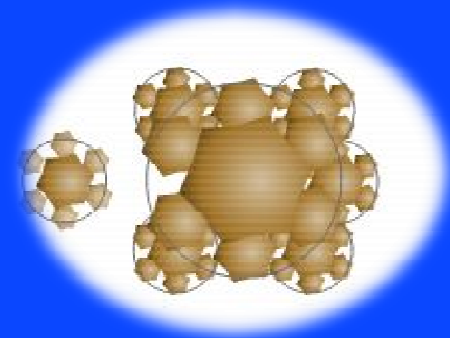
# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

- TEXTURA



- ESTRUTURA

- CARACTERÍSTICA FÍSICO-HÍDRICAS





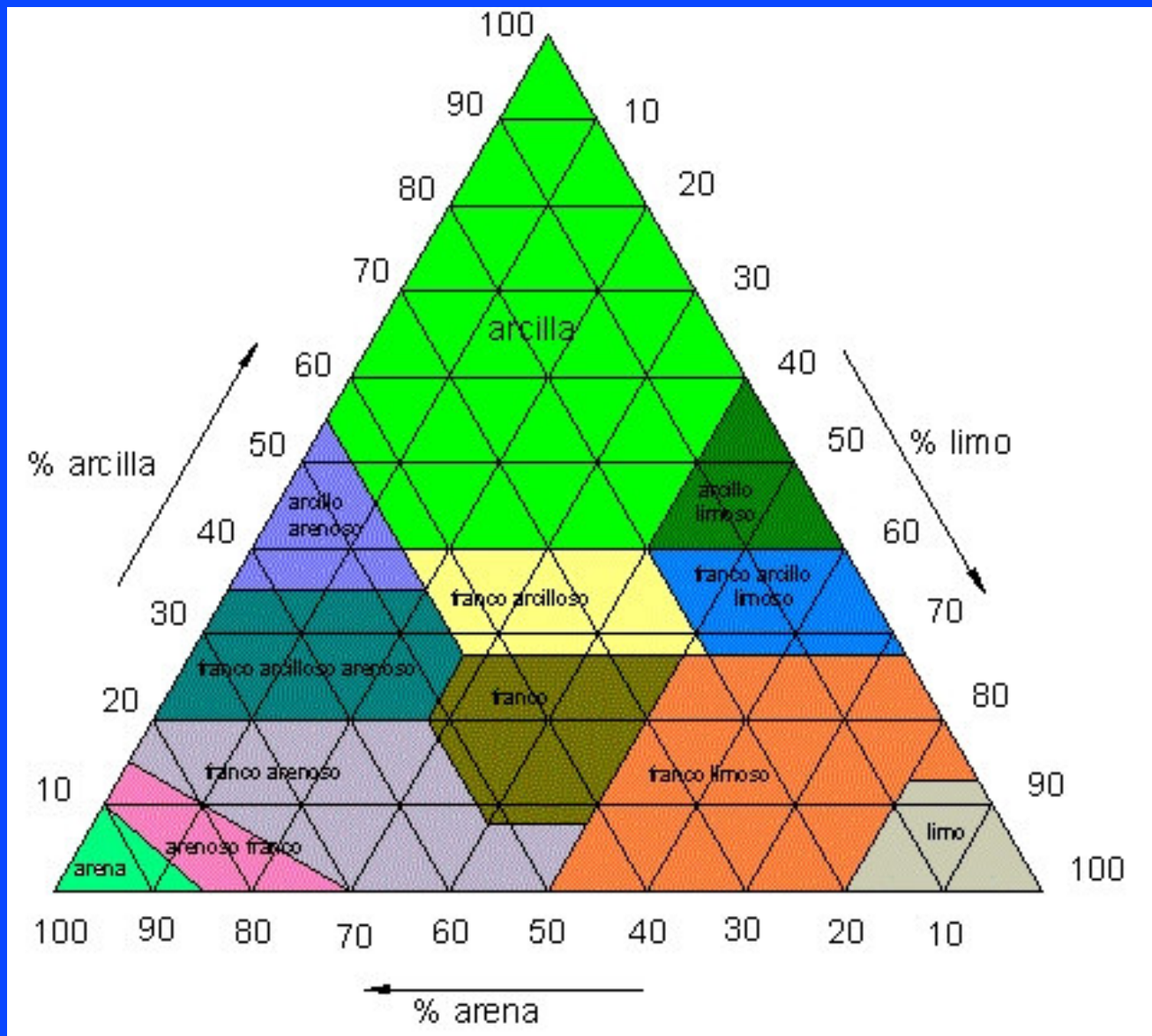
# TEXTURA DO SOLO

- Distribuição das partículas de acordo com o tamanho.
- Envolve as proporções relativas dos vários tamanhos de partículas num dado solo: areia, silte e argila.
- A textura adquire importância nas relações solo-água-planta por interferir na infiltração, na evaporação e no suprimento de nutrientes.

# TEXTURA DO SOLO

- A textura pode dar uma idéia a respeito da quantidade de água a ser armazenada no solo.
- Solos com partículas grosseiras; ótimas propriedades quanto à permeabilidade e arejamento; baixa capacidade de retenção de água.
- Solos com partículas finas, boa ou satisfatória capacidade de retenção; permeabilidade e o arejamento reduzidos, prejudicando, o desenvolvimento das plantas.

# TRIÂNGULO TEXTURAL

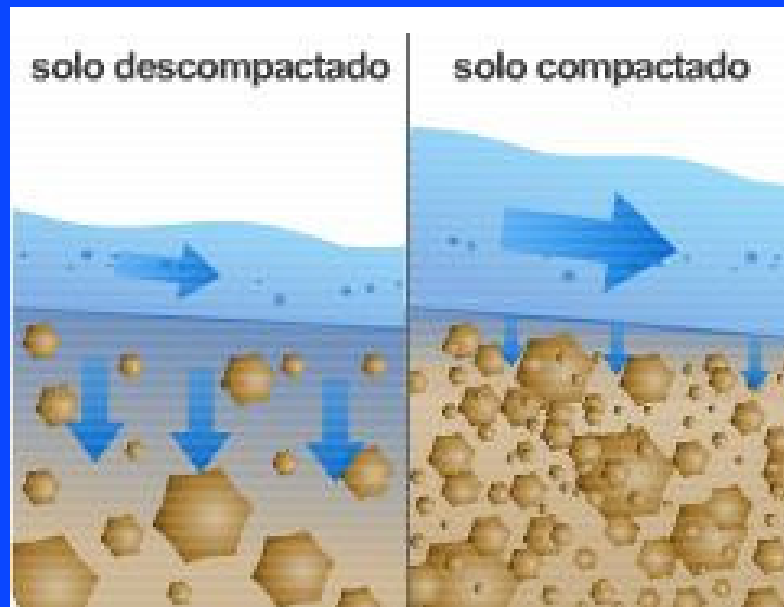


# ESTRUTURA DO SOLO

- Arranjo das partículas e à adesão de partículas menores na formação de agregados; arranjo mútuo, orientação ou organização das partículas.
- SOLTA = partículas se encontram completamente livres umas das outras.
- MACIÇA = partículas reunidas em grande número, formando grandes torrões,
- AGREGADOS = condição intermediária, partículas reunidas em grânulos conhecidos por aglomerados.

# COMPACTAÇÃO DO SOLO

- Indiretamente ligada à estrutura. Como o solo é um material poroso, por compactação, a mesma massa de material sólido pode ocupar um volume menor

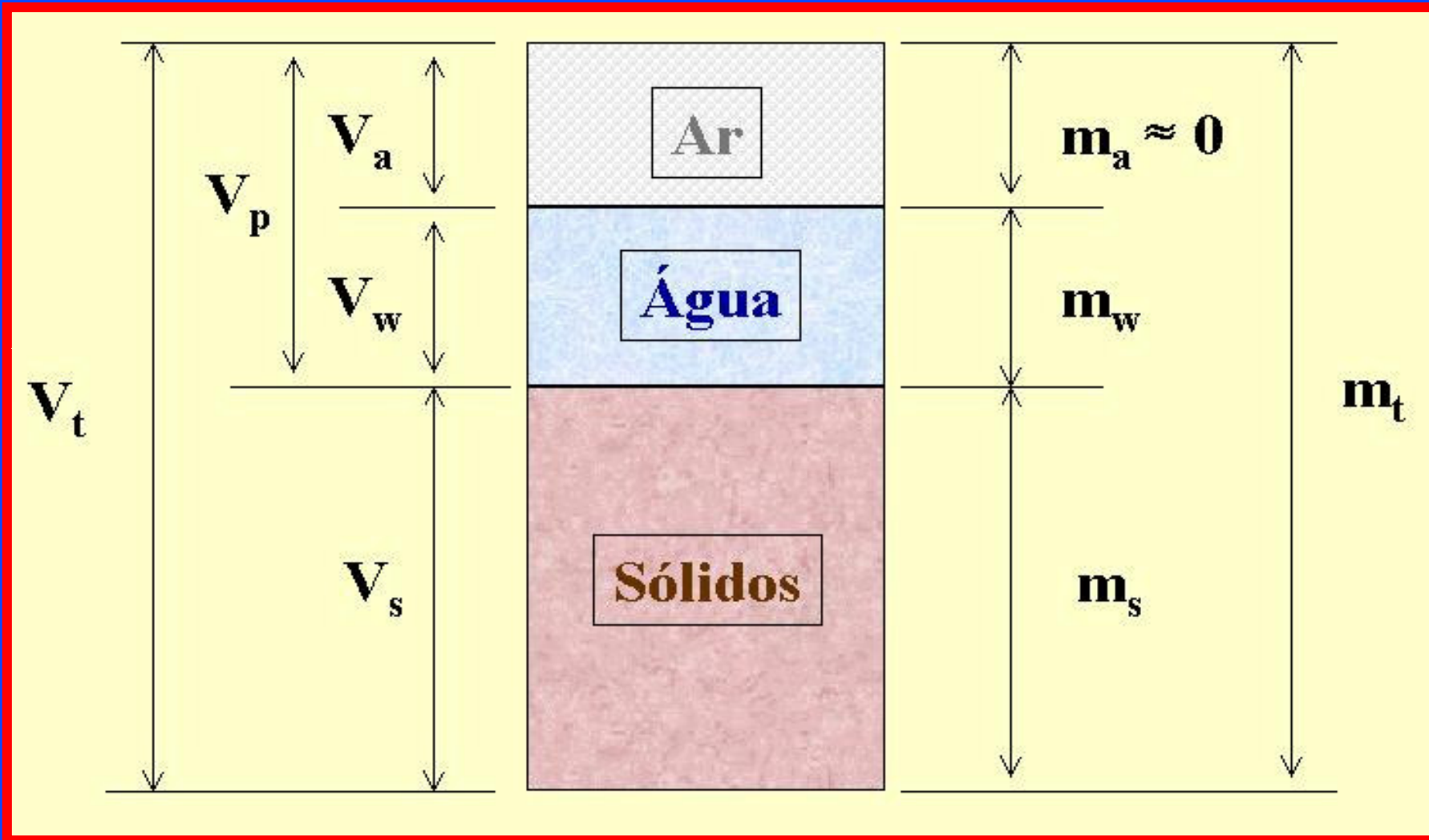


# ESTRUTURA DO SOLO

- Altamente dinâmica, varia muito no tempo, em resposta a mudanças nas condições naturais ou nas práticas de manejo do solo.
- Na superfície, a estrutura é afetada pelo preparo do solo e nos horizontes mais profundos, ela é típica para cada solo.
- Boa estrutura melhora a permeabilidade do solo à água, dá melhores condições de aeração e penetração de raízes.
- Solo sem estrutura é massivo, pesado para ser trabalhado, com problemas de penetração de água e de raízes.



# RELAÇÕES MASSA-VOLUME



# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

## ■ DENSIDADE DAS PARTÍCULAS

$$d_p = \frac{M_s}{V_s} \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$$

- Pequena variação entre os solos
- Valor médio: 2,65 g cm<sup>-3</sup>

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

## ■ DENSIDADE GLOBAL

$$d_g = \frac{M_s}{V_t} \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$$

- Bastante variável dada a sua dependência da textura, estrutura e grau de compactidade
  - Solos arenosos  $\Rightarrow$  1,3 - 1,8 g cm<sup>-3</sup>
  - Solos argilosos  $\Rightarrow$  1,1 - 1,5 g cm<sup>-3</sup>

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

## ■ POROSIDADE

$$\alpha = \frac{V_{poros}}{V_t} = \frac{V_w + V_a}{V_t}$$

$$\alpha = \frac{V_t - V_s}{V_t}$$

$$\alpha = \left(1 - \frac{d_g}{d_p}\right) 100$$

- **Maior porosidade indica maior capacidade do solo em armazenar água.**
- **A porosidade total ou volume total de poros não dá indicação da distribuição de tamanho de poros.**

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

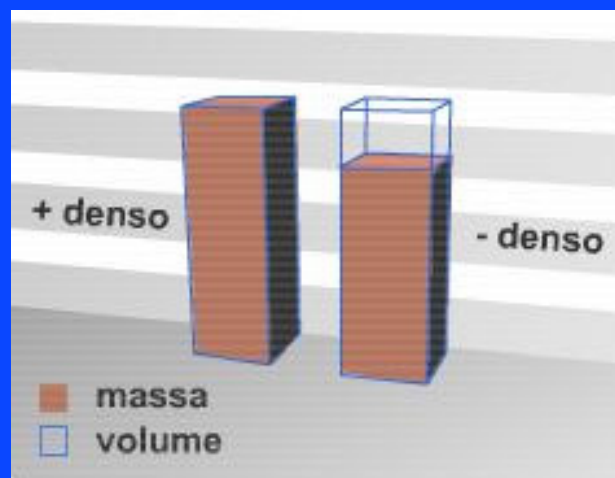
## ■ DENSIDADE GLOBAL E POROSIDADE

Classe Textural	$d_g$ (g cm <sup>-3</sup> )	$\alpha$ (%)
Argila	1,00 – 1,25	61,5 – 52,8
Franco	1,25 – 1,40	52,8 – 47,2
Areia	1,40 – 1,80	47,2 – 32,1

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

Determinação da densidade

Amostra Indeformada.avi.avi





# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

## ■ UMIDADE

- Umidade à base de massa ou gravimétrica (U):  
é quantidade de água que contém o solo em  
relação a massa de solo seco.

$$U = \frac{M_w}{M_s} (g\ g^{-1}, \%)$$

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

## ■ UMIDADE

- Umidade à base de volume ou volumétrica ( $\theta$ ): é a porcentagem de água que contém o solo com relação ao volume de solo

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} (\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}, \%)$$

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

## ■ UMIDADE

### ■ Umidade à base de volume

$$d_g = \frac{M_s}{V_t} \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$$

$$V_t = \frac{M_s}{d_g}$$

$$\theta = \frac{V_w}{\frac{M_s}{d_g}} = V_w \frac{d_g}{M_s}$$

$$\theta = \frac{M_w}{M_s} d_g$$

$$\theta = U d_g$$

# RELAÇÕES MASSA-VOLUME

- **POROSIDADE LIVRE DA ÁGUA:** Refere-se ao espaço poroso total que é ocupado pelo ar Também chamado de porosidade drenável.

$$\alpha' = \alpha - \theta$$

- **GRAU DE SATURAÇÃO:** Refere-se quanto em relação ao espaço poroso total é ocupado pela água.

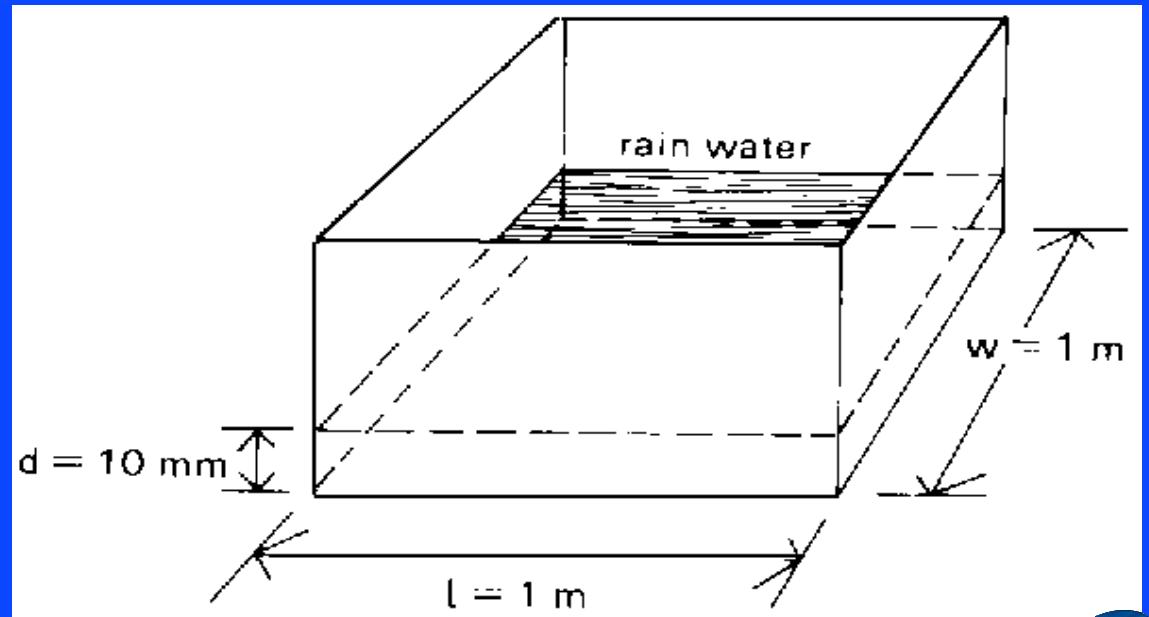
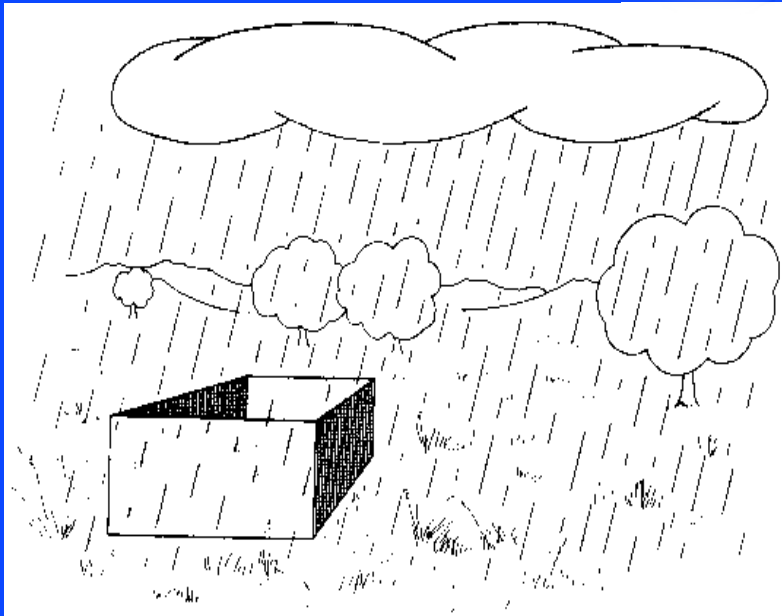
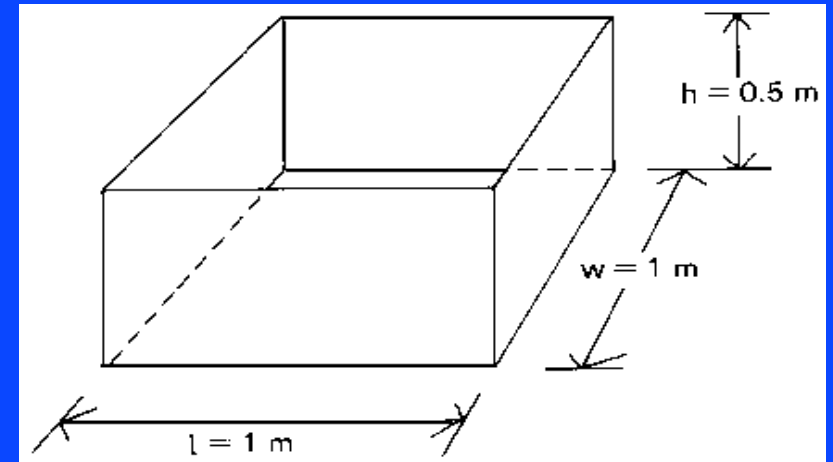
$$S = \frac{\theta}{\alpha}$$

# CICLO DA ÁGUA NA AGRICULTURA



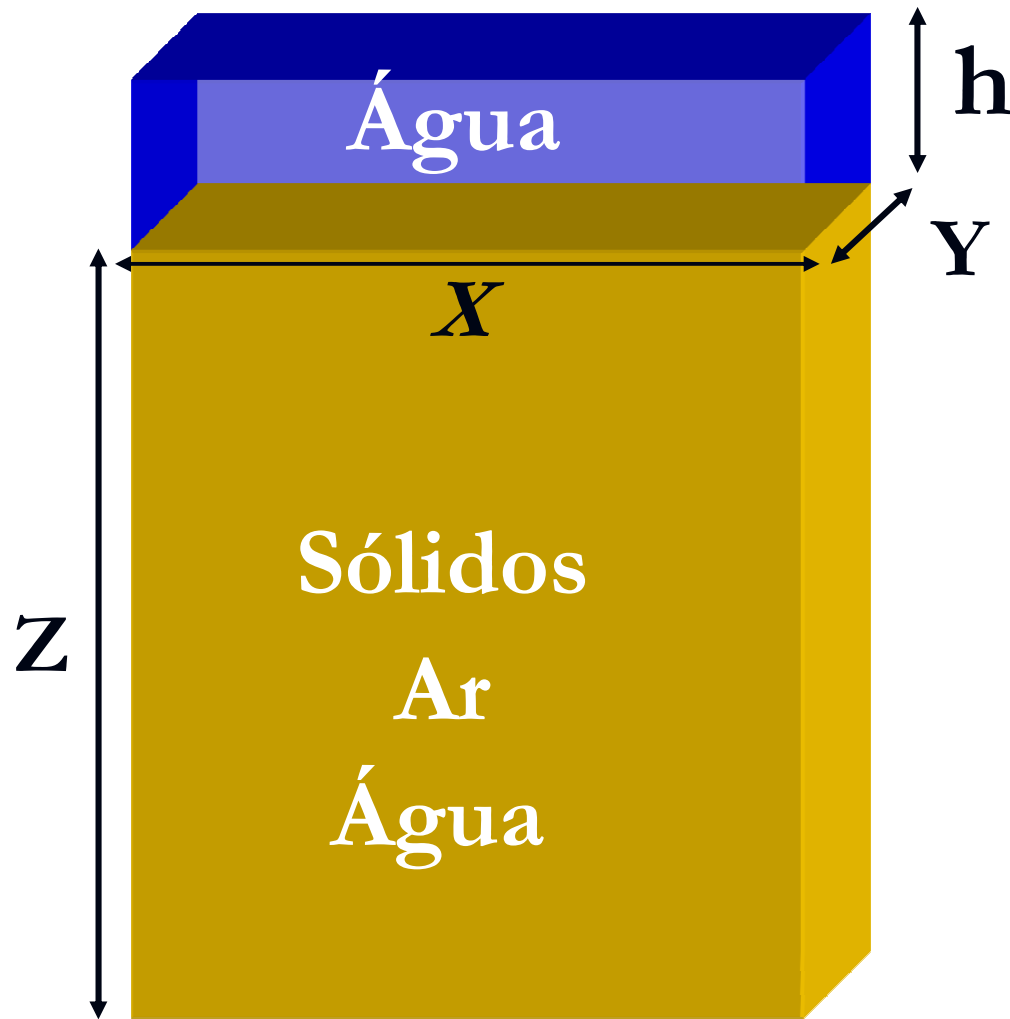
# ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

- É dada por sua umidade e pode ser medida por uma “altura de água”.





# ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

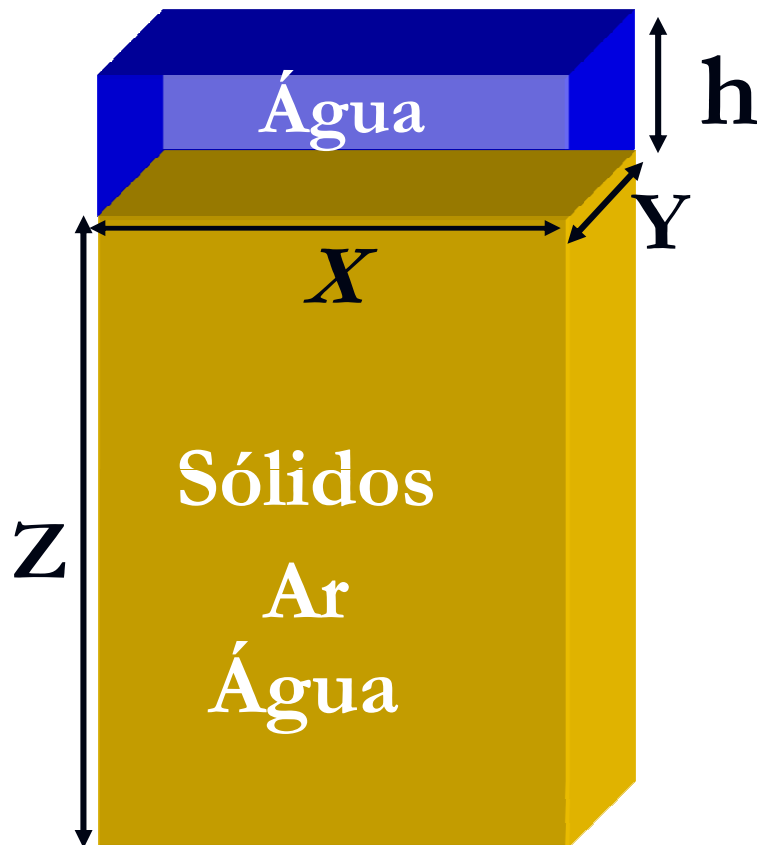


$$V_t = x y z$$

$$V_w = x y h$$

$$\theta = ?$$

# ARMAZENAMENTO DE ÁGUA



$$V_t = x y z \quad V_w = x y h$$

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{x y h}{x y z} = \frac{h}{z}$$

$$h = \theta z$$

Como o solo é um reservatório, quanto maior a profundidade ( $Z$ ) maior a quantidade de água armazenada ( $h$ ).

# ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

- A quantidade de água que se deve adicionar ao solo ( $\Delta h$ ) para elevar sua umidade de  $\theta_i$  a  $\theta_f$ , será:

$$\Delta h = h_{final} - h_{inicial}$$

$$\Delta h = z (\theta_f - \theta_i)$$

- É possível estimar a altura de água consumida pela cultura ou a variação de umidade no perfil do solo.

# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO PARA AS PLANTAS

- **SATURAÇÃO:** Um solo está saturado quando todos os seus poros estão ocupados pela água.
- **CAPACIDADE DE CAMPO:** A água ocupa e está retida nos poros pequenos do solo e o ar ocupa grande parte do espaço dos poros maiores. É o limite superior de umidade.

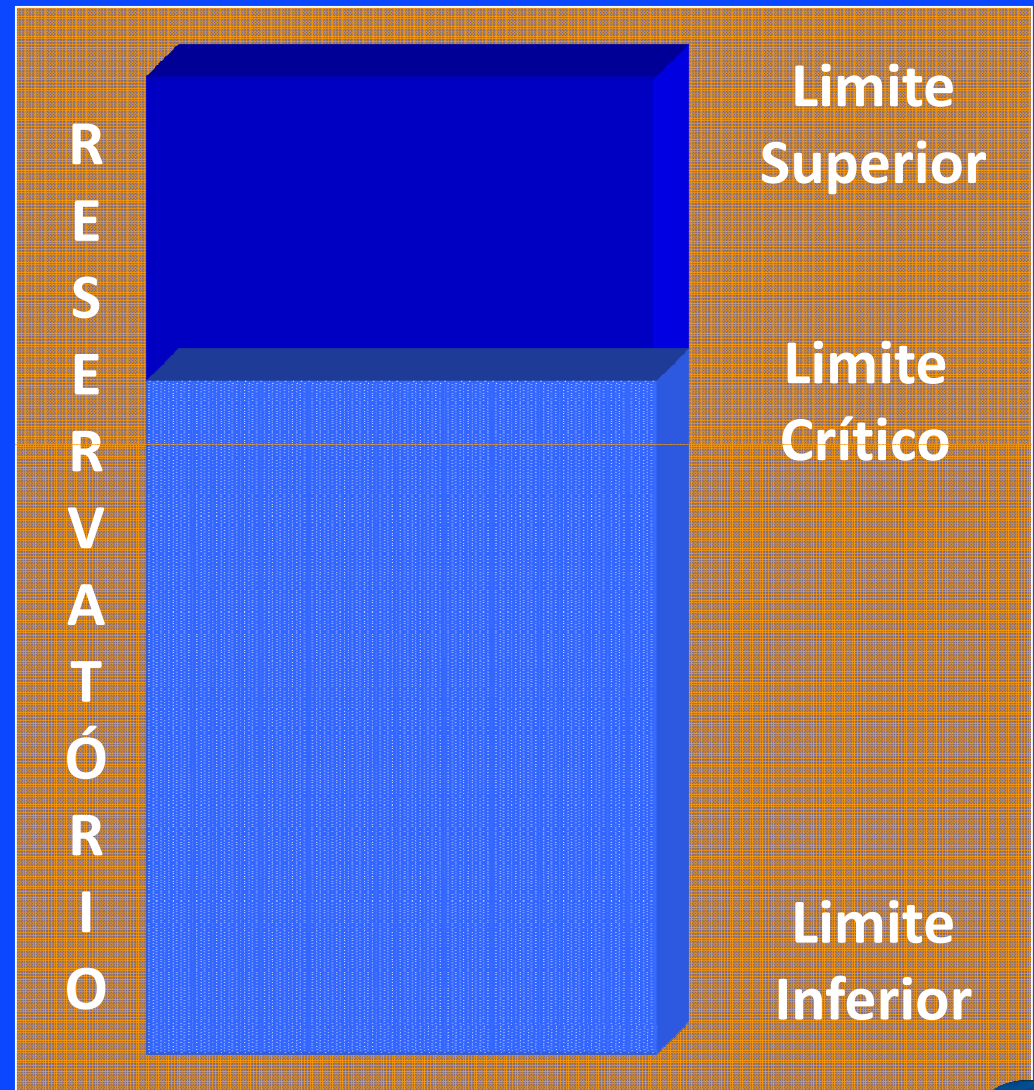
*A quantidade de água que pode reter um solo à capacidade de campo depende da quantidade de microporos  $\Rightarrow$  textura.*

- Energia de retenção de água na CC =  $-1/3\text{atm}$ .

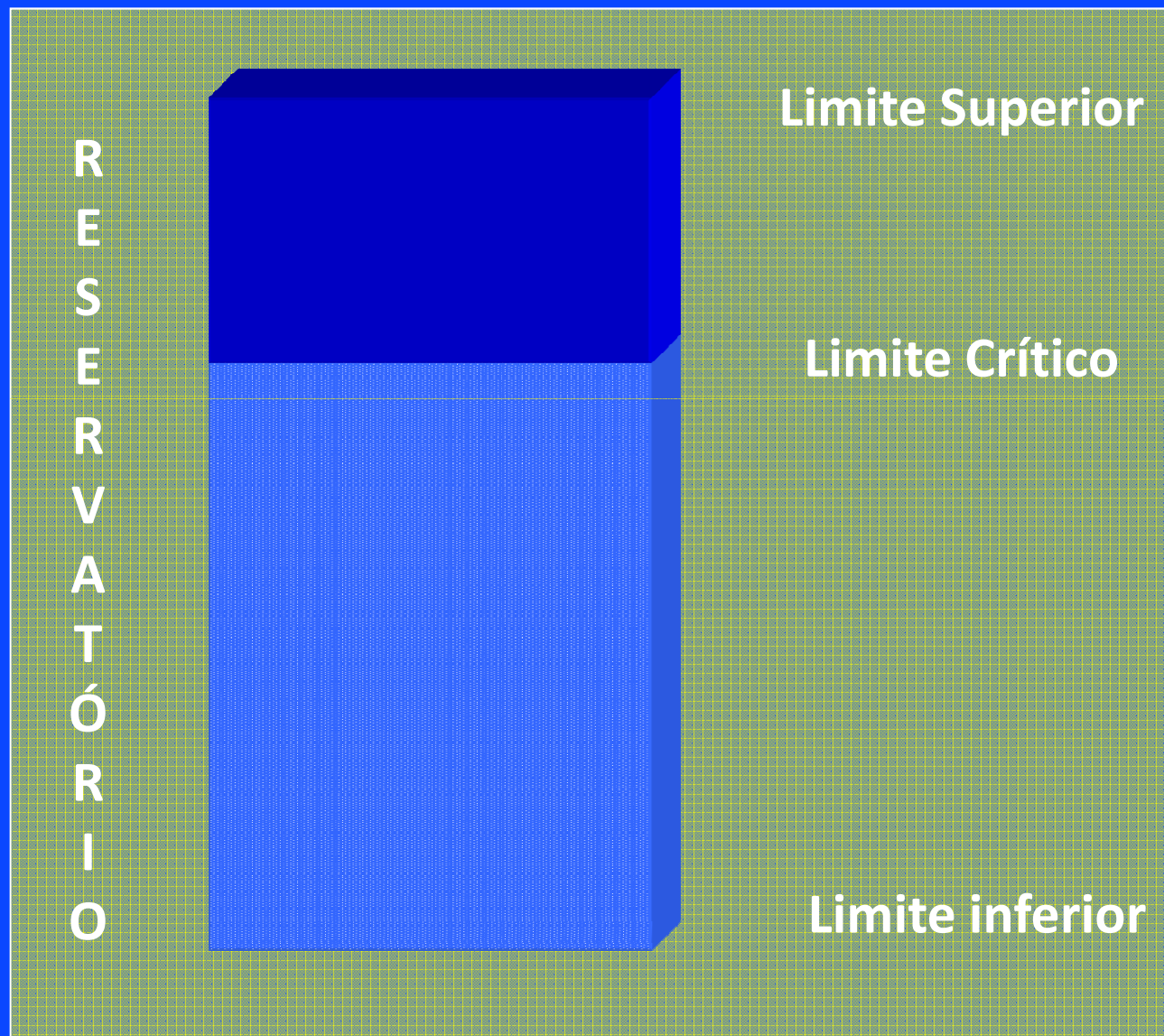
# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO PARA AS PLANTAS

## LIMITES DE UMIDADE

- **CAPACIDADE DE CAMPO:**  
Marca o limite superior de água no solo, prontamente disponível às plantas
- **PONTO DE MURCHA:**  
Marca o limite inferior de aproveitamento da água do solo pelas plantas.



# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO PARA AS PLANTAS





# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO PARA AS PLANTAS

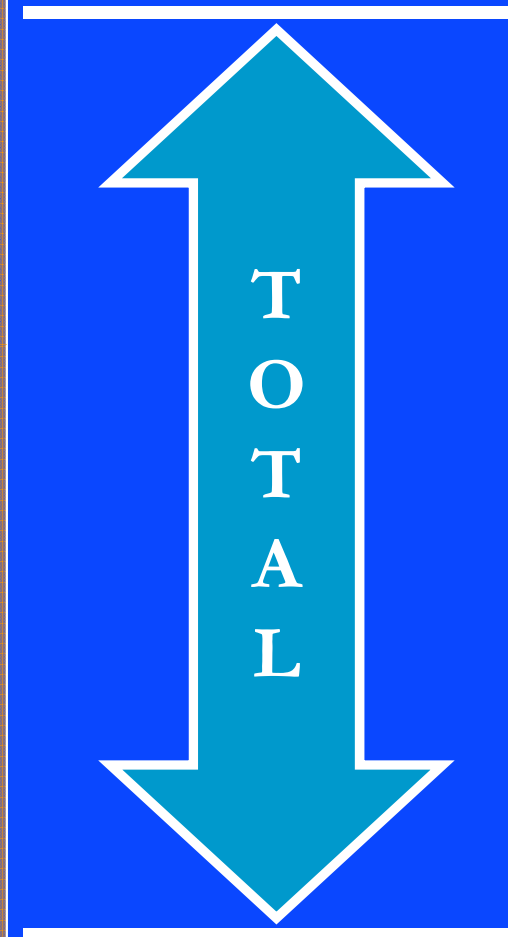
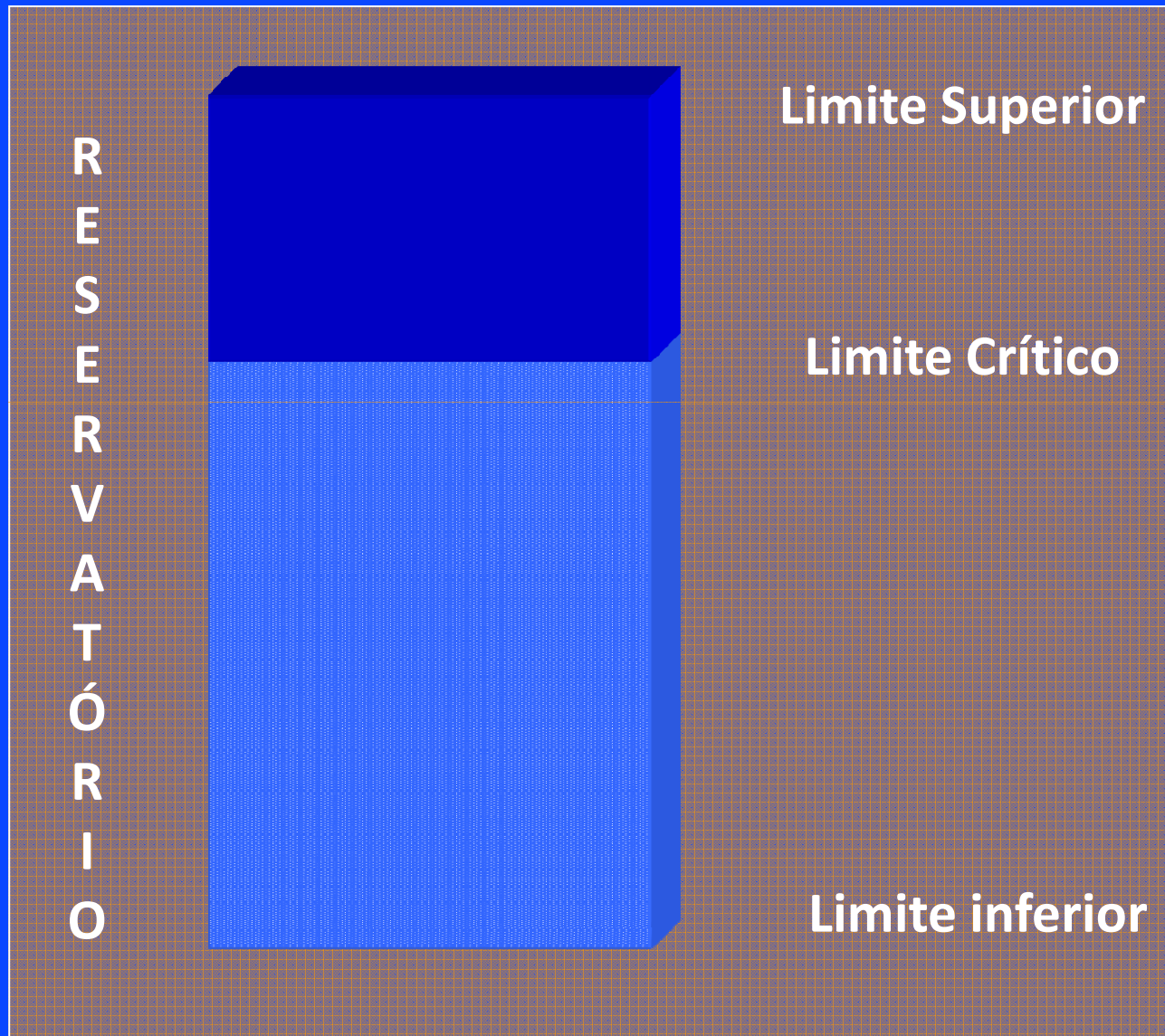
- CAPACIDADE DE CAMPO:

Marca o limite superior de água no solo, prontamente disponível às plantas ([CC.avi](#))

- PONTO DE MURCHA:

Marca o limite inferior de aproveitamento da água do solo pelas plantas ([PMP.avi](#))

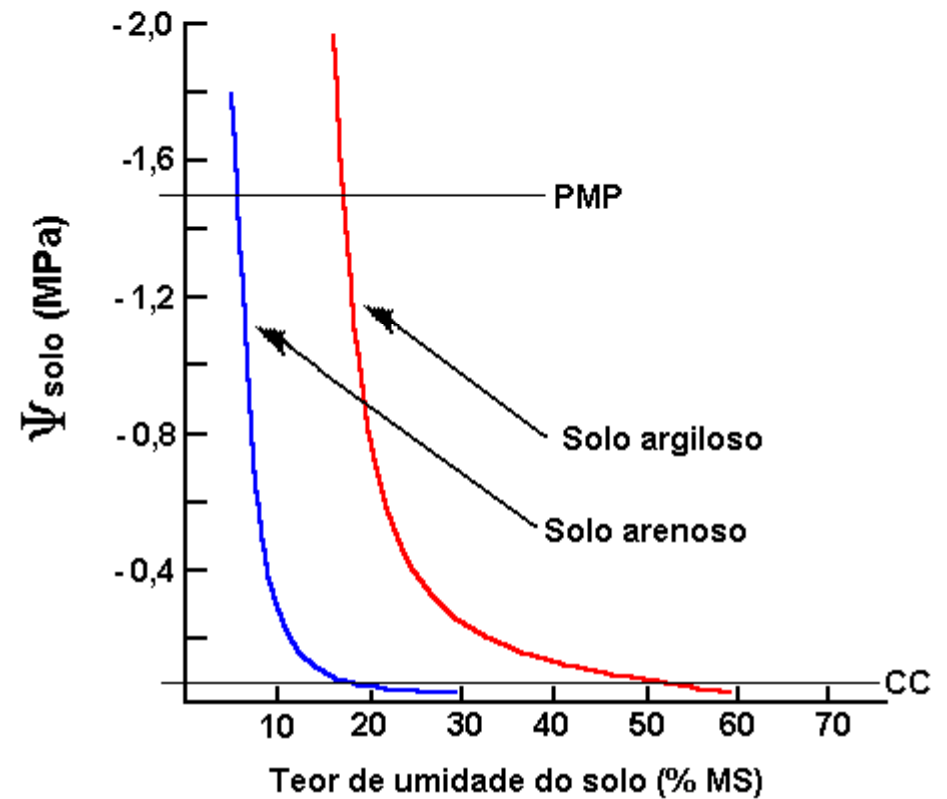
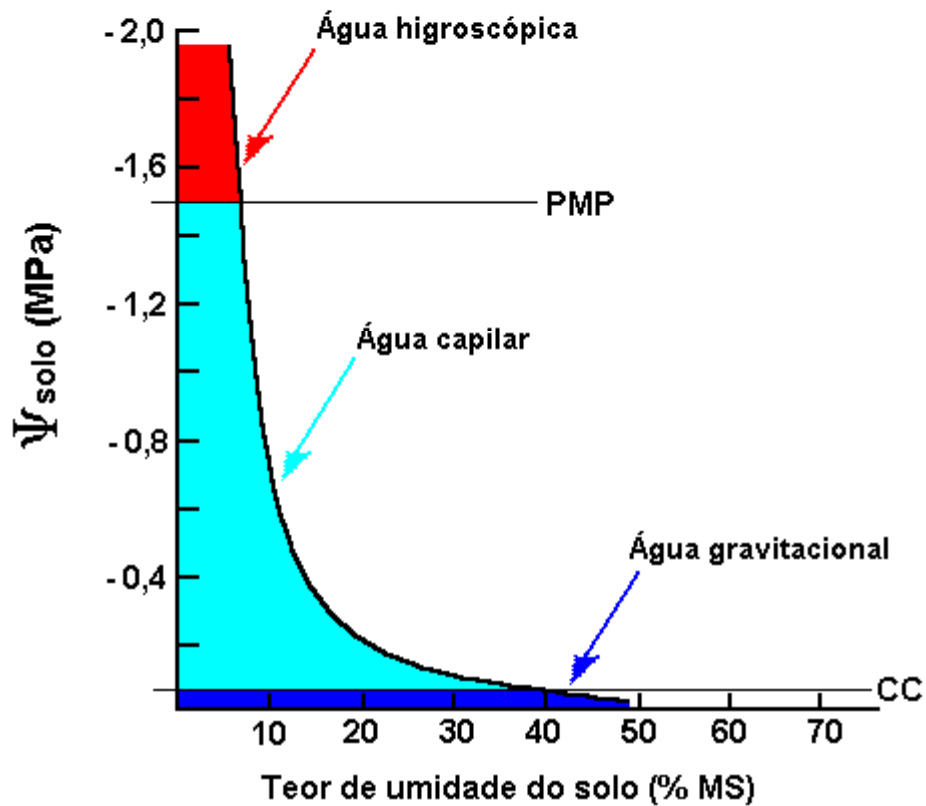
# DISPONIBILIDADE DE ÁGUA (LIMITES DE UMIDADE)



# ÁGUA DISPONÍVEL

- Considerando os conceitos de capacidade de campo e ponto de murcha e, principalmente, entendendo ser o solo um reservatório de água para as plantas, pode-se expressar a quantidade de água disponível para uma dada profundidade corresponde à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.

# ÁGUA DISPONÍVEL



# DISPONIBILIDADE TOTAL DE ÁGUA (DTA)

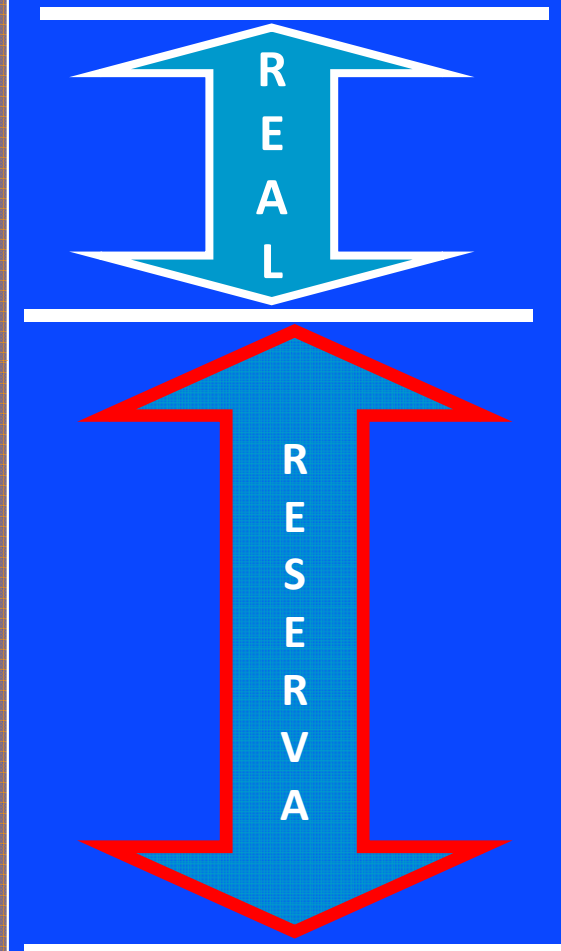
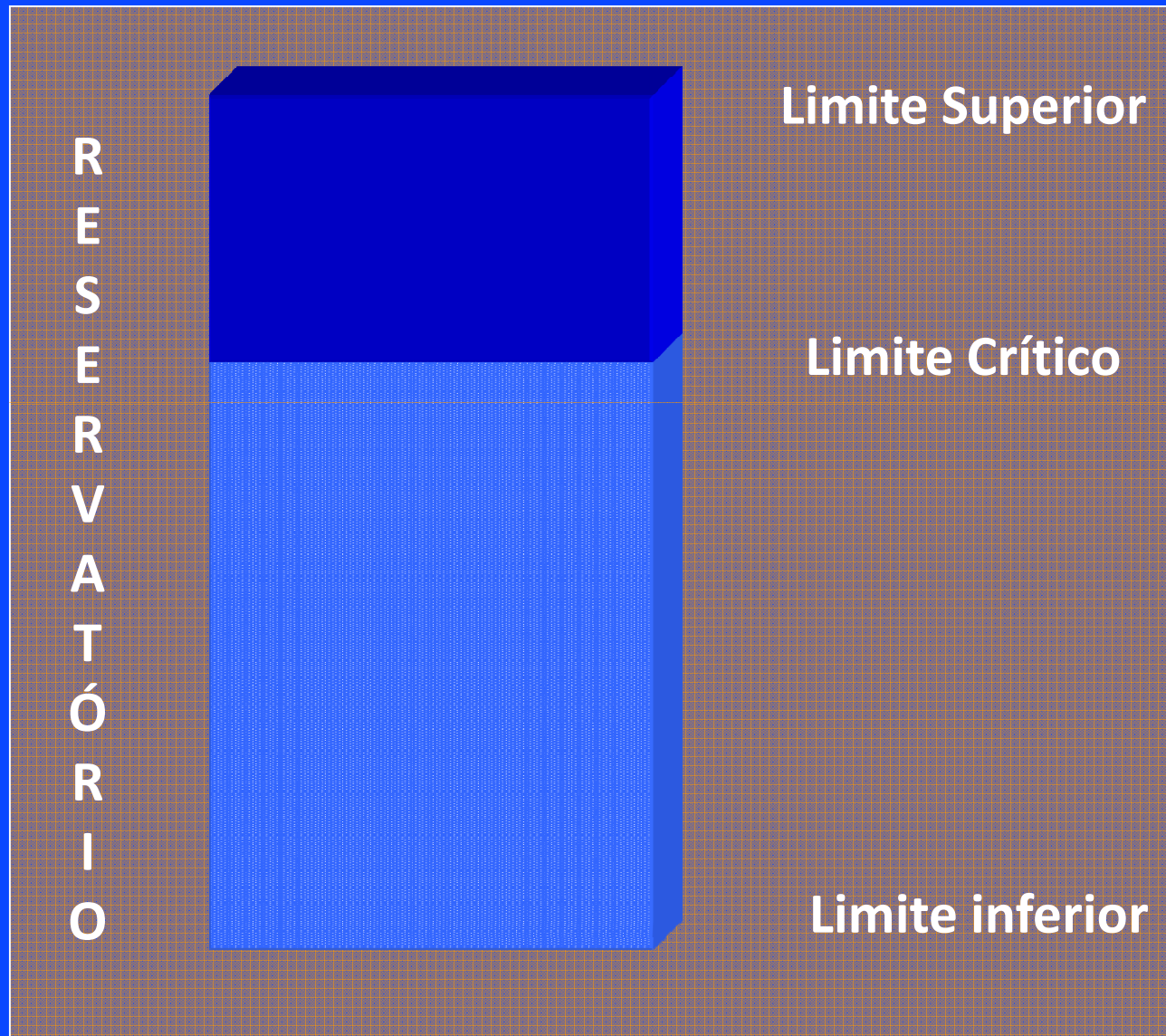
- Água disponível (AD), quantidade de água que o solo pode armazenar, entre CC e PM, na camada de solo explorada pelas raízes da cultura (Z).

$$DTA = (\theta_{cc} - \theta_{pm}) Z$$

em que:

- DTA – disponibilidade total de água, Cm;
- $\theta_{cc}$  – umidade do solo à capacidade de campo,  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ;
- $\theta_{pm}$  – umidade do solo ao ponto de murcha,  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ;
- Z - profundidade efetiva do sistema radicular, cm

# DISPONIBILIDADE REAL DE ÁGUA (DRA)



# DISPONIBILIDADE REAL DE ÁGUA (DRA)

- Corresponde a uma reserva de água disponível que pode ser consumida sem que as plantas exerçam esforço excessivo, sem que se configure déficit hídrico capaz de afetar a produção.

$$DRA = f DTA = f (\theta_{cc} - \theta_{pm}) Z$$

em que:

- DRA – disponibilidade real de água, cm;
- f – fração da disponibilidade total de água que a planta pode utilizar, antes que se configure déficit hídrico,

# DISPONIBILIDADE REAL DE ÁGUA (DRA)

Fator/fração de disponibilidade -  $f$

- A fração de disponibilidade ou de esgotamento de água disponível, depende:
  - tipo de cultura
  - tipo de solo
  - magnitude da demanda evapotranspirométrica da planta (clima).
- Doorenbos e Kassan (1979), valores de “ $f$ ” em função do grupo da cultura e da evapotranspiração máxima diária.



# DISPONIBILIDADE REAL DE ÁGUA (DRA)

Fator/fração de disponibilidade - f

- Grupo 1: cebola, arroz, alho, folhosas;
- Grupo 2: feijão, trigo, ervilha;
- Grupo 3: milho, girassol, tomate, batata;
- Grupo 4: algodão, amendoim, sorgo, soja, cana-de-açúcar.

Grupo de culturas	Evapotranspiração máxima – ETm (mm dia <sup>-1</sup> )								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,42	0,35	0,30	0,25	0,22	0,22	0,20	0,18
2	0,68	0,56	0,48	0,40	0,35	0,32	0,28	0,25	0,22
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,30
4	0,88	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,42	0,40

# BIBLIOGRAFIA CONSULTADA E RECOMENDADA

- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. UFV-Imprensa Universitária, Viçosa-MG. 6 ed. 1995. 657p.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo. Editora Manole Ltda. 1990. 188p.
- KLAR, A. E. A Água no sistema solo-planta-atmosfera, 2 ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408 p.
- REICHARDT, K. ; TIMM, L C . Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 1a. ed. Barueri: Manole, 2004. v. 1. 478 p.