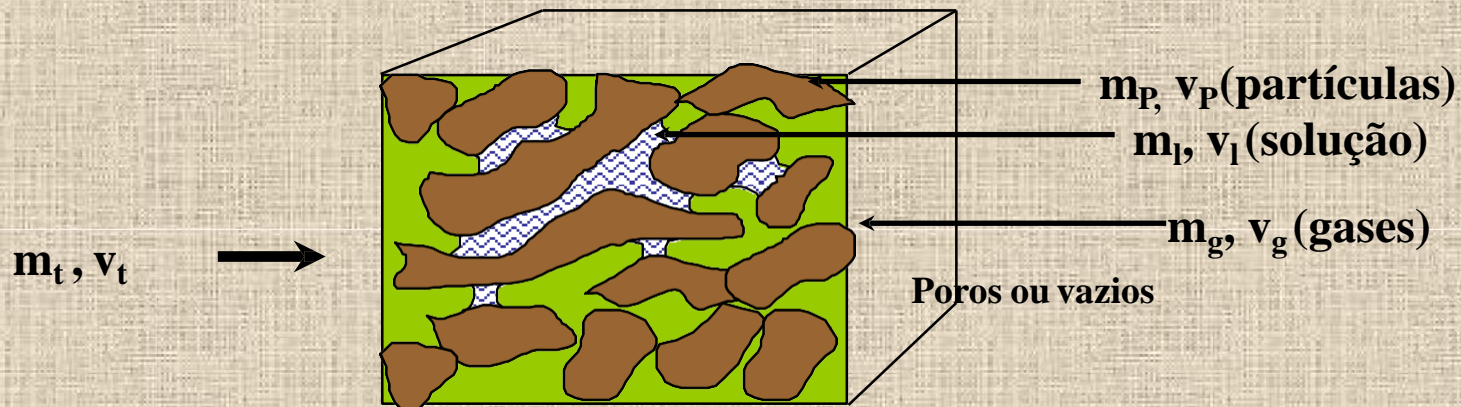


POROSIDADE DO SOLO

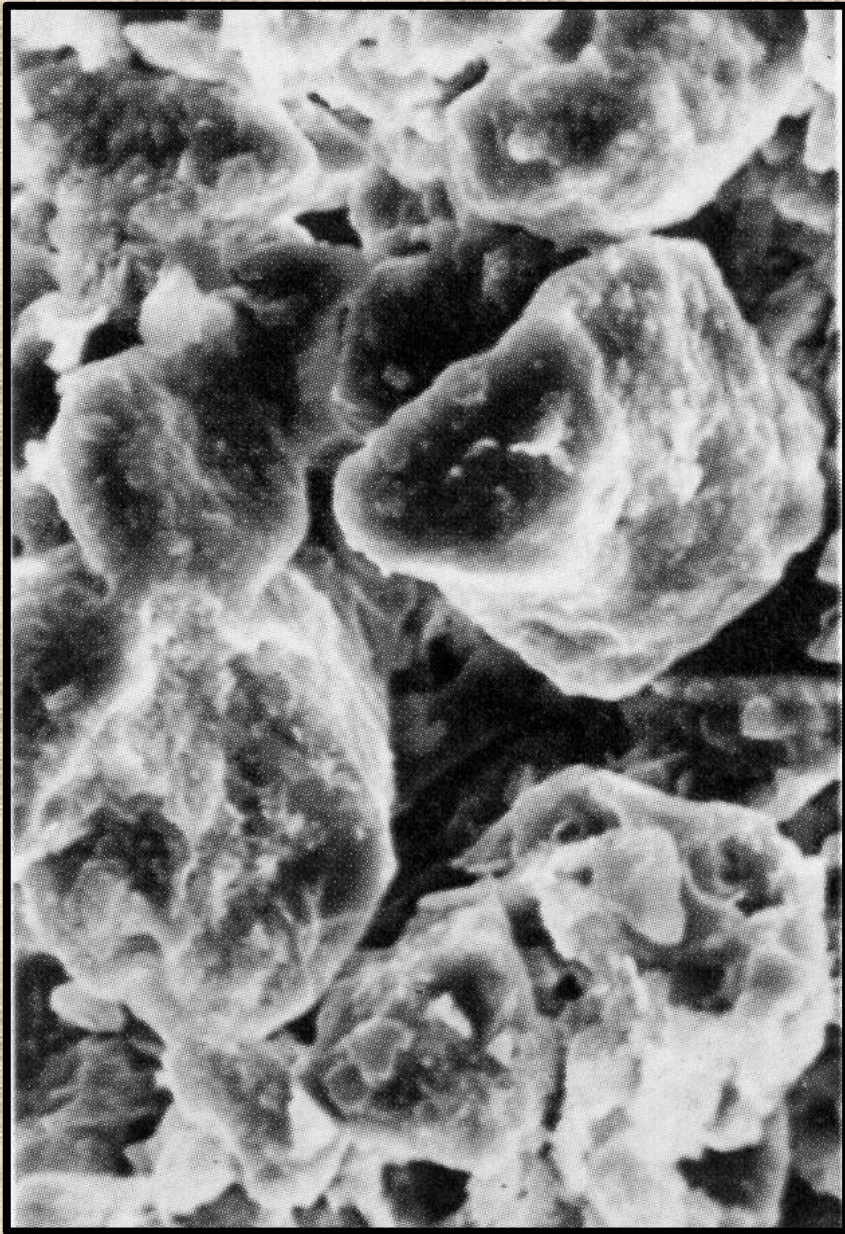
Prof. Rafael Otto

O Espaço Poroso do Solo

- Em função da estrutura, ou arranjo espacial entre as partículas, um dado volume de solo contém, além da fração ou volume de sólidos, uma fração ou volume de vazios ou volume de poros.



$$\text{Porosidade} = v_l + v_g$$



Porosidade em Solo

Vista do microscópio eletrônico do interior de um agregado do solo ($15\text{mm} = 20\mu$)



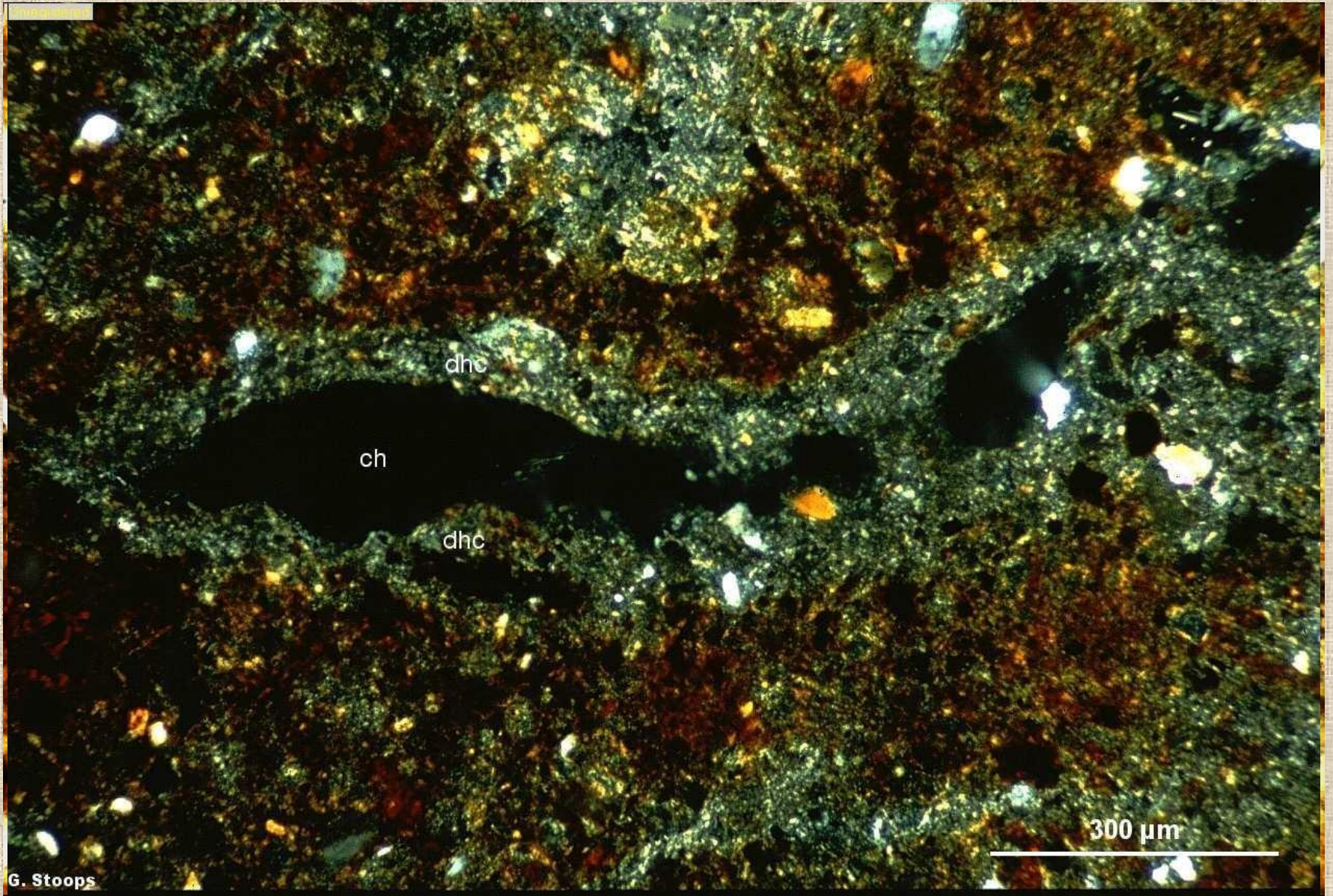
Porosidade em Solo



Meio areno-siltoso
Poros em negro

Poro de origem biológica

Revestimento argiloso



G. Stoops

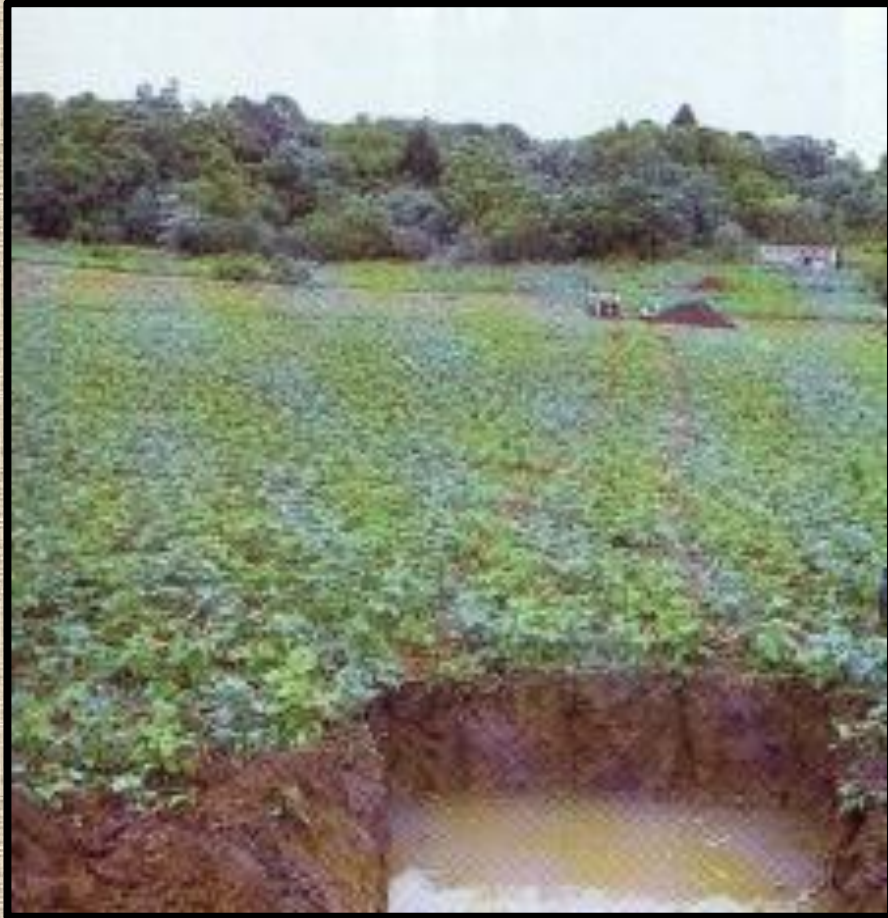
Importância da porosidade do solo

- Retenção, movimento e disponibilidade de água
- Velocidade de secamento do solo
- Aeração (importante para microrg. e raízes)
- Redução ou oxidação de nutrientes (S, N, Fe, Mn)
- Resistência à penetração de raízes
- Compactabilidade dos solos (> em solos argilosos)

AR e ÁGUA nos Poros do Solo

- O **AR** no solo é uma solução gasosa composta principalmente de N_2 , O_2 , vapor d'água, CO_2 e outros gases
- A **ÁGUA** retida no solo é uma solução aquosa de vários eletrólitos (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--} , etc.), denominada “**Solução do Solo**”.
- No solo, há um equilíbrio dinâmico entre a solução do solo e as frações sólida e gasosa.

SOLO SATURADO



Quando todo o volume de poros ou de vazios do solo está preenchido com água, diz-se que o **solo está saturado**.

Condições de ocorrência:

- ✓ Logo após uma chuva intensa.
- ✓ Lençol freático elevado.

SOLO NÃO SATURADO



(Caso mais comum)

Na grande maioria dos casos, o espaço poroso do solo está apenas parcialmente ocupado com ar e parcialmente ocupado com água, quando se diz que o solo está **não saturado ou insaturado.**

Composição Volumétrica do "Solo Ideal"



• **Matéria Mineral- 45%**

• **Matéria Orgânica- 5%**

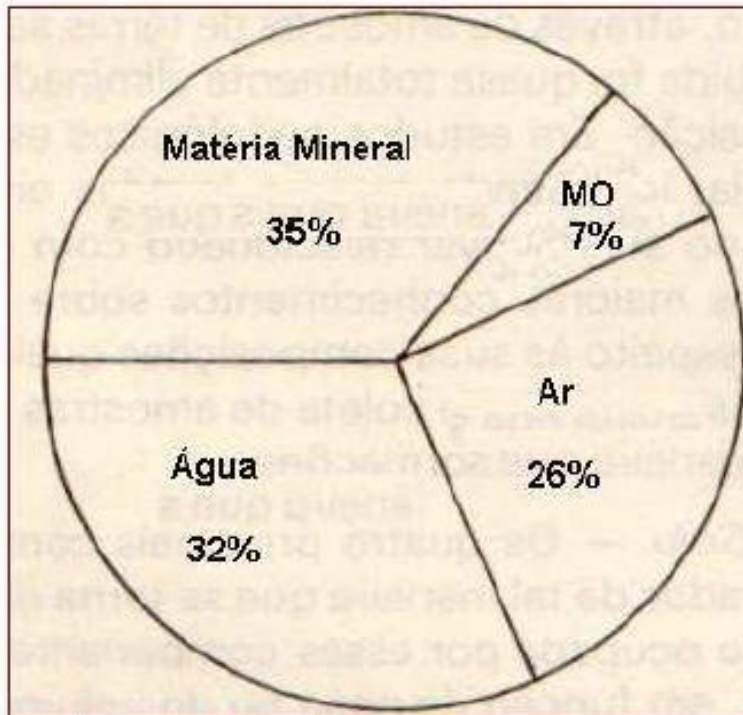
VOLUME DE  SÓLIDOS

ESPAÇO  POROSO

• **Macroporos- 16,5%**

• **Microporos- 33,5%**

Composição Volumétrica de Alguns Solos



LATOSSOLO ROXO
(LATOSSOLO VERMELHO)



PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ORTO
(ARGISSOLO VERMELHO AMARELO)

Valores de Porosidade do Solo

Valores representativos de ρ e α para as principais classes texturais do solo:

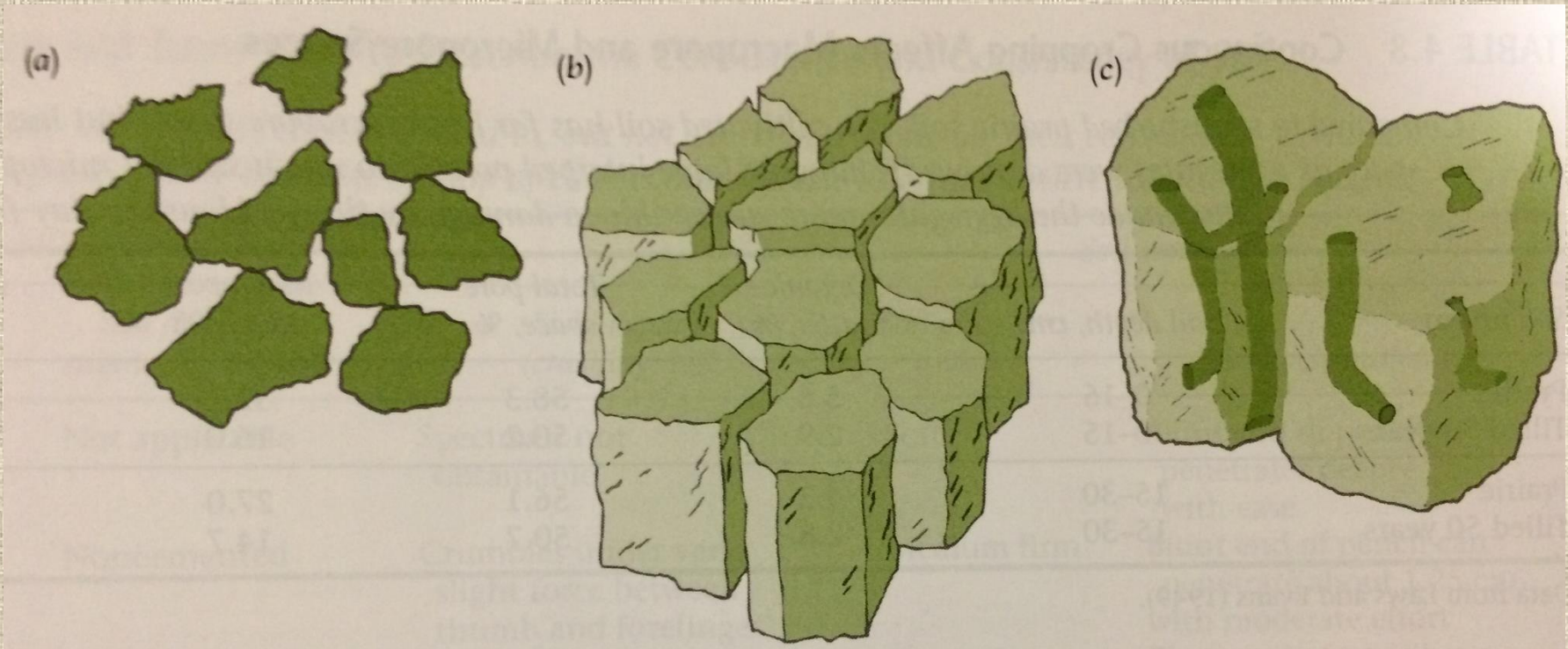
<i>Classe textural</i>	ρ (kg.m ⁻³)	α (%)
argila	1000-1250	61,5-52,8
média	1250-1400	52,8-47,2
areia	1400-1800	47,2-32,1

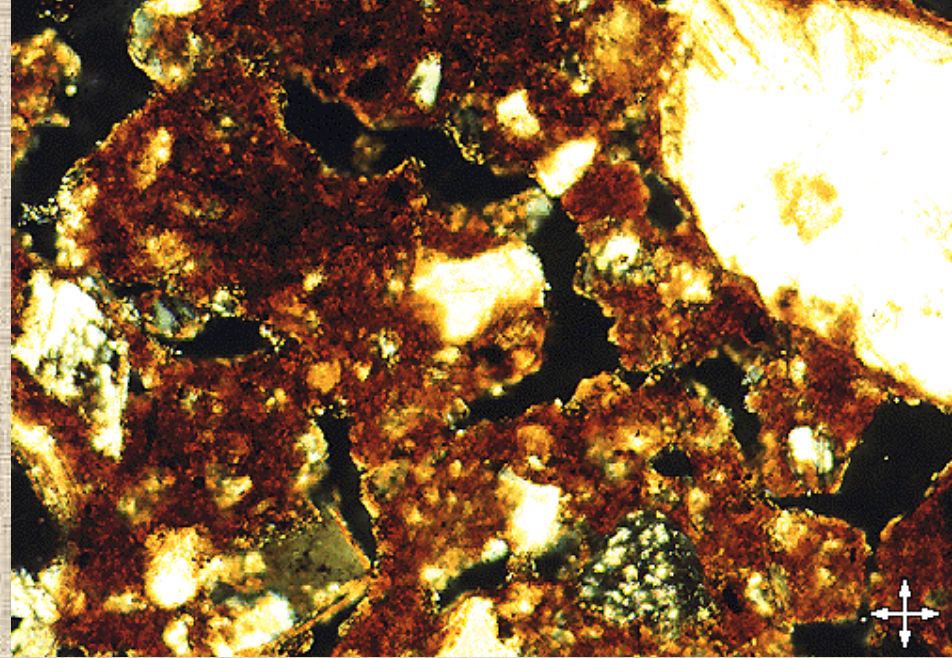
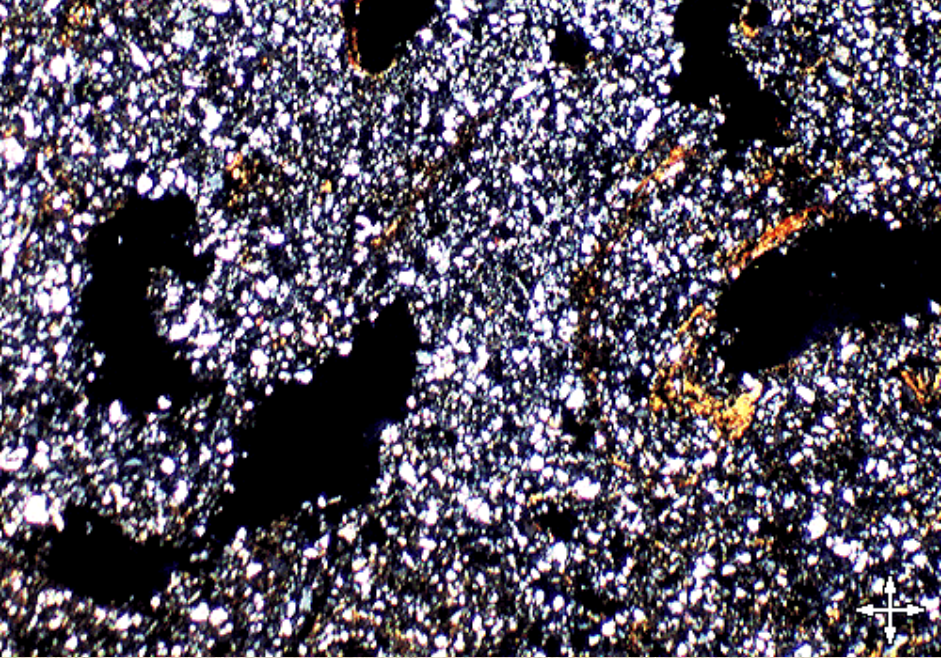
TIPOS DE POROS

**Poros entre
partículas unitárias
(areia, silte e argila)**

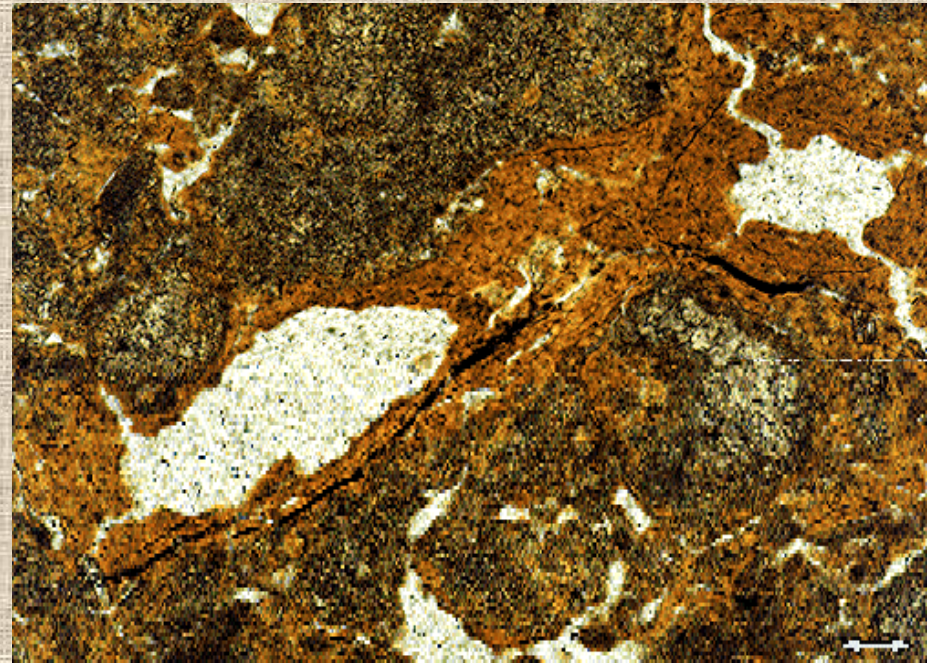
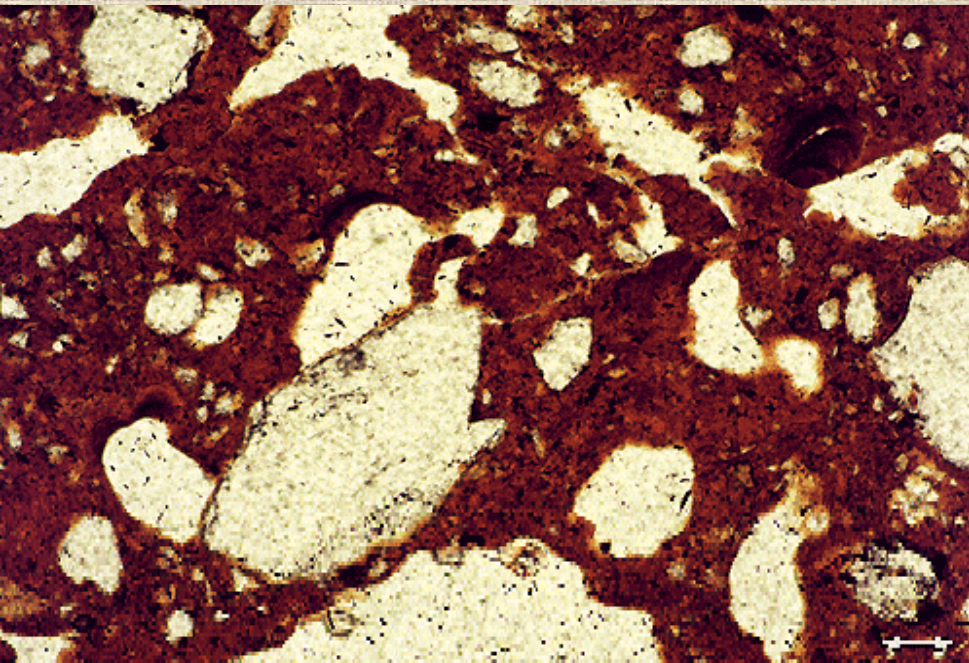
**Poros entre
agregados**

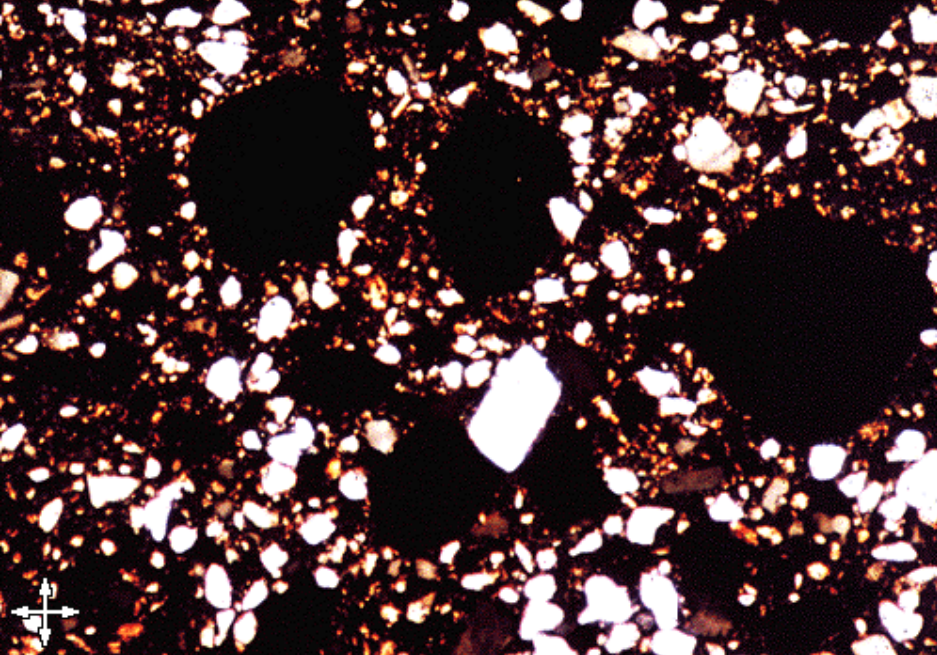
**Bioporos
(microrganismos e
raízes)**



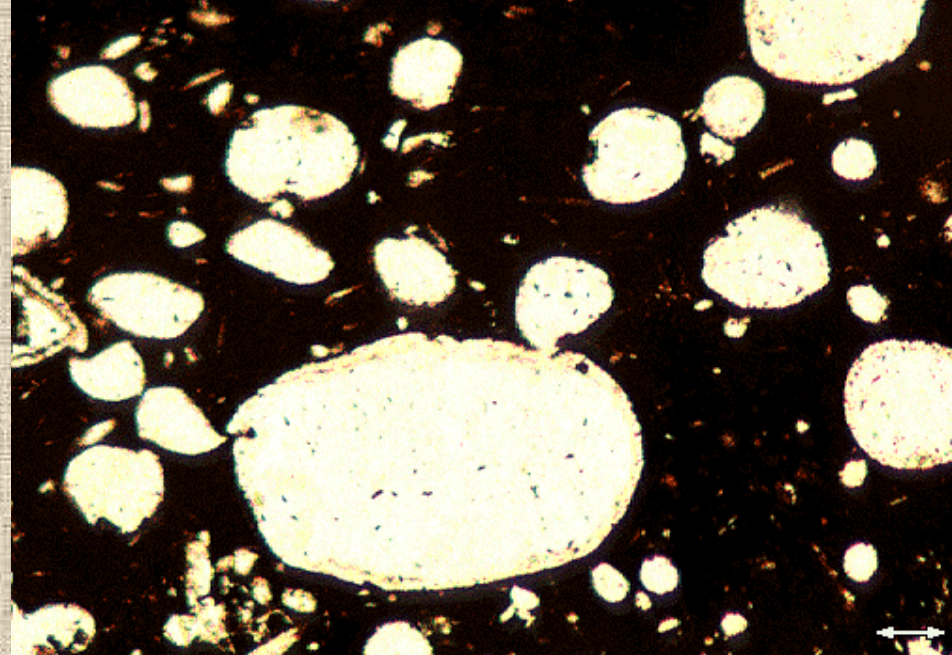


Cavidades



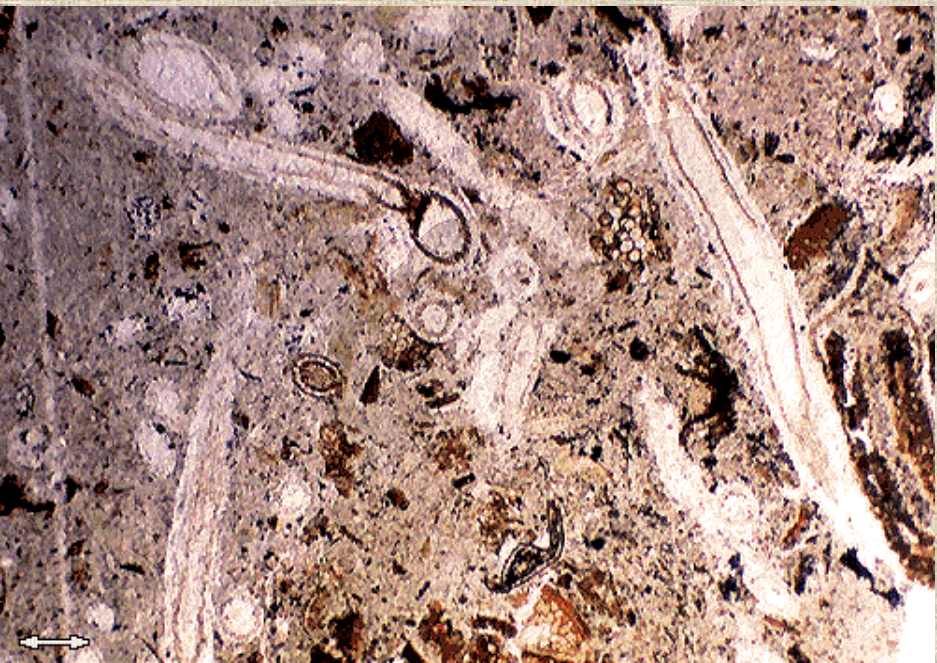


Vesículas

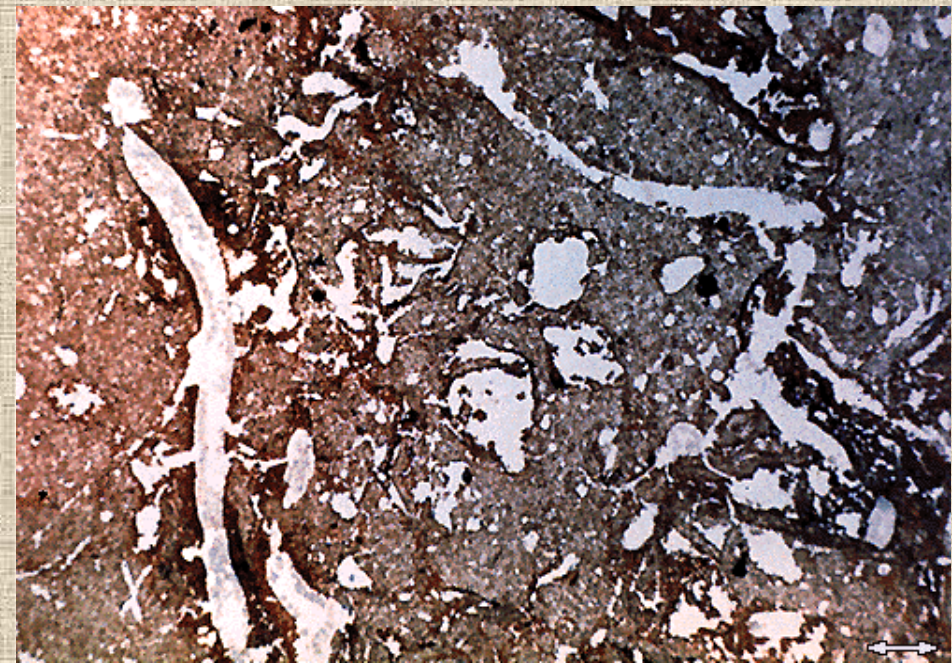


Vesículas

Canais



Canais



Classificação dos poros


Macroporos- com diâmetro maior do que 0,08 mm
Principal função: aeração da matriz do solo e condução da água durante a infiltração. Afetam a aeração e a drenagem

Mesoporos- com diâmetro entre 0,03 e 0,08 mm
Principal função: condução de água durante o processo de redistribuição, isto é, após a infiltração, quando se esvaziam os macroporos

Microporos- com diâmetro menor do que 0,03 mm
Principal função: também chamados poros capilares, atuam na armazenagem de água

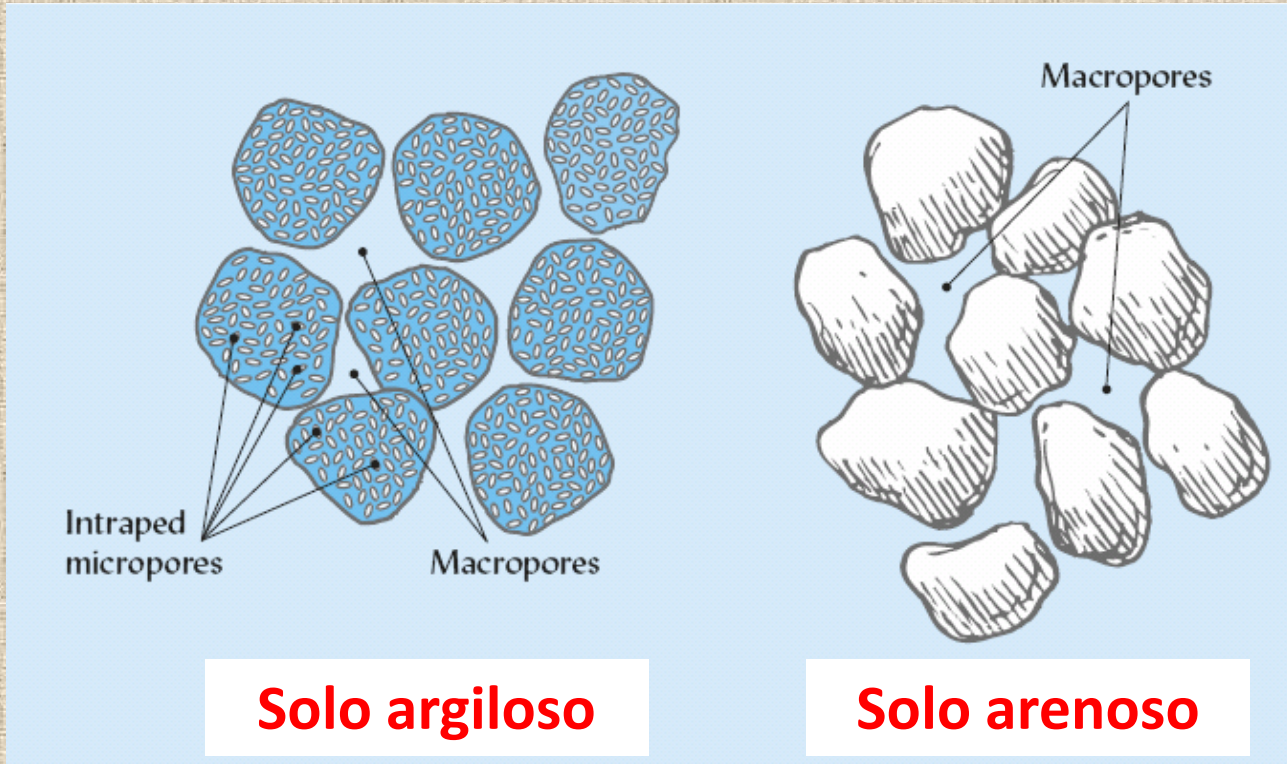
Classificação dos poros

TABELA 1.5 Classificação dos poros do solo e algumas funções de cada classe

<i>Classe simplificada</i>	<i>Classe¹</i>	<i>Diâmetro efetivo, mm</i>	<i>Características e funções</i>
Macroporos	Macroporos	0,08 – 5+	Geralmente encontrados entre unidades estruturais; drenagem da água gravitacional; difusão de gases; tamanho suficiente para acomodar raízes e habitat de certos animais do solo.
Microporos 	Mesoporos	0,03-0,08	Retenção de água; movimento de água por capilaridade; habitat de fungos e raízes mais finas.
	Microporos	0,005-0,03	Geralmente encontrados dentro das unidades estruturais; retenção de água disponível às plantas e habitat da maioria das bactérias.
	Ultramicroporos	0,0001-0,005	Presentes em solos argilosos; retenção de água não disponível às plantas; seu tamanho exclui a maioria dos microrganismos.
	Criptoporos	< 0,0001	Seu tamanho exclui todos os microrganismos e moléculas de maior tamanho.

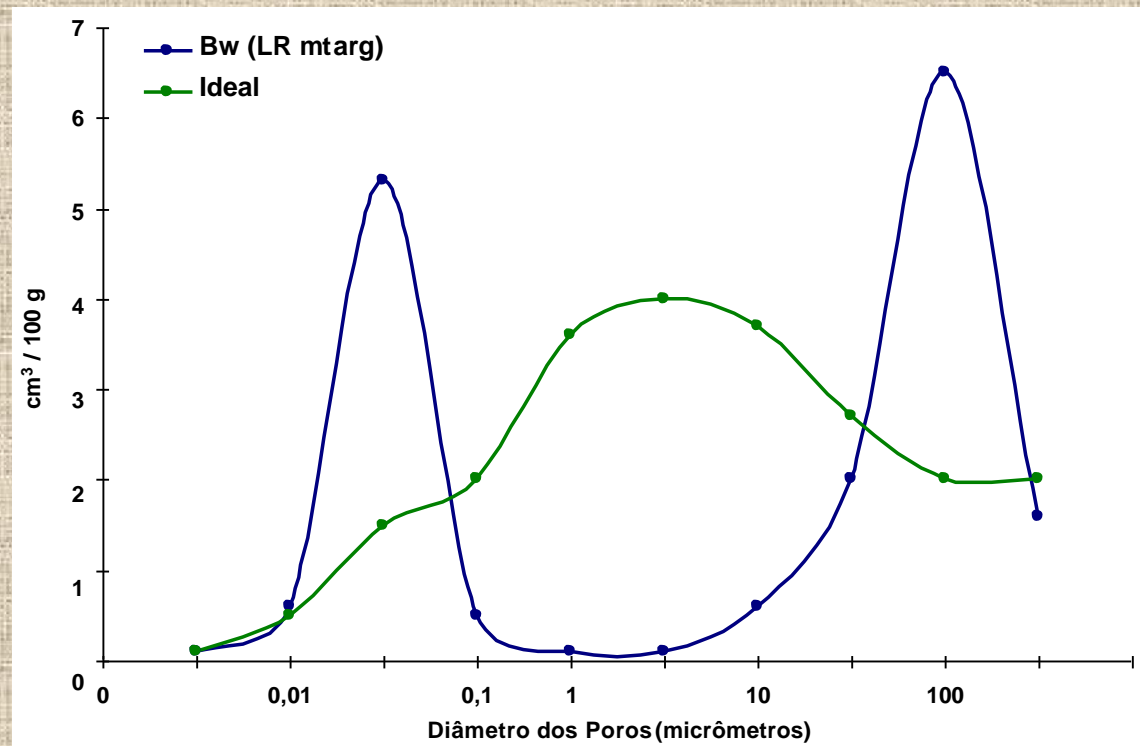
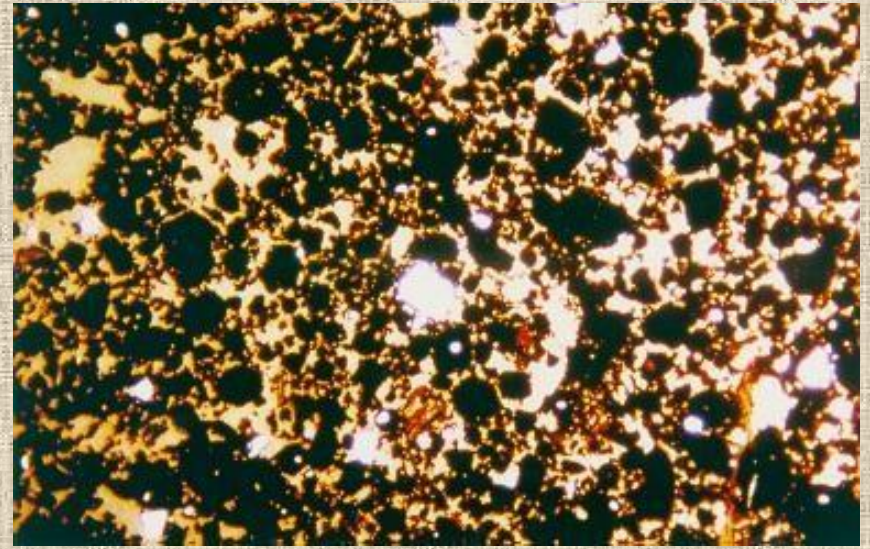
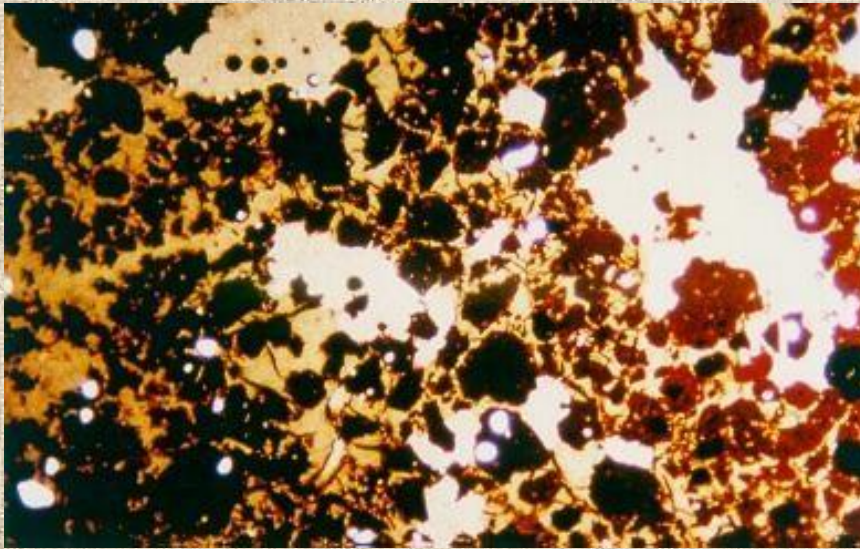
¹Classes e diâmetro de poros, citados por Brewer (1964), Soil Science Society of America (1996).

Macroporos e microporos



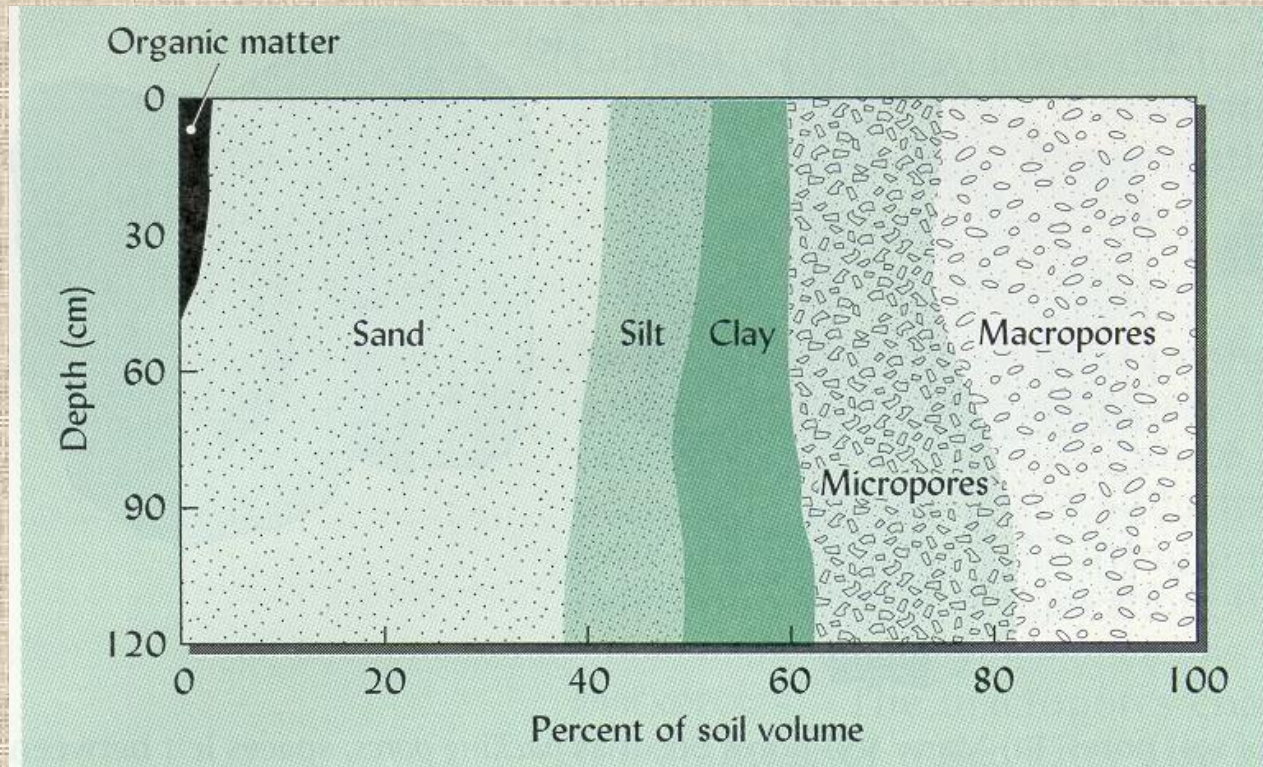
Solo argiloso

Solo arenoso



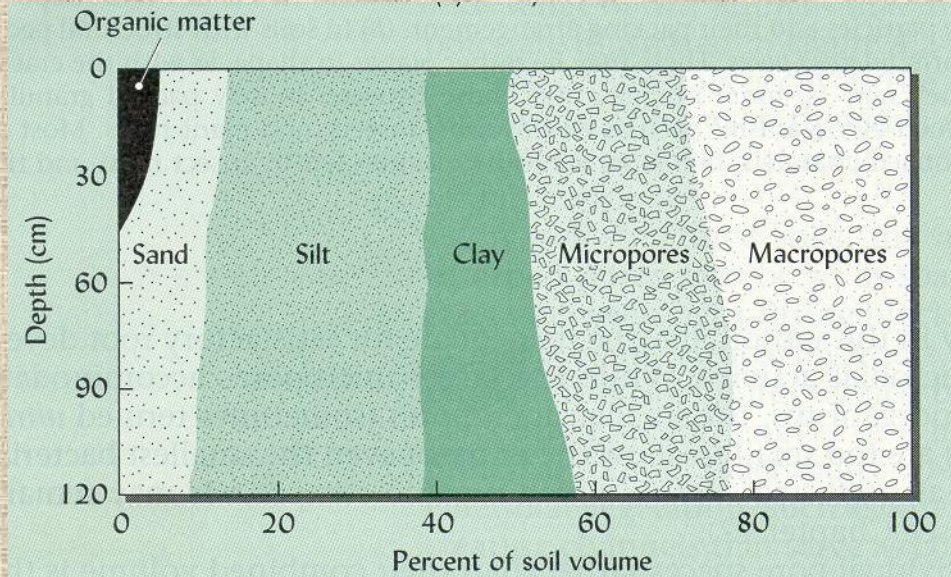
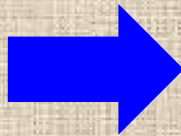
Distribuição dos poros no perfil do solo

Solo de textura média

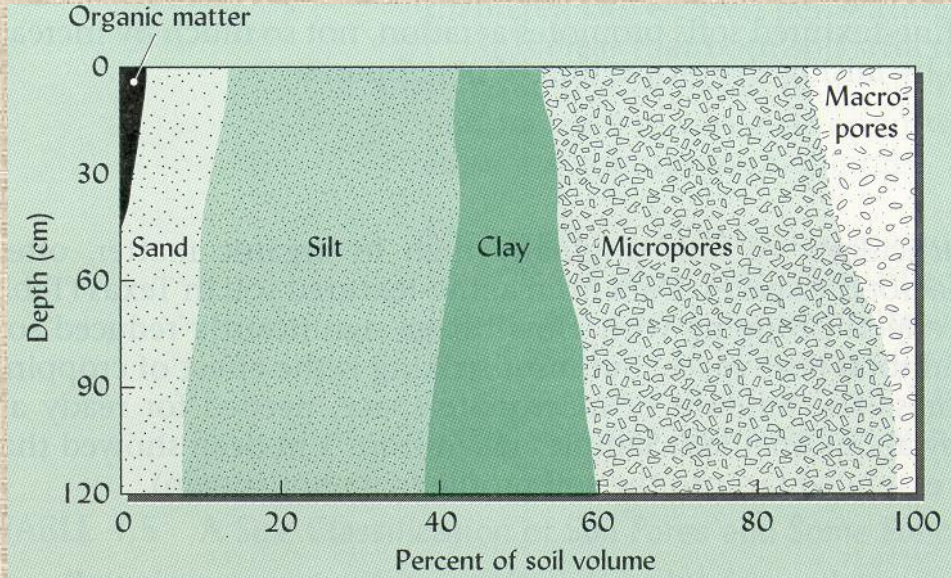


- Diminui M.O. → Diminui macroporos
- Aumenta argila → Aumenta microporos

Solo bem estruturado
(não compactado)



Solo
compactado



- **A Compactação afeta mais a distribuição dos poros do que a porosidade total**
- **Impacto negativo na difusão de oxigênio e crescimento de raízes**
- **Limite crítico para desenvolvimento de raízes:**
 - **Porosidade de aeração ou porosidade livre de água mínima de 10%**

DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE DO SOLO

- 1. Método do cálculo**
- 2. Método da saturação e mesa de tensão
(próxima aula)**
- 3. Métodos por imagem**

1. Método do cálculo

- **Necessário amostra indeformada**
- **Determinação da Densidade do Solo**
- **Determinação da Densidade de Partículas**

Porosidade do Solo (α)

- É um índice que quantifica a fração do volume do solo ocupada pelos poros:

$$\alpha = \frac{V_p}{V} = \frac{V_a + V_{ar}}{V} = \frac{V - V_s}{V} \rightarrow (\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) \quad (6)$$

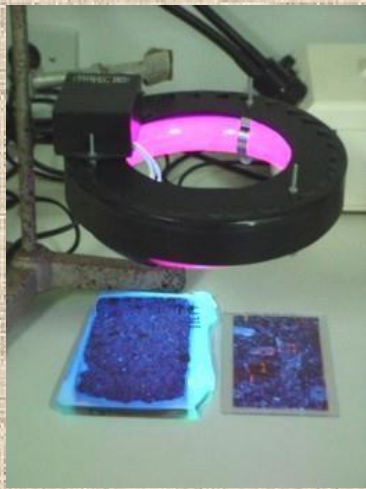
$$\text{Porosidade total (\%)} = 100 - \left\{ \frac{D_s}{D_p} \times 100 \right\}$$

2. Método da saturação e mesa de tensão

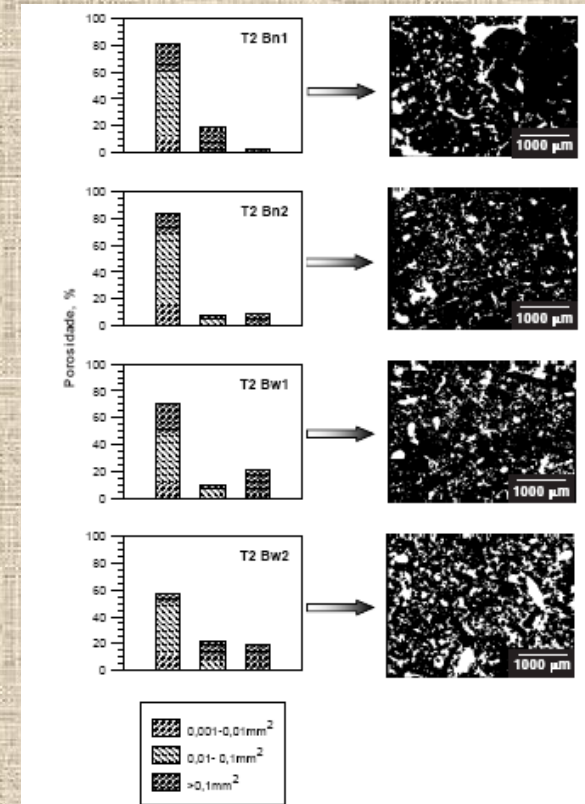
(próxima aula)

3. Métodos por imagem

- **Auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagem**

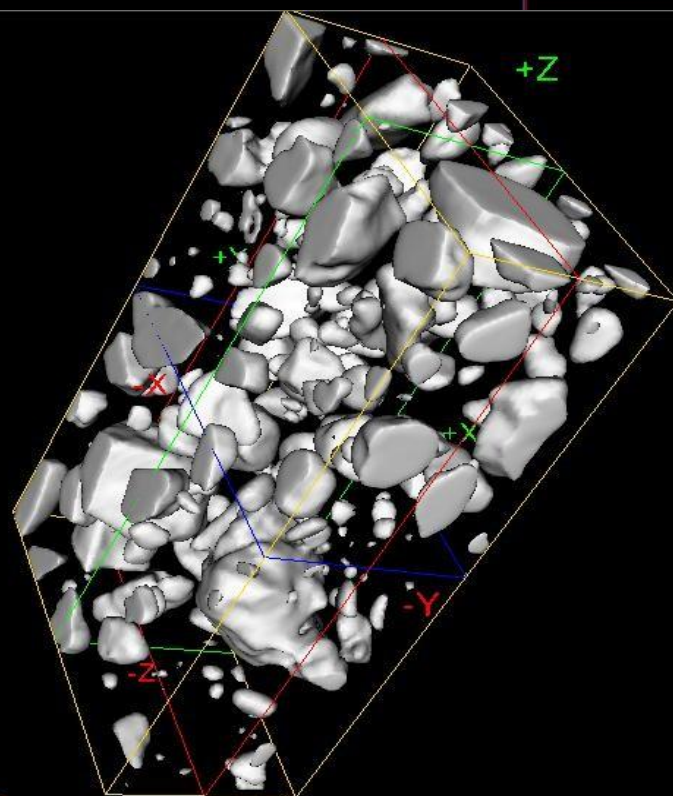
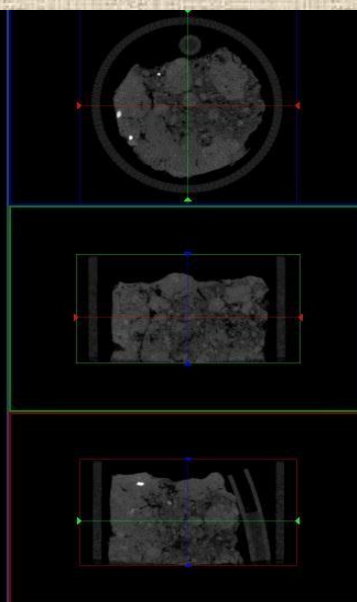
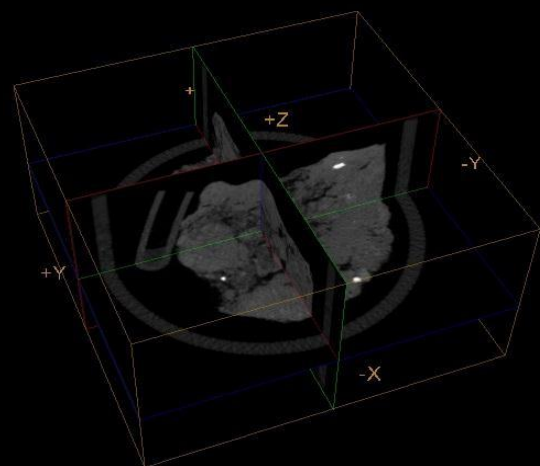


➤ O uso de técnicas de análise de imagens nos estudos **quantitativos** e **qualitativos** de estrutura do solo tem se tornado mais comum, com maior acesso a equipamentos e programas, e maior número de pesquisadores na área (PROTZ et al., 1987; DEEKS et al., 1999, COOPER, 1999, VIANA et al., 2004).

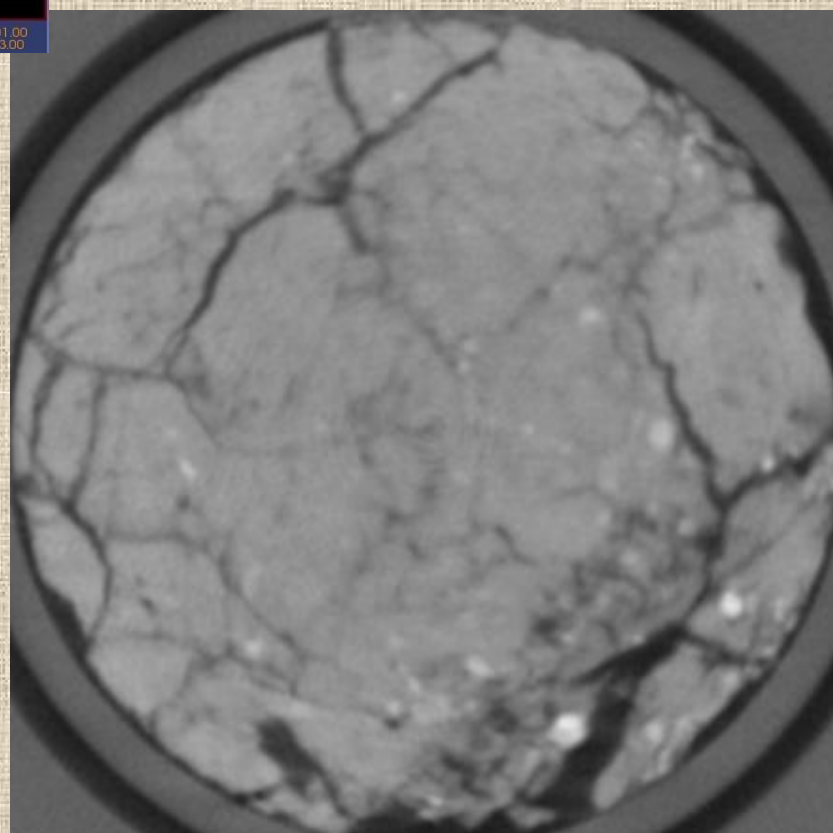


Fonte: Adaptado de Cooper (1999).

Tomografia Computadorizada



W 7301.00
L 3023.00



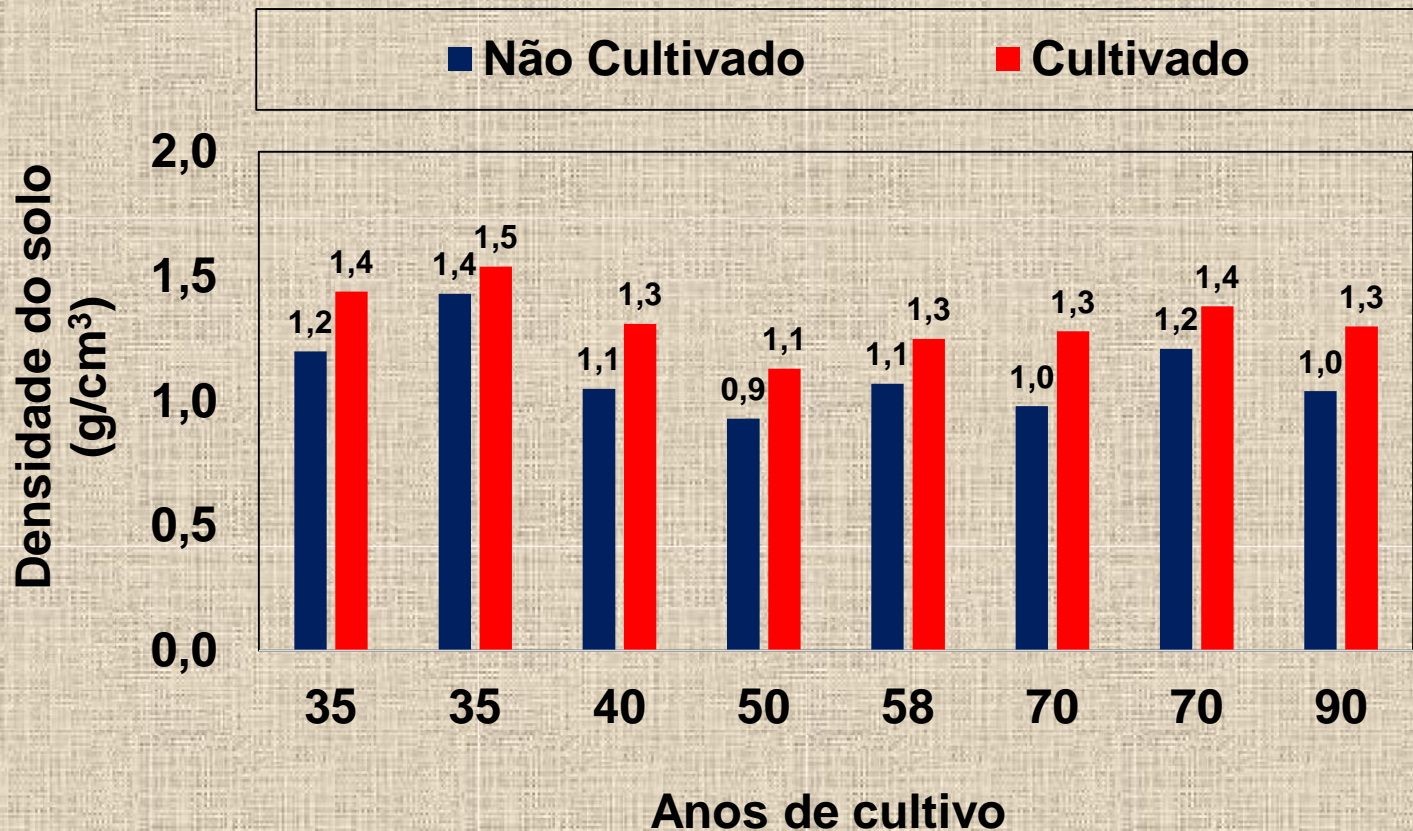
Gray Scale Value: 7255
(x,y,z): (5.578, 6.395, 28.208) (mm)

EFEITO DO MANEJO NA POROSIDADE DO SOLO



Comparação de Sistemas de Manejo

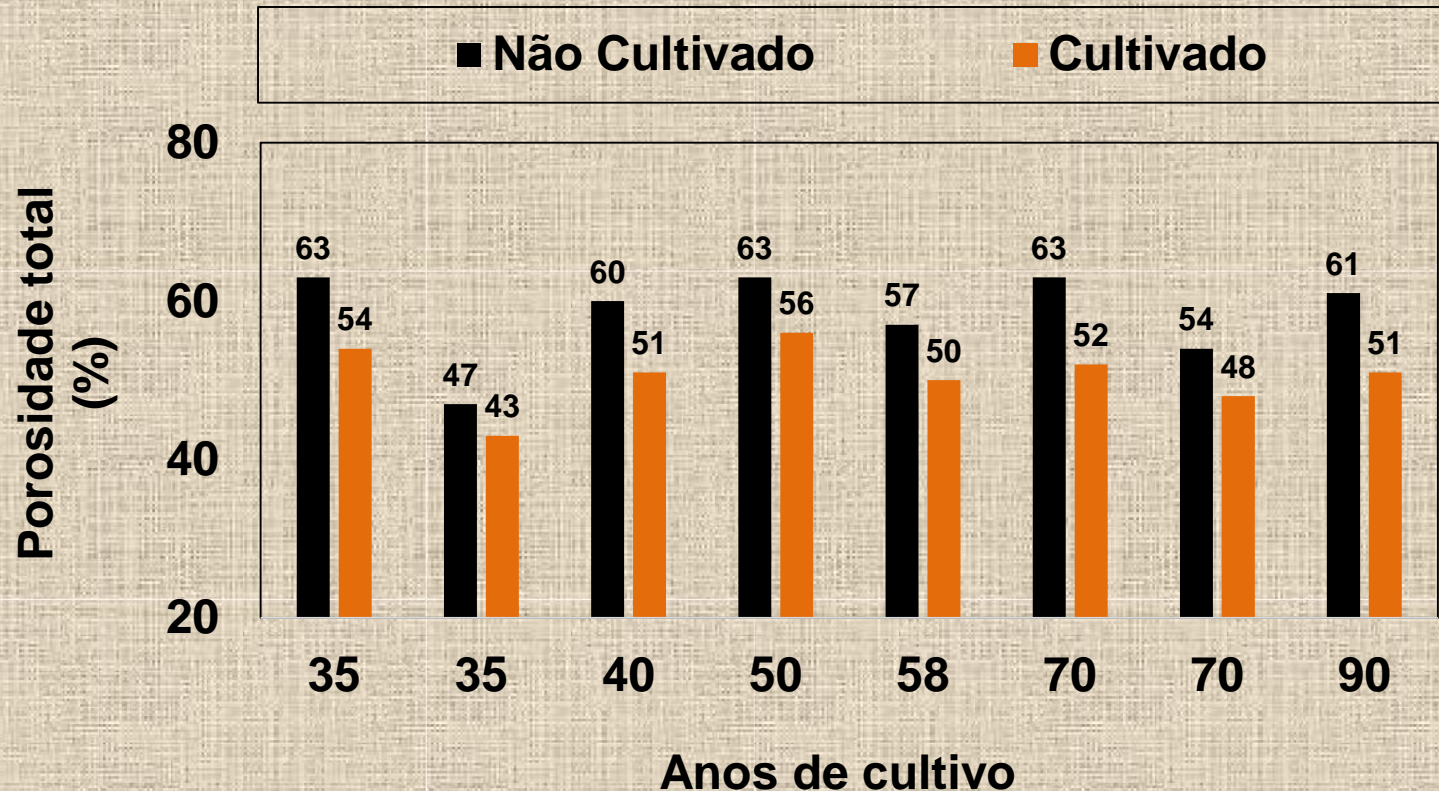
Densidade do Solo



Fonte: Tiessen et al. (1982), Lyon et al. (1952) e Weill (não publicados), extraídos do livro The Nature and Properties of Soils (2008)

Comparação de Sistemas de Manejo

Porosidade total



Fonte: Tiessen et al. (1982), Lyon et al. (1952) e Weill (não publicados), extraídos do livro The Nature and Properties of Soils (2008)

Comparação de Sistemas de Manejo

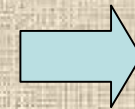
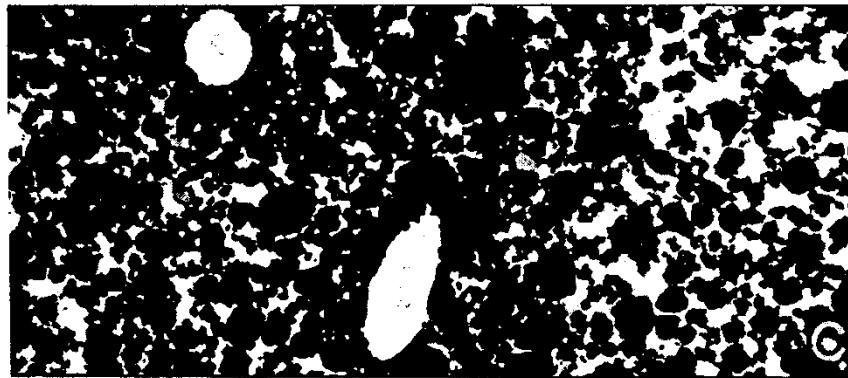
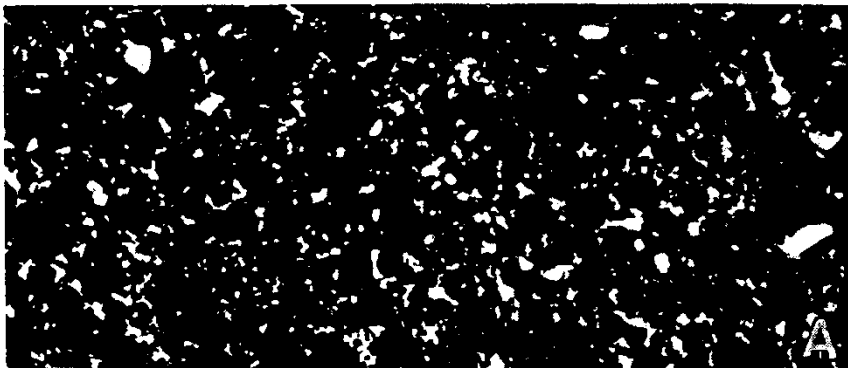
TABELA 1.7 Efeito de 50 anos de cultivo contínuo sobre a macroporosidade e microporosidade de um Vertissolo de textura fina (Texas).

Comparado ao solo não perturbado, o solo cultivado apresentou menor macroporosidade e um aumento da microporosidade devida à destruição dos agregados, transformando os poros presentes entre as unidades estruturais em microporos. A diminuição da macroporosidade provavelmente é resultado da perda de matéria orgânica do solo.

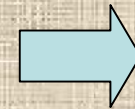
Solo	Matéria Orgânica, %	Porosidade total, %	Macroporosidade %	Microporosidade %	Densidade do solo, Mg m ⁻³
<i>0-15 cm de profundidade</i>					
não perturbado	5,6	58,3	32,7	25,6	1,11
50 anos de cultivo	2,9	50,2	16	34,2	1,33
<i>15-30 cm de profundidade</i>					
não perturbado	4,2	56,1	27	29,1	1,16
50 anos de cultivo	2,8	50,7	14,7	36,0	1,31

Dados de Laws e Evans (1949).

Estudo de Compactação de Solos



Horizonte
superficial
compactado

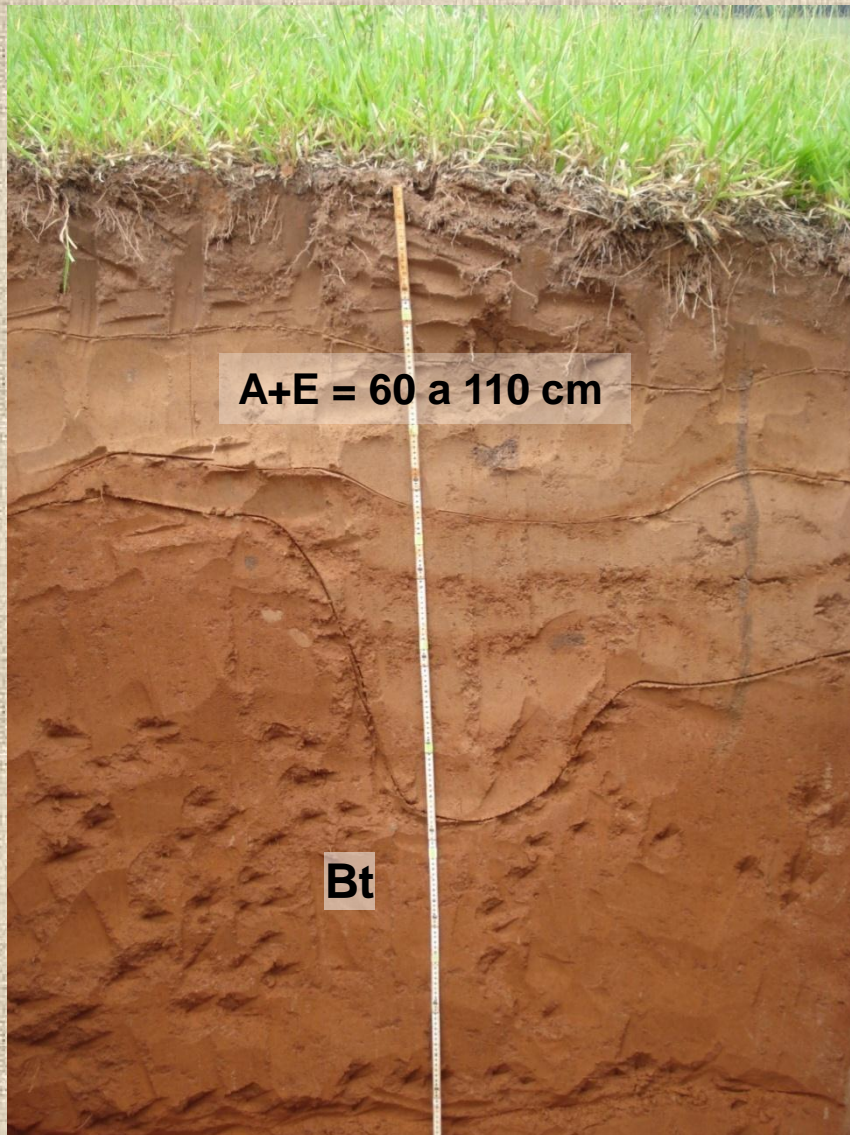


Horizonte
microgranular

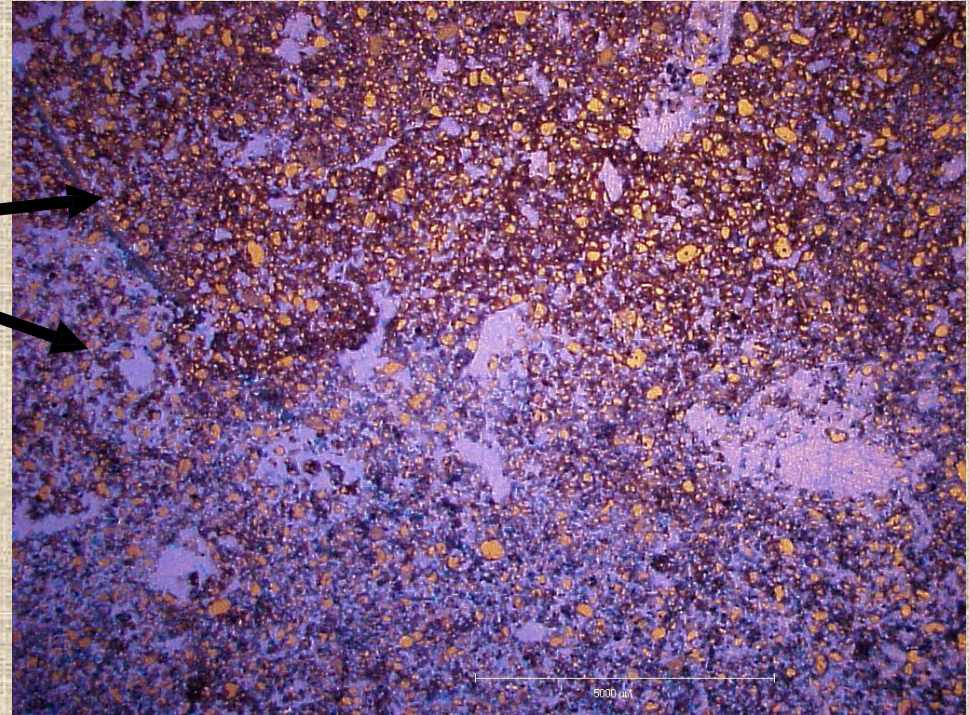
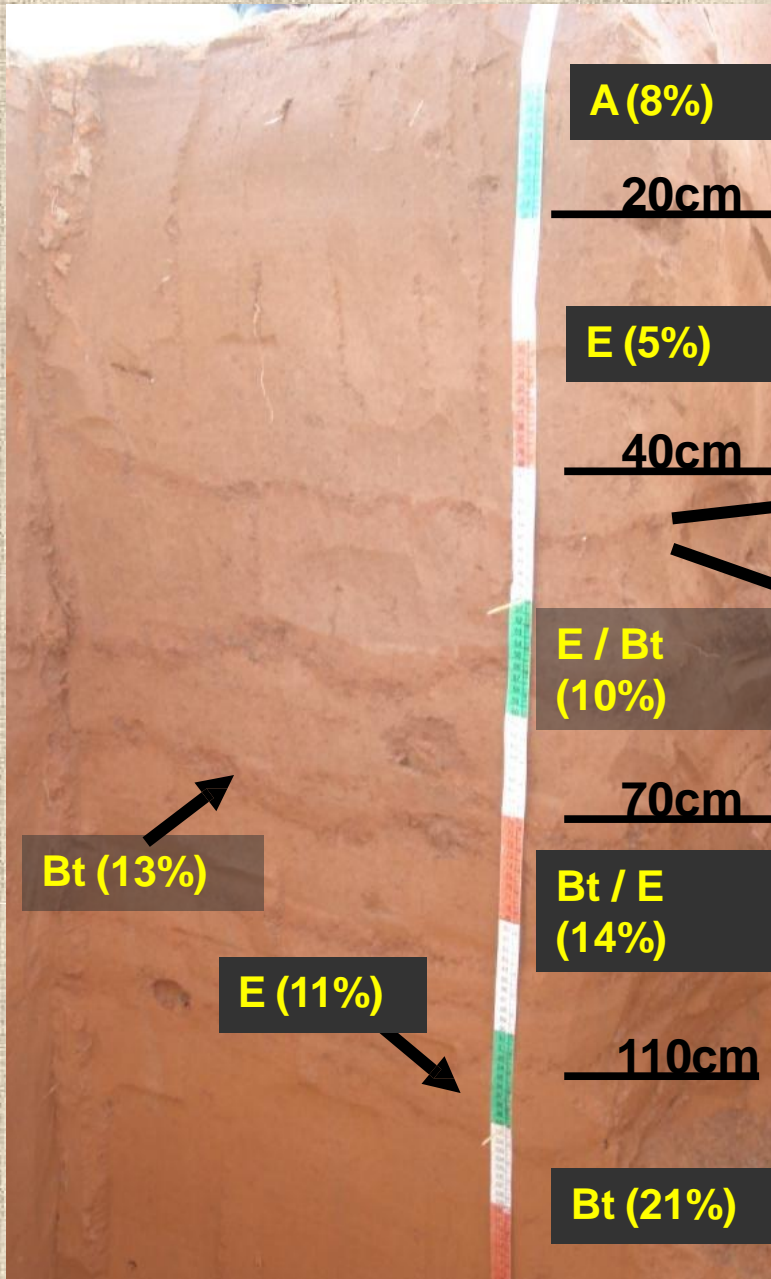
Raízes x Agregação Conservação



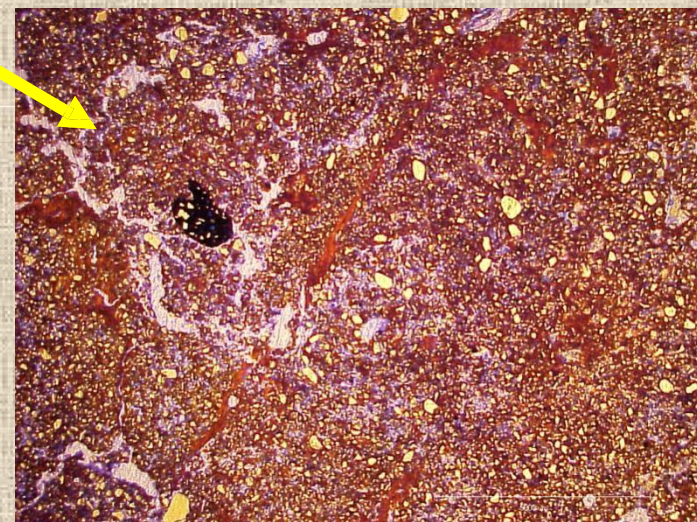
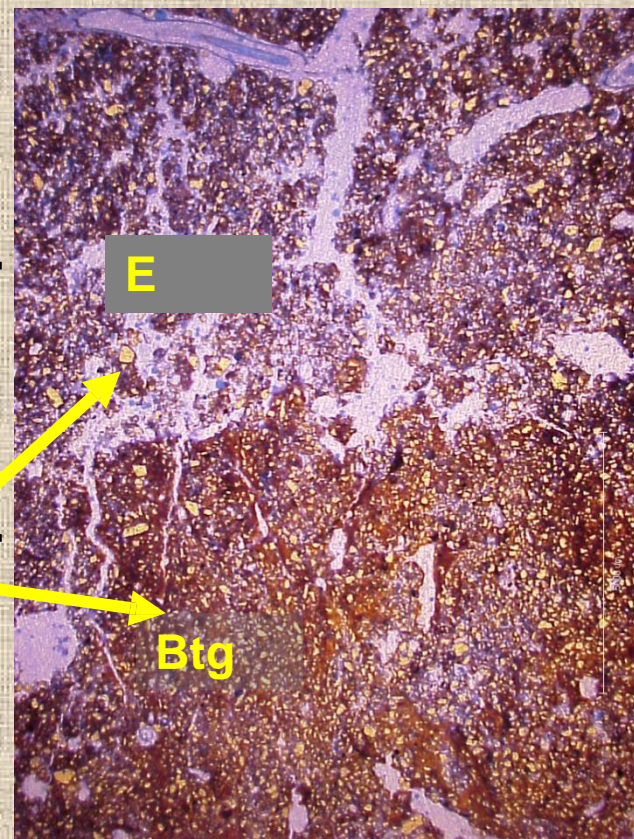
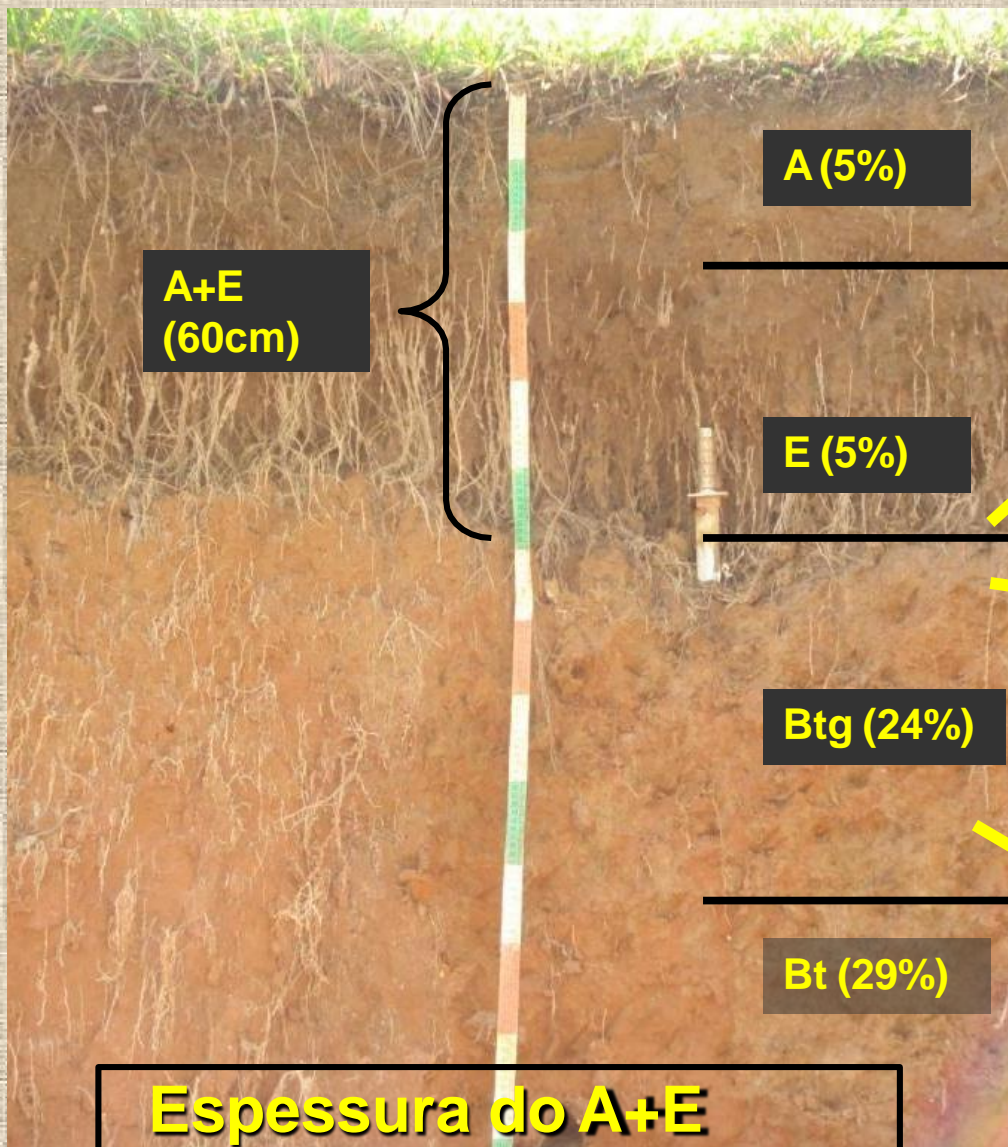
ARGISSOLOS arênicos e espessarênicos



PVe espessarênico

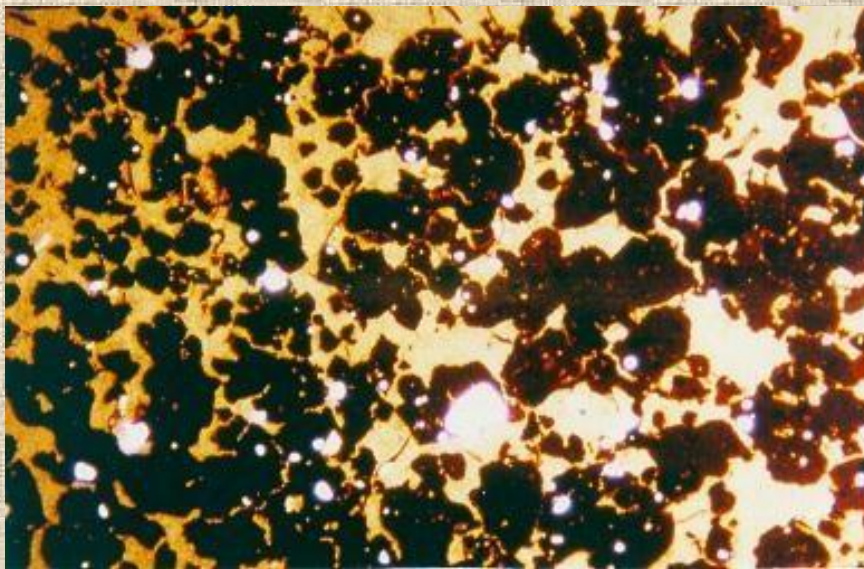


Usina Rio Vermelho (Junqueirópolis – SP)

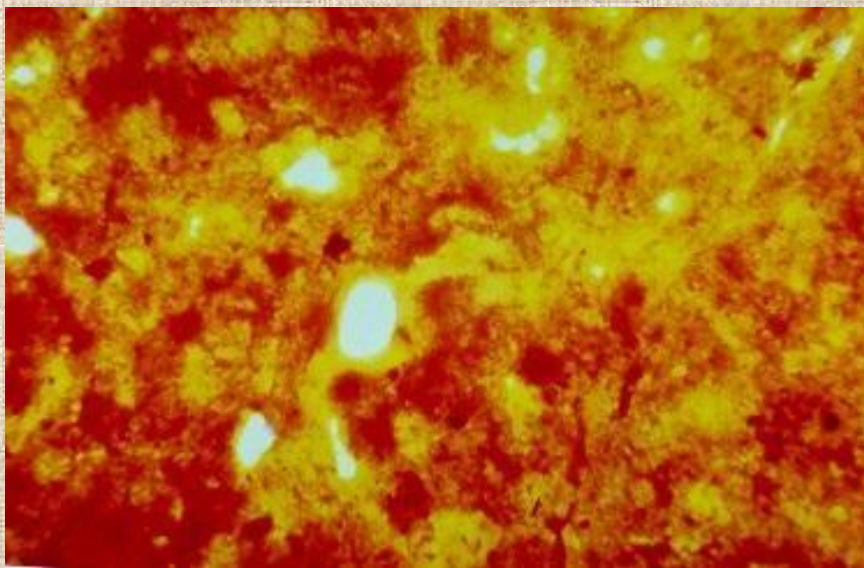


**Espessura do A+E
+ Ilhas no Btg**

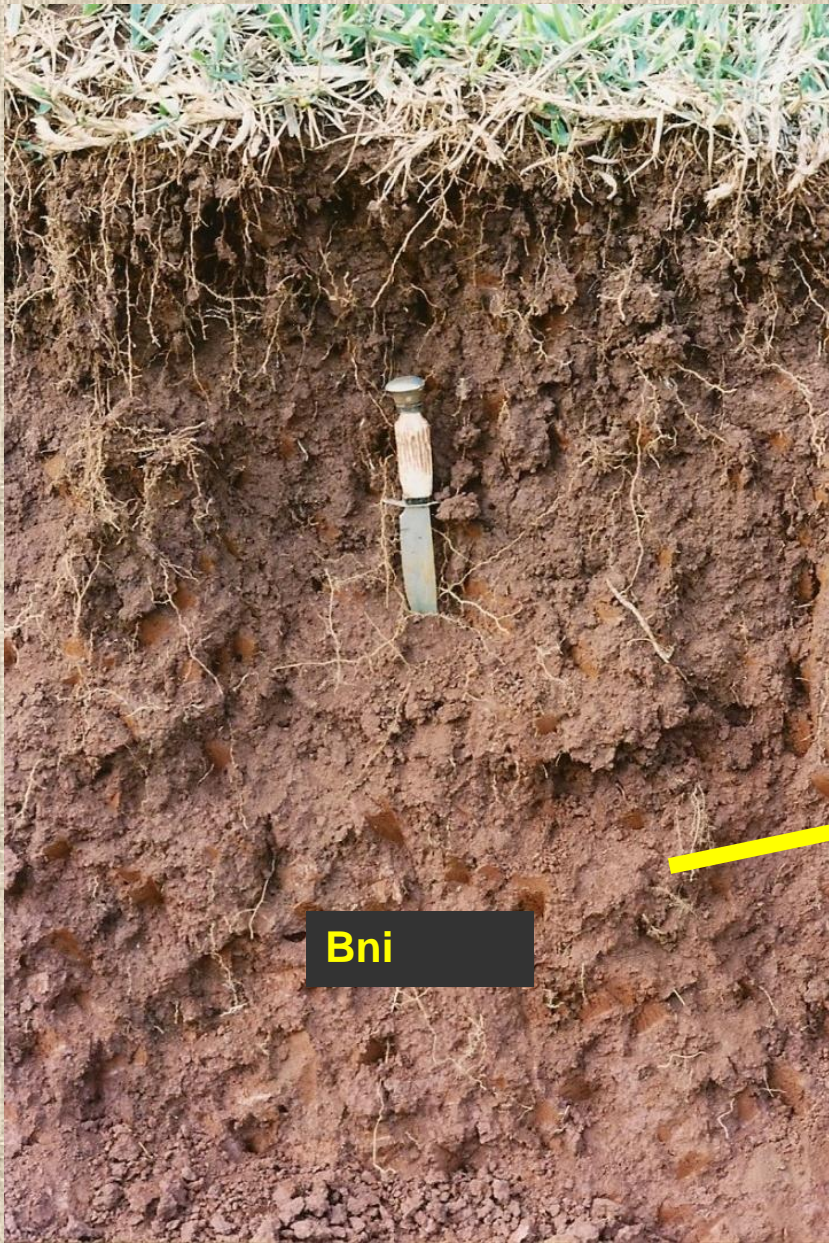
AD alta



Amostra indeformada de horizonte subsuperficial de latossolo argiloso (20-40 cm) sem compactação, evidenciando a macroporosidade homogeneamente distribuída

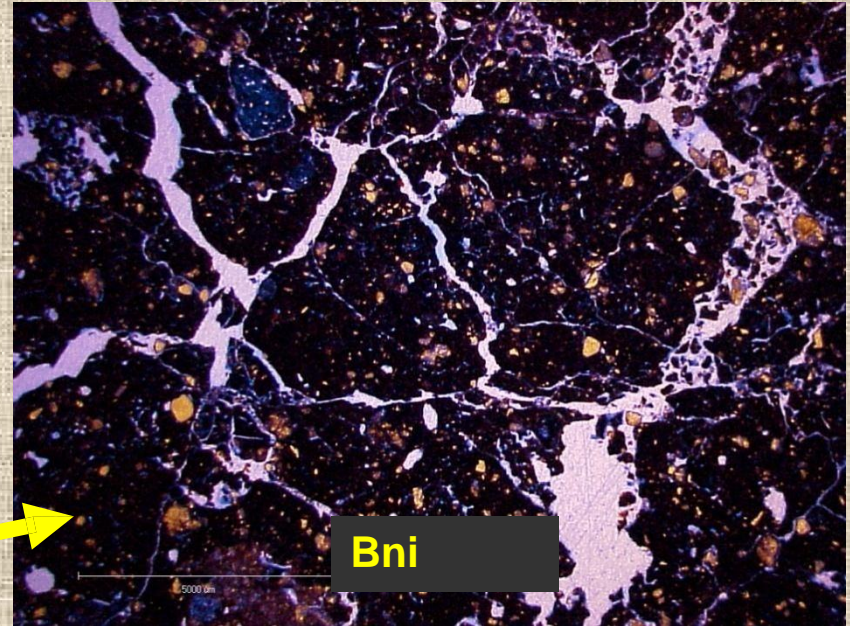


**Amostra indeformada de horizonte Bt com fraca drenagem (PVa/m).
(Aumento de aproximadamente 20 a 30x)**



Bni

NVef



Bni

Estrutura Mesoporos

AD alta

$$CAD = AD \times L$$

