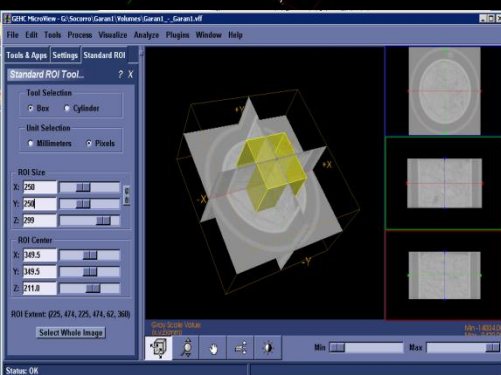
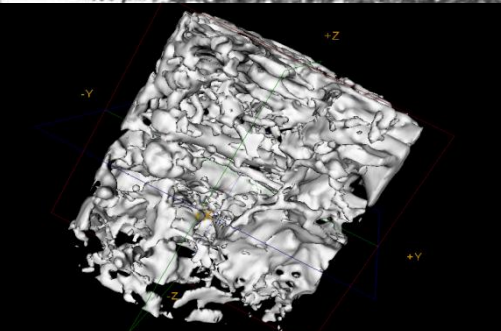
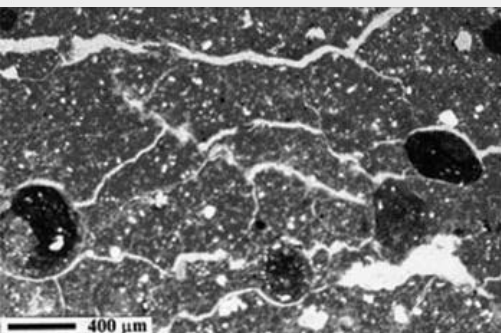
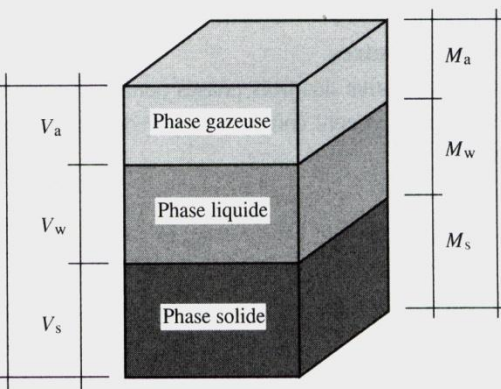




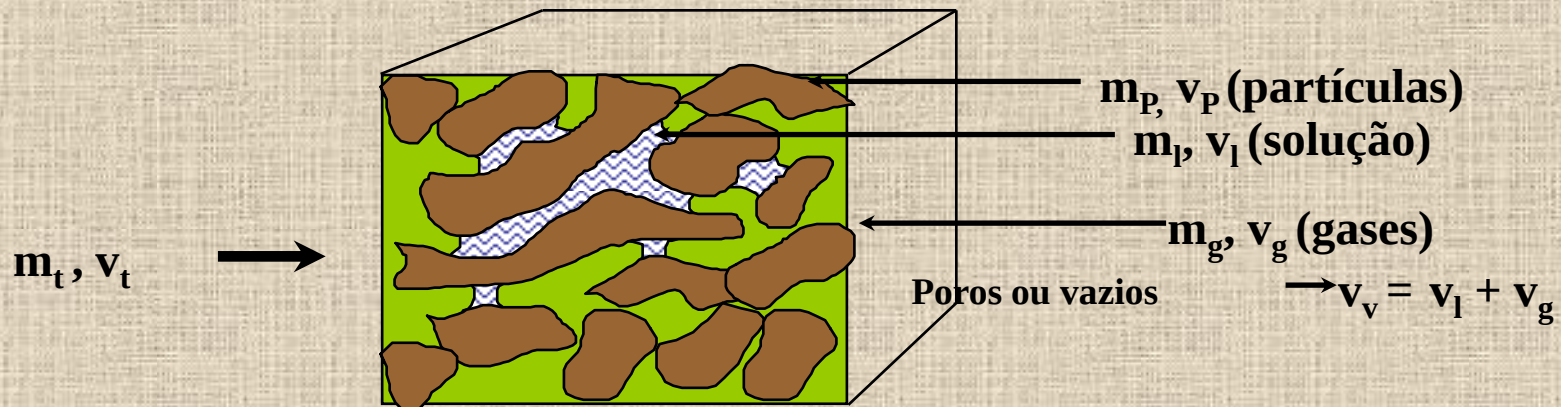
POROSIDADE DO SOLO

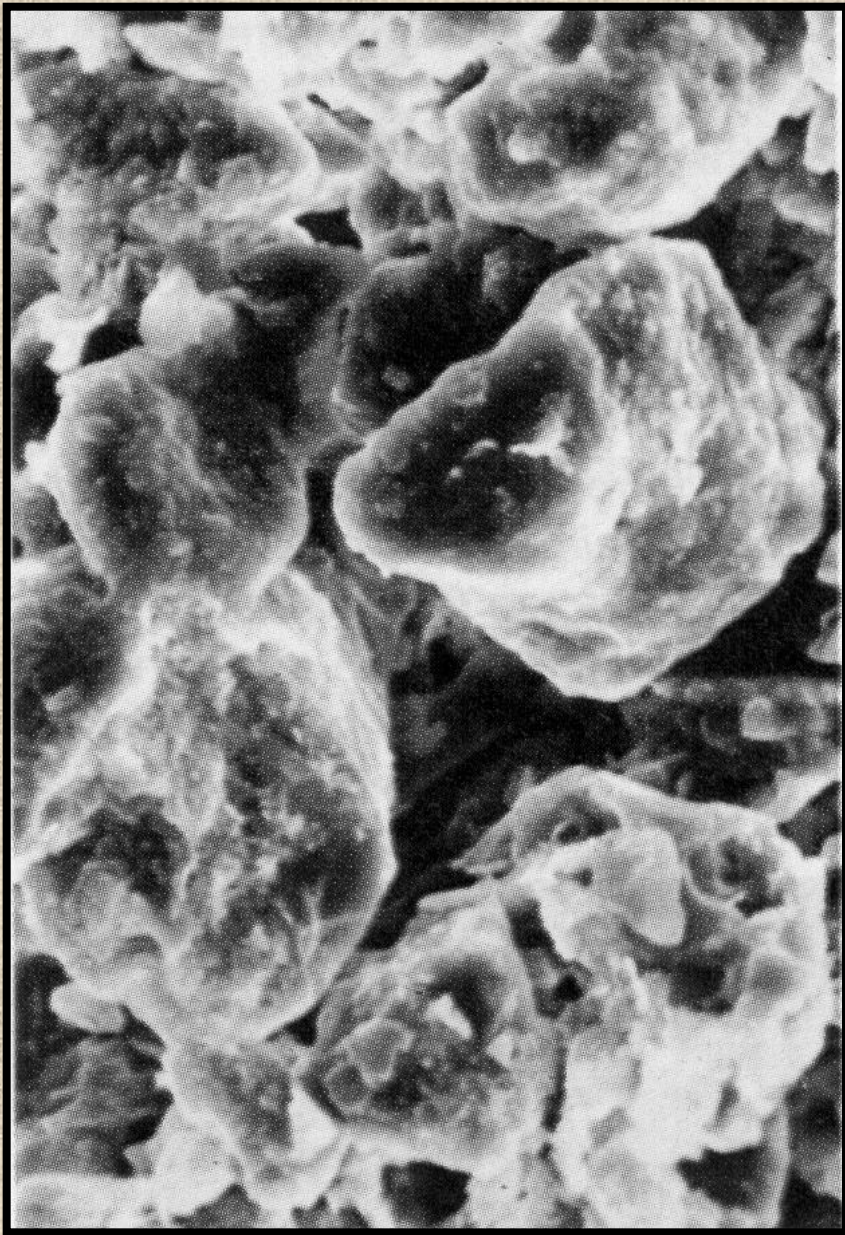
Aula 4

Prof. Miguel Cooper

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**.





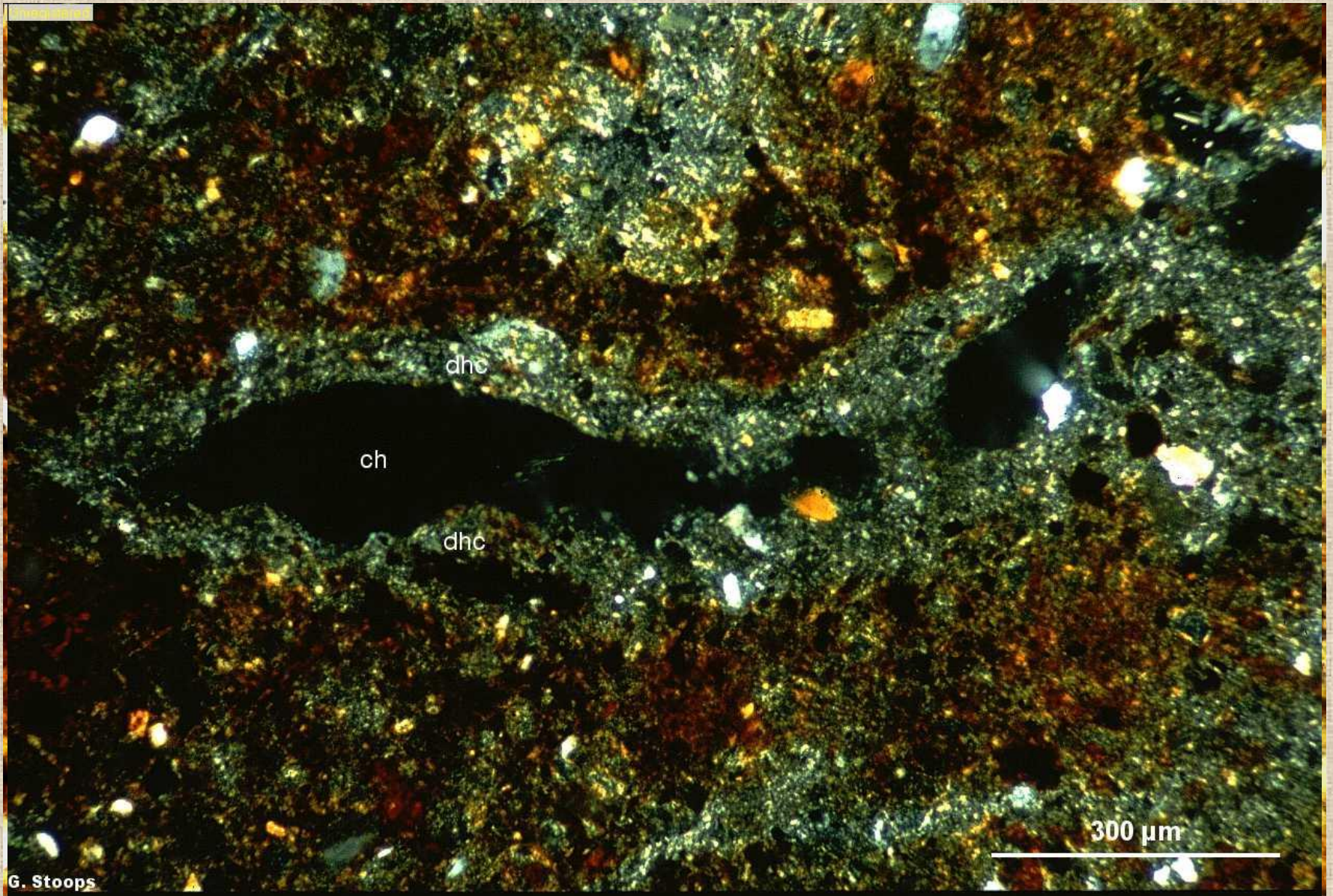
Porosidade em Solo

Vista do microscópio eletrônico do interior de um agregado do solo (15mm= 20 μ)



Porosidade em Solo





A Porosidade do solo condiciona todos os fatores de crescimento em menor ou maior grau

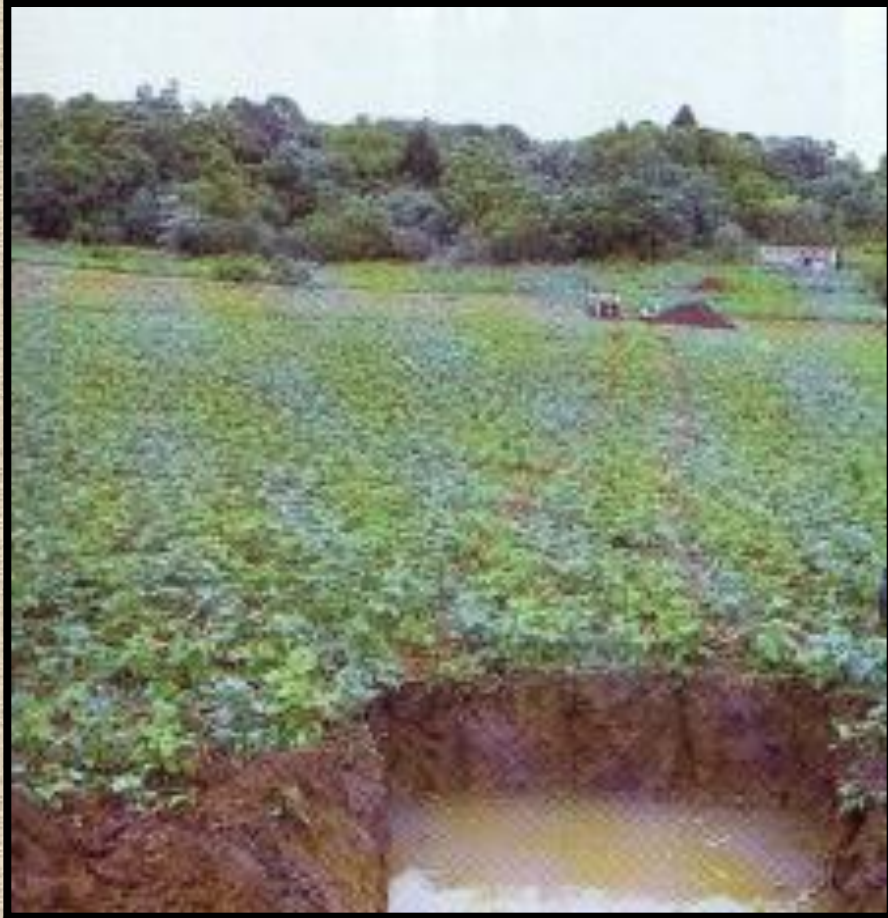
➤ Influi sobre:

- Retenção, movimento e disponibilidade de água
- Arejamento
- Disponibilidade de nutrientes
- Resistência à penetração de raízes
- Estabilidade de agregados
- Compactabilidade dos solos

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 pequenas quantidades de 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%**

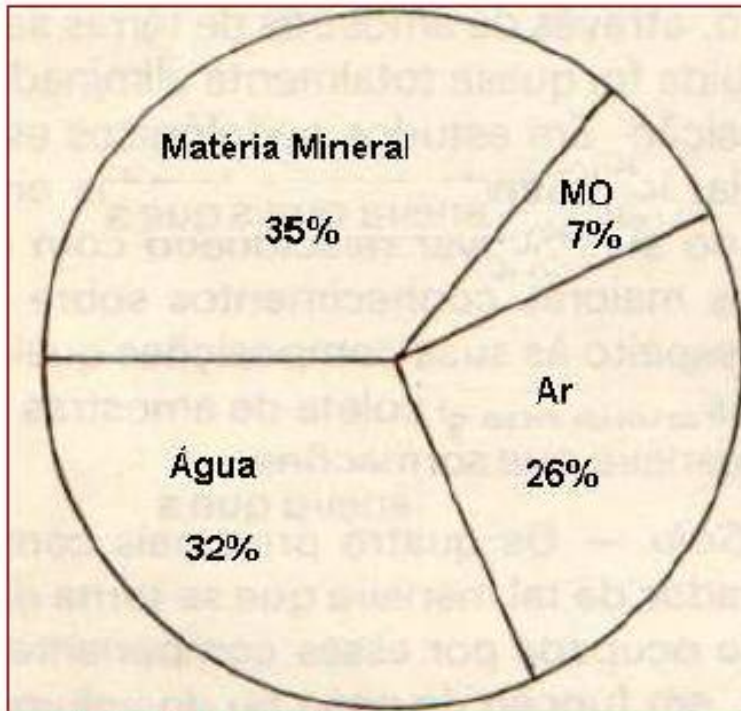
VOLUME DE  SÓLIDOS

ESPAÇO  POROSO

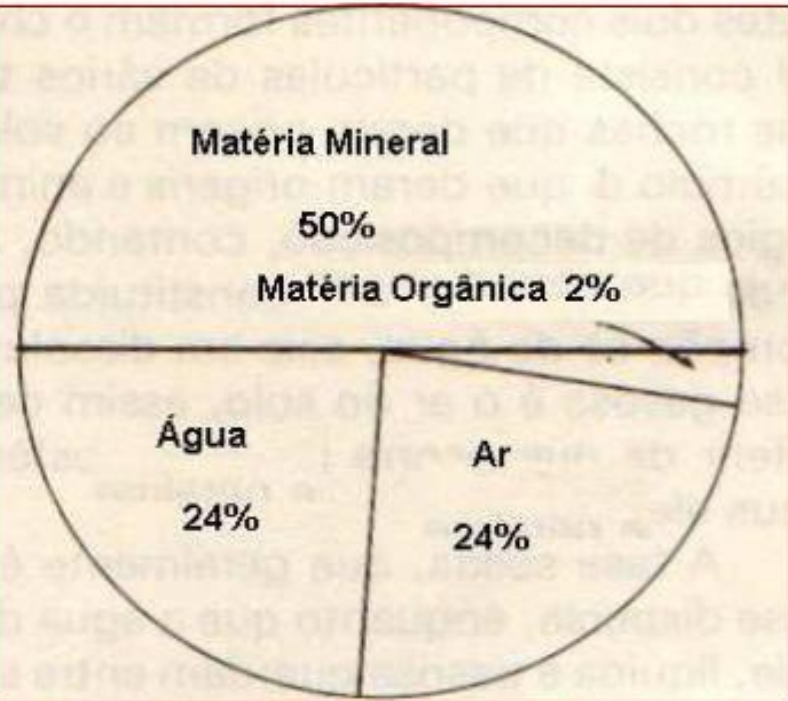
• **Macroporos- 16,5%**

• **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

Classificação dos poros

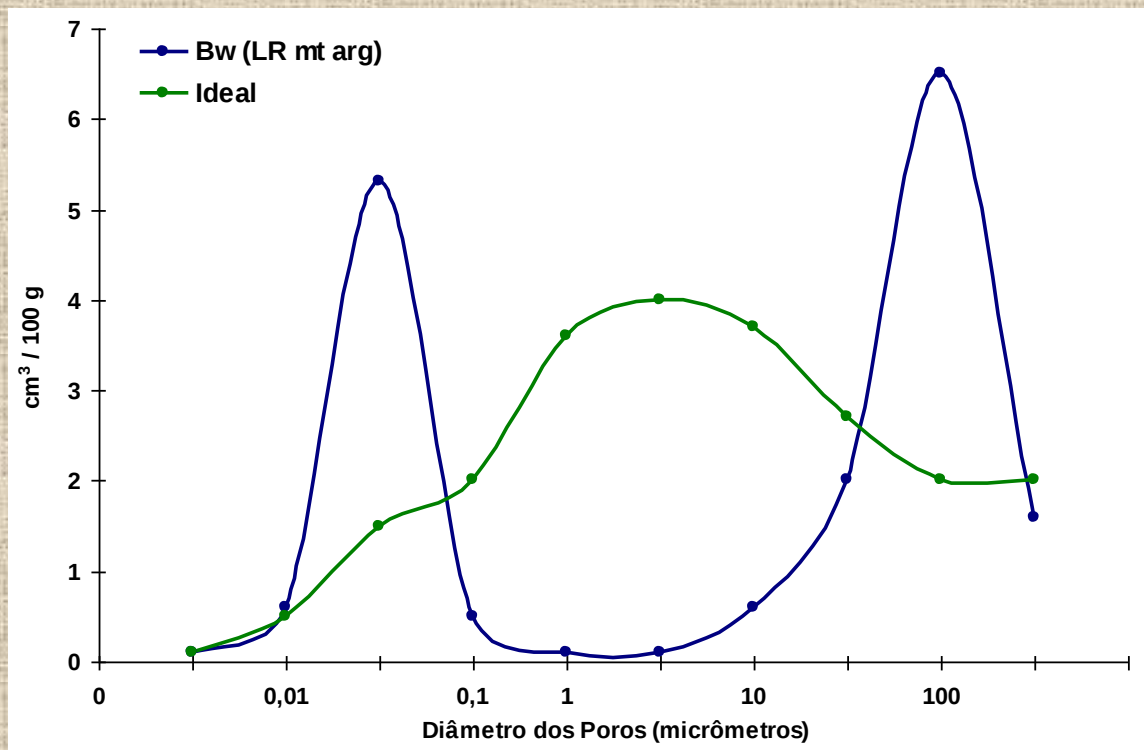
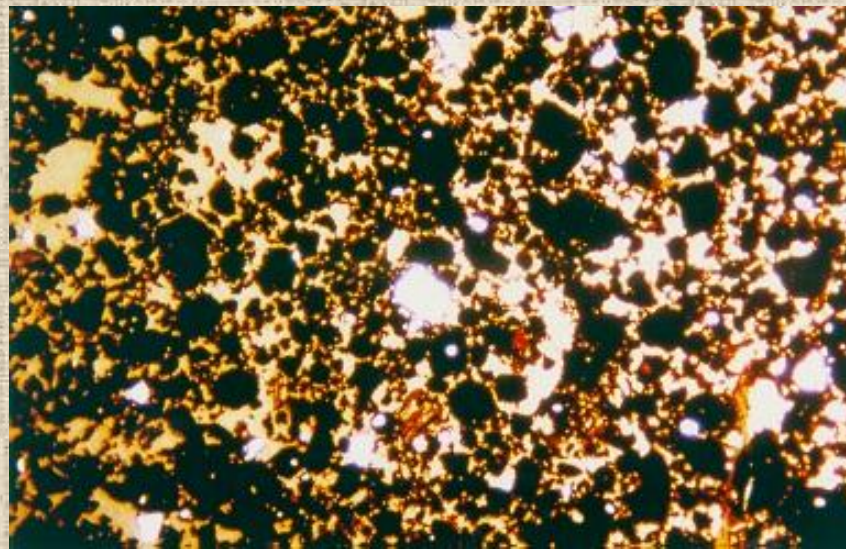
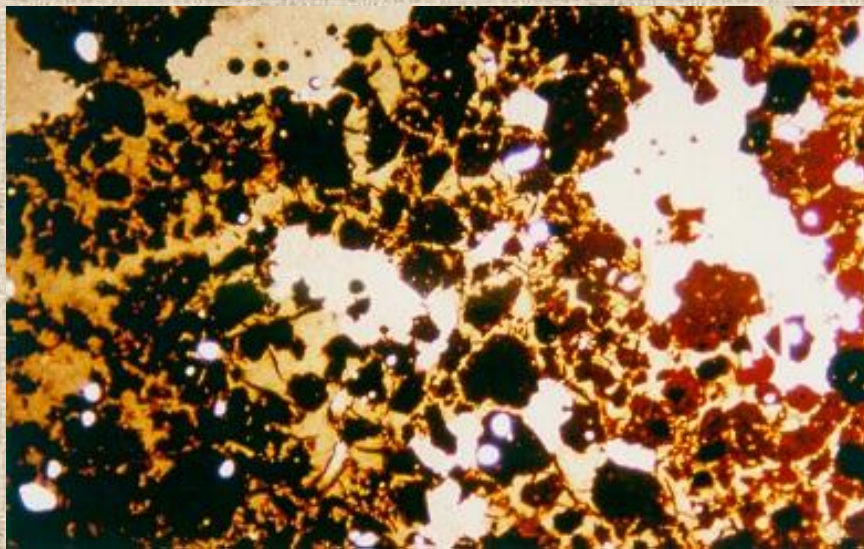
- Macroporos-** com diâmetro maior do que $100\ \mu\text{m}$.
Principal função: aeração da matriz do solo e condução da água durante a infiltração. Afetam a aeração e a drenagem;
- Mesoporos-** com diâmetro entre 30 e $100\ \mu\text{m}$.
Principal função: condução de água durante o processo de redistribuição, isto é, após a infiltração, quando se esvaziam os macroporos;
- Microporos-** com diâmetro menor do que $30\ \mu\text{m}$.
Principal função: também chamados poros capilares, atuam na armazenagem de água.

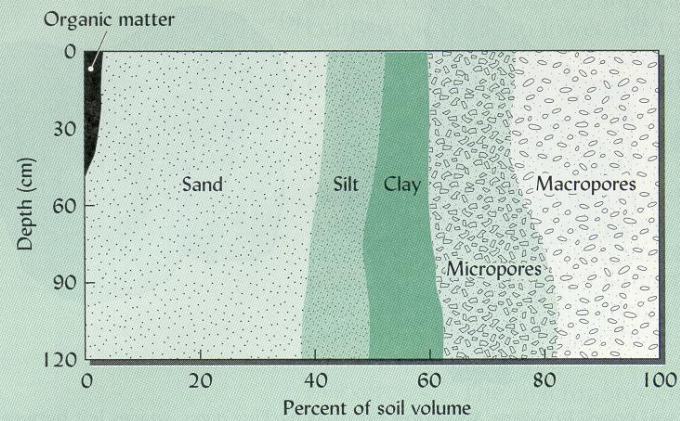
Classificação dos poros

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

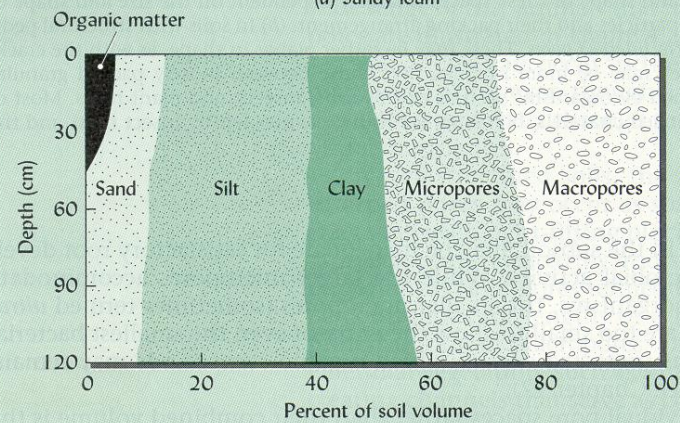
<i>Classe simplificada</i>	<i>Classe¹</i>	<i>Diâmetro efetivo, mm</i>	<i>Características e funções</i>
Macroporos	Macroporos	0,08 – 5+	Geralmente encontrados entre unidades estruturais; drenagem da água gravitacional; difusão de gases; tamanho suficiente para acomodar raízes e habitat de certos animais do solo.
	Microporos	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).

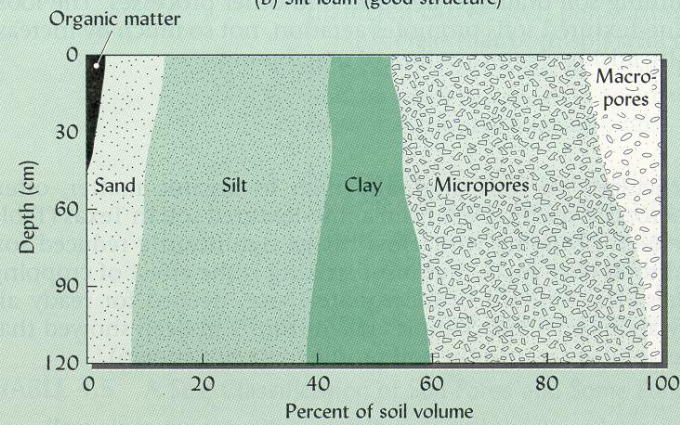




(a) Sandy loam



(b) Silt loam (good structure)



(c) Silt loam (poor structure)

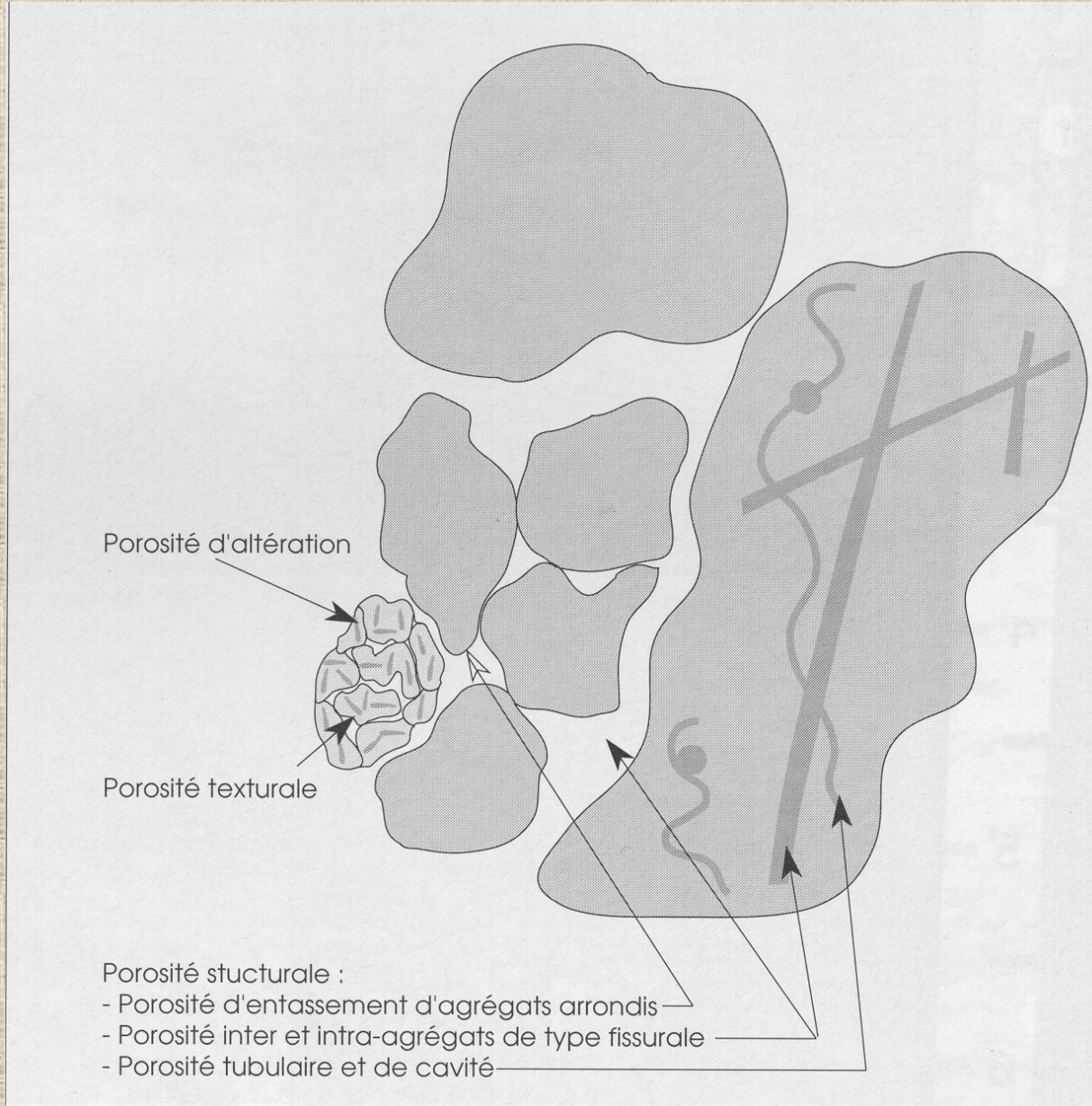
Tipos de poros

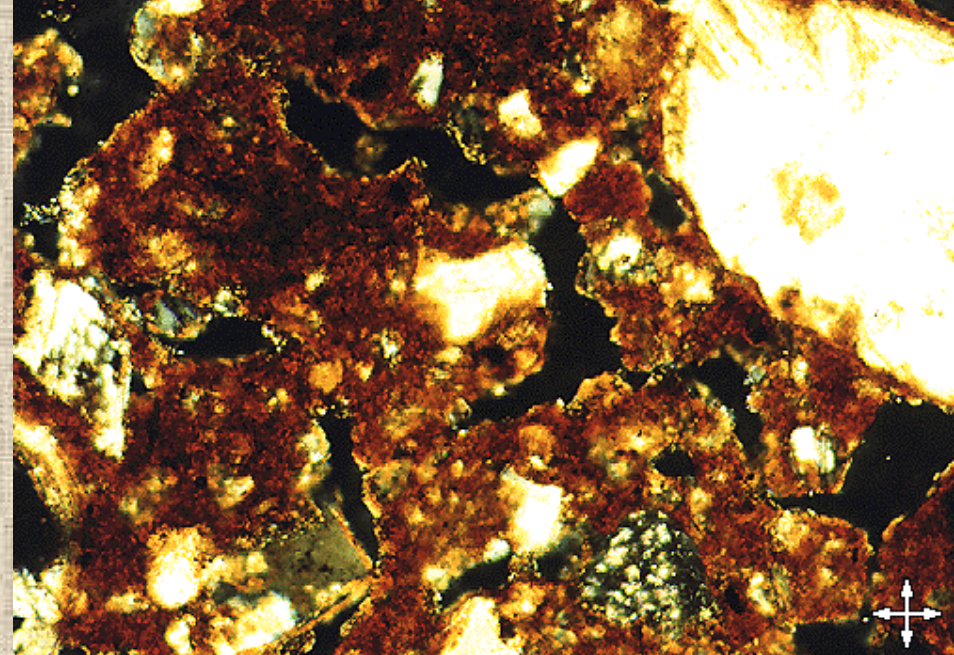
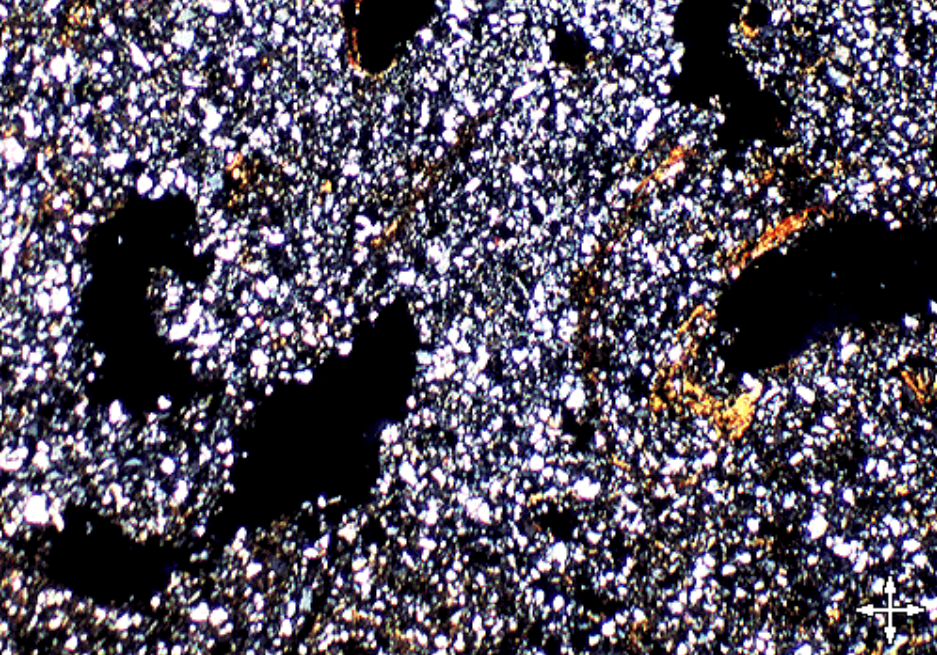
Porosité d'altération

Porosité texturale

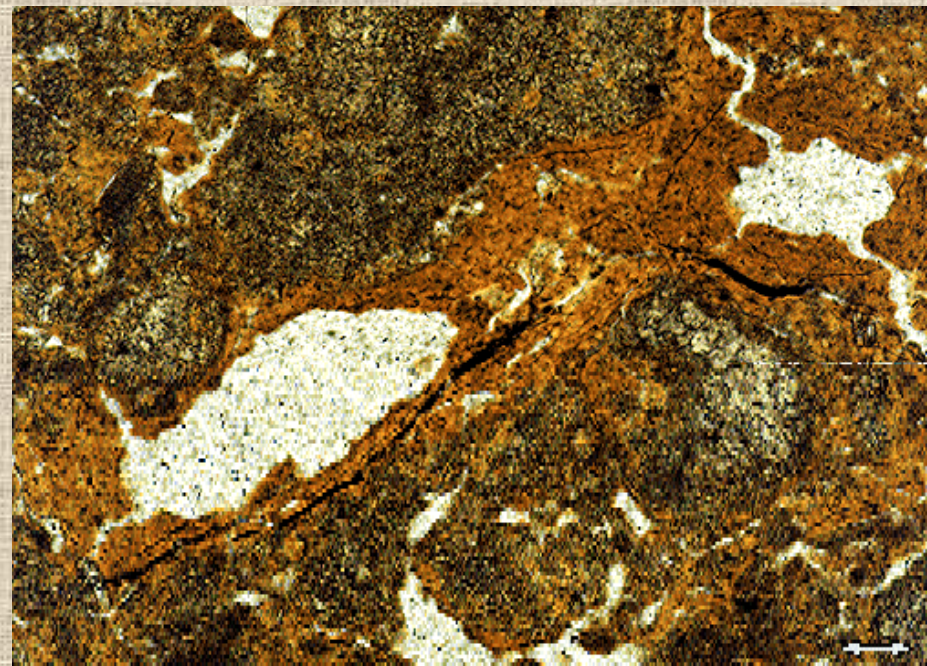
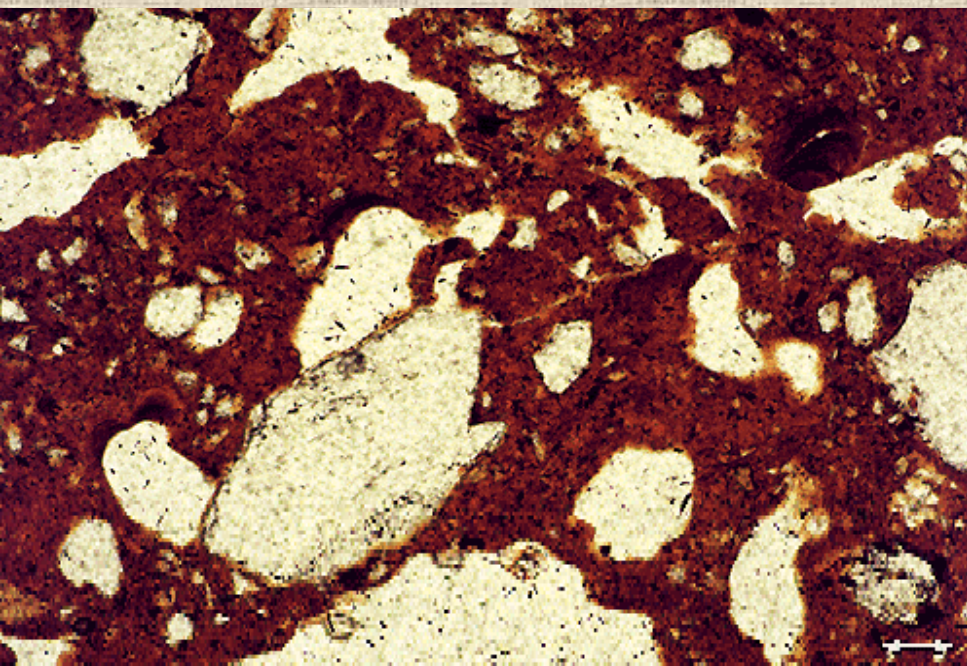
Porosité stucturale :

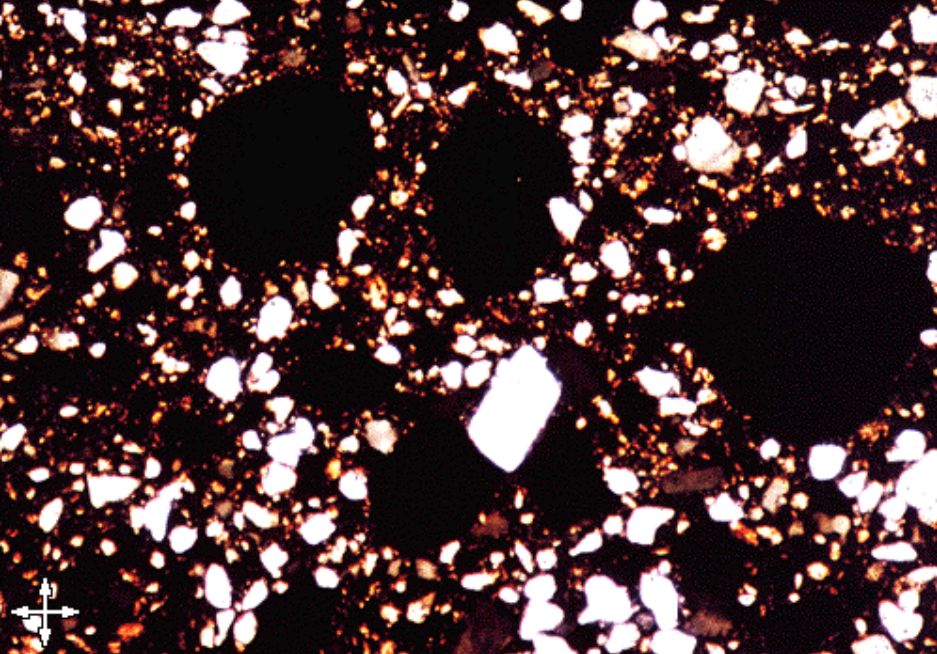
- Porosité d'entassement d'agrégats arrondis
- Porosité inter et intra-agrégats de type fissurale
- Porosité tubulaire et de cavité



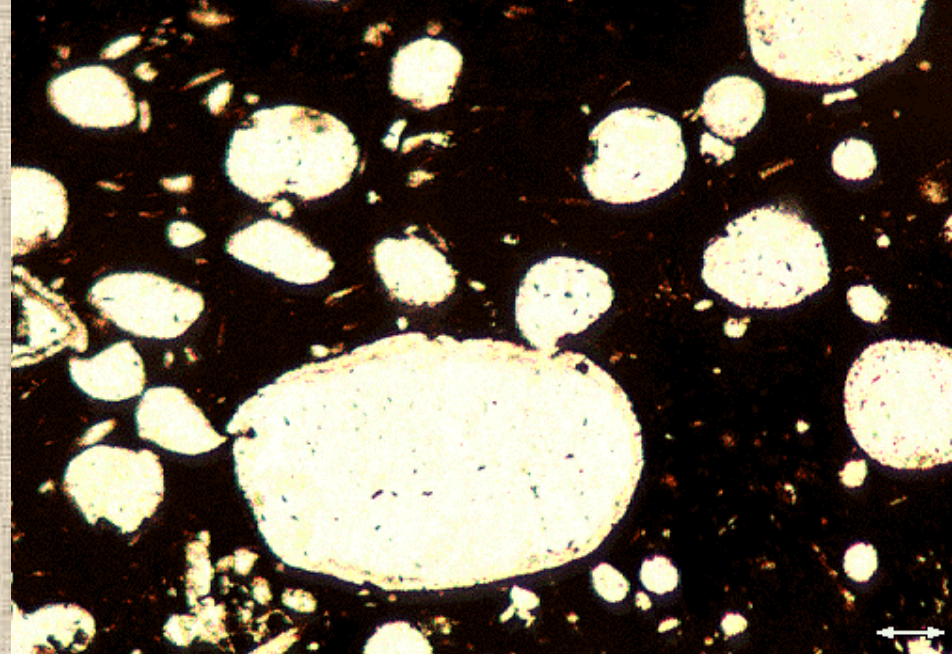


Cavidades



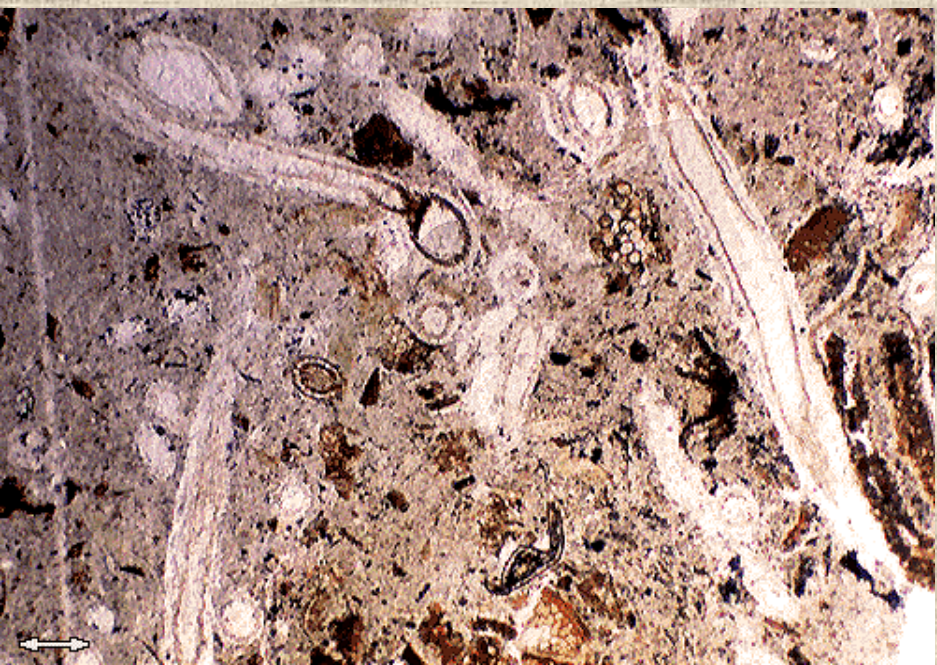


Vesículas

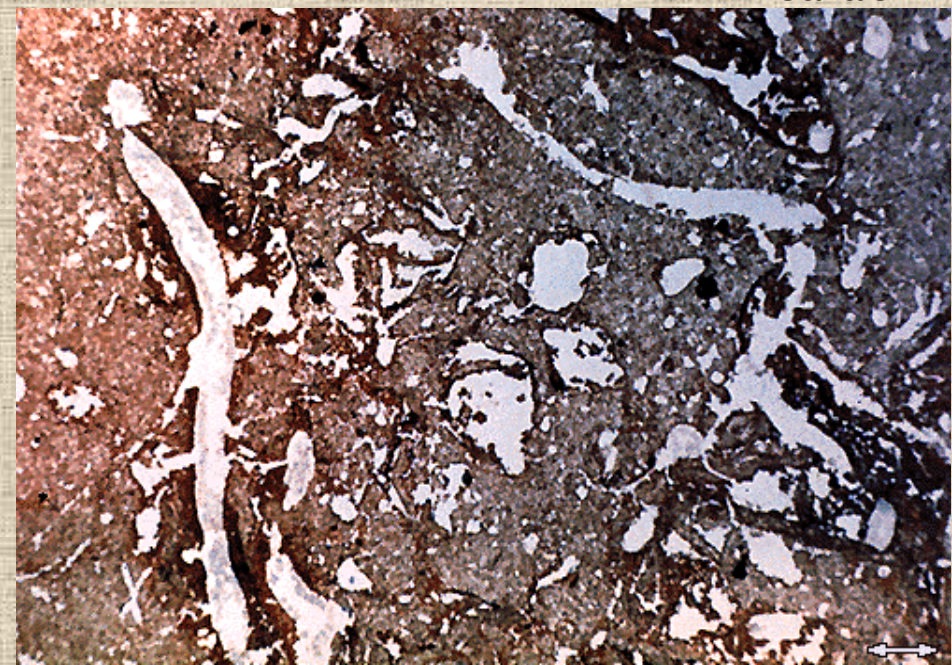


Vesículas

Canais



Canais



DETERMINAÇÕES DA POROSIDADE DO SOLO

Relações Massa/Volume entre os componentes da matriz: amostragem com estrutura indeformada.

Porosidade do Solo (α)

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

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

Porosidade do Solo (α)

- Em porcentagem:

$$\alpha\% = \left[\frac{V - V_s}{V} \right] * 100 \quad (7)$$

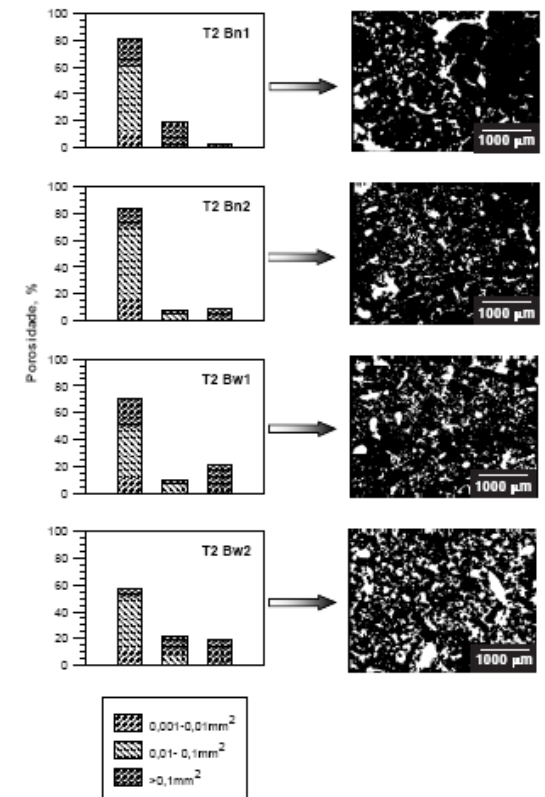
- Porosidade calculada

$$\alpha\% = \left[\frac{1 - \rho}{\rho_s} \right] * 100 \quad (8)$$



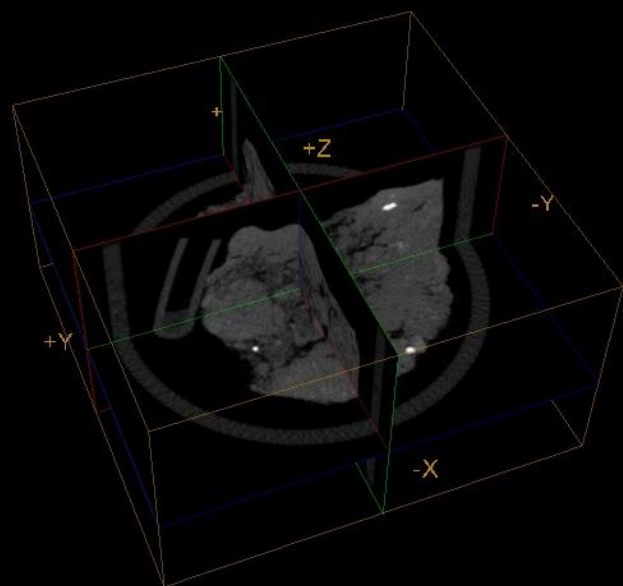
➤ **Auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagem;**

➤ 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).



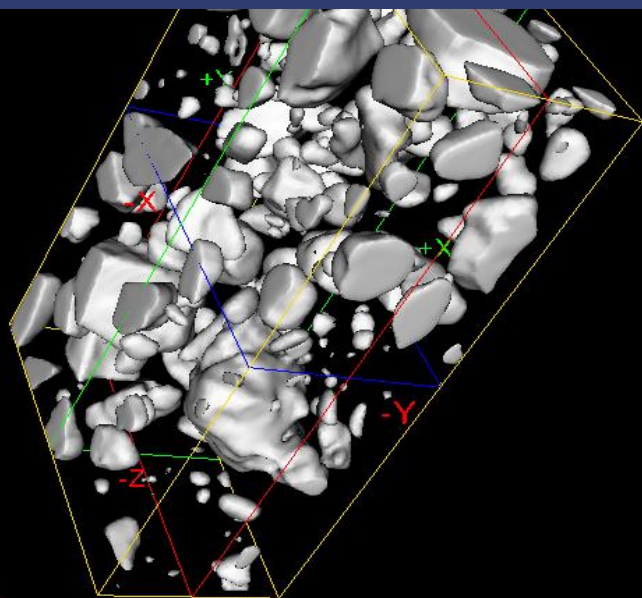
Fonte: Adaptado de Cooper (1999).

Tomografia Computadorizada

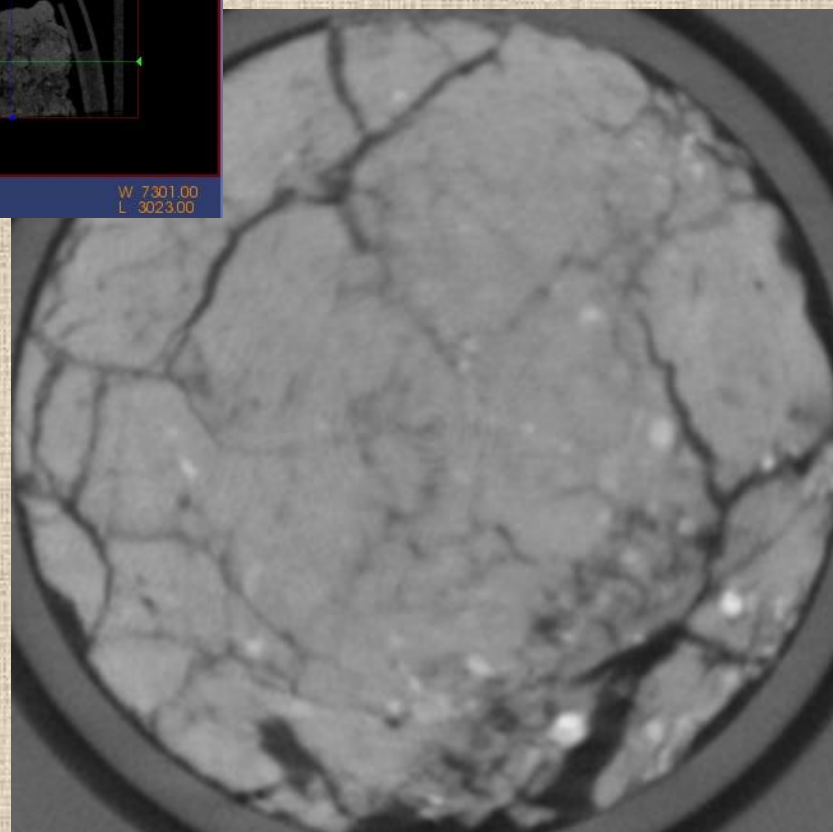
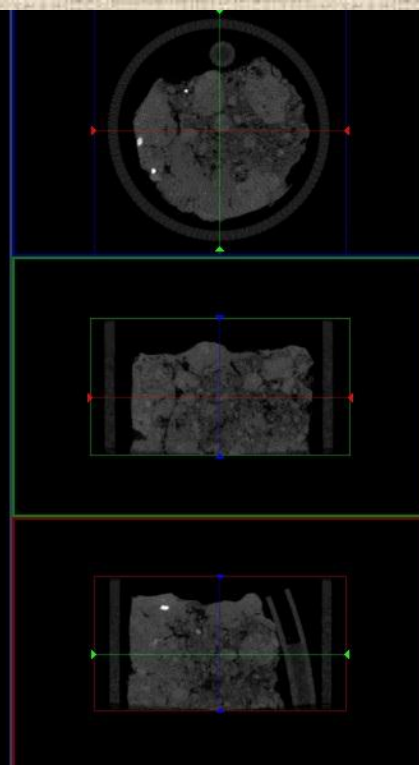


Gray Scale Value:
(x,y,z)(mm)

W 7301.00
L 3023.00



Gray Scale Value: 7255
(x,y,z): (5.578, 6.396, 28.206) (mm)



INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Comparação de Sistemas de Manejo

TABELA 1.4 Densidade do solo e espaço poroso de solos superficiais cultivados e não cultivados (incluindo um subsolo)

Em todos os casos, a densidade do solo aumentou e o espaço poroso diminuiu proporcionalmente.

Solo	Textura	Tempo de Cultivo (anos)	Densidade do Solo, Mg m^{-3}		Espaço Poroso, %	
			Solo Cultivado	Solo não Cultivado	Solo Cultivado	Solo não Cultivado
Udalf (Pennsylvania)	Franco	58	1,25	1,07	50	57,2
Udoll (Iowa)	Franco siltoso	50+	1,13	0,93	56,2	62,7
Aqualf (Ohio)	Franco siltoso	40	1,31	1,05	50,5	60,3
Ustoll (Canadá)	Franco siltoso	90	1,30	1,04	50,9	60,8
Cambid (Canadá)	Argila	70	1,28	0,98	51,7	63,0
Cambid, subsolo (Canadá)	Argila	70	1,38	1,21	47,9	54,3
Média de 3 Ustalfs (Zimbabwe)	Argila	20-50	1,44	1,20	54,1	62,6
Média de 3 Ustalfs (Zimbabwe)	Franco arenoso	20-50	1,54	1,43	42,9	47,2

Dados de solos do Canadá de Tiessen, et al. (1982) e solos do Zimbabwe de Weil (não publicado) e outros solos Lyon et al. (1952).

Comparação de Sistemas de Manejo

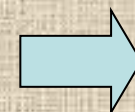
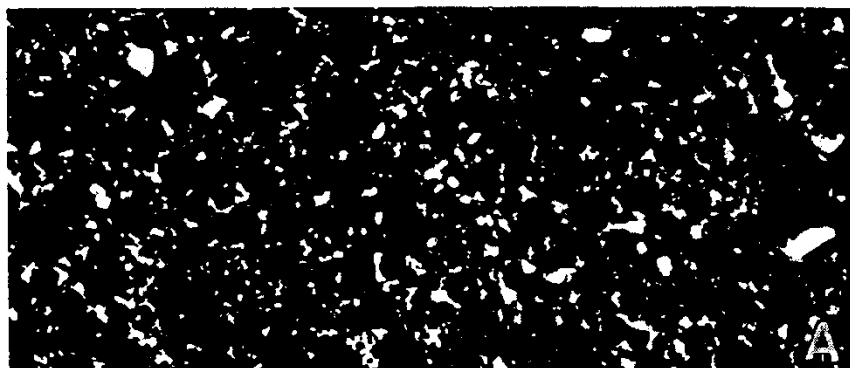
TABELA 1.7 Efeito de 50 anos de cultivo contínuo sobre a macroporosidade e microporosidade de um Vertissolo de textura fina (Texas).

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.

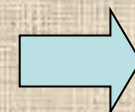
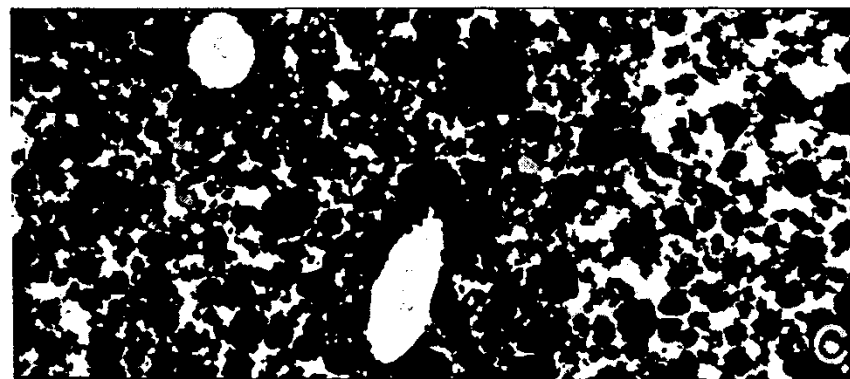
Solo	Matéria Orgânica, %	Porosidade total, %	Macroporosidade % 0-15 cm de profundidade	Microporosidade % 15-30 cm de profundidade	Densidade do solo, Mg m ⁻³
não perturbado	5,6	58,3	32,7	25,6	1,11
50 anos de cultivo	2,9	50,2	16	34,2	1,33
não perturbado	4,2	56,1	27	29,1	1,16
50 anos de cultivo	2,8	50,7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



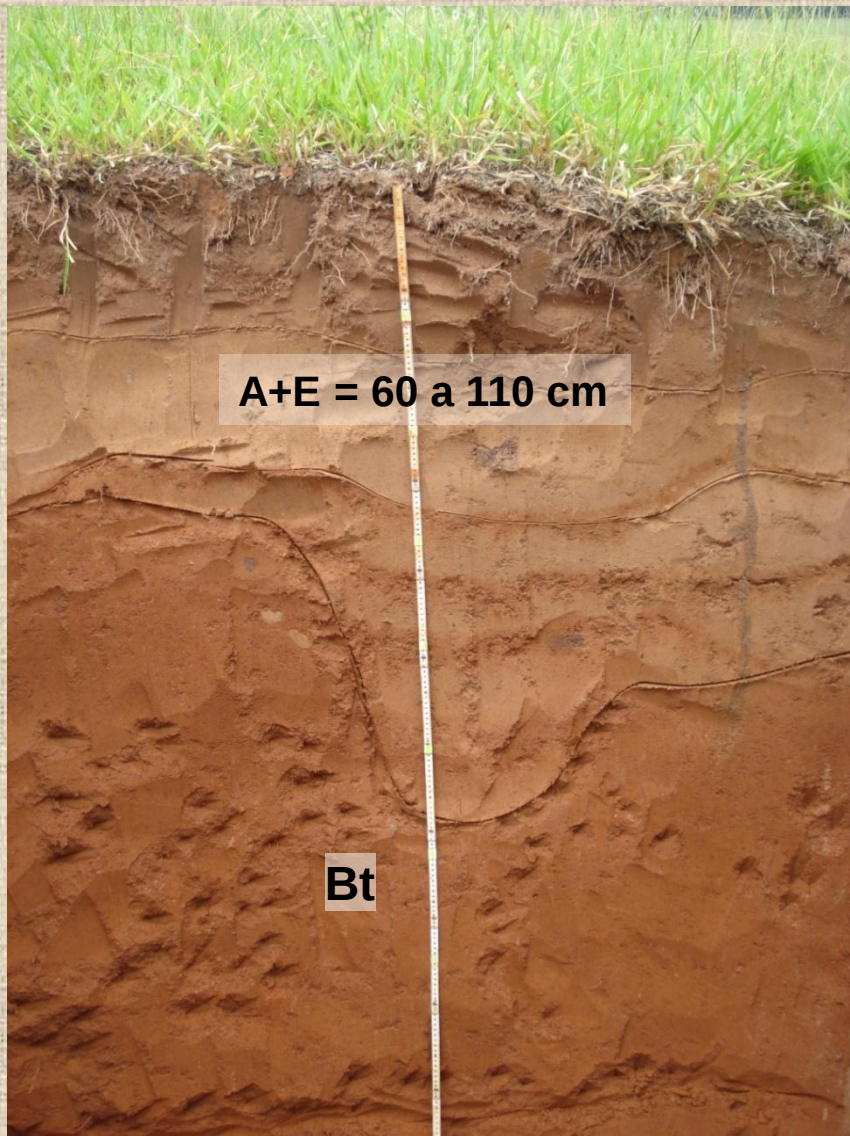
Conservação



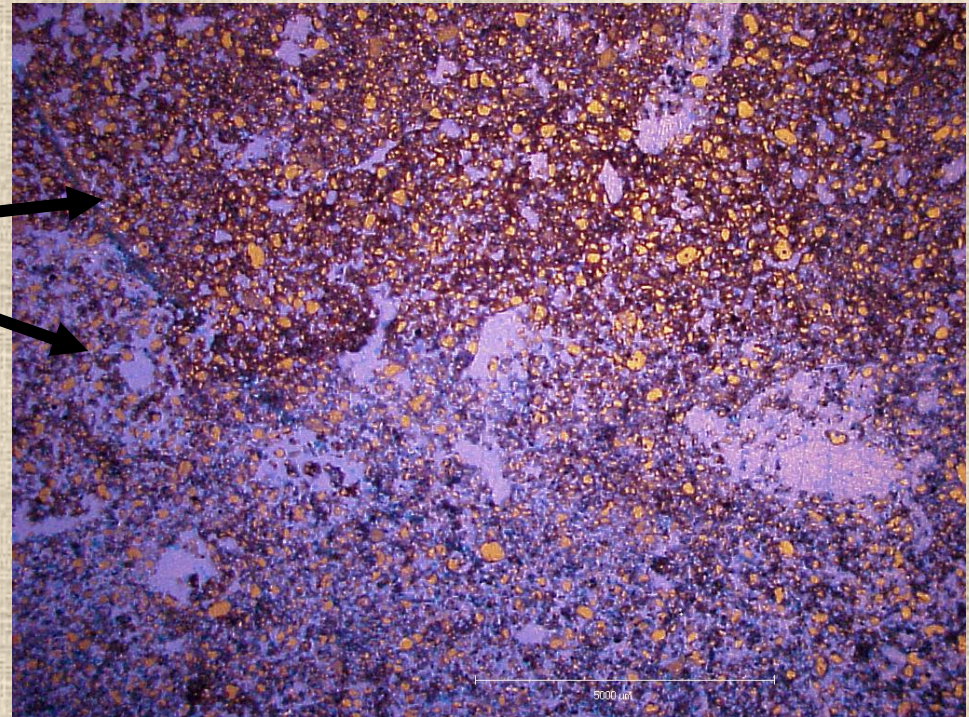
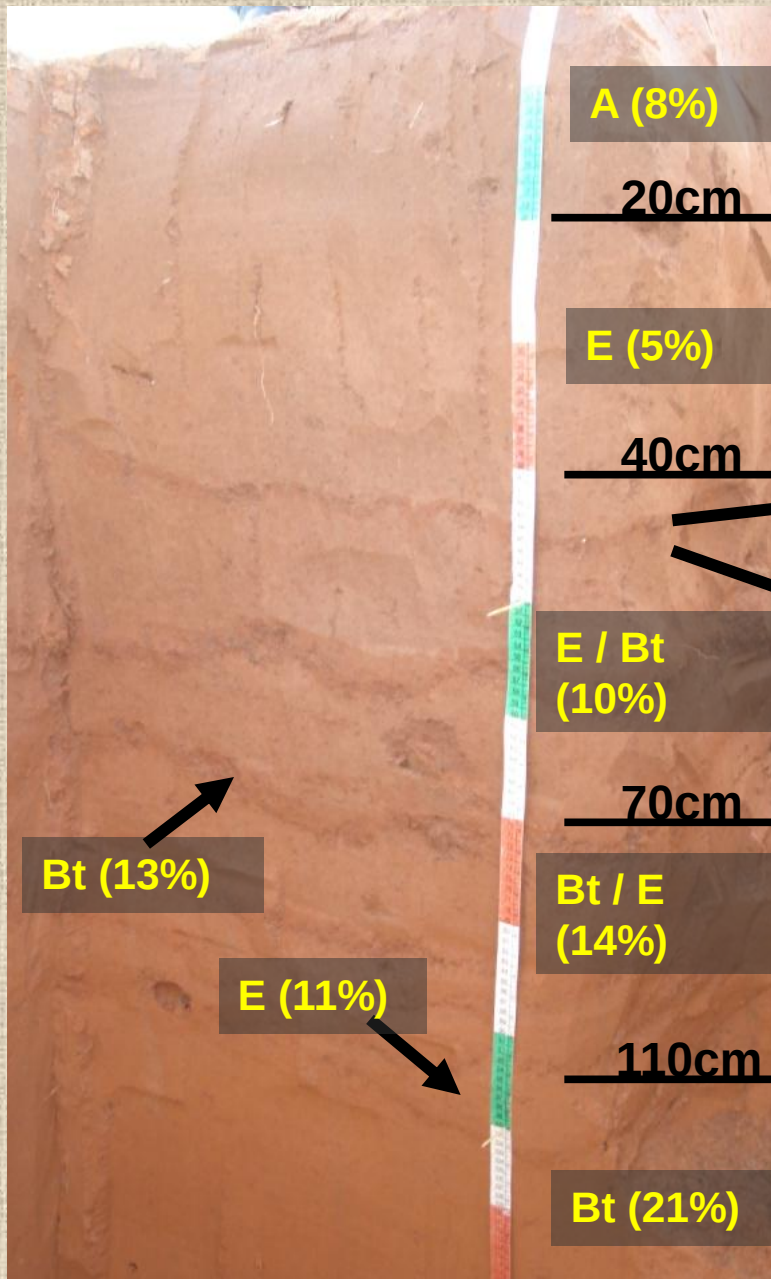
Características físico-hídricas

Profundidade	Densidade	Macroporosidade	Microporosidade	Prosidade total
	g/cm ³	%		
0-38 (PL-40/L109) - Área Fraca - Entre Plantas (Empilhamento)				
0-15	0,91	44	13	57
15-30	0,81	39	20	59
30-50	1,40	33	1	34
0-38 (PL-39/L109) - Área Fraca - Entre Linha (S/Empilhamento)				
0-10	1,20	25	21	46
10-20	1,36	35	4	38
50-70	1,37	34	0	34
0-38 - Perfil sob Moita de Capim				
0-15	1,07	33	20	53
0-38 (PL-39/L129) - Área Boa - Entre Planta				
0-10	0,97	25	32	57
10-20	1,24	33	3	36
40-60	1,52	34	1	35
0-38 (PL 39 /L129) - Área Boa - Entre-Linha				
0-10	0,99	33	25	58
10-20	1,50	33	2	35

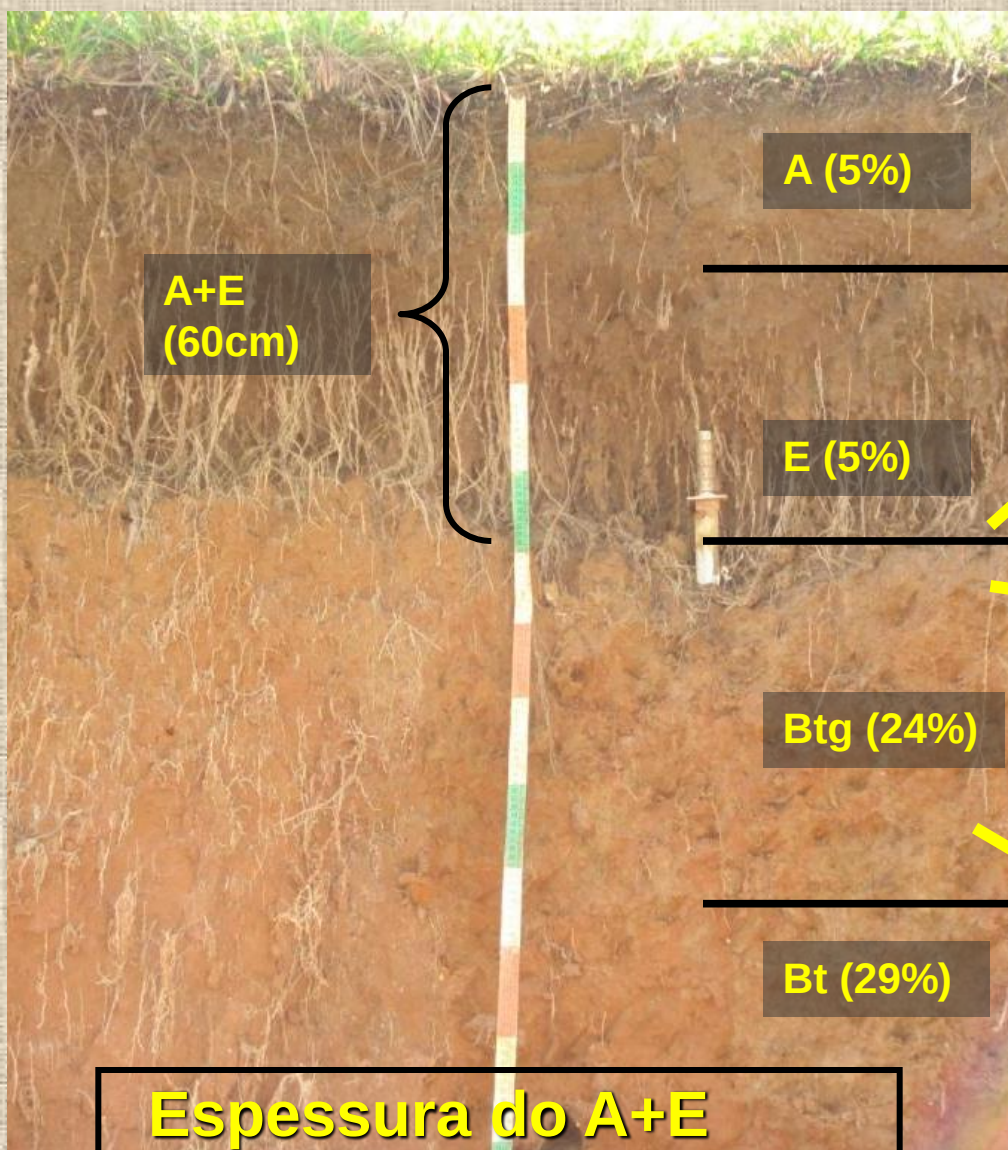
ARGISSOLOS arênicos e espessarênicos



PVe espessarênico



Usina Rio Vermelho (Junqueirópolis – SP)



A (5%)

A+E
(60cm)

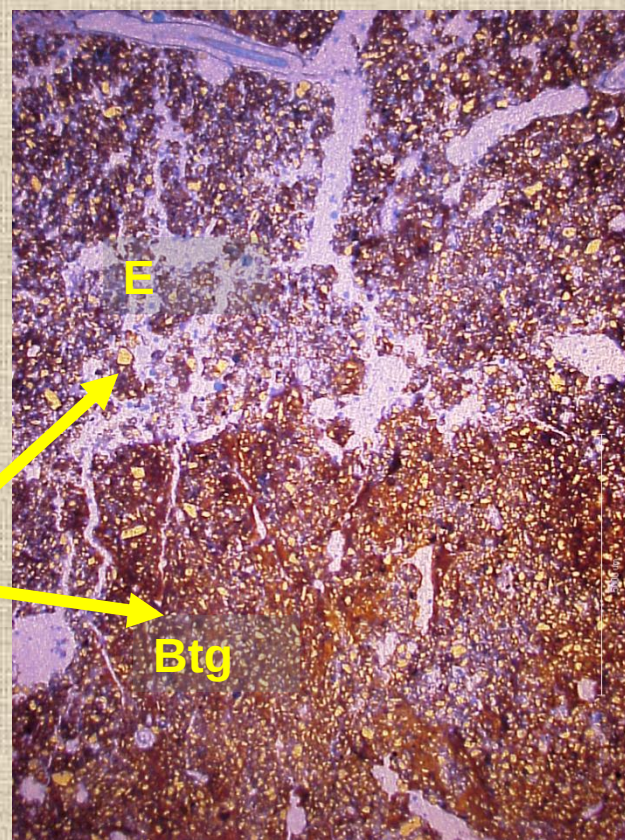
E (5%)

Btg (24%)

Bt (29%)

Espessura do A+E
+ Ilhas no Btg

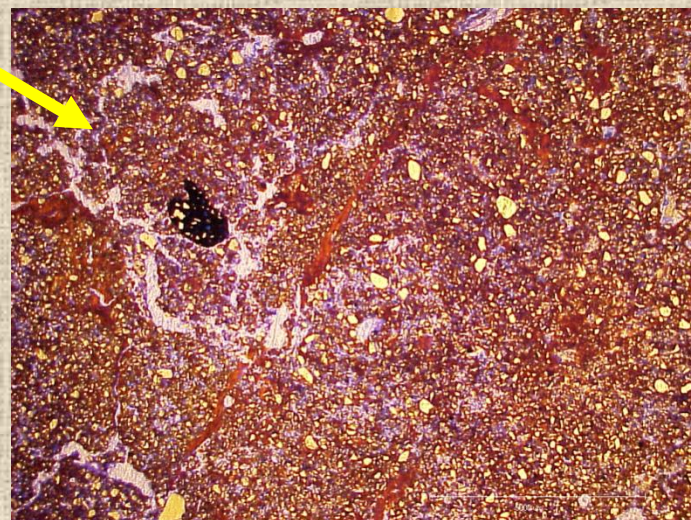
AD alta

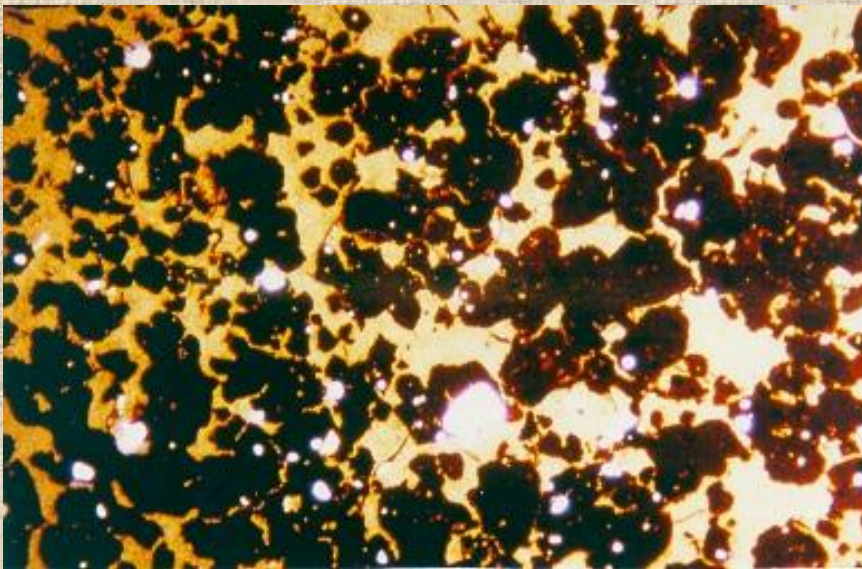


E

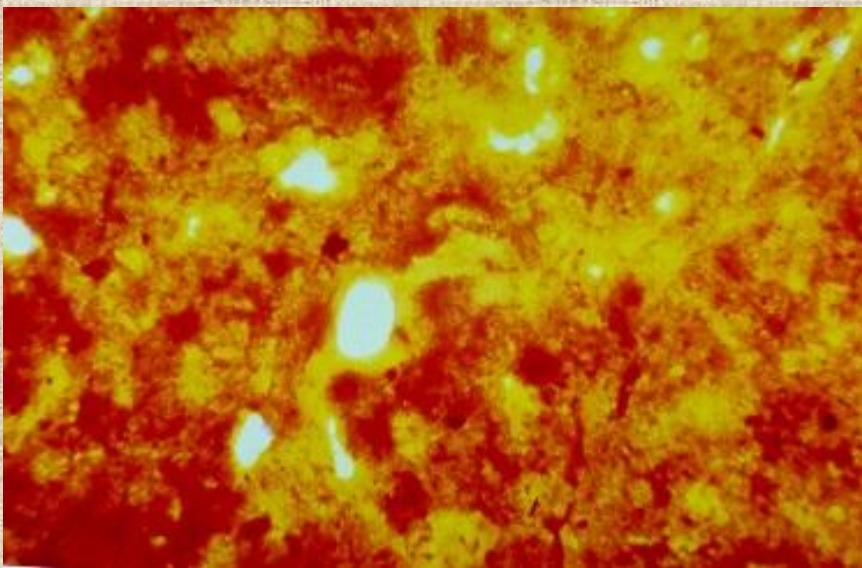
Btg

1,5cm



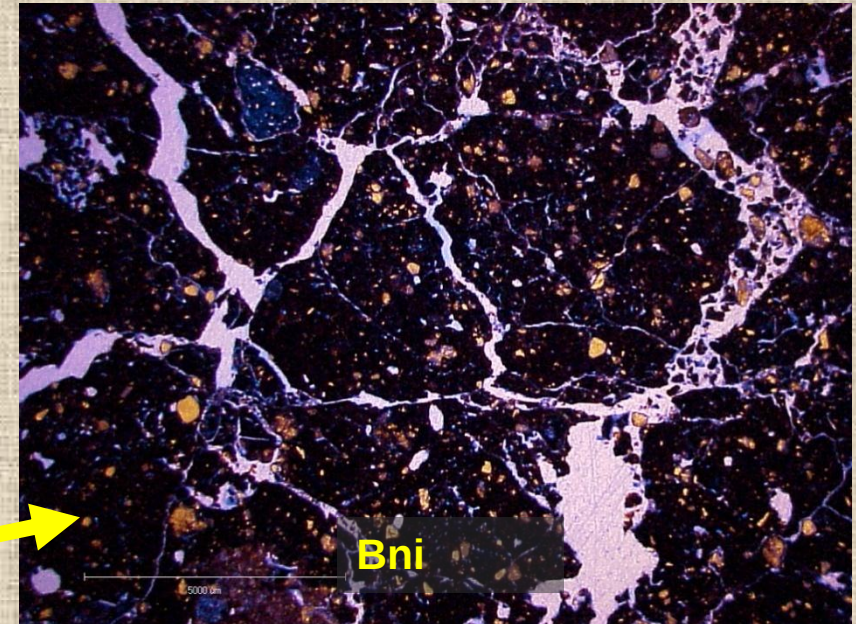
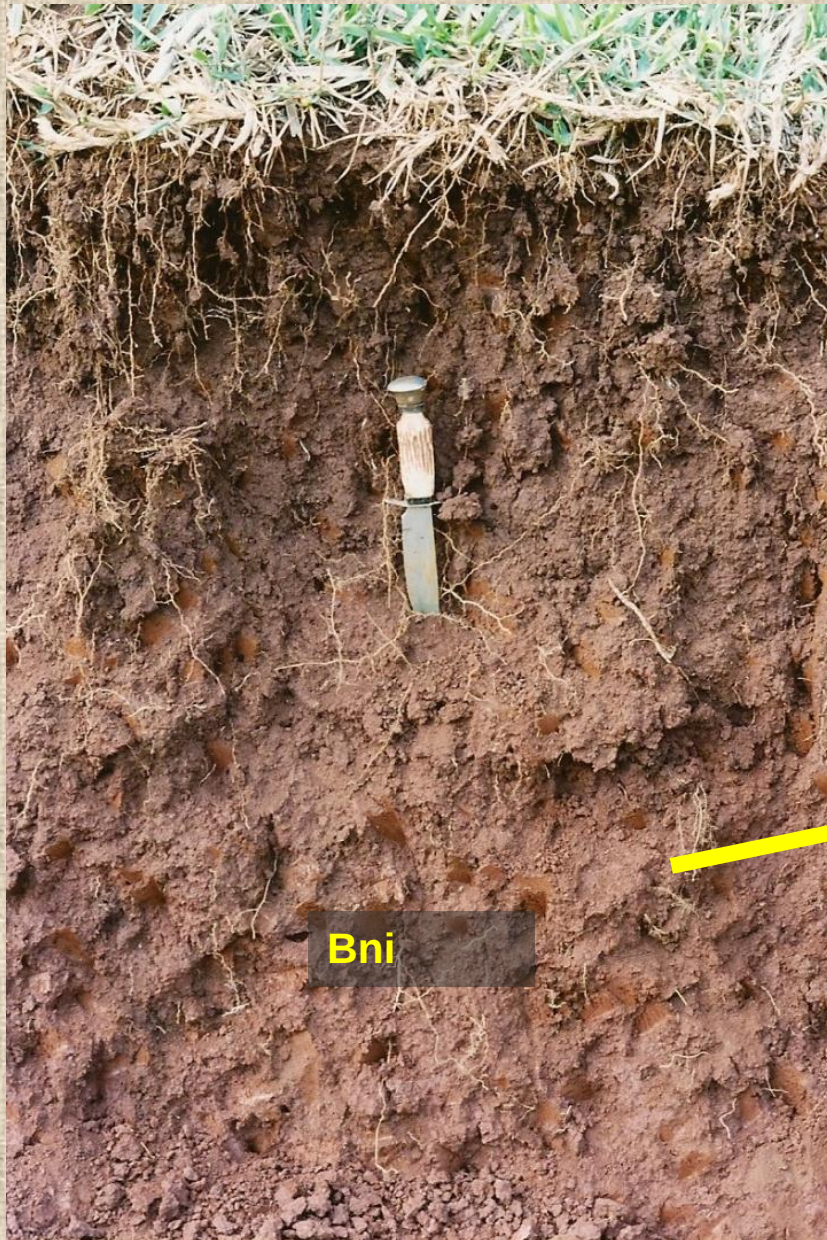


**Amostra indeformada de horizonte
subsuperficial de latossolo argiloso (20-40 cm)
sem compactação, evidenciando a
macroporosidade homogeneamente distribuída**



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

NVef



Estrutura

Mesoporos

AD alta

$$CAD = AD \times L$$

