

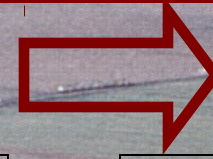
DINÂMICA E MANEJO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO



Tony Jarbas F. Cunha
Eng^o Agr^o D. Sc. Pedologia/MOS

Introdução:

Sistemas agrícolas



intervenção

Degradação

Física

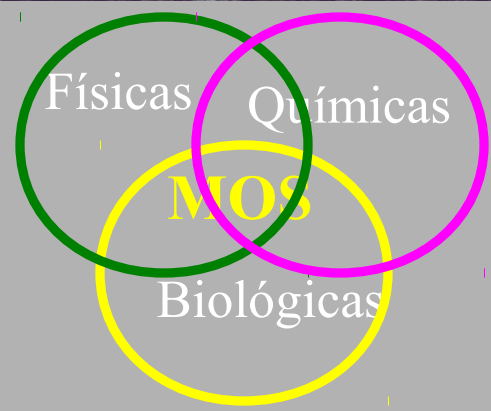
Declínio estrutura, compactação; erosão

Química

Lixiviação; acidificação; salinização; desbalanço nutricional

Biológica

Declínio do conteúdo de MOS
perda da diversidade



Degradação ambiental



Desmatamentos



Queimadas



Morro abaixo



Convencional

Degradação ambiental





Degradação ambiental

Voçoroca

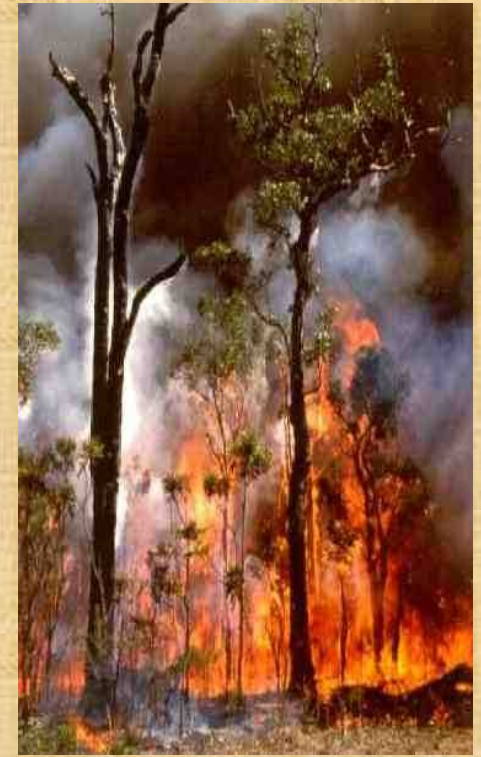


Assoreamento



DERRUBADAS

QUIMADAS



DEGRADAÇÃO



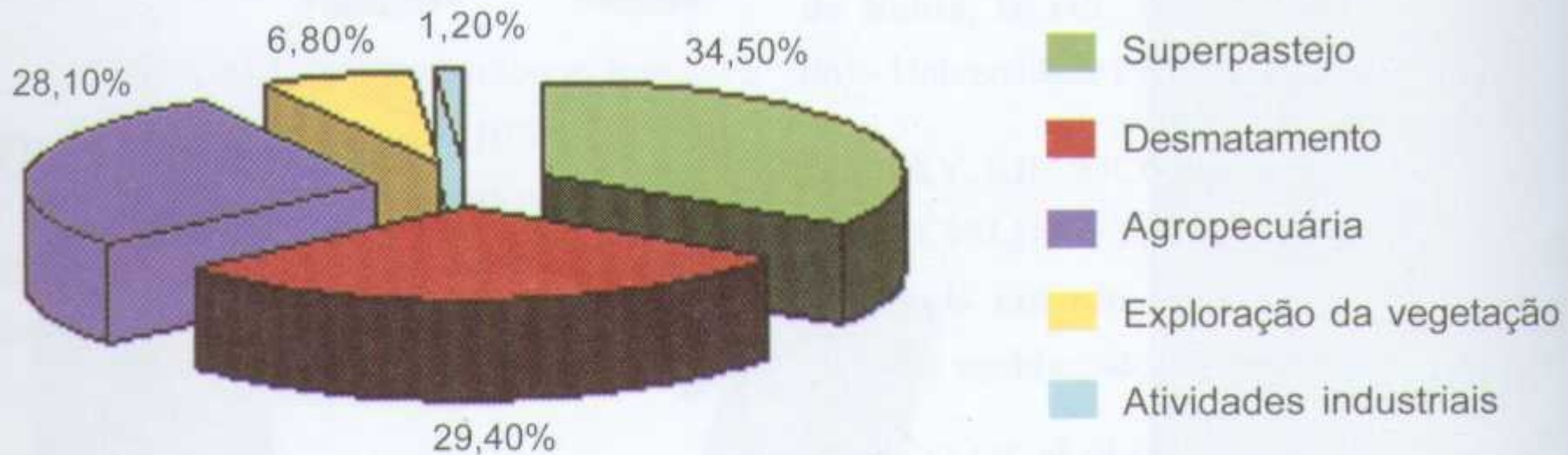


Gráfico 1 - Principais atividades responsáveis pela degradação do solo

FONTE: Dados básicos: Oldeman (1994).

Agricultura no Brasil

(adaptado de Manzatto et al., 2002)

Milhões de hectares (% área total)

| | |
|--|-------------------|
| • Agricultura | 50,0 |
| ➤ Culturas anuais (ex. milho, feijão, soja) | 42,5 (18%) |
| ➤ Culturas perenes (ex. café, citrus) | 7,5 (3%) |

Agricultura ocupa 6,25% do Brasil

1



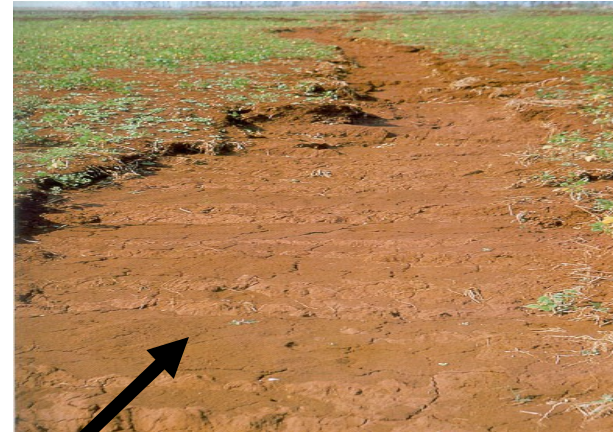
2



3



4



Problema: Erosão do solo

Gota de chuva de 3.2-mm θ a 9 m s⁻¹

- Selamento superficial do solo
- Diminuição da infiltração da água no solo
- Acúmulo de água na superfície do solo
- Enxurrada
- Erosão



Fonte: Mitchell, J.K. - USDA



Fonte: Denardin, E. - Embrapa

USO INADEQUADO



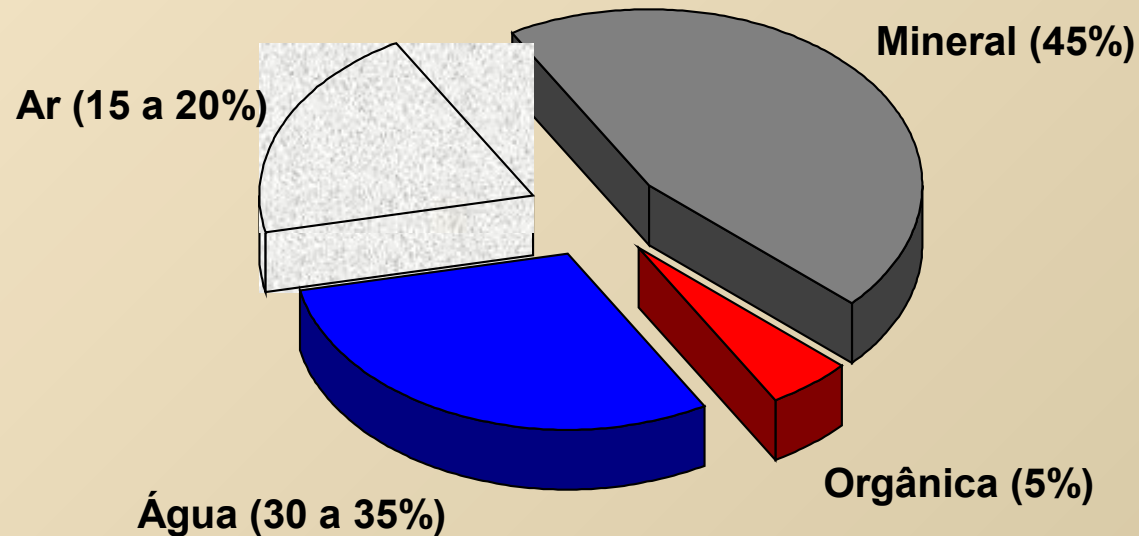
**A EROSÃO
EMPOBRECE O SOLO
E O HOMEM**



“Um sistema de produção sustentável é aquele que se satisfaz sem interferir nas portunidades do amanhã”



Proporção das fases sólida, líquida e gasosa no horizonte A de um solo considerado como “ideal”.





| Soils | AREA km ² | RELATIVE % |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| ALISSOLOS | 371.874,48 | 4,36 |
| ARGISSOLOS | 1.713.853,49 | 19,98 |
| CAMBISSOLOS | 232.139,19 | 2,73 |
| CHERNOSSOLOS | 42.363,93 | 0,53 |
| ESPODOSSOLOS | 133.204,88 | 1,58 |
| GLEISSOLOS | 311445,26 | 3,66 |
| LATOSSOLOS | 3.317.590,34 | 38,73 |
| LUVISSOLOS | 225.594,90 | 2,65 |
| NEOSSOLOS | 1.246.898,89 | 14,57 |
| NITOSSOLOS | 119.731,33 | 1,41 |
| PLANOSSOLOS | 155.152,13 | 1,84 |
| PLINTOSSOLOS | 508.539,37 | 5,95 |
| VERTISSOLOS | 169.015,27 | 2,01 |
| ÁGUA | 160.532,30 | 1,88 |
| TOTAL | 8.547.403,50 | 100,00 |

59%

HORIZONTES SUPERFICIAIS EM FUNÇÃO DO TEOR DE MOS



Horizonte A fraco



Foto 16 - Perfil de PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico. Poconé - MT.



Horizonte A moderado



Foto 18 - Perfil de ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrupto. São Mateus - ES.



Horizonte A proeminente

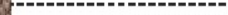


Foto 19 - Perfil de GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico típico. Nova Xavantina - MT.



Horizonte A chernozêmico



Foto 15 - Perfil de ARGISSOLO VERMELHO eutrófico típico. Juscimeira - MT.



Horizonte A húmico



Foto 17 - Perfil de CAMBISSOLO HUMICO Tb Distrófico típico. Campinápolis - MT.

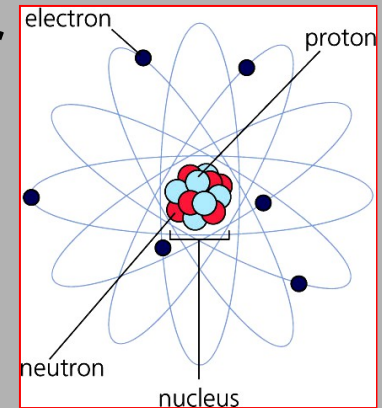


Horizonte A antrópico



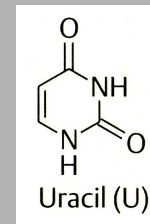
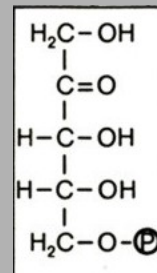
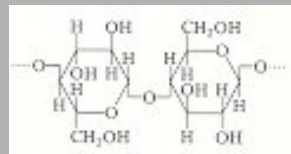
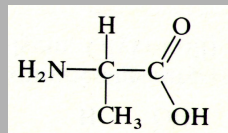
Foto 14 - Perfil de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (Terra Preta do Índio). Parintins - AM.

Carbono – um elemento bastante singular

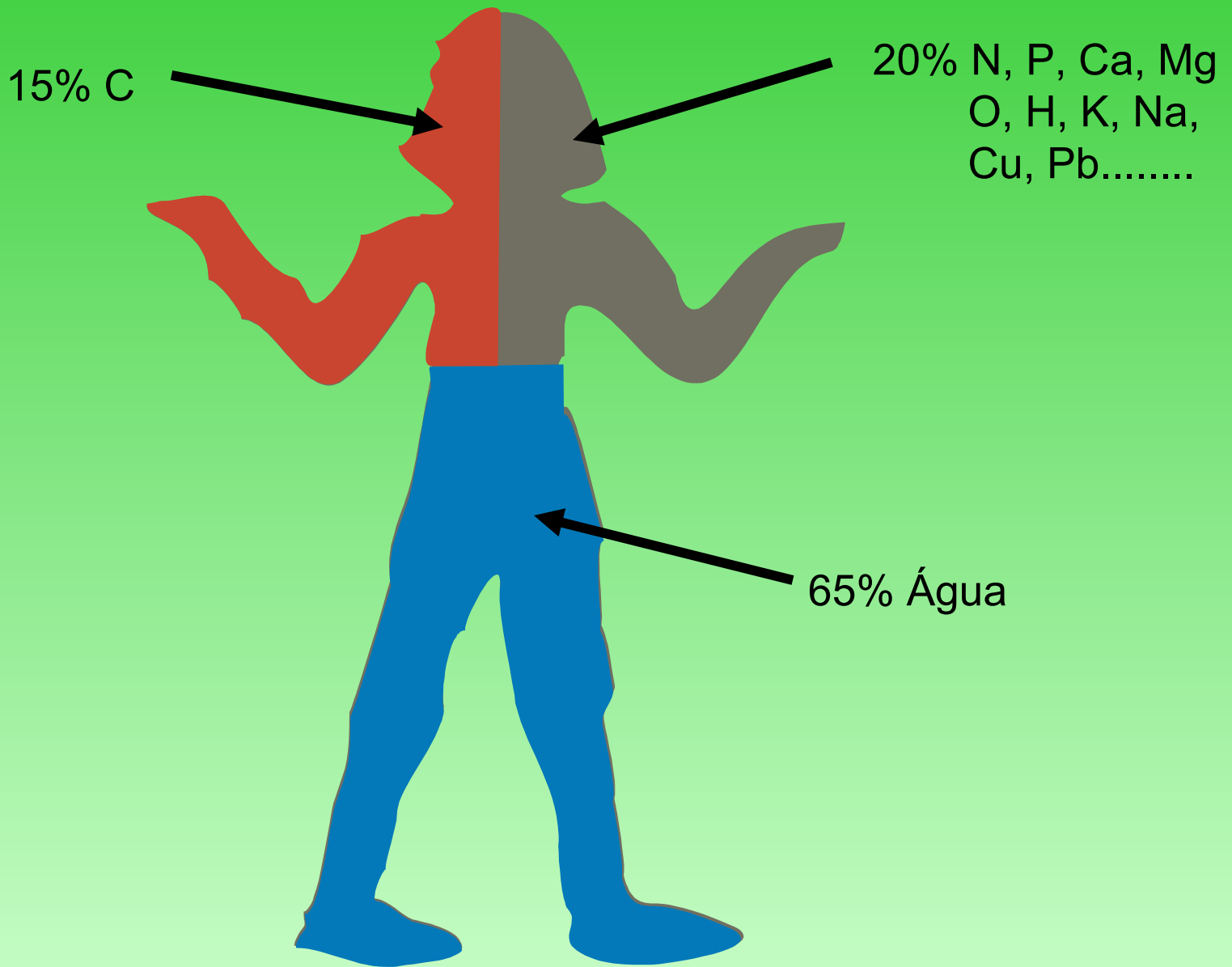


Há aprox. 2 bilhões de anos:
Apenas ligações simples
(CO_2 , CH_4 , HCO_3^- , CaCO_3)

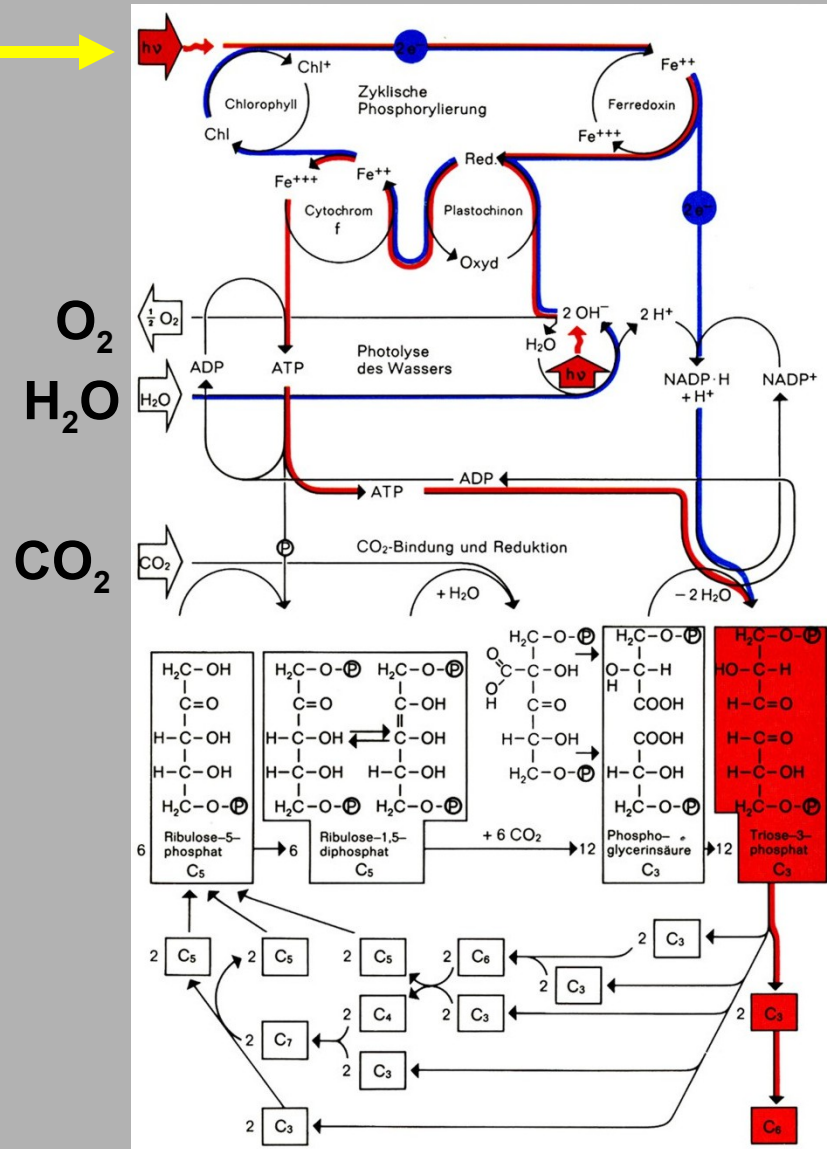
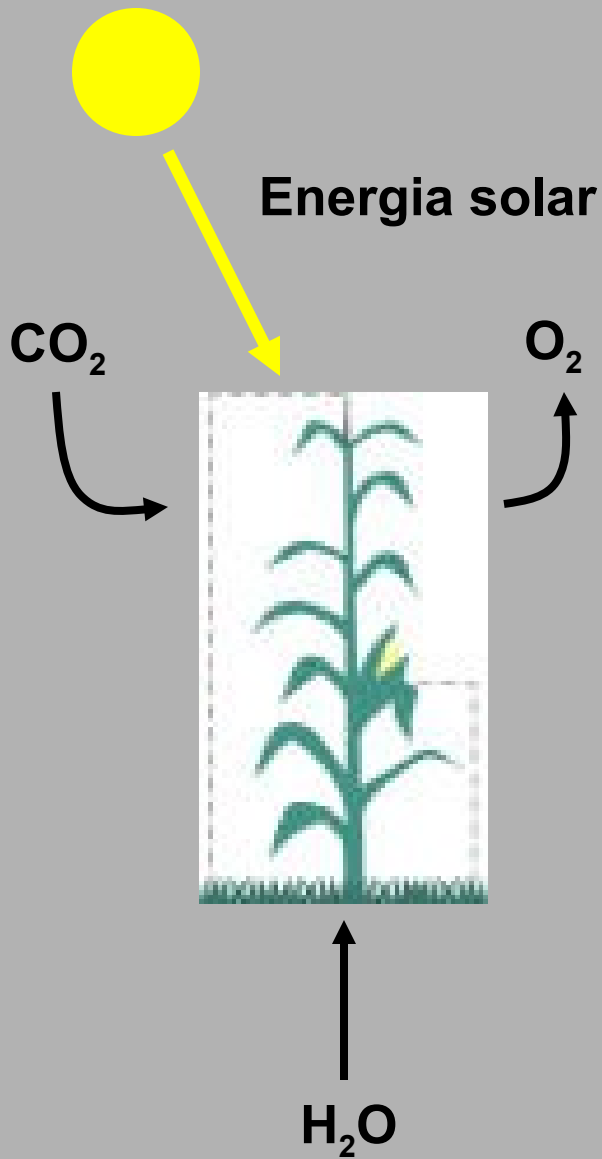
Em algum momento há 1,5 - 2 bilhões de anos:
Formação de moléculas maiores e mais ricas em C
(Aminoácidos, Açúcares, Proteínas etc.)
→ Requisito para o surgimento da vida.



Carbono – Elemento fundamental de todos os seres vivos



Fotosíntese



Definição

A MOS consiste numa mistura de resíduos de plantas e animais, em vários estádios de decomposição, de substâncias sintetizadas microbiologicamente e/ou quimicamente a partir da quebra de produtos e de corpos vivos ou mortos de microrganismos e pequenos animais e de seus compostos remanescentes

(Schnitzer & Khan, 1978. *Soil Organic Matter*. Elsevier, Amsterdam, p. 1-64).

1990 - Atual

C e N derivado dos resíduos culturais, Biomassa microbiana, balanço de gases de efeito estufa e sequestro de C

Enfoque nos reservatórios da MOS afetados por sistemas de manejo do solo

1975 - 1990

Modelos de agregados, fracionamento granulométrico, modelos de ciclagem de C e N

1955 - 1975

Desenvolvimento de técnicas e metodologias ^{13}C NMR e EPR

Identificação de grupos funcionais, Estrutura e modelos do Humus

1935 - 1955

Funções e modelos da estrutura do Humus (Métodos químicos – Fracionamento de substâncias húmicas)

1850 - 1935

Caracterização de compostos orgânicos

Desenvolvimento da química

- 1850

Benefícios da MOS em atributos do solo

Primeiros trabalhos

Schnitzer, 1978 and 1998; Jenkinson, 1976; Cerri, 1986; Parton et al., 1987; Jastrow, 1998

Período

Evolução no estudo da matéria orgânica do solo

H₂O

Porque o C e o N são os componentes chaves na sustentação do sistema de produção?

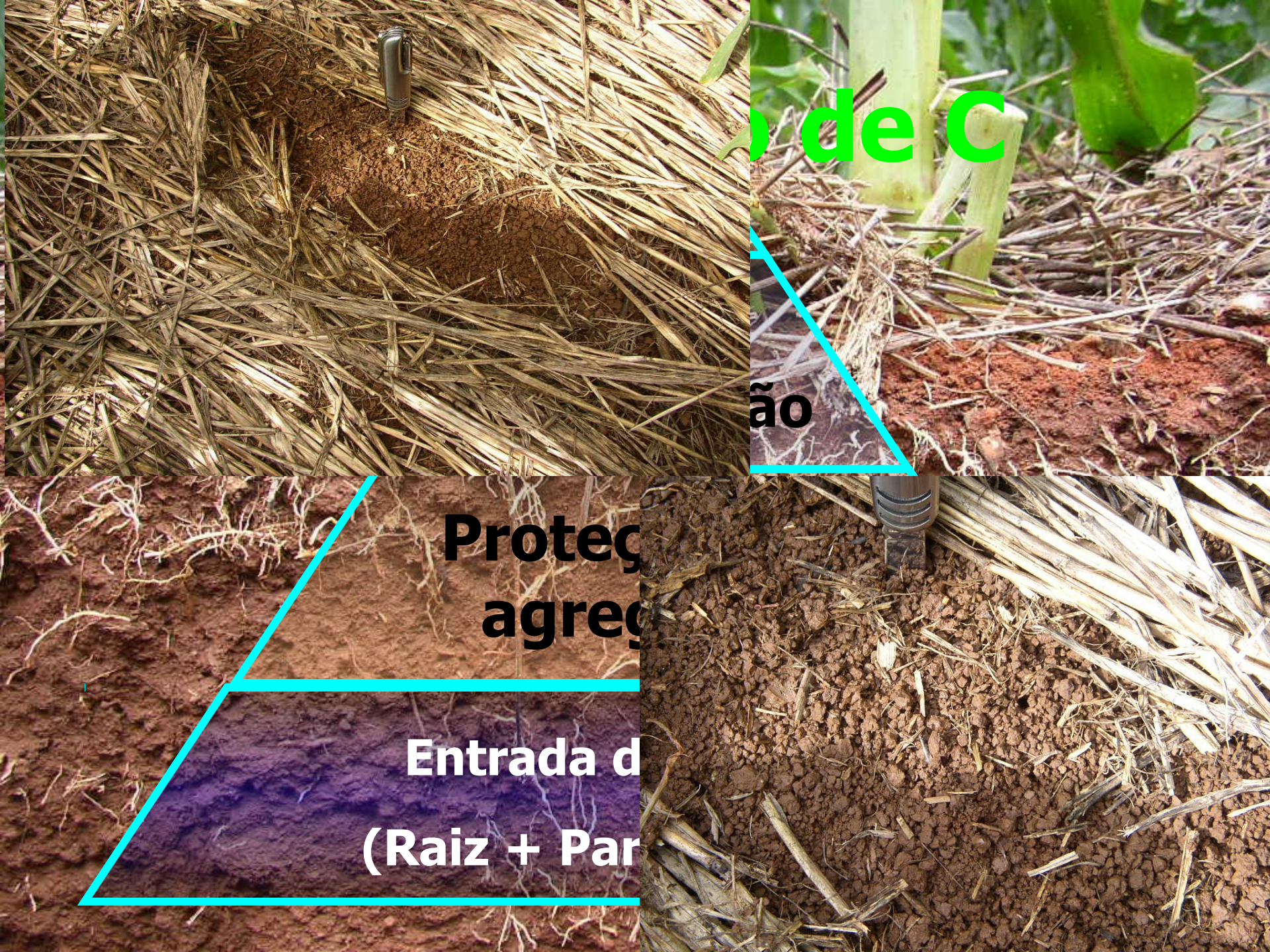
ESTRUTURA DO SOLO

C

Agregados

AR

NUTRIENTES



de C

ão

Proteção
agregação

Entrada de
(Raiz + Partículas)



Vegetação Natural



Preparo convencional



Plantio direto

Diferenças básicas entre

sistemas de uso da terra

em relação ao carbono



Efeito da palhada na agregação (parte aérea)

Zona ativa de decomposição

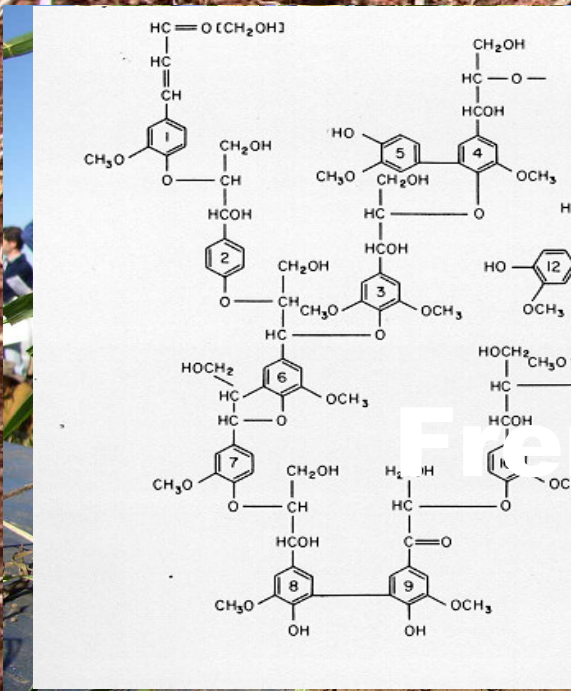
Zona ativa de agregação

Rearranjo nova estrutura

0 - 5 cm

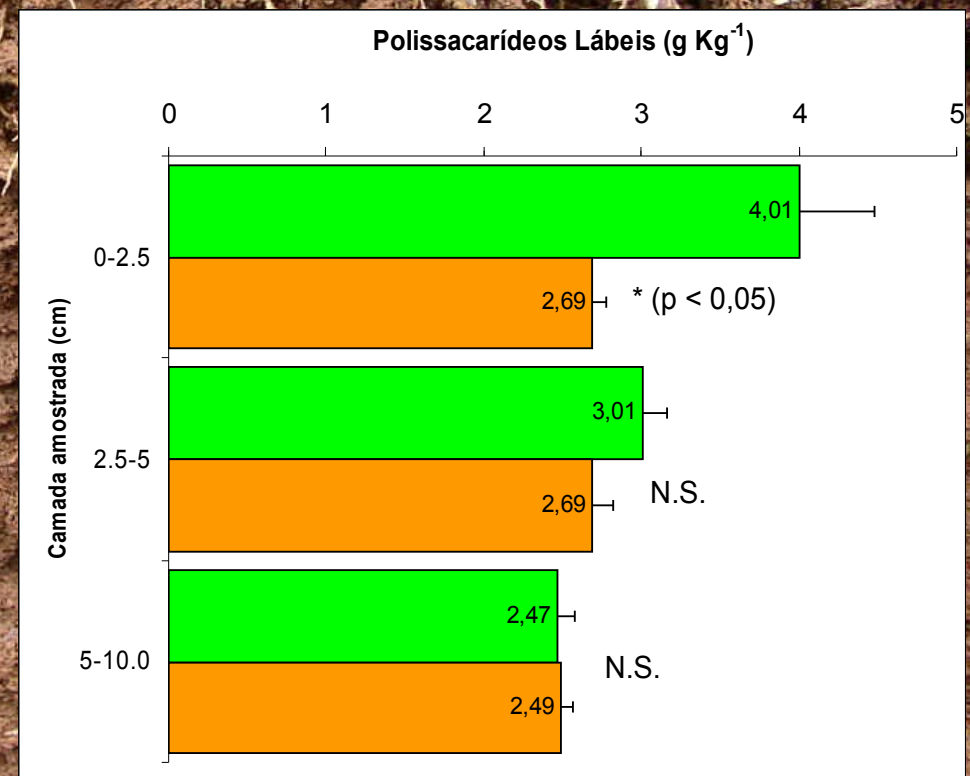
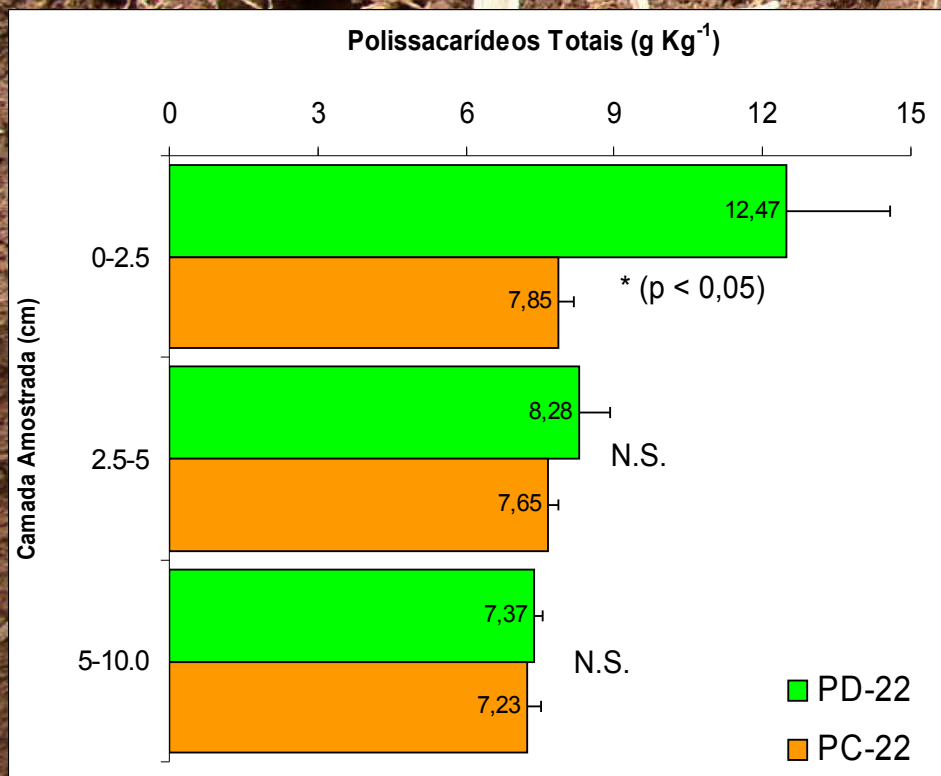


Fluxo contínuo de C



Macroagregação (Proteção física)

Polissacarídeos no solo





Composição da matéria orgânica do solo



Microorganismos
(60-80%)

Fungos
Bactérias

Macrorganismos
(15-30%)

Microfauna Protozoários
Nematóides

Mesofauna Ácaros

Macrofauna Minhocas
Térmitas

Raízes
(5-10%)

Matéria Macroorgânica Resíduos vegetais de diferentes estádios de decomposição

Húmus
(80-90%)

Substâncias não húmicas (30%)
* Lipídeos
* Ácidos orgânicos de baixo peso molecular
* Proteínas
* Pigmentos

Substâncias húmicas (70%)
* Ácidos húmicos
* Ácidos fúlvicos
* Huminas

CICLO GLOBAL DO CARBONO

RESERVATÓRIOS

ATMOSFERA

750

Valores em

Pg C

1Pg = (10¹⁵ g)

VEGETAÇÃO

610

SOLOS

1.580

OCEANO

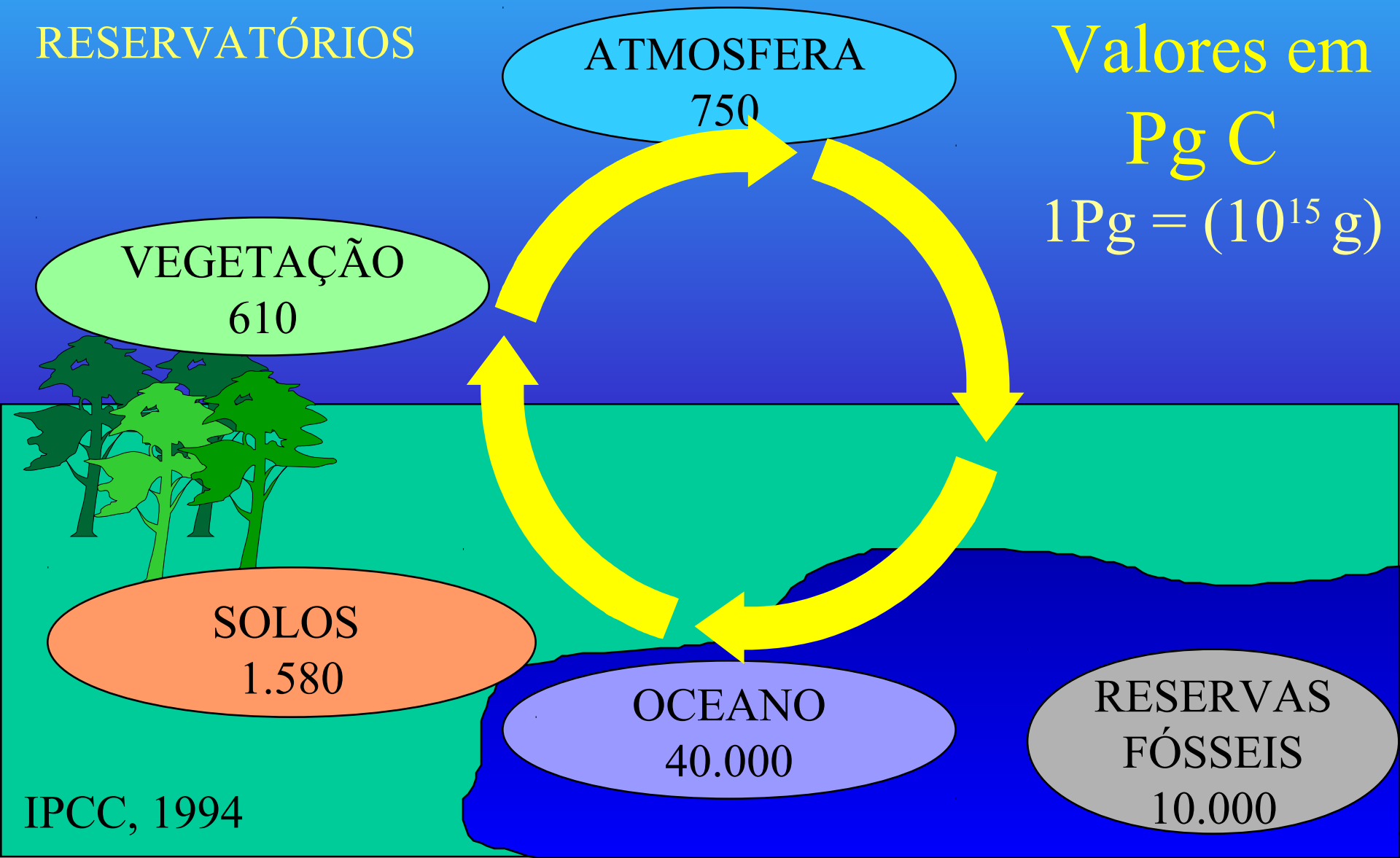
40.000

RESERVAS

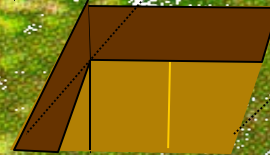
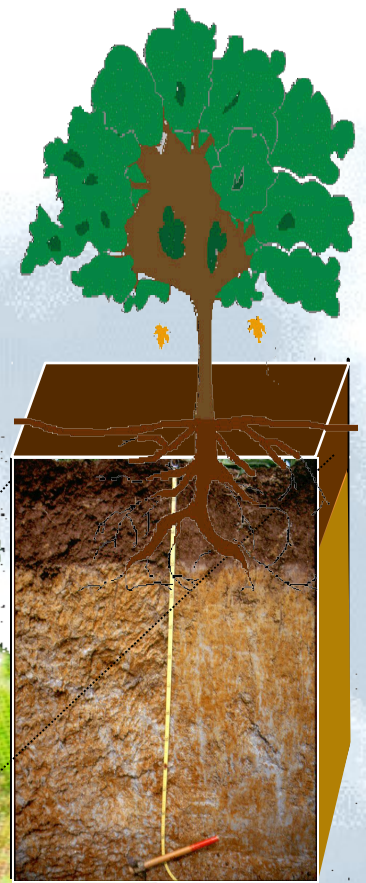
FÓSSEIS

10.000

IPCC, 1994



Serapilheira



Serapilheira

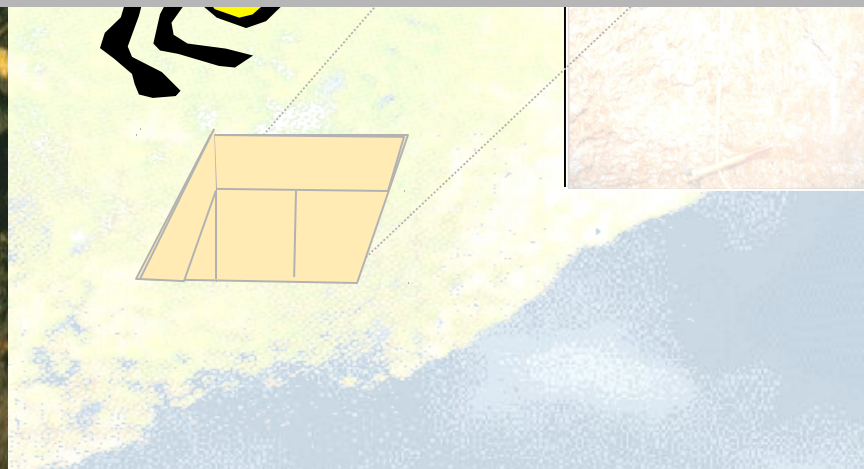
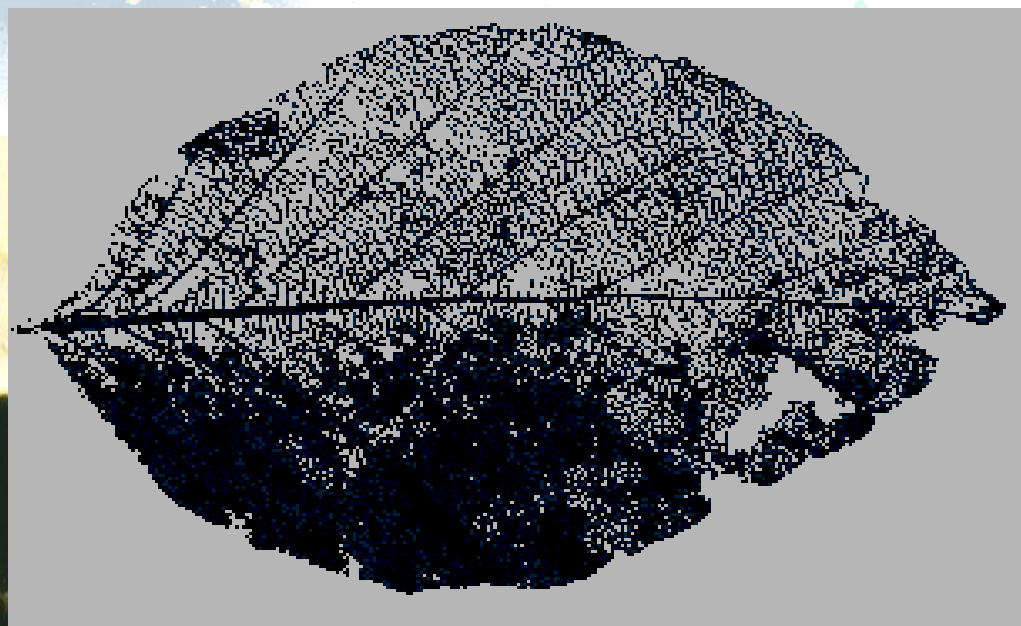


Serapilheira

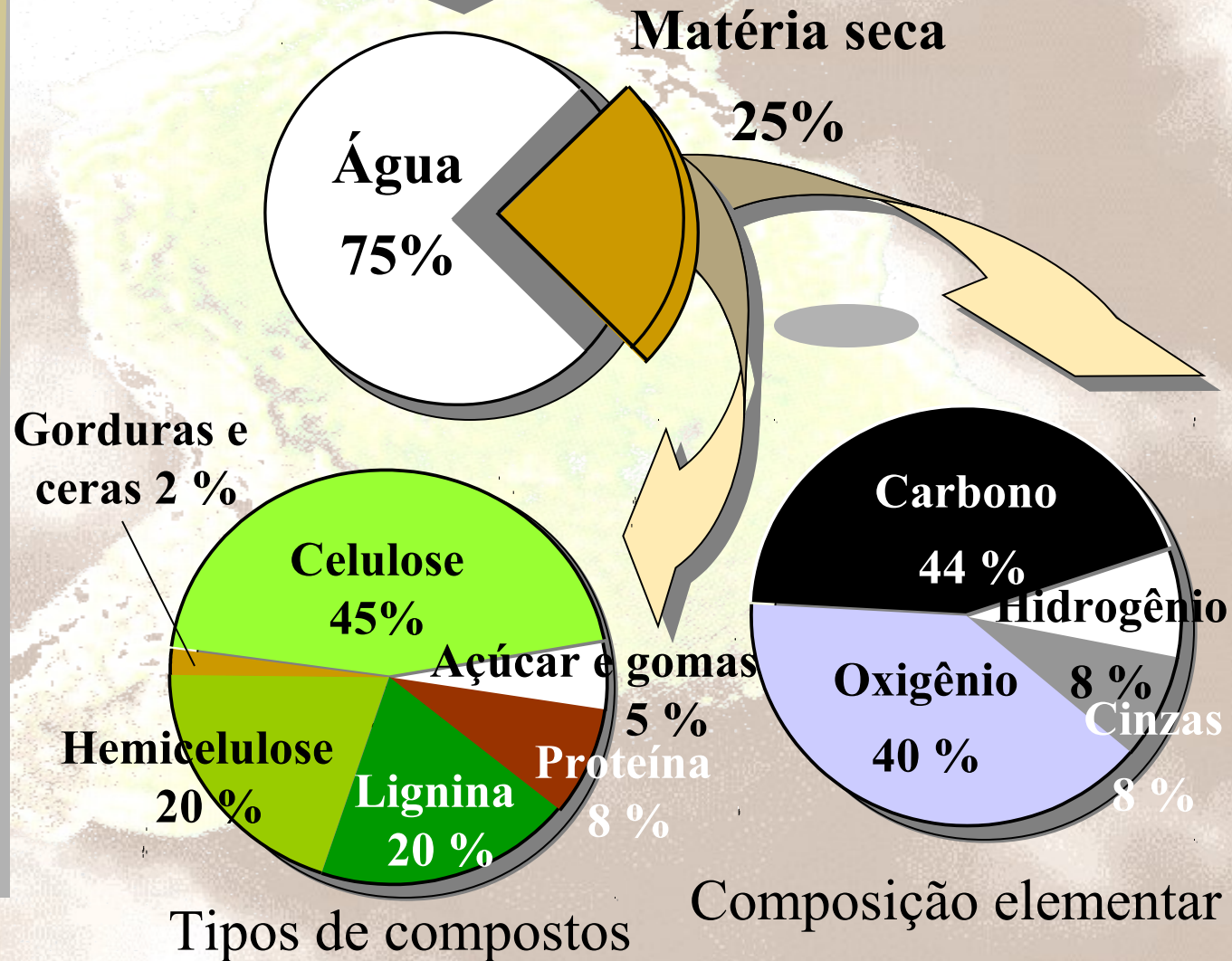


Definição:

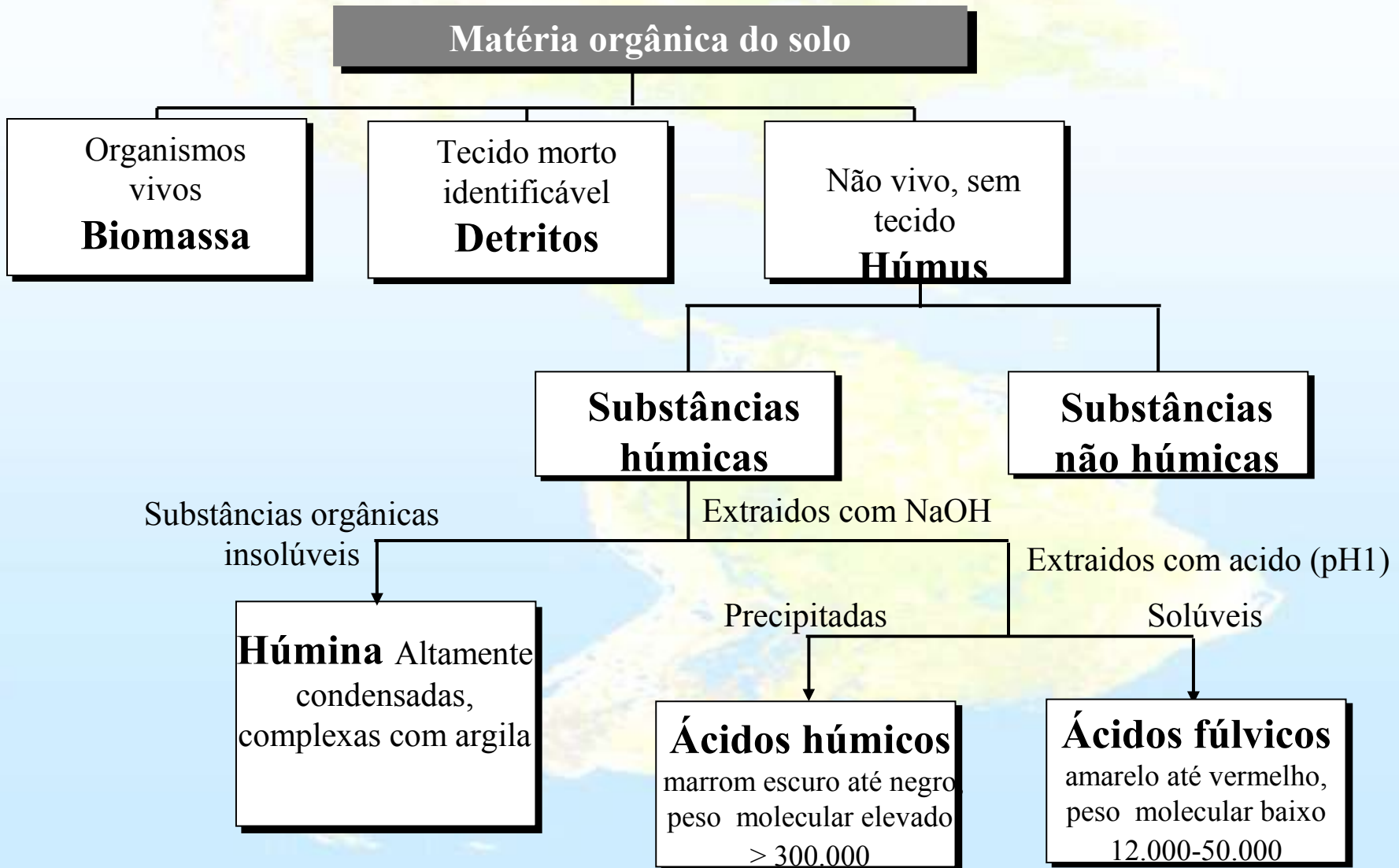
Matéria macro-orgânica
(ex. resíduos vegetais depositados
na superfície do solo)



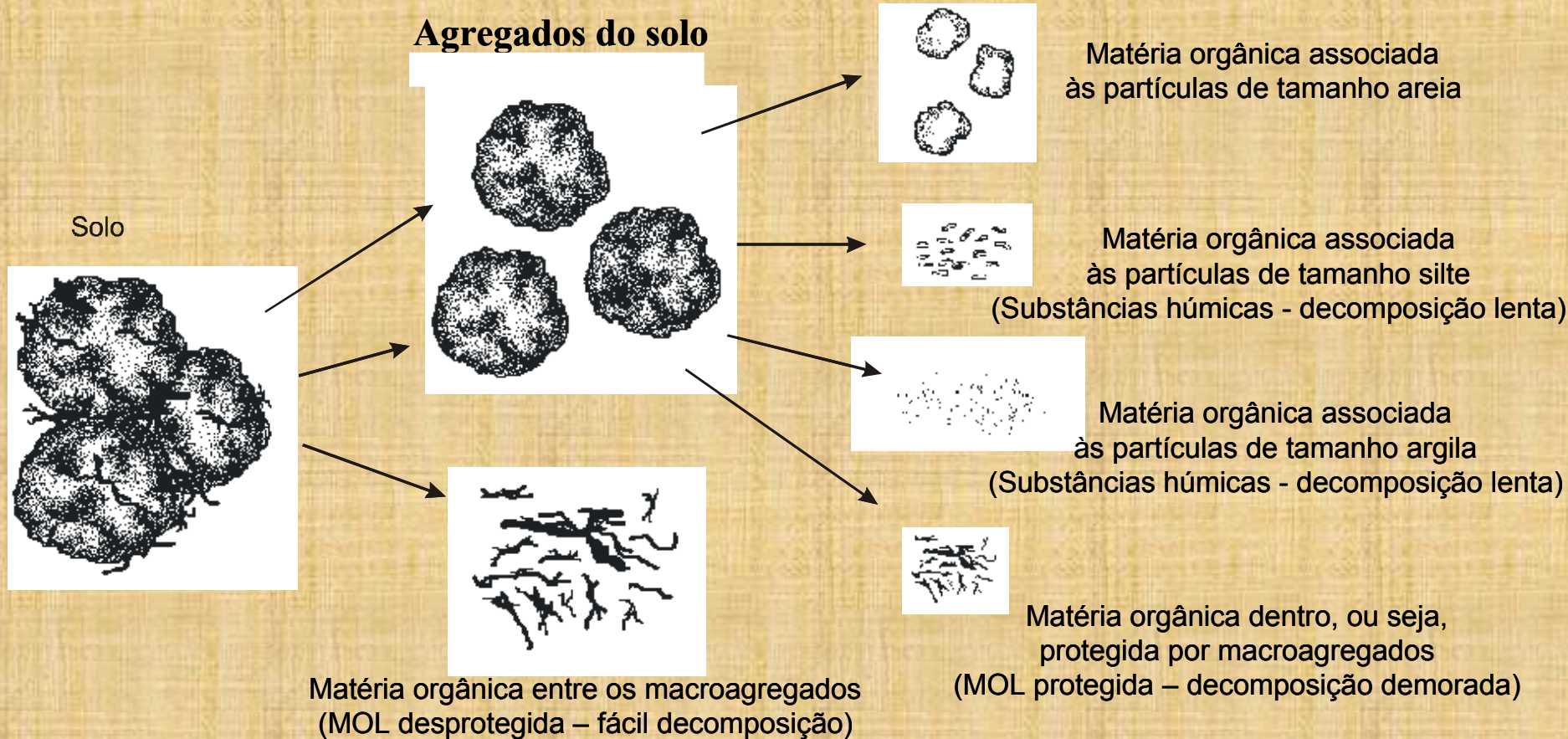
Composição:



Composição global da matéria orgânica do solo



Localização da matéria orgânica no solo



AGREGADOS DO SOLO

Barreto et al. (26° CLAQ)

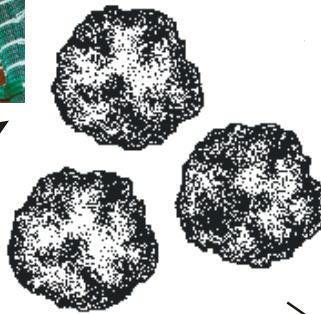
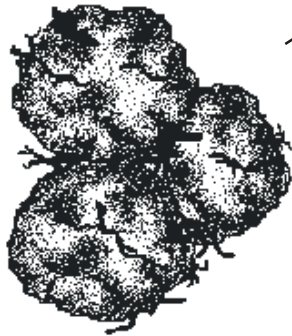
Floresta Atlântica:

Agregado 8 mm (0-5 cm) = 4 kg CO₂ ha⁻¹ hora⁻¹



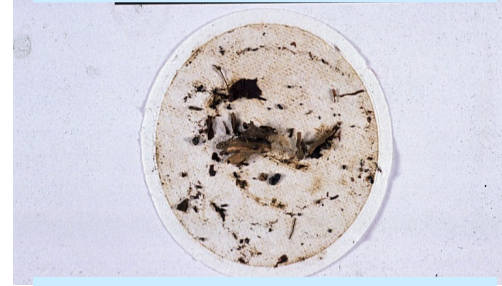
COM-Secundários

Agregados



Fração Leve-Livre

Livre



Intra-agregado



Fração Leve Intra-Agregado

Quantificação do carbono do solo



t C ha⁻¹

Quantificação de carbono orgânico do solo

- Oxidação por via úmida

- Mais comum no Brasil;

- Baseia-se na oxidação do carbono (0 a +4) por íons dicromato em meio fortemente ácido:



- A quantidade de carbono orgânico é obtida indiretamente pela diferença entre a quantidade total de redutor utilizada e a quantidade restante após oxidação do carbono:



- **Problema:** Fator de correção (1,33 - *Jackson, 1958*) devido à oxidação incompleta do carbono, espaço, descarte de resíduo.

- Oxidação por via seca

- Consiste na oxidação completa do carbono em analisador automático que capta e quantifica todo o CO₂ desprendido em um detetor de condutividade térmica;
- Maior precisão e exatidão;
- Problema: Amostras moídas (< 0,177 mm); alto custo.

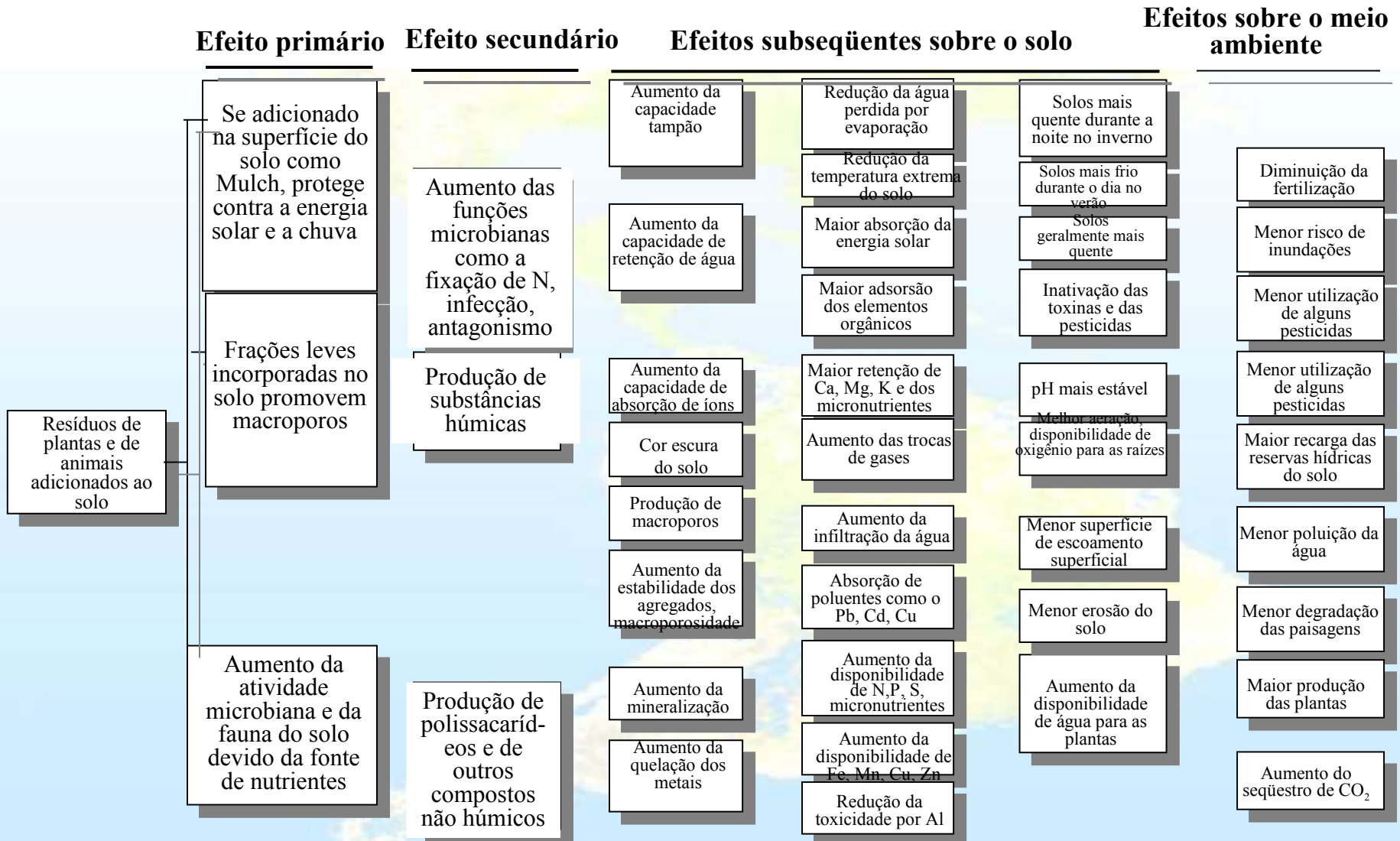
- Métodos alternativos

- Técnica do infravermelho médio (MIR) e infravermelho próximo (NIR).
- ❖ Densidade do solo
- ✓ Poucas promessas.

Sensor de carbono total do solo



Modos nos quais o carbono orgânico do solo influencia as propriedades do solo.



Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

| Propriedades | Observações | Efeito sobre o solo |
|--|--|---|
| Cor | A cor escura típica de muitos solos é causada por ação do húmus | Pode facilitar o aumento da temperatura |
| Retenção de água | pode reter 20 vezes seu peso em água | Ajuda na prevenção de seca e aparecimento de fisuras. Melhora a umidade e de retenção dos solos arenosos |
| Combinação com minerais de argila | Cimentam partículas do solo em unidades estruturais chamadas de agregados | Permite trocas gasosas, Estabilidade estrutural, Aumenta a permeabilidade |

Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

| Propriedades | Observações | Efeito sobre o solo |
|--|--|--|
| Cor | A cor escura típica de muitos solos é causada por ação do húmus | Pode facilitar o aumento da temperatura |
| Retenção de água | pode reter 20 vezes seu peso em água | Ajuda na prevenção de seca e aparecimento de fisuras. Melhora a umidade e de retenção dos solos arenosos |
| Combinação com minerais de argila | Cimentam partículas do solo em unidades estruturais chamadas de agregados | Permite trocas gasosas, Estabilidade estrutural, Aumenta a permeabilidade |

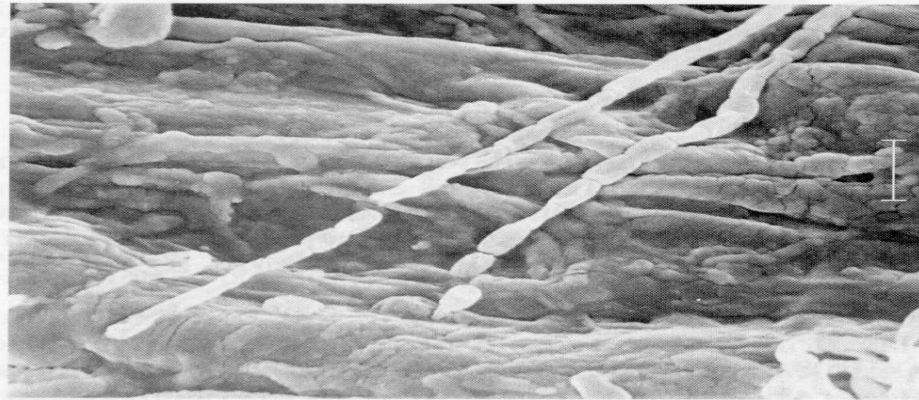
Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

Propriedades

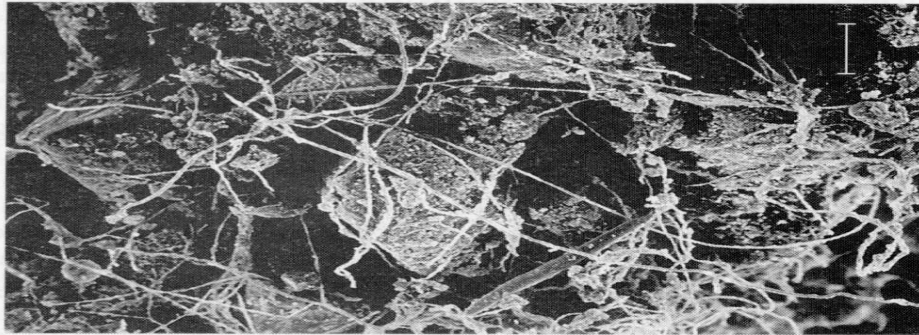
Cor

Retenção de água

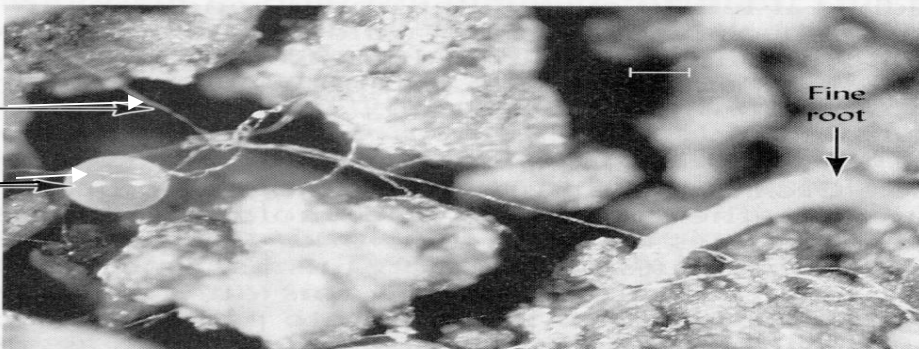
Combinação com minerais de argila



(a)



(b)



(c)

da temperatura

seca e
Melhora a
solos arenosos

Estabilidade
permeabilidade

Hifa

Esporo

Fine root

C nas frações granulométricas (camada 0-10 cm)

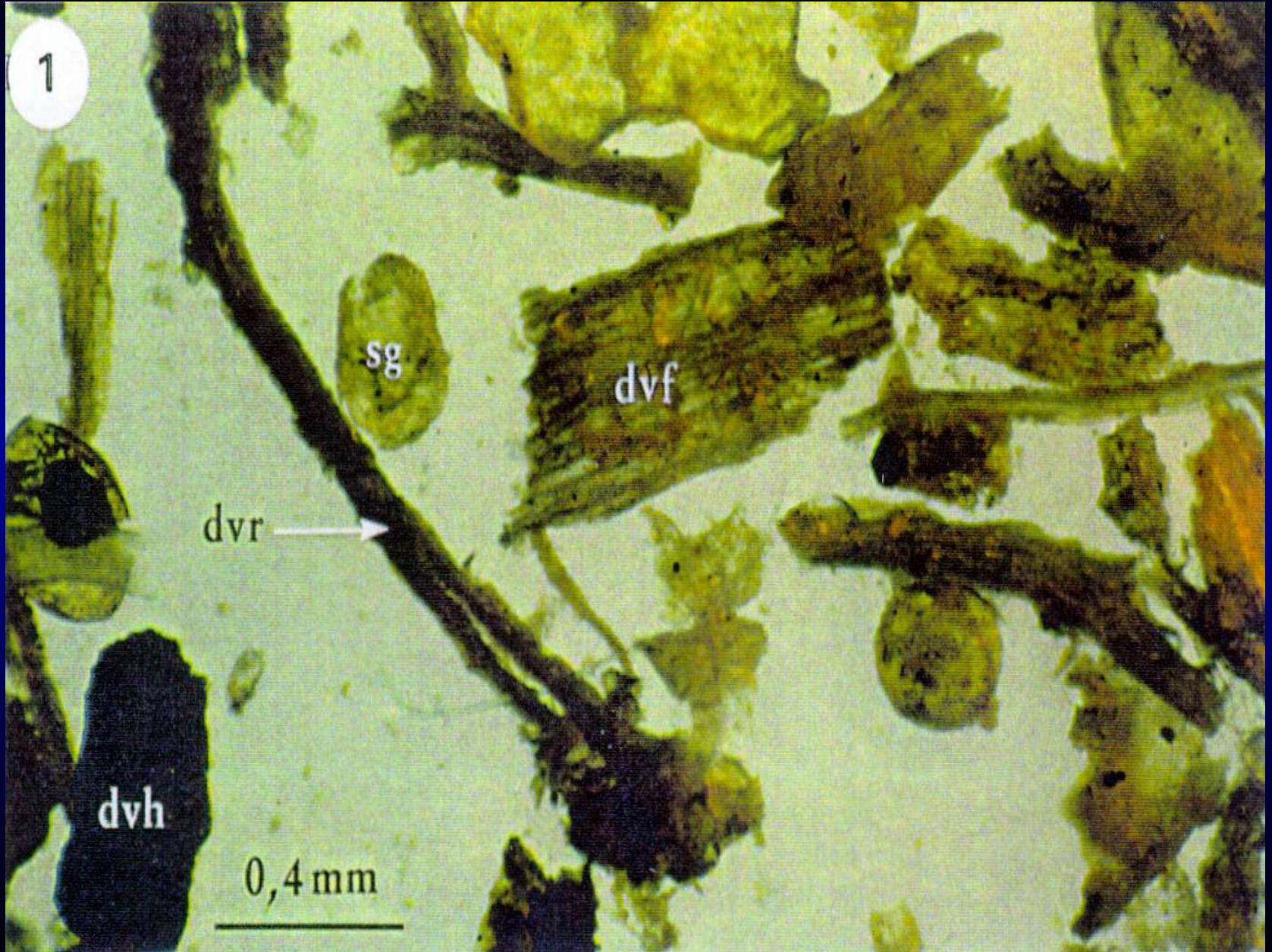
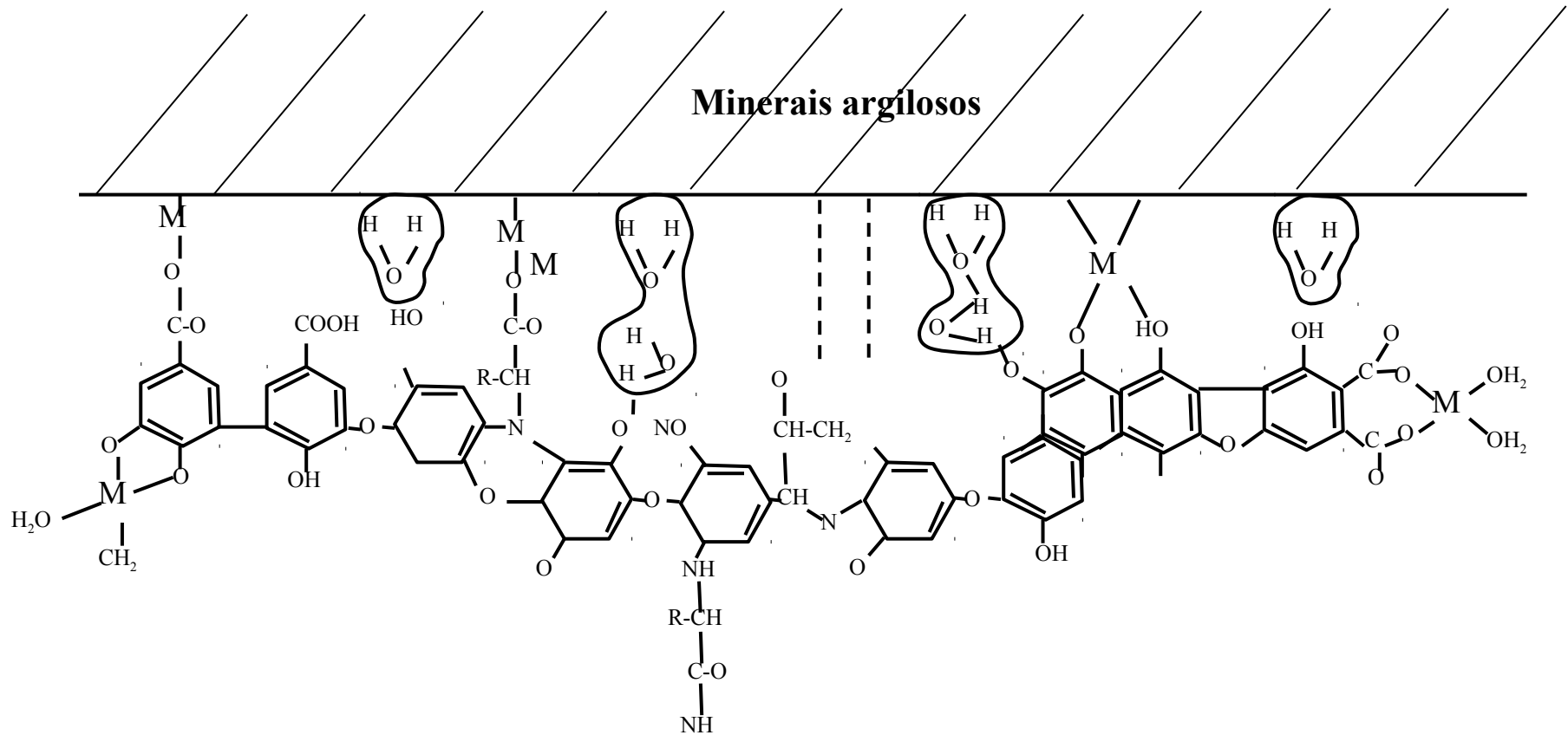


Foto: Dr. Christian Feller, 1994

200-2000 μm

Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.



Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

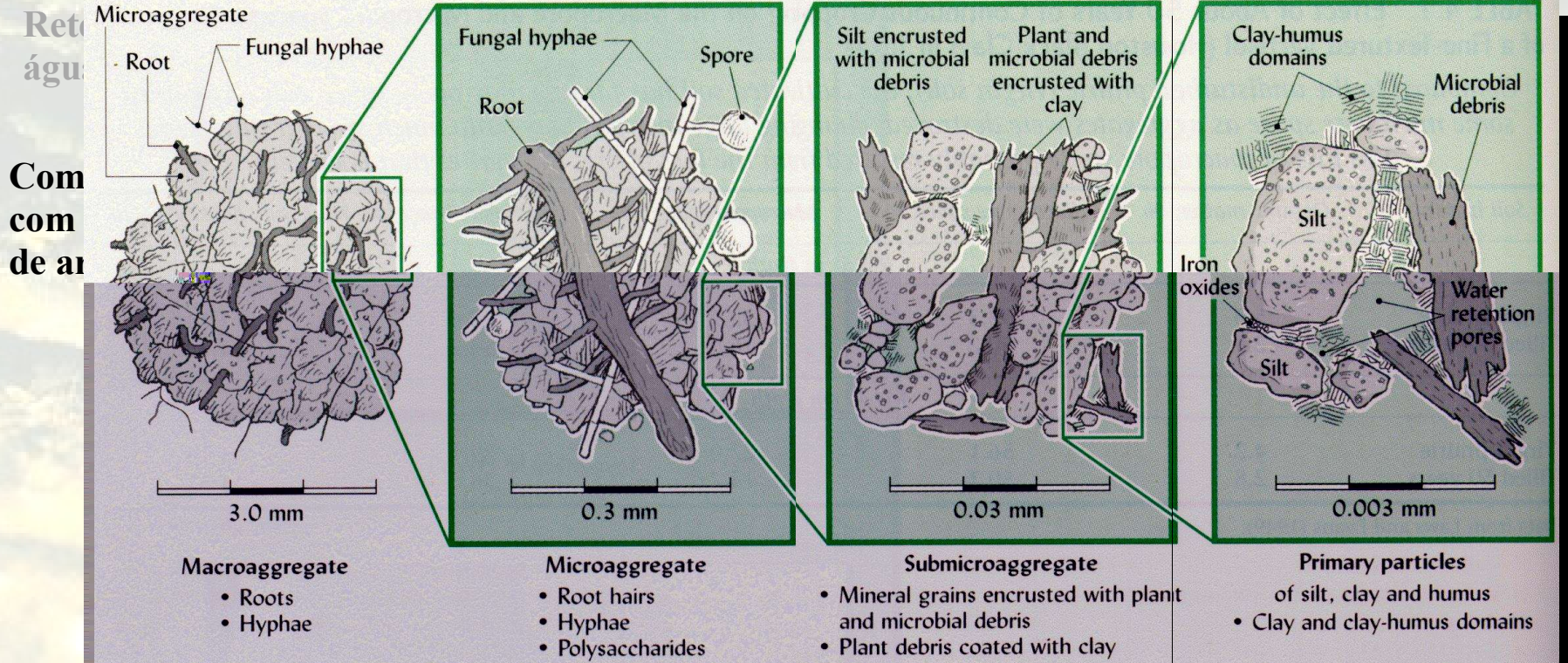
Propriedades Observações

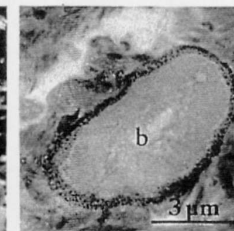
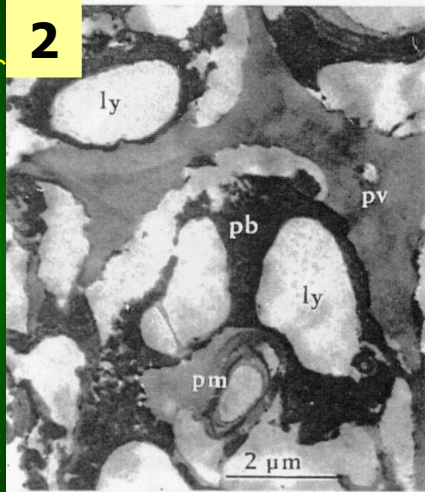
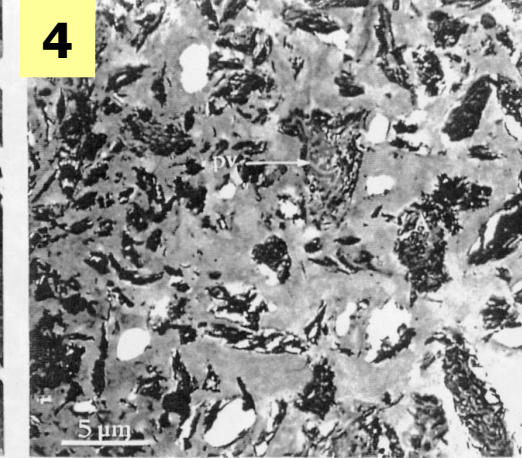
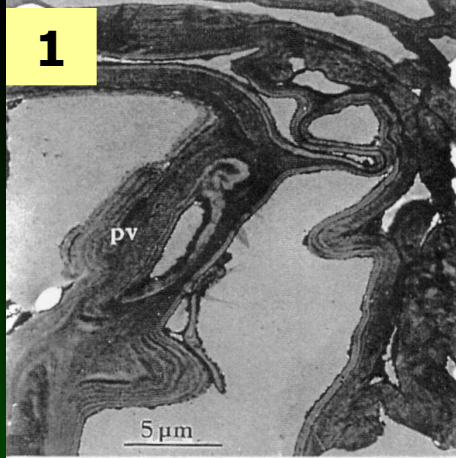
Efeito sobre o solo

Cor

A cor escura típica de muitos solos é causada por ação do húmus

Pode facilitar o aumento da temperatura





1. Macroagregado de 200-2000 μm (tecido vegetal pouco biodegradado);

2. Microagregado de 50-200 μm (tecido vegetal decomposto);

3. Microagregado 20-50 μm organo-mineral;

4. Microagregado 2-20 μm;

5. Fração argila (0-2 μm);

6. Complexo organo-argila

2.4.5. Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

| Propriedades | Observações | Efeito sobre o solo |
|-----------------------------------|--|--|
| Cor | A cor escura típica de muitos solos é causada por ação do húmus | Pode facilitar o aumento da temperatura |
| Retenção de água | pode reter 20 vezes seu peso em água | Ajuda na prevenção de seca e aparecimento de fisuras. Melhora a umidade e de retenção dos solos arenosos |
| Combinação com minerais de argila | Cimentam partículas do solo em unidades estruturais chamadas de agregados | Permite trocas gasosas, Estabilidade estrutural, Aumenta a permeabilidade |
| Quelação | Forma complexos estáveis com Cu^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, e outros cátions polivalentes | Aumenta a disponibilidade de micronutrientes para plantas superiores |

> **Definição:** um tipo de composto químico no qual um ion metálico é firmemente combinado com uma molécula orgânica por meio de múltiplas ligações químicas.

Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

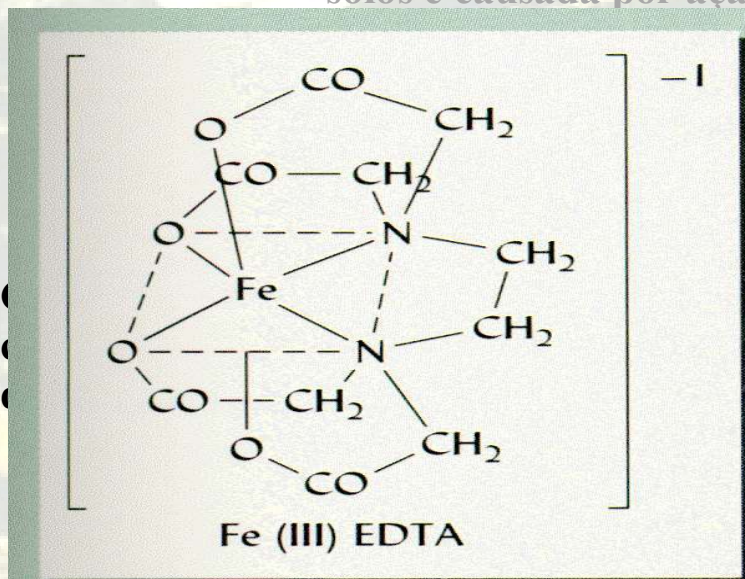
Propriedades Observações

Efeito sobre o solo

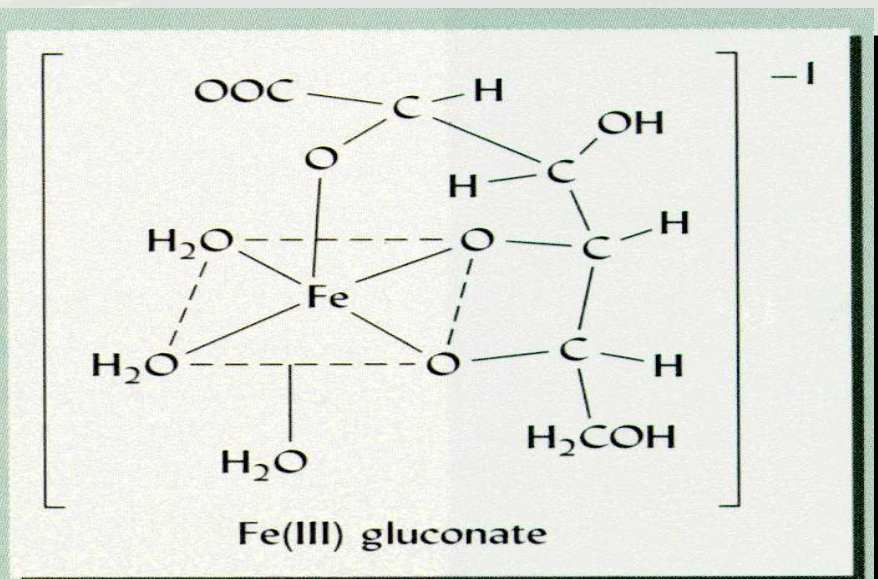
Cor

A cor escura típica de muitos solos é causada por ação do

Pode facilitar o aumento da temperatura



(a)



(b)

Fórmula estrutural para dois íons quelados, etilenodiaminatetra-acetato férrico (Fe-EDTA) (a) e gluconato férrico (b). Em ambos o quelatos, o ferro é protegido e ainda pode ser usado pelas plantas.

Propriedades gerais do húmus e os efeitos associados ao solo.

| Propriedades | Observações | Efeito sobre o solo |
|-----------------------------------|---|--|
| Cor | A cor escura típica de muitos solos é causada por ação do húmus | Pode facilitar o aumento da temperatura |
| Retenção de água | pode reter 20 vezes seu peso em água | Ajuda na prevenção de seca e aparecimento de fisuras. Melhora a umidade e de retenção dos solos arenosos |
| Combinação com minerais de argila | Cimentam partículas do solo em unidades estruturais chamadas de agregados | Permite trocas gasosas, Estabilidade estrutural, Aumenta a permeabilidade |
| Quelação | Forma complexos estáveis com Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , e outros cátions polivalentes | Aumenta a disponibilidade de micronutrientes para plantas superiores |
| Solubilidade em água | A insolubilidade é devida a associação com argila. Também, sais de cátions divalente e trivalente são insolúveis com o humus | Pequena quantidade de matéria orgânica é perdida por lixiviação |

Área superficial específica (ASE) e capacidade de troca de cátions (CTC).

| Partícula | ASE $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ | CTC $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ |
|------------------|--|--|
| Matéria Orgânica | 800 – 900 | 200 – 300 |
| Montmorilonita | 600 – 800 | 80 – 150 |
| Vermiculita | 500 – 800 | 100 – 150 |
| Micas | 40 – 150 | 10 – 40 |
| Óxidos | - | 2 – 4 |
| Caulinita | 7 – 30 | 0 – 1 |

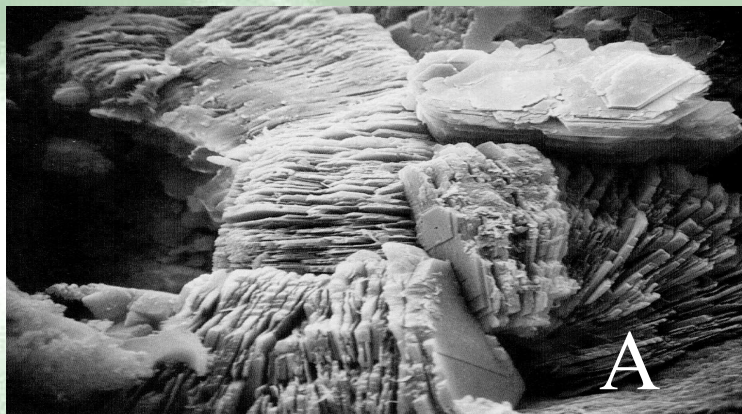
* adaptado de McBride, 1994.

| Propriedades | Observações | Efeito sobre o solo |
|------------------|---|--|
| Poder tampão | Regula faixas de transição ligeiramente ácida, neutra e alcalina | Ajuda a manter uma reação uniforme no solo |
| Troca de cátions | Acidez total das frações isoladas do húmus na faixa de 300 a 1400 cmoles/kg, | Aumenta a capacidade de troca de cations (CTC) do solo. De 20 a 70% da CTC de muitos solos é devido o húmus. |
| Mineralização | Decomposição do humus produz CO_2 , NH_4^{++} , NO_3^{-} , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} | Fonte de nutrientes para o crescimento das plantas |

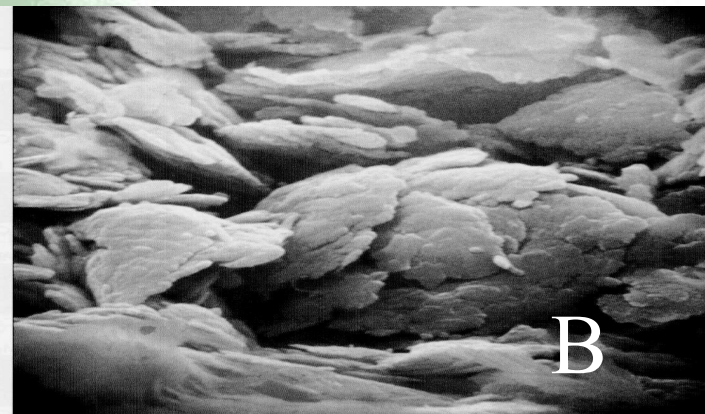


| Propriedades | Observações | Efeito sobre o solo |
|------------------------------------|--|---|
| Poder tampão | Regula faixas de transição ligeiramente ácida, neutra e alcalina | Ajuda a manter uma reação uniforme no solo |
| Troca de cátions | Acidez total das frações isoladas do húmus na faixa de 300 a 1400 cmoles/kg, | Aumenta a capacidade de troca de cations (CTC) do solo. De 20 a 70% da CTC de muitos solos é devido o húmus. |
| Mineralização | Decomposição do humus produz CO_2, NH_4^{++}, NO_3^-, PO_4^{3-} e SO_4^{2-} | Fonte de nutrientes para o crescimento das plantas |
| Associação com xenobióticos | Afeta a bioatividade, a persistência e a biodegradabilidade dos pesticidas | Modifica a taxa de aplicação dos pesticidas para um controle efetivo |

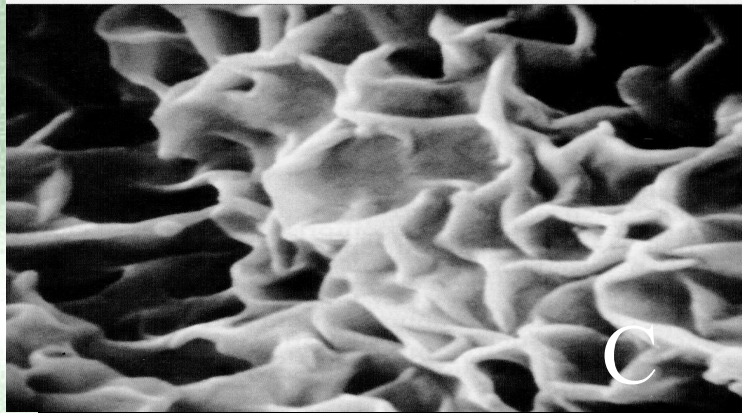
> **Definição:** compostos estranhos ao sistema biológico. Frequentemente é referido a compostos resistentes à decomposição.



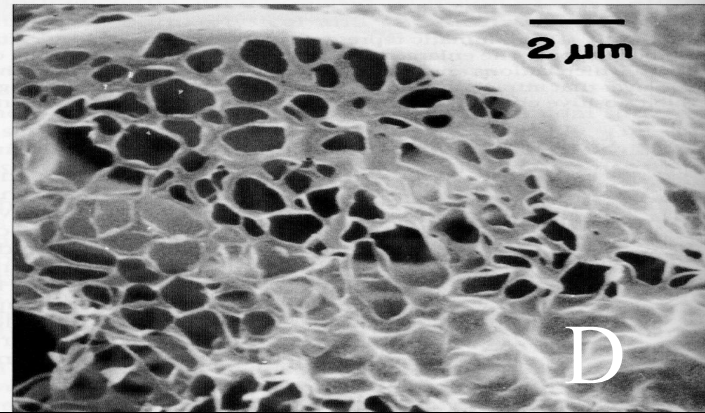
(a)



(b)



C



D

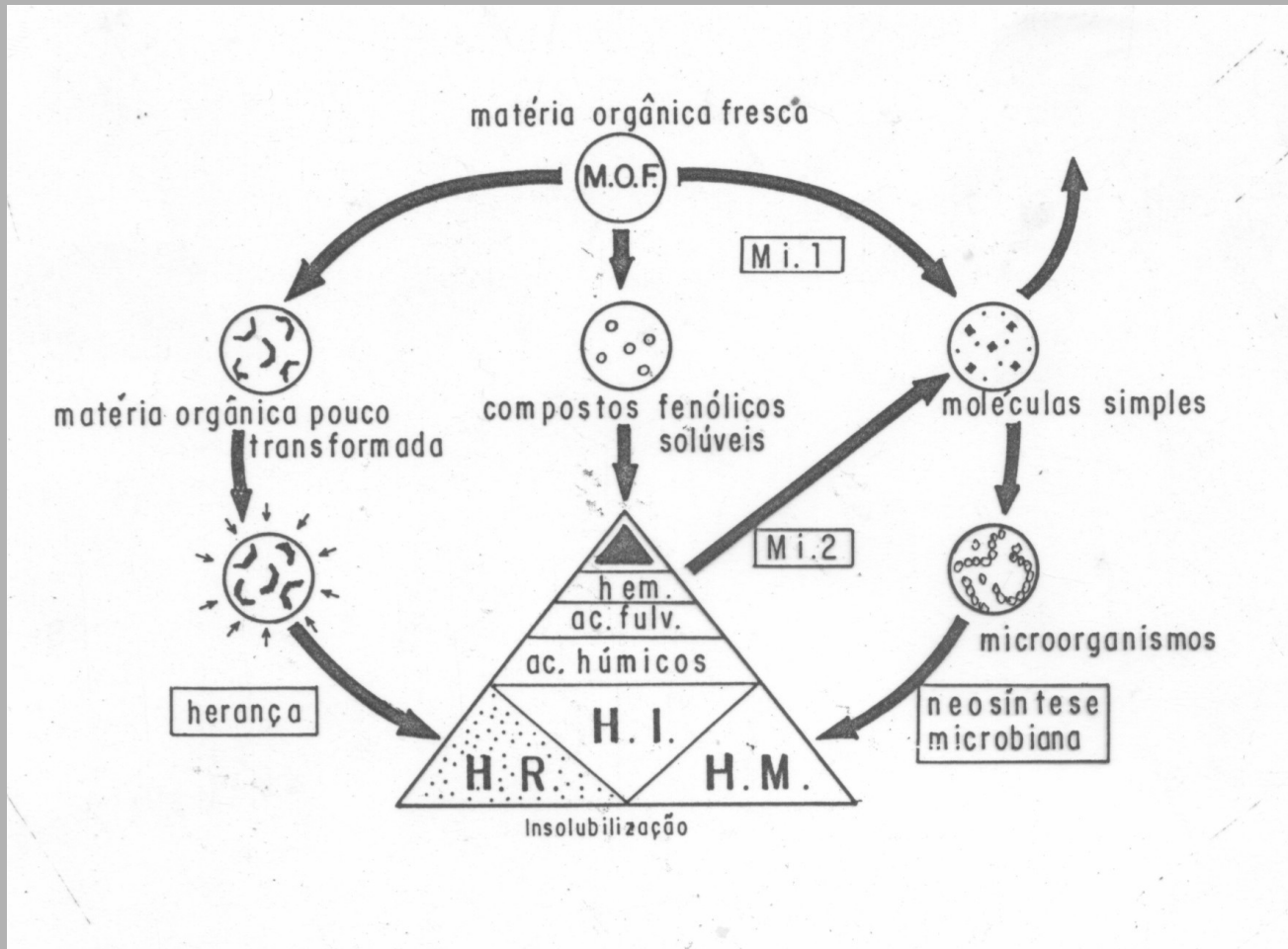
Cristais de três minerais de argilas silicatadas e um fotomicrografo de ácido húmico encontrado no solo (a) caulinita de Illinois com aumento de aproximadamente 1900 vezes (nota-se o cristal hexagonal à direita superior), (b) mica finamente granulada de Wisconsin com aumento de aproximadamente 17,600 vezes, (c) Montmorilonita (grupo dos esmectitas) de Wyoming com aumento de aproximadamente 21,000 vezes, (d) ácido fúlvico (um ácido húmico) da Geórgia com aumento de aproximadamente 23,000 vezes.

Substâncias não húmicas:

incluem todas que possuem características químicas definidas

Substâncias húmicas:

não exibem *características químicas* ou físicas *específicas* como os compostos orgânicos bem definidos apresentam. São mais *resistentes à degradação química e biológica*



Teorias de humificação: Gabriel de A. Santos - UFRRJ/Dep Solos


Frações Húmicas do solo

Baseado na solubilidade em base ou em meio ácido, as SH são normalmente divididas em:

Ácidos Húmicos

Ácidos Fúlvicos

Huminas

A denominação atual foi proposta por Olsen (1919) e o esquema geral de fracionamento homologado pela  (2001) foi proposto por Achard 1786.

Substâncias Húmicas Do Solo

Ac. Fúlvico

Ac. Húmico

Humina

As diversas frações das substâncias húmicas impõe ao solo características distintas em função do predomínio de uma ou de outra fração.

2000

Carga molecular

300 000

45%

Carbono

62%

48%

Oxigênio

30%

1400

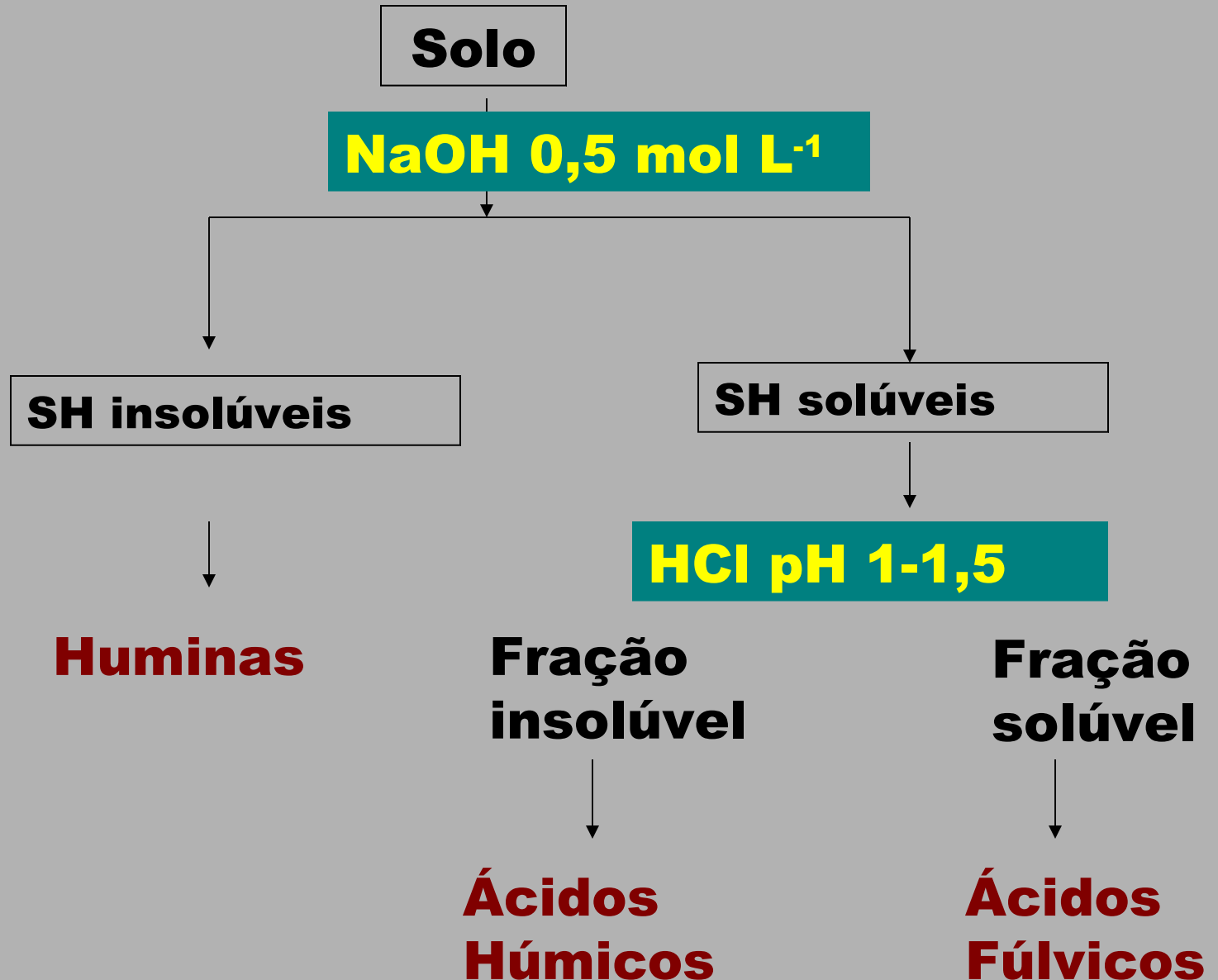
Acidez trocável

500

Solubilização

* Adaptado de Stevenson, 1982.

Extração das Substâncias Húmicas

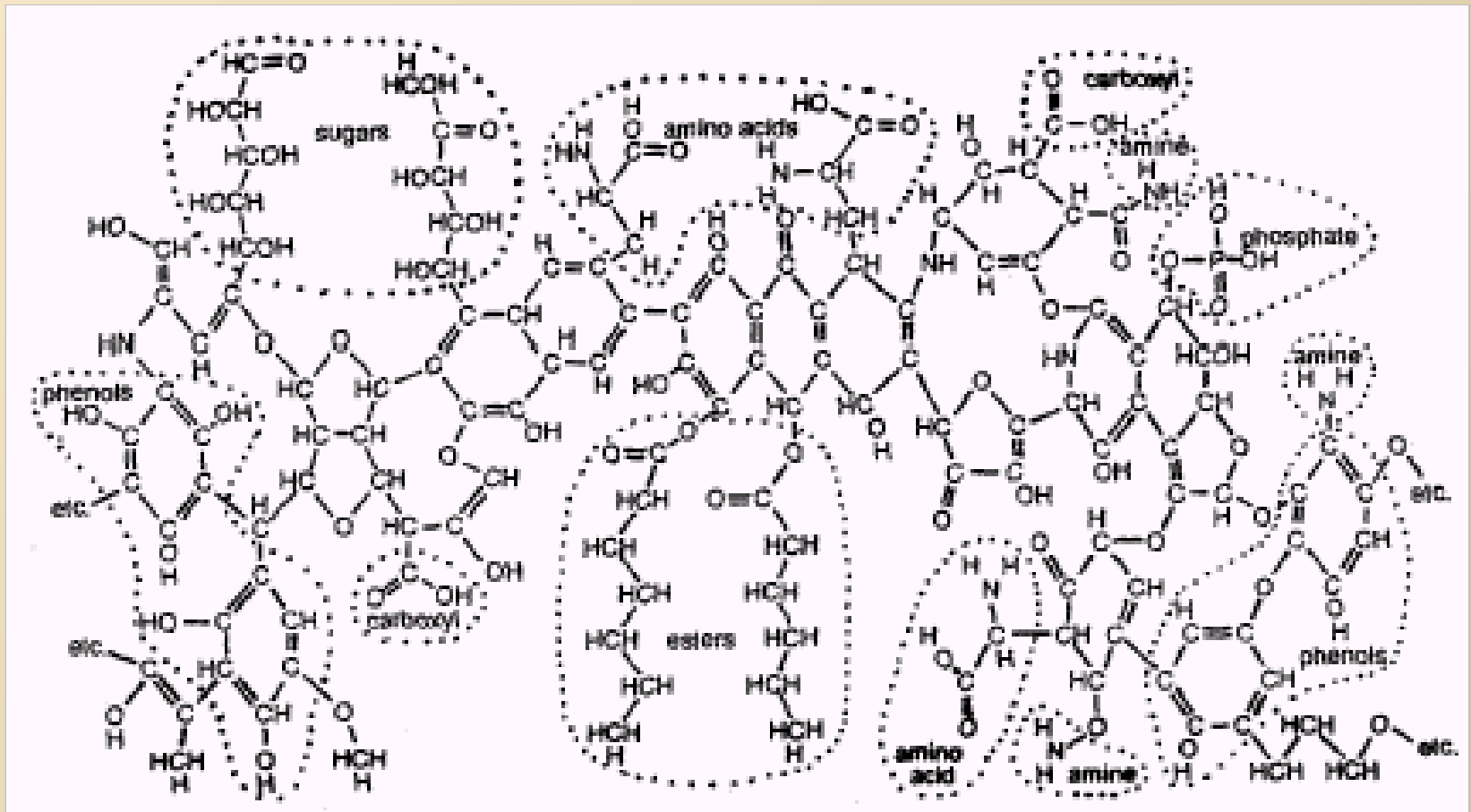


Mecanismos de associação entre grupos funcionais da matéria orgânica e minerais do solo.

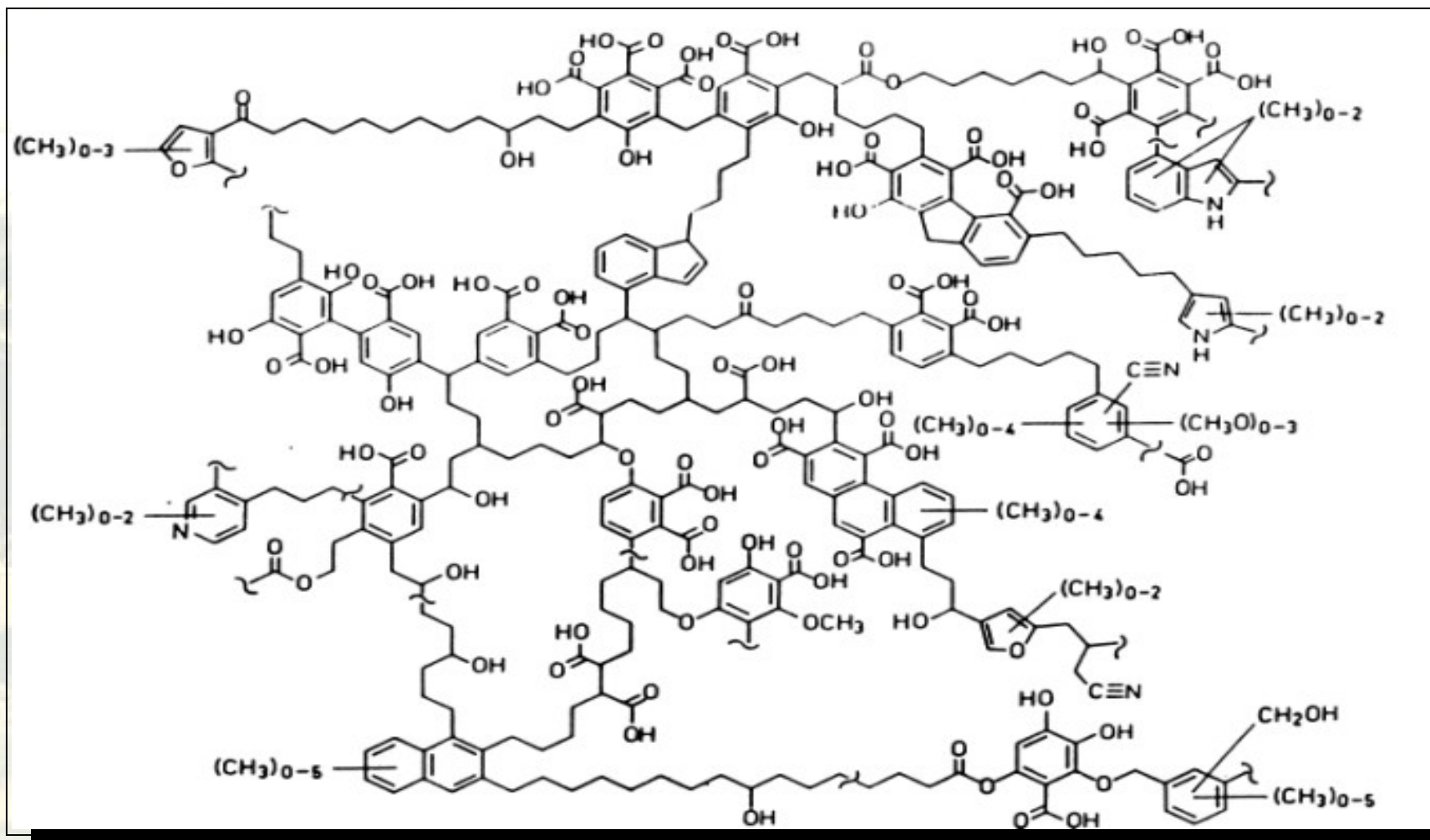
| Mecanismos | Grupamentos funcionais envolvidos |
|-----------------------------|--|
| Troca de cátions | Amino, NH ligado a anel aromático, N heterocíclico |
| Protonação | Amino, N heterocíclico, carbonila, carboxilato |
| Troca de ânions | Carboxilato |
| Ligação com a água | Amino, carbonila, carboxilato, OH alcoólico |
| Ligação com cátions | Carbonila, aminas, carboxilatos, OH alcoólico |
| Troca de ligantes | Carboxilato |
| Pontes de hidrogênio | Amino, carbonila, carboxila, OH fenólico |
| Interações de van der Waals | Unidades orgânicas carregadas |

* Adaptado de Sposito, 1989.

Molécula orgânica composta por vários grupos funcionais que interagem com os minerais do solo.

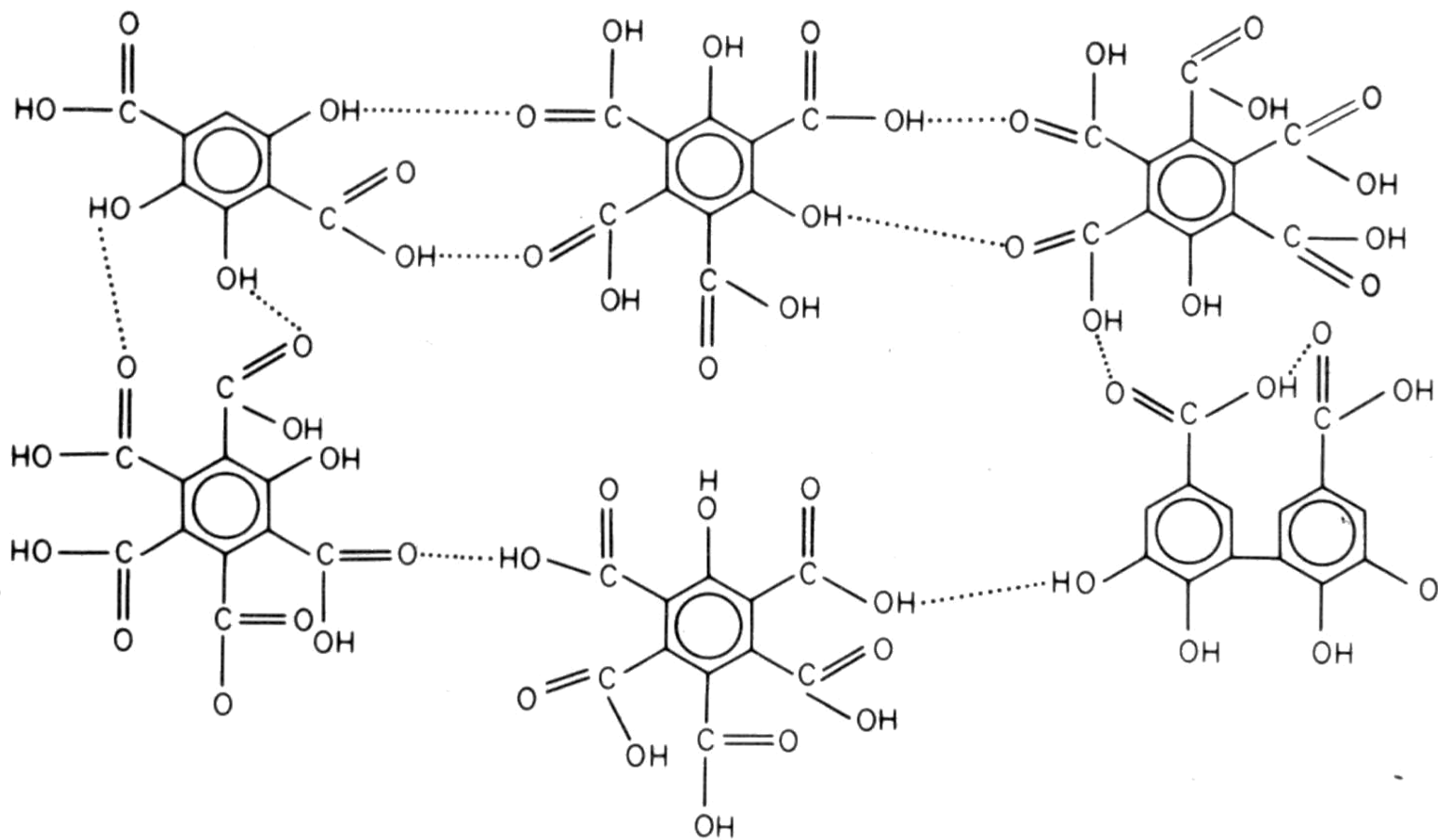


Estrutura química de um ácido húmico



Adaptado de Schulten e Schnitzer

C. Núcleo do ácido fúlvico



HÚMUS

- Palavra latina para solo

Definição

Mistura complexa e recalcitrante de substâncias orgânicas amorfas e coloidais de cor marrom ou marrom escuro, modificadas a partir de tecidos originais ou sintetizadas de substâncias orgânicas por vários organismos do solo.

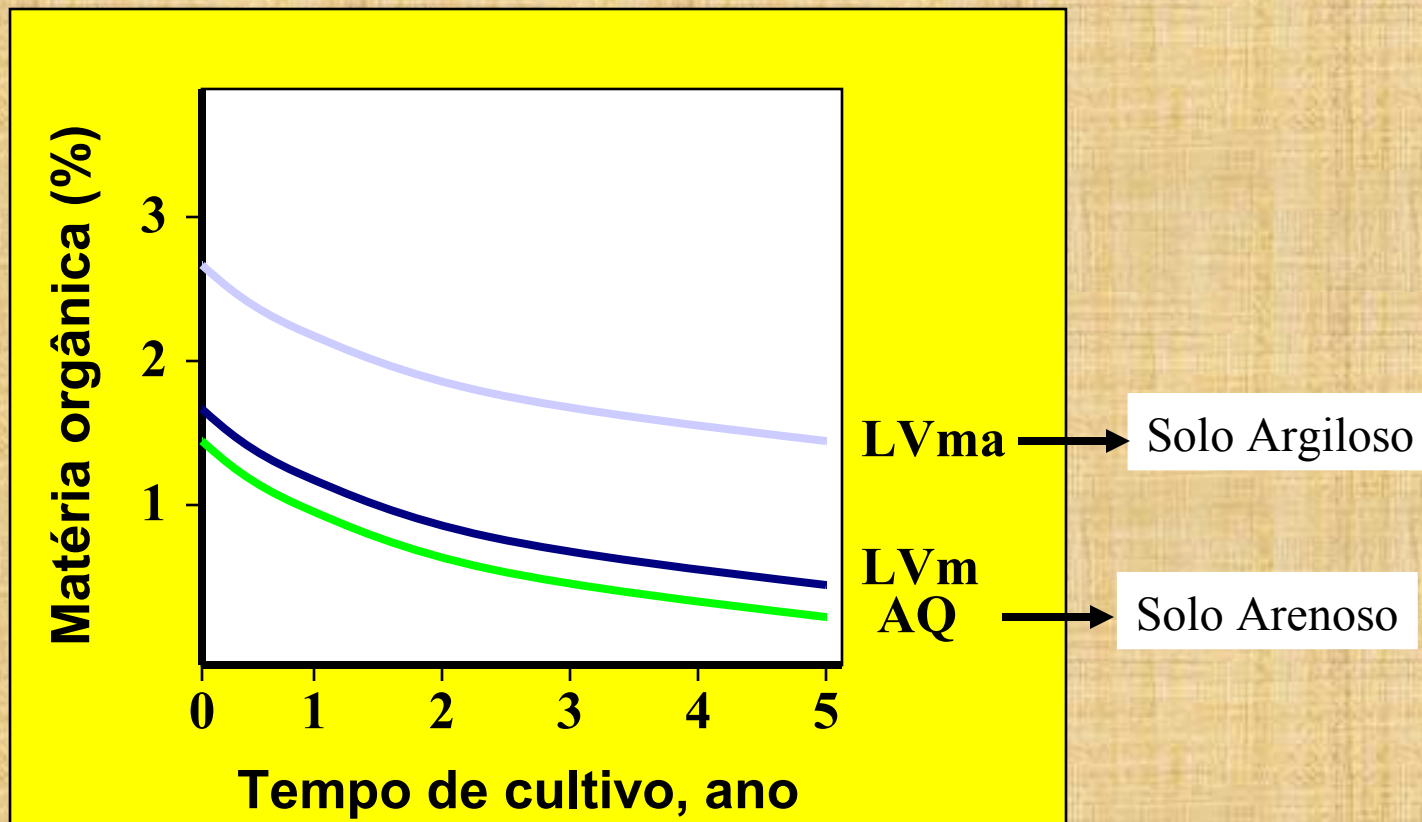
Características

- Cor escura
- Altamente coloidal
- 1 a 3% decomposto/ano
- Rico em lignina
- Rico em proteína
- Relação C:N próxima de 10

Fatores que afetam o conteúdo de húmus

- Tempo
- Clima
- Vegetação
- Material de origem
- Topografia
- Efeitos do manejo do solo

DECOMPOSIÇÃO DA MAT. ORG. EM SOLOS BRASILEIROS



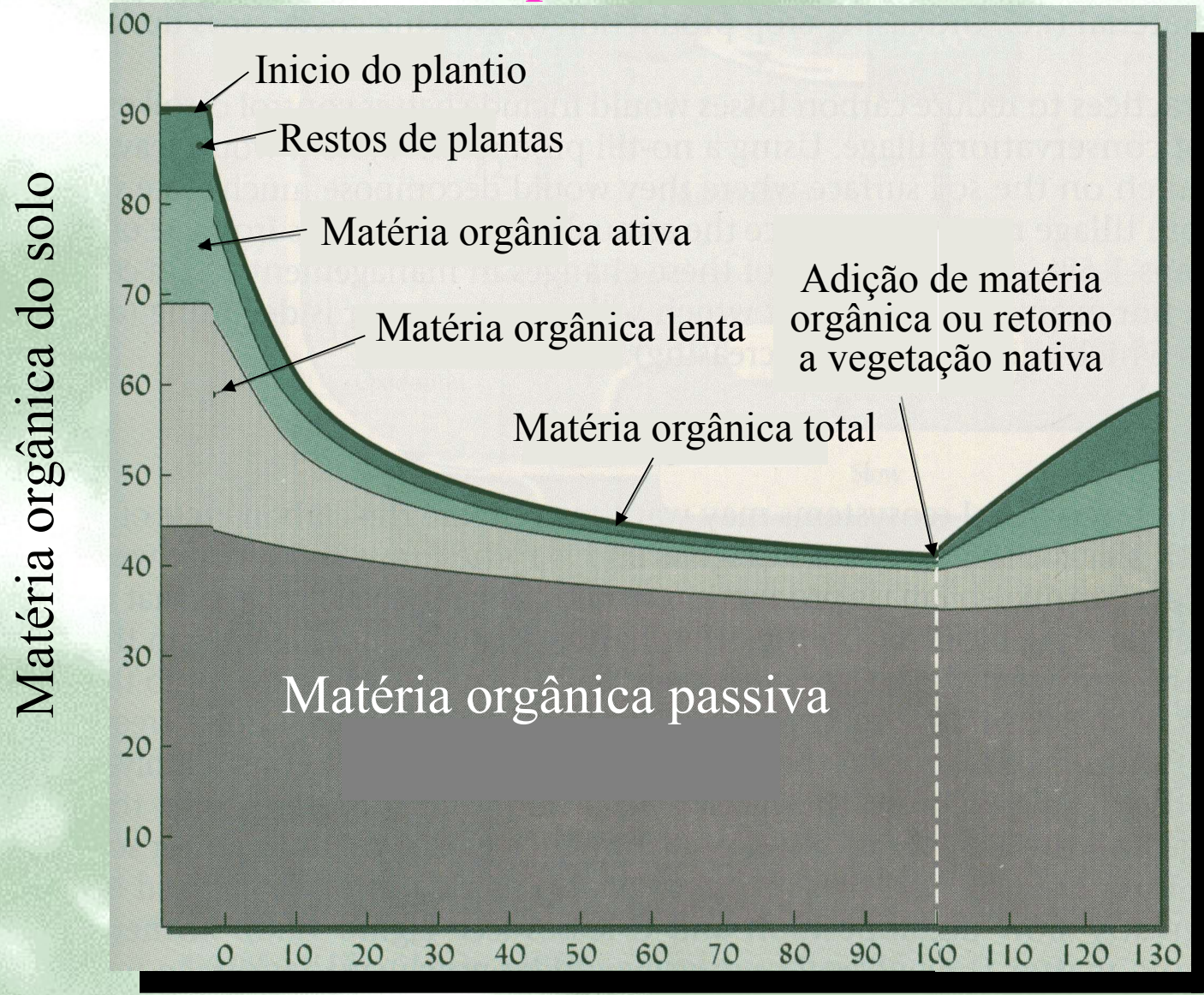
Redução(MO)

AQ - 80%

LVm - 76%

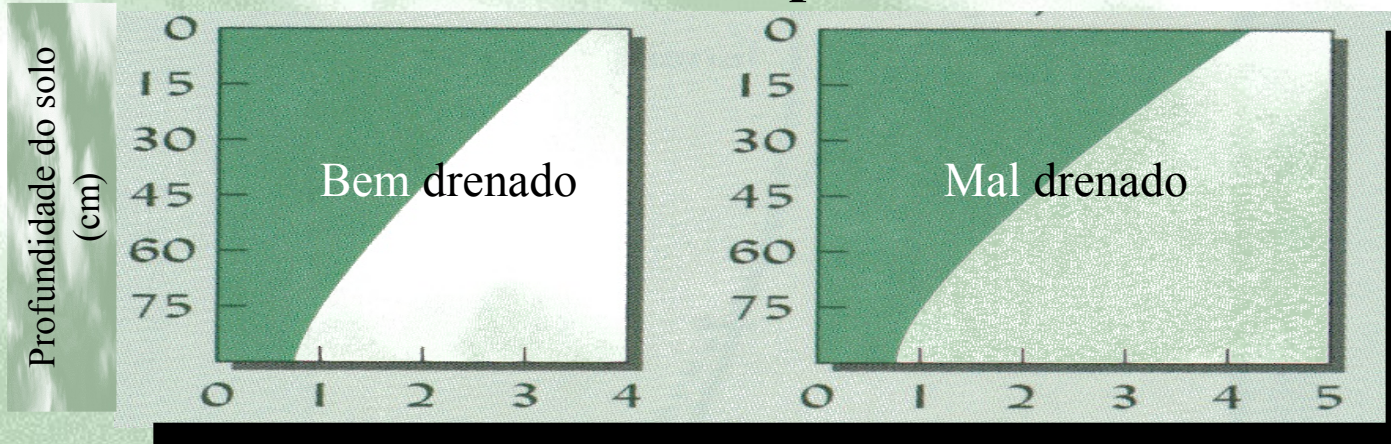
LVma - 41%

Dinâmica dos compartimentos da MOS em função do tempo de cultivo



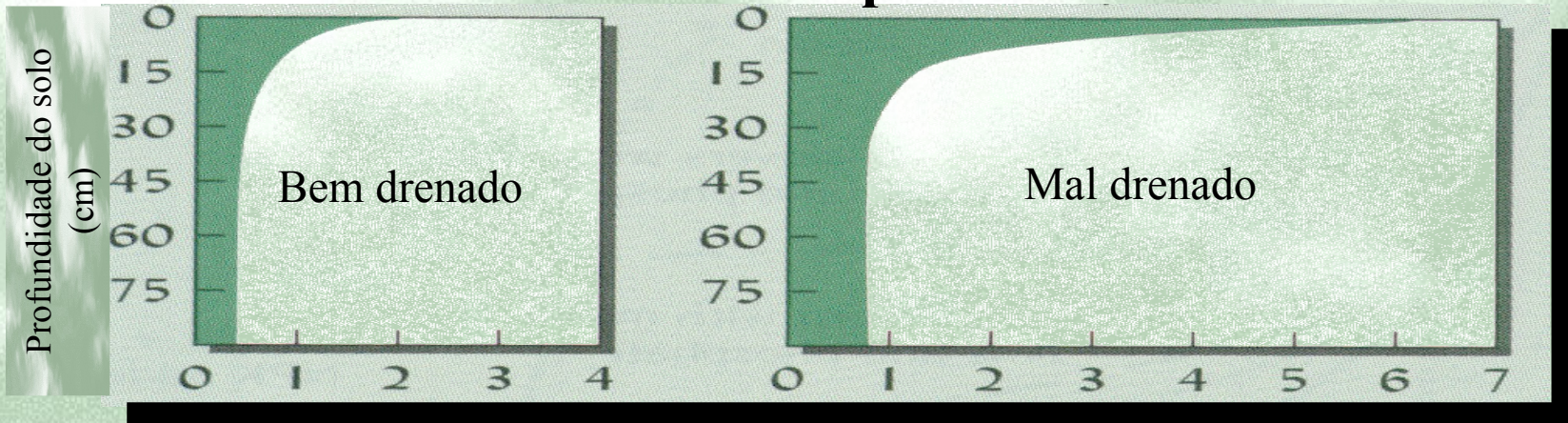
Tempo após o início do cultivo (anos)

Clima temperado



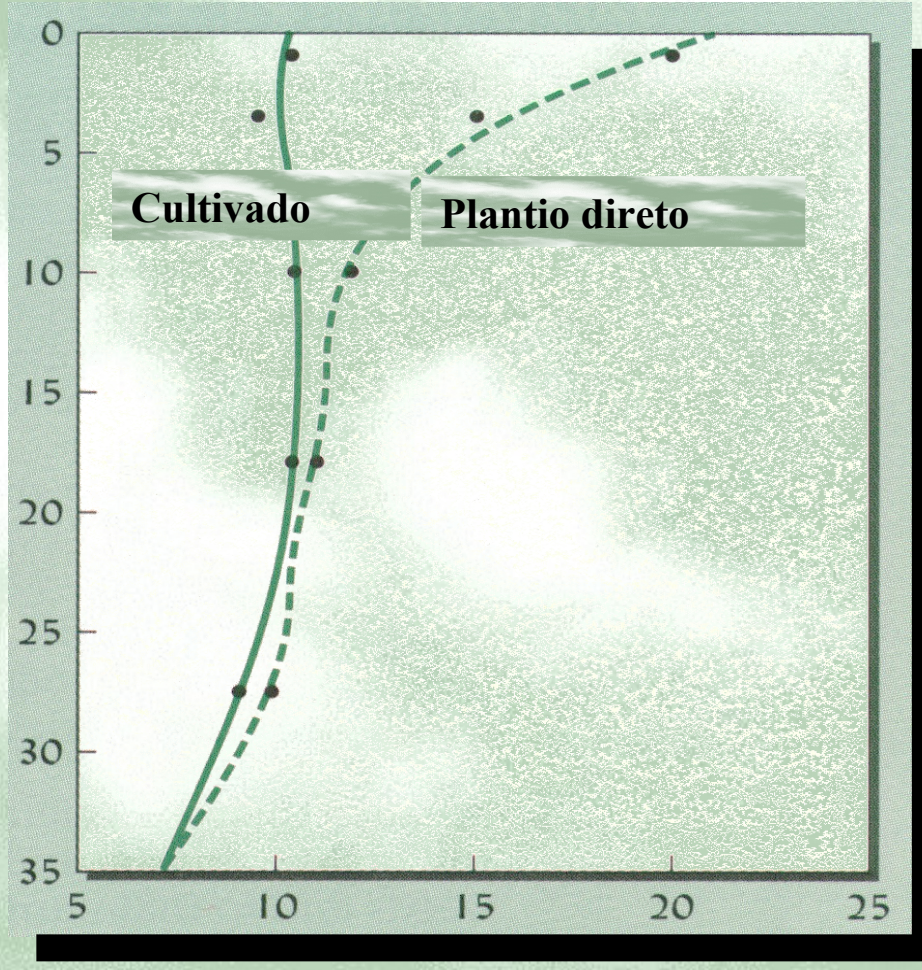
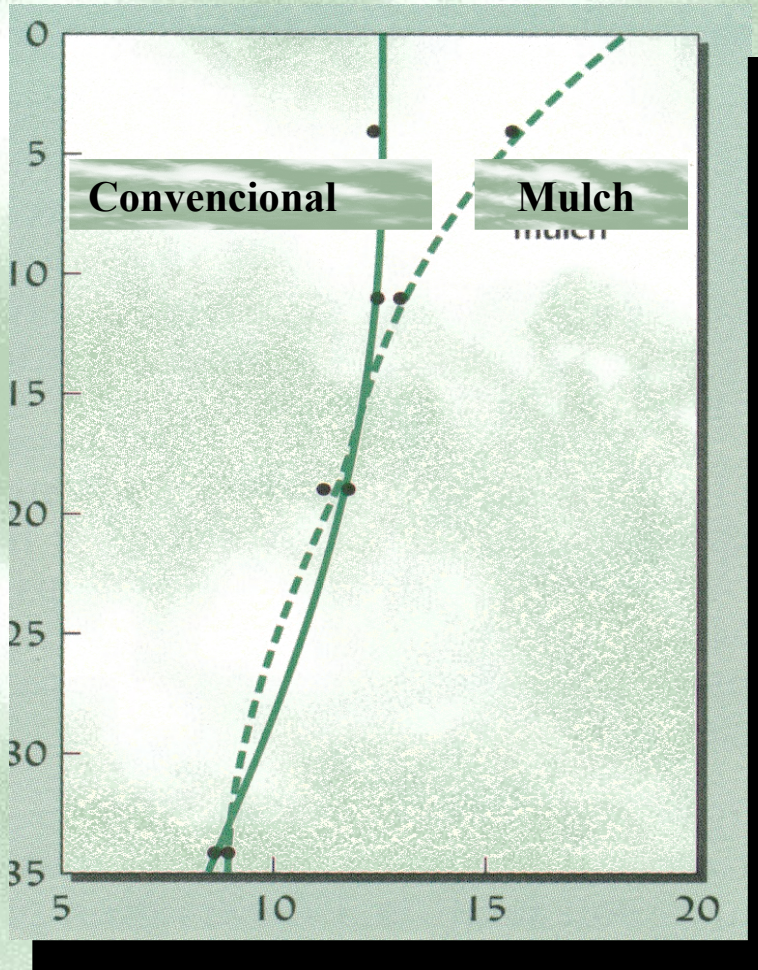
Matéria orgânica do solo (%)

Clima tropical



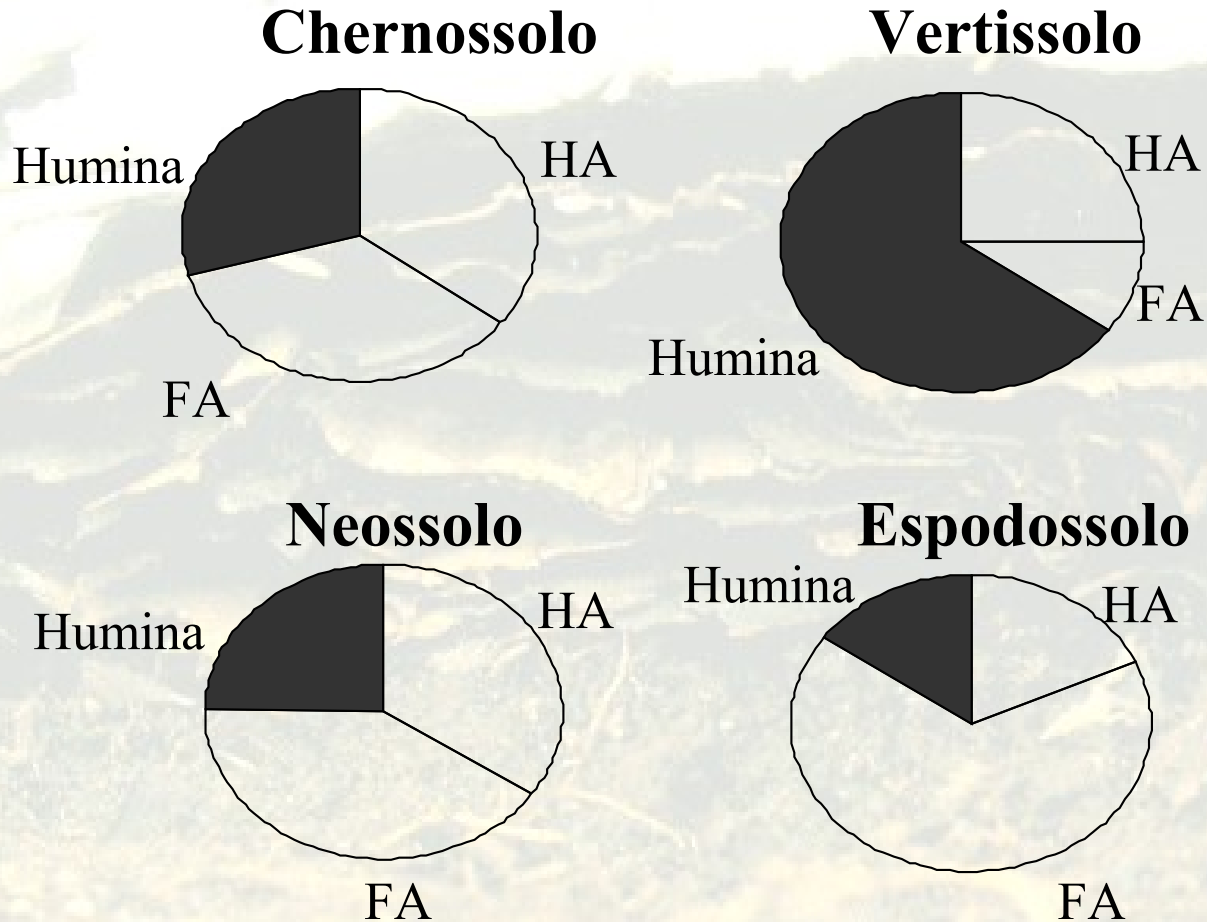
Matéria orgânica do solo (%)

Profundidade do solo (cm)



Teor de carbono orgânico do solo (g kg⁻¹)

Distribuição no solos



Distribuição do húmus no solo para quatro grandes grupos de solo. Valores de FA são para a fração fúlvica ácida.

Comportamento do material orgânico incorporado ao solo

6.1. Fatores que controlam a decomposição de restos orgânicos no solo

6.1.1. Umidade

6.1.2. Oxigênio

6.1.3. pH do solo

6.1.4. Relação C/N do material orgânico

6.1.5. Conteúdo de lignina e polifenóis de materiais orgânicos

6.1.6. Temperatura

6.1.7. % de argila

6.1.8. Tipo de argilo minerais

6.1.9. Acessibilidade

Conteúdos de carbono e nitrogênio e C/N de alguns materiais orgânicos associados aos solos.

| Material orgânico | % C | % N | C/N |
|---|-----|-------|-------|
| Serragem | 50 | 0,005 | 600/1 |
| Palha de trigo | 38 | 0,5 | 80/1 |
| Milho | 40 | 0,7 | 57/1 |
| Resíduos de cana-de-açúcar | 40 | 0,8 | 50/1 |
| Colheita de cobertura de centeio | 40 | 1,1 | 37/1 |
| Gramma fertilizada | 40 | 1,3 | 31/1 |
| Colheita de cobertura de centeio, fase vegetativa | 40 | 1,5 | 26/1 |
| Feno de alfafa maduro | 40 | 1,8 | 25/1 |
| Esterco de curral curtido | 41 | 2,1 | 20/1 |
| Composto maduro | 40 | 2,5 | 16/1 |
| Feno de alfafa jovem | 40 | 3,0 | 13/1 |
| Cobertura de vesca colhida | 40 | 3,5 | 11/1 |
| Lodo de esgoto municipal digeridos | 31 | 4,5 | 7/1 |
| Microorganismos do solo | | | |
| Bactéria | 50 | 10,0 | 5/1 |
| Actinomicetos | 50 | 8,5 | 6/1 |
| Fungos | 50 | 5,0 | 10/1 |
| Matéria orgânica do solo | | | |
| Horizonte Ap de Molisol | 56 | 4,9 | 11/1 |
| Horizonte A1 de Ultisol | 52 | 2,3 | 23/1 |
| Horizonte B médio | 46 | 5,1 | 9/1 |

QUADRO 2 - Estimativa da FBN em diversas leguminosas produtoras de grãos

| Espécies leguminosas produtoras de grãos | N ₂ fixado (kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ ou ciclo) |
|--|---|
| Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i>) | 33-297 |
| Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) | 73-240 |
| Ervilha (<i>Pisum sativum</i>) | 17-244 |
| Feijão (<i>Phaseolus vulgares</i>) | 4-165 |
| Feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i>) | 63-342 |
| Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i>) | 41-270 |
| Lentilha (<i>Lens culinaris</i>) | 35-192 |
| Soja (<i>Glycine max</i>) | 17-450 |

FONTE: Dados básicos: Moreira e Siqueira (2002).

QUADRO 3 - Produção de massa verde e estimativa da FBN de algumas leguminosas forrageiras

| Leguminosas | Massa verde (t ha ⁻¹) | Estimativa de N ₂ fixado |
|--|--------------------------------------|--|
| Calopogônio (<i>Calopogonium mucunoides</i>) | 15-40 | 64-450 |
| Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) | 12-47 | 73-240 |
| Centrosema (<i>Centrosema pubenses</i>) | 16-35 | 93-398 |
| Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>) | 15-60 | 146-221 |
| Feijão-de-porco (<i>Vicia</i> sp.) | 14-30 | 57-190 |
| Guandu (<i>Cajanus cajans</i>) | 9-70 | 7-235 |
| Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>) | 60-120 | 200-300 |
| Mucuna-preta (<i>Stizolobium aterrimum</i>) | 10-40 | 157 |
| Siratro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>) | 14-28 | 70-181 |

FONTE: Dados básicos: Calegari, (1995), Moreira e Siqueira (2002).

Resíduos orgânicos

- *Adubo animal*: gado de corte e de leite, avícola, suínos, cavalo
- *Lodo de esgoto*: lodo primário, lodo ativado, lodo aeróbico e lodo anaeróbico, composto de lodo.
- *Resíduos vegetais compostados*:
- *Resíduos da Indústria de papel*: restos da indústria de papel
- *Outros resíduos*: restos de comida, industrial, produtos florestais.

Composição percentual de resíduos animais frescos

| Fonte | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Gado leiteiro | 0.53 | 0.35 | 0.41 | 0.28 | 0.11 | 0.05 | 0.004 |
| Gado de corte | 0.65 | 0.15 | 0.3 | 0.12 | 0.1 | 0.09 | 0.004 |
| Cavalo | 0.7 | 0.1 | 0.58 | 0.79 | 0.14 | 0.07 | 0.01 |
| Galinha | 1.5 | 0.77 | 0.89 | 0.3 | 0.88 | 0 | 0.1 |
| Ovelha | 1.28 | 0.19 | 0.93 | 0.59 | 0.19 | 0.09 | 0.02 |
| Porco | 0.58 | 0.15 | 0.42 | 0.57 | 0.08 | 0.14 | 0.02 |

Potencial dos compostos orgânicos para reabilitar solos degradados

| Material | Tipos | Características | Função na recuperação |
|---------------------------------|--|--|--|
| Resíduos de plantas | Palha Folhas Galhos Serragem | Rico em MO degradável | Estimula a biota Melhora propriedades físicas |
| Esterco | Gado de corte Gado de leite Ave Suino Cavalo | Rico em MO degradável Fonte de nutrientes | Estimula a biota Adição de nutrientes |
| Lodo de esgoto | Anaeróbio Aeróbio Lodo ativado Indústria papel | Fonte de nutrientes | Estimula a biota Adição de nutrientes Aumento do pH |
| Compostos | Adubo Lodo de esgoto | Rico em MO estável, Fonte de nutrientes | Estimula a biota Adição de nutrientes Melhora propriedades físicas |
| Resíduo sólido municipal | Folhagem/jardim | Rico em MO degradável Fonte de nutrientes | Estimula a biota Adição de nutrientes |

Condicionadores do solo

Definição:

substâncias que melhoram as propriedades físicas do solo

Classificação:

⇒ Orgânicos ou Inorgânicos

- Orgânicos: composto, biosólido (lodo de esgoto), esterco, madeira, serragem, serapilheira, papel, restos culturais, resíduos animais etc
- Inorgânicos: gesso, calcário, cinzas, piritas, fosfogesso, argilas, zeolitas, terras diatomáceas etc

⇒ Sintéticos ou Não sintéticos

Outros condicionadores e seus principais benefícios

| Condicionadores do solo | Principais benefícios |
|--------------------------------|--|
| A base de algas | Melhoram a estrutura do solo |
| Enzimas | Melhoram a estrutura do solo Removem sais ou outros elementos tóxicos |
| Hormônios (bioestimulantes) | Promovem o crescimento das raízes |
| Humus | Melhoram a estrutura do solo Retenção de nutrientes |
| Ácidos húmicos | Melhoram a estrutura do solo Retenção de nutrientes Estimulam o crescimento |
| Compostos inoculados | Compostos orgânicos inoculados com vários microorganismos. Em alguns são adicionados nutrientes e são também classificados como fertilizantes. Melhoram a estrutura do solo, melhoram a retenção de nutrientes e aumentam a MO do solo |

Polímeros (PVA,PAM)

Aumentam a retenção de água
Melhoram a estrutura do solo

Cerâmica porosa

Aumentam a retenção de água
Aumentam a aeração

Zeolitas

Aumentam a CTC
Melhoram a estrutura do solo

Plantas marinhas

Aumentam a MO do solo
Aumentam a retenção de nutrientes
Agem como bioestimulante

O MANEJO RACIONAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO É UM DOS PRIMEIROS PASSOS PARA A SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA.

DESACELERAR A DEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA INCLUI:

- **REDUZIR O REVOLVIMENTO DO SOLO;**
- **MELHORAR A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS;**
- **AUMENTAR A QUANTIDADE DE CARBONO ORGÂNICO FIXADO E INCORPORADO NO SOLO;**
- **MANTER OS NUTRIENTES NO CICLO BIOLÓGICO;**
- **DIMINUIR AS PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES DO SISTEMA;**
- **INTRODUZIR PLANTAS NO PROGRAMA DE ROTAÇÃO COM MAIORES CAPACIDADES PRODUTIVAS DE BIOMASSA, OU SEJA, COM MAIORES PRODUÇÕES DE RESÍDUOS,**
- **MANTER A SUPERFÍCIE DO SOLO SEMPRE COBERTA, ETC.**

PRÁTICAS DE MANEJO DO SOLO

QUE ACELERAM A MINERALIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA:

- PREPARO CONVENCIONAL;
- USO DE ENXADA ROTATIVA;
- BAIXA DENSIDADE DE PLANTAS POR UNIDADE DE ÁREA;
- SOLO DESCOBERTO, ETC.

MOTIVO ▲ ESTIMULAM A ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA

QUE AMENIZAM A DEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA:

- PLANTIO DIRETO;
- ROTAÇÃO DE CULTURAS;
- ADUBAÇÃO VERDE;
- COMPOSTAGEM;
- ROÇADA DE ERVAS INVASORAS;
- ALTA DENSIDADE DE PLANTAS;

MOTIVO ▲ MELHORAM A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS VEGETAIS E PROTEGEM O SOLO CONTRA A

Otimizar as práticas agrícolas

Ações

- Reduzir: emissões
- Aumentar: seqüestro dos gases atmosféricos

Recomendações práticas

- Reduzir: arações e gradagens
- Aumentar: produtividade agrícola
retorno de resíduos culturais
- Reabilitar solos degradados

Redução esperada: 400-800 TgC.ano⁻¹

Limitação

- Capacidade finita do solo em armazenar C
equilíbrio atingido entre 50-100 anos

VANTAGENS DA ADUBAÇÃO VERDE

- 1. Proteger o solo das chuvas de alta intensidade**
- 2. Aumentar a infiltração e retenção de água no solo**
- 3. Aumentar o teor de matéria orgânica ao longo dos anos**
- 4. Diminuir as oscilações de temperatura no solo e também a evaporação (disponibilidade de água)**
- 5. Fazer a reciclagem de nutrientes**
- 6. Diminuir as perdas dos nutrientes por lixiviação (caso no N e do K)**
- 7. Aumentar a quantidade de N através da fixação biológica pelas leguminosas**
- 8. Auxiliar no controle da população de ervas invasoras**
- 9. Romper camadas adensadas e promover a aeração e estruturação do solo - preparo biológico**

ALGUNS TIPOS DE ADUBOS VERDES



MUCUNA



AVEIA PRETA



CROTALÁRIA



ERVILHACA



NABO FORRAGEIRO



Girassol



Gergelim



Mamona



Gaundu



Figura 2 - Inter-relação entre os requisitos para uma agricultura menos impactante ao meio ambiente

FONTE: Dados básicos: Altieri (2000).

Otimizar as práticas agrícolas

Ações

- Reduzir: emissões
- Aumentar: seqüestro dos gases atmosféricos

Recomendações práticas

- Reduzir: arações e gradagens
- Aumentar: produtividade agrícola
retorno de resíduos culturais
- Reabilitar solos degradados

Redução esperada: 400-800 TgC.ano⁻¹

Limitação

- Capacidade finita do solo em armazenar C
equilíbrio atingido entre 50-100 anos

Otimizar as práticas agrícolas

Ações

- Reduzir: emissões
- Aumentar: seqüestro dos gases atmosféricos

Recomendações práticas

- Reduzir: arações e gradagens
- Aumentar: produtividade agrícola
retorno de resíduos culturais
- Reabilitar solos degradados

Redução esperada: 400-800 TgC.ano⁻¹

Limitação

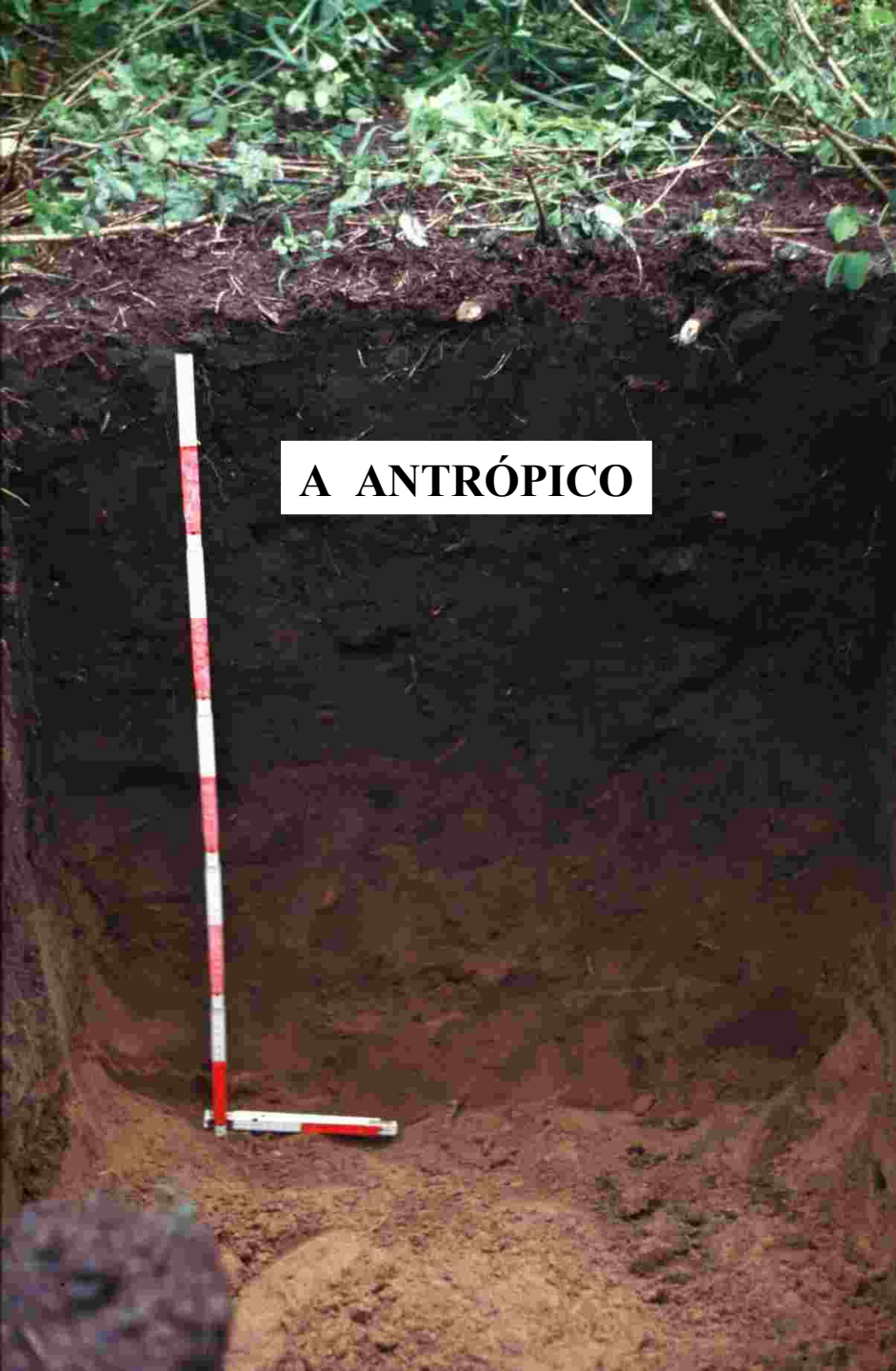
- Capacidade finita do solo em armazenar C
equilíbrio atingido entre 50-100 anos

ESTUDOS SOBRE MANEJO ORGÂNICO DO SOLO NO VALE DO SÃO FRANCISCO DESENVOLVIDOS PELO CPATSA

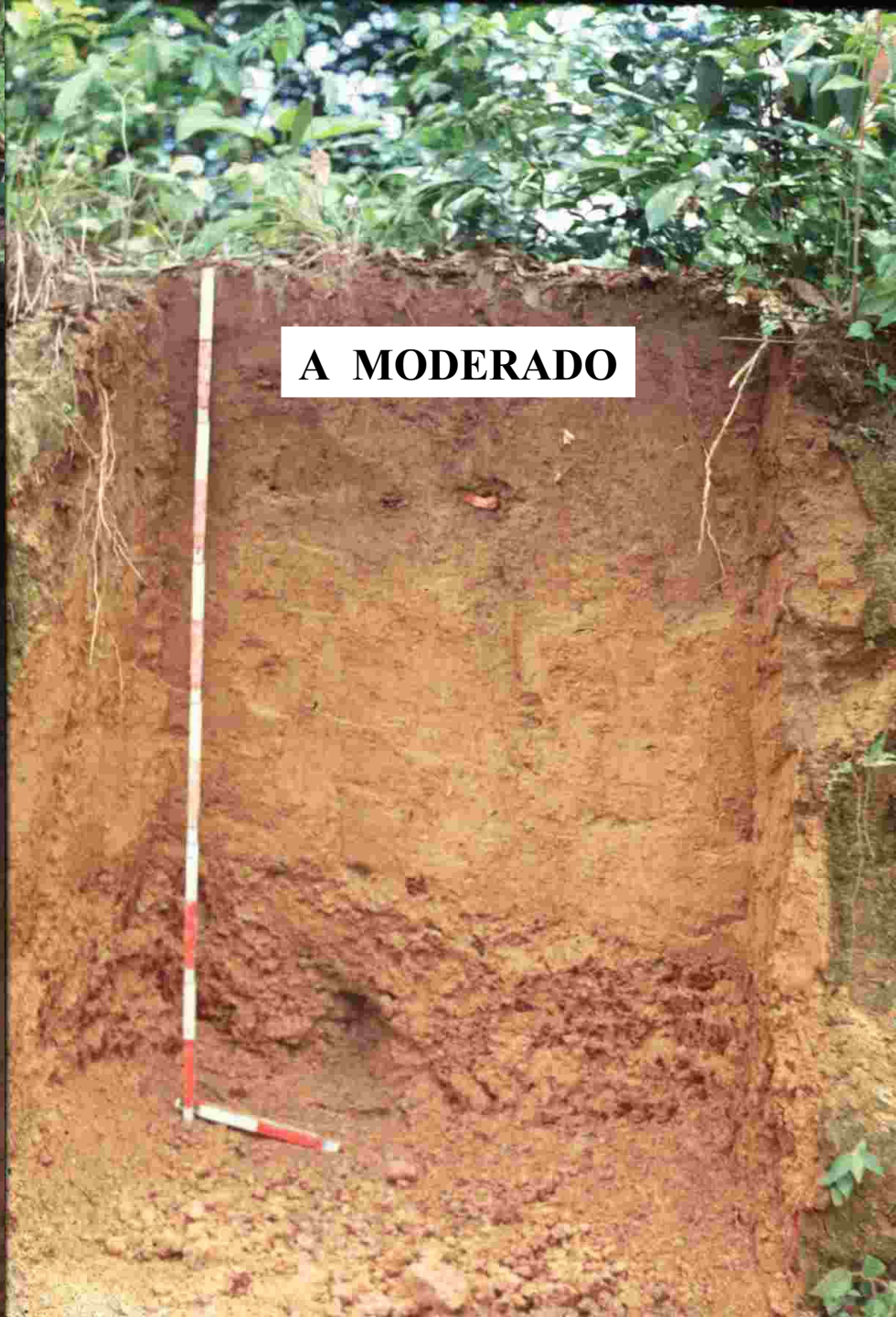


ESTUDOS SOBRE MANEJO ORGÂNICO DO SOLO NO VALE DO SÃO FRANCISCO DESENVOLVIDOS PELO CPATSA





A ANTRÓPICO



A MODERADO



"That's all Folks!"

MUITO OBRIGADO