

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO 01

Introdução a Pedologia

I - P A R T E

DEFINIÇÃO DOS SOLOS, PEDOGÊNESE E CLASSIFICAÇÃO FRANCESA
DOS SOLOS

POR
JEAN BOYER
DIRETOR DE PESQUISAS DA O R S T O M

- 1970 -

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO 01

Preliminar

HISTÓRICO DA PEDOLOGIA E DEFINIÇÃO DO SOLO

O homem sempre se interessou pelo solo porque este é o suporte das plantas úteis à subsistência da humanidade e que as propriedades do solo condicionam o rendimento das culturas.

Desde a Antiguidade Romana, Caton o Antigo no seu tratado "De Agricola" dava grande importância aos solos; mais recentemente, na França, no século XVII OLIVER DE SERRES fala muito deles no seu trabalho semi-agrícola, semi-econômico que é o "Mesnage des champs".

Em todos os tempos os agricultores reconheceram os bons e os maus solos e os solos intermediários mas sempre em função das necessidades das plantas, do rendimento das colheitas.

Daí a definição de MITSCHERLICH (químico alemão): "O solo é uma mistura de partículas sólidas pulverizadas, d'água e de ar que servem de suporte aos elementos nutritivos das plantas."

Com o aparecimento e o desenvolvimento da Geologia no século XVIII e XIX procurou-se ligar a solo às rochas subjacentes pois estava evidente que elas forneceram, pela decomposição, os elementos constituintes do solo.

Daí as cartas agro-geológicas preconizadas, entre outros, pelo agrônomo francês RISSLER; estas cartas agro-geológicas conheceram um grande desenvolvimento na Europa Ocidental no século XIX (principalmente na segunda metade) a tal ponto que o Governo Imperial Francês em 1850 recomendou o mapeamento de cartas agro-geológicas na escala dos "arrondissement" (10.000 a 15.000 km²) e mesmo do "cantão" (1.000 km² muitas vezes menos). Ainda que úteis sobre muitos aspectos estas cartas agro-geológicas tinham o inconveniente de levar em consideração principalmente o fator rocha mãe.

O aparecimento da química moderna no decorrer do mesmo século XIX (BESZELIUS, BERTHOLEM, AVOGADRO, etc) influenciou consideravelmente o estudo do solo quando se descobriu que o solo não era apenas um produto da rocha mãe mas que tinha propriedades particulares que

pertenciam a êle mesmo, enfim que êle tinha uma individualidade própria pelo menos sob o ponto de vista químico. Nesta época descobriu-se as propriedades de troca de bases. Daí a definição de RAMON: " O solo é a camada superior moje da crosta terrestre. Ela compreende rochas reduzidas em pequenos fragmentos e mais ou menos transformados quimicamente, com os detritos de plantas e de animais que aí vivem e dêle se servem."

Encontra-se nesta definição a marca do químico no trecho da frase "transformando quimicamente".

Como a análise de um solo é uma operação longa e complicada, logo cara por isto não podiam ser multiplicados ao infinito os pontos de coleta de amostras os estudos de química do solo foram feitos principalmente na escala de campos cultivados. Os progressos no conhecimento das propriedades do solo foram imensos (SCHLOESING) e muito ajudaram na difusão dos adubos químicos cujo emprego foi o motor da 2ª revolução agrícola na Europa Ocidental. Estes progressos continuam ainda até nossos dias. Ao contrário assiste-se uma regressão da cartografia dos solos pois esta necessitaria de um grande número de análises (interpolação).

A pedologia moderna nasce com DOKUCHAEV na Rússia:

Kokuchaev foi o primeiro a considerar os solos como indivíduos independentes que resultam da interação de vários fatores: clima, solo, vegetação e rocha mãe.

"Os solos são corpos naturais independentes e cada indivíduo apresenta uma morfologia particular resultante de uma combinação específica do clima e da matéria viva, da rocha, do relêvo e da duração do seu desenvolvimento. A morfologia de cada solo, tal como ela se manifesta no perfil, reflete os efeitos combinados de uma série particular de fatores genéticos determinando seu desenvolvimento. "

Daí o sistema de classificação de Dokuchaev ser baseado nos principais fatores genéticos do solo.

Conhecendo esses fatores ou pelo menos seus efeitos sobre o perfil do solo, será possível, a partir de um certo número de pontos bem escolhidos, em função do clima do solo (pedoclima) do relêvo, da rocha mãe, da vegetação de extrapolar o perfil observado, a toda uma zona onde os fatores genéticos sejam os mesmos e por conseguinte produziram os mesmos efeitos e constituiram a grosso modo as mesmas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Na realidade o problema não é simples, pois a passagem entre duas categorias de solo X e Y vizinhos é contínua e progressiva na maioria das vezes. Consequentemente o limite entre as duas será sempre um pouco arbitrário e dependerá numa certa medida da interpretação do pedólogo: Ex: solos ferralíticos à hidromorfos de profundidade, ou solo hidromorfo com características ferralíticas em superfície? A coisa é delicada e muitas vezes bem difícil de resolver. Daí 2 atitudes diante de um perfil.

1ª) A das classificações genéticas, Francesa, Russa em particular que tentam através da morfologia do perfil ligar as observações visuais à gênese do solo.

A vantagem é dar uma grande coerência às observações feitas; obrigar a refletir para as ligar e facilitar a cartografia para uma extrapolação em função dos fatores de formação.

Elas têm um principal inconveniente de serem baseadas, em grande parte, sobre a interpretação pessoal do pedólogo o que é uma fonte de erros mas também de progresso.

2ª) A das classificações morfológicas: classificação americana principalmente.

O observador deve se limitar a descrever o perfil e a reconhecer certos horizontes particulares chamados horizontes de referências ou de diagnóstico, bem escolhidos.

Graças às únicas observações sobre o terreno, o pedólogo deve encontrar o lugar do solo na classificação que ele possui.

O principal inconveniente é separar os solos muito próximos uns dos outros, em razão da rigidez da classificação: 1 cm a mais ou menos de espessura e teremos dois tipos de solos diferentes. Outro inconveniente: a multiplicação dos pontos de observação para a cartografia, pois este método necessita uma certa interpolação.

Vantagem: os horizontes do diagnóstico são muito bem escolhidos e o método obriga a um trabalho de observação metuculoso.

Evidentemente não pode mais haver as interpretações, às vezes problemáticas, dos pedólogos utilizando as classificações genéticas; mas elimina-se ao mesmo tempo a fonte de progresso que representa a reflexão pessoal diante do perfil.

Na verdade se os métodos diferem, os fins são mais ou menos os mesmos, pois os horizontes de diagnóstico da classificação americana tem um valor genético certo e com efeito estuda-se a gênese dos solos sem se querer dizer.

E a maior parte do tempo pode-se passar sem muitas dificuldades de uma classificação a outra ao menos nas unidades mais elevadas (classe, sub classe, grupo)

Conclusão: uma das melhores definições do solo poderia ser aquela do "Soil Survey Manual" - 1951.

"O solo se define como uma coleção de corpos naturais, ocupando uma parte da superfície do globo que suporta as plantas e cujas propriedades são provenientes do efeito integrado do clima e da matéria viva sobre um material original condicionado pela natureza da rocha, o relêvo e o tempo".

Esta definição implica que o solo não possa ser definido somente por algumas características (profundidade, textura, estrutura, saturação do complexo absorvente) nem mesmo um horizonte particular (horizonte lessivado, de acumulação, etc); Mas deve-se sempre se referir ao conjunto do perfil e aos seus fatores de formação.

Na prática deter-se-á que:

1º) O solo é a parte móvel superficial que suporta as plantas e cuja profundidade pode ir de alguns centímetros a alguns metros, às vezes algumas dezenas de metros (solos tropicais principalmente).

2º) O solo resulta da combinação de vários fatores: clima, rocha, relêvo, plantas, ação do homem, etc.

3º) O solo nasce vive e também morre rapidamente pela erosão, lentamente quando da evolução geológica.

No decorrer de sua existência um solo evolue (concepção dinâmica do solo).

N.B. - Para os mecânicos do solo e os engenheiros de trabalhos públicos (estradas, barragens, etc) chama-se solo tudo que é móvel qualquer que seja a profundidade onde se encontre material móvel.

FINS DA PEDOLOGIA

A pedologia é uma ciência natural como a botânica ou a geologia, logo um pouco empírica: em outras palavras é uma ciência nova que ainda não tem um século de existência.

1º) Fim científico:

Como todas as ciências naturais, a pedologia tenta se estabelecer sobre bases científicas (a química começou para ser uma ciência natural) mas ela continua ao mesmo tempo uma ciência de observação da natureza.

O primeiro fim da Pedologia será pois o estudo do solo por si mesmo tendo simplesmente por objetivo aprofundar os conhecimentos sobre o meio natural importante para o homem (exatamente como os botanistas - estudam as plantas por elas mesmas):

- caracterização e morfologia dos solos;
- caracterização de seus próprios constituintes (argila, matéria orgânica);
- gênese dos solos;
- química dos solos;
- física dos solos;
- microbiologia dos solos.

Uma síntese desses dados se encontra em particular nas cartas pedológicas nas diversas escalas.

2º) Fim prático:

a) A agricultura

A agricultura dos países da Europa Ocidental primeiramente e atualmente muitas regiões do mundo (Japão) fizeram enormes progressos ; sobretudo após os estudos de química dos solos.

Atualmente um desenvolvimento agrícola bem dirigido não mais se concebe sem uma carta e um estudo pedológico (em geral em grande escala 1/20.000 muitas vezes 1/50.000). A carta de utilização dos solos , que as acompanha muitas vezes é apenas uma versão simplificada da carta pedológica com um vocabulário menos especializado e mais ao alcance do agricultor (bons solos, maus solos, solos para a citriculturas , para o café etc). Uma boa carta pedológica e a carta da utilização do solo , que dela deriva, devem indicar ao agrônomo e ao utilizador em geral a maneira de adaptar as culturas ao solo: Ex amendoim e arroz na África Ocidental, arboricultura na Tunísia, Terra-Virgem da Rússia) e dentro de u-

c

ma certa medida as possibilidades de irrigação e as necessidades de adubos minerais e orgânicos (Baixo Rôdano, Languedoc, Dendê na costa do Marfim, Hevea...)

Além disso ela deve dar indicações sobre a possibilidade de controlar a erosão e a perda de elementos minerais ou orgânicos que seguem ao desmatamento, se bem que em região tropical este problema é muito difícil de resolver.

2º) A planificação econômica.

De mais em mais as planificações econômicas nacionais e internacionais utilizam as cartas pedológicas.

A F.A.O. estabeleceu dentro deste princípio uma carta pedológica na escala 1/5.000.000 dos solos do mundo, enquanto que a UNESCO fez executar uma carta dos solos salgados do mundo na escala de 1/5.000.000, na qual eu tive a honra de participar no que diz respeito à África.

É evidente que para a valorização de unidades menores, como país, um estado, uma região, as cartas pedológicas na escala de 1/100.000 ou 1/500.000 representam um instrumento de trabalho indispensável para os responsáveis desta valorização.

Tais cartas, lhes permite de fixar fins a atingir e de estabelecer prioridades em função das condições econômicas, políticas e humanas da determinada zona de ação.

3º) Os trabalhos públicos: estrada, aeroportos, barragens.

A pedologia pode fornecer uma ajuda preciosa.

4º) A Geologia e a Geomorfologia.

5º) A ecologia: a ecologia é a ciência que estuda as relações entre o meio natural e os seres vivos (homens, animais e plantas); o solo é evidentemente um dos constituintes deste meio natural ao mesmo título que o clima, a higrometria, etc.

6º) Etc.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO 01

ESTUDO DO PERFIL E DOS HORIZONTES DE UM PERFIL

Quando se abre uma trincheira no solo sôbre uma profundidade de mais ou menos 30 cm a 2 m (mais em região tropical úmida), vê-se aparecer a partir da superfície, uma série de estratos sucessivos em largas faixas paralelas entre si, chamados horizontes; o último horizonte sendo formado pela rocha mãe em via de decomposição.

O conjunto de horizontes constitui o perfil:

Desenvolvimento de um perfil e definição dos horizontes
A - B - C - R.

1º - DESENVOLVIMENTO DE UM PERFIL DO SOLO

Quando uma rocha está descoberta e a pluvionetria é suficiente, um pouco de vegetação chega sempre a se instalar: líquens e musgos em regiões temperadas, musgos e gramíneas em região equatorial, às vezes cactus em zonas mais secas.

Existe então a formação de matérias orgânicas enquanto que as rochas são atacadas, rapidamente se é um sedimento móvel, aluviões, areia, silte, lentamente, se a rocha é dura e pouco permeável.

Se nenhum fator externo vem perturbar este processo (erosão, ação do homem, dos animais, o fogo...) um solo se forma sempre, com a condição que caia pelo menos 50-60mm de chuva por ano, (Neste caso evidentemente só se forma um solo pouco evoluído de deserto, mas com 100-200 mm de chuva já se pode ver solos bem desenvolvidos).

Progressivamente o solo se aprofunda, a matéria orgânica se incorpora à parte superior do solo, horizonte A, enquanto que a parte inferior é formada da rocha em via de decomposição, é o horizonte C. O solo, é, pois composto de um perfil A-C.

Caso das Rendzinas

Caso dos Vertsolos - A
C
AC

NOTA - O caso de um solo muito jovem ou que se forma sôbre uma rocha muito dura, a matéria orgânica é misturada diretamente com o horizonte C, tendo-se então um perfil AC.

Quando o solo envelhece êle se aprofunda e forma entre A e C um horizonte intermediário chamado (B) ou B estrutural, praticamente sem matéria orgânica.

Enfim, sôbre um solo já adulto e mesmo envelhecido, o horizonte A se diferencia em vários sub-horizontes. O horizonte B, se enriquece de certos elementos (humus, argila) seja por migração de elementos vindos de A (solos podzólicos, solos lixiviados) seja por síntese, no local (solos ferralíticos) é pois um horizonte B ou B textural que será aquêle do qual nós falaremos em seguida pois se trata de um caso particular, horizonte B.

2º - HORIZONTE A

Êste horizonte A é um horizonte "maior" ocupando a parte superior do perfil e apresentando uma das 2 características seguintes, ou as 2 ao mesmo tempo:

- presença de matéria orgânica;
- empobrecimento em constituintes tal como argila, ferro, alumínio.

Subdivide-se êste horizonte em A₀₀, A₀, A₁, A₂, A₃, que se superpõem na ordem indicada, alguns dêstes horizontes podem faltar e faltam efetivamente.

A₀₀ - Horizonte de superfície, formado por detritos vegetais, facilmente reconhecíveis - falhas - frondelles; às vêzes chamados L por alguns autores.

A₀ - Horizonte principalmente constituído de detritos vegetais meio decompostos e praticamente irreconhecíveis - subdivide-se às vêzes (certos autores nórdicos, suecos, alemães holandêses) em F e H, não tendo H, nenhuma estrutura vegetal reconhecível. Esta distinção entre F e H é raramente feita em solos tropicais. Ao contém pelo menos, 30% de matéria orgânica. (A₀ e A₀₀ são medidas de baixo para cima a partir do tampo de A₁).

A1 - Horizonte mineral apresentando menos de 30% de matérias orgânicas bem misturadas com a matéria mineral; devido a isto, sua cor é geralmente escura, em todo caso tem cor mais escura do que o horizonte situado abaixo:

Pode ser ou não um horizonte aluvial (partida de elementos, argilas, ferro, alumina, humus que podem ser levados para baixo no perfil ou em torno do perfil).

A2 - Horizonte de cor mais clara do que o horizonte A1, é empobrecido em ferro, argila, alumina por lixiviação dos materiais em solução ou em suspensão (horizonte de eluviação) que podem ser levados para o horizonte B, (lixiviação, propriamente dita) ou fora do perfil (empobrecimento) ou os dois ao mesmo tempo, o empobrecimento é muito frequente em muitos solos tropicais, a saída de ferro, da argila, ou da alumina, se acompanha de uma concentração dos elementos mais resistentes à eluviação; em 99% dos casos, trata-se de quartzo, isto é, de grãos de areia.

A3 - Horizonte de passagem, mas tendo sobretudo, características do A.

HORIZONTE B

Horizonte situado abaixo do A, e caracterizado por teores importantes em argila, ferro e humus às vezes, mais elevado do que A ou C. (se a variação dos teores destes elementos é muito fraca que só existe diferença de consistência, a estrutura e a cor, chama-se este horizonte B ou B estrutural) uma letra maiúscula indica a natureza do enriquecimento.

B_t - para argila

B_B - para o humus

B_{fe} - para o ferro

B_{cn} - para as concreções ferro-aluminosas.

Este horizonte se subdivide em B₁, B₂ e B₃.

B₁ - Horizonte de transição com o A, mas cujas características se aproximam das de B, correspondendo seja à acumulação, pode faltar se a transição entre A e B é brutal.

B₂ - Horizonte que constitui a parte essencial de B, seja máximo de diferenciação, no caso de B é sobretudo para B₂ que se tem: B_{2t}, B_{2fe}, B_{2h}, B_{2hfe}, B_{2Ca}, B_{2cm}, B_{2Cs}, (gypse) B_x (crosta endurecida quando ressecada (frangipan) mole quando está umida.

- B_{2m} - Horizonte uação com forte cimentação couraça ou crosta dos franceses, duripan, dos americanos.
- B_3 - Horizonte de transição C, mas, mais próximo de B do que de C, às vezes é necessário estabelecer subdivisões no horizonte B_2 , o mais importante; escrevem-se pois B_{21} , B_{22} , B_{23} , do alto para baixo indicando por estas cifras apenas uma superposição.

HORIZONTE C

Terceiro horizonte maior, é o horizonte mineral diferente da rocha matriz situada abaixo de B (ou em baixo de A, se o B não existe), mas, relativamente ^{pouco} afetado pelos processos de pedogênese que conduziram a diferenciação de B e de A, e não possuindo as características destes. Por isso são consideradas como o primeiro estágio de evolução de rocha para solo.

Pode ser subdividido em: C_1 , C_2 , C_3 , ... (superposição simples).

HORIZONTE R

É a rocha matriz bruta, às vezes fendida e menos resistente quando se trata de uma rocha dura, simplesmente idêntica à camada geológica subfaserite, se se trata de um material móvel, (areia, argila, etc.) N.B. - Se o solo é formado a partir de várias rochas (discontinuidade litológica) põe-se um algarismo romano - dispensa-se o primeiro e tem-se - então: A_1 , A_2 , B_1 , B_{21} - II B_{22} - II B_3 - II C_1 - III C_2 .

OS HORIZONTES DE DIAGNÓSTICO NA CLASSIFICAÇÃO AMERICANA

A classificação americana é baseada na identificação dos horizontes de diagnóstico.

Distingue-se duas categorias: superfície e profundidade. - Horizonte superficial ou epipedon : com matéria orgânica A, parte de B.

Epipedon "ochrique"

(numeroso solos tropicais): cor bastante clara, pobre em matérias orgânicas, C/N próximo de 10, fraco teor em bases trocáveis, má estrutura.

Epipedon "Mollique"

(regiões temperadas, sobretudo):

Humos doce ou Mull, espessura superior ou igual a 17cm (1/3 -

espessura total de 25cm ou me-
nos, se o solo é profundo), -
côr, Munsell característico,
matérias orgânicas mais de 1%
sôbre 17 cm pelo menos. Ben
saturado em base V 50% (sobre
tudo C_a) P_2O_5 0,25% sem que -
êle não é mais um Mull.

Epipedon "umbrique"

(regiões tropicais úmidas de
montanha): menos friável e mais ácido
do que o precedente V 50%, as
outras características perma-
necem as mesmas do epipedon -
"mollique".

Epipedon "Histique"

(solos de turfa)
os fragmentos de matéria orgâ-
nica são bem reconhecíveis.
M.O. 20%, se o solo é arenoso
M.O. entre 20% e 30, se o solo
tem até 50% de argila e espes-
sura de 20 a 50 cm.
Quando cultivado as cifras -
precedentes se tornam:
14% de M.O. se o solo é areno-
so, entre 14 e 30% de M.O. se
o solo é argiloso.

Epipedon "Antropique"

Horizonte superficial revolvido pelo homem.

Plaggen horizon

Na Holanda - 1m a 2m de terra arrastada, cerca de 1mm por
ano durante 1 a 2 milênios .

HORIZONTE DE PROFUNDIDADE

Horizonte argílico: (horizonte B iluvial na classificação
francesa) acumulação de argilas fílitosas neste horizonte.

Horizonte aluvial: 15% de argila, diferença 3% pelo menos.

Horizonte eluvial: 40% de argila, diferença de 8%.

Na Fra ça, entodos êstes casos, o mínimo é de 4%

A espessura do horizonte argílico é de 1/10 do epipedon.

A var ação entre A e B deve se fazer em 15 cm ou mais. Presença de reves timentos argilosos.

Horizonte "Spodique" - B nos podzólicos. Espessura mínima 15 cm; rico - em ferro e em humus com revestimentos, humus ferrosos em palhetas, seja:

M.O. 0,5% e ferro livre 0,7%

M.O. 1% e ferro livre 0,7%

M.O. 0,5% e ferro livre 2%

Horizonte "Urique"

Horizonte de concentração de sesqui-óxidos, côres vivas: - ocre, anarelo, vermelho. Estrutura nunca maciça, boa friabilidade, riqueza em óxidos metálicos: T_e , A_1 , M_n , fraco teor em minerais alterados.

T-baixo, 13 meg./100 g - S - fraco pobre em sílica do que em material original.

Horizonte sódico (natrique)

Rico em sódio.

Horizonte Álico: muito enbranquiçado - A_2 da classificação francesa.

Horizonte "câmbico"

Horizonte B alterado - alteração do material original. Diferença de estrutura e de cor de rocha matriz.

Horizonte "ágrico": criado pelas atividades humanas não tem equivalente na classificação francesa.

HORIZONTES SECUNDÁRIOS DE DIAGNÓSTICO

Duripan	horizonte fortemente endurecido - couraça ou crosta da classificação francesa
Fragipan	horizonte endurecido e estado sêco, e quebradiço em estado úrido.
Calcique	horizonte enriquecido em cálcareo
Salino	horizonte enriquecido em sais solúveis.
Gypsique	horizonte enriquecido em gypsa.
Álbico	horizonte A_2 muito lixiviado
"Plontique"	horizonte manchado
	M.O. maior que 20%, se o solo é arenoso

M.O. maior entre 20% e 30, se o solo tem 50% de argila e espessura de 20 a 50 cm.

Quando cultivado as cifras precedentes se tornam:
maior que 14% de M.O. se o solo é arenoso entre 14 e 30% de M.O. se o solo é argiloso.

Epipedon Antrópico:

Horizonte superficial revolvido pelo homem.

Plaggen horizon

Na Holanda 1m a 2m de terra arrastada cerca de 1m por ano durante 1 a 2 milésimos.

HORIZONTE DE PROFUNDIDADE

Horizonte argílico: (horizonte B iluvial na classificação francesa) acumulação de argilas fílitosas neste horizonte.

Horizonte aluvial: maior que 15% de argila, diferença 3% pelo menos.

Horizonte eluvial: maior que 40% de argila diferença maior 8%.

Na França, em Aôdos estes casos, o mínimo é 4%.

A espessura do horizonte argílico é de maior 1/10 do epipedon. A variação entre A e B deve se fazer em 15 cm ou mais. Presença de revestimentos argilosos.

Horizonte "spódico" B dos podzólicos. Espessura mínima, 15 cm; rico em ferro e em humus com revestimentos humus ferrosos em palhetas.

seja

M.O. maior 0,5% e ferro livre maior 0,7%

M.O. maior 1% e ferro livre menor 0,7%

B

OBSERVAÇÃO DE UM PERFIL LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO DE UM PERFIL

1 - Localização de um perfil - nota-se:

- nome do observador e data da observação (isto é muito importante para o laboratório de análise e para a redação do relatório.
- localização exata: coordenadas sobre a carta e local Ex: estrada para Salvador a K, 2 km a ceste do povoado de, latitude ..., longitude.
- condições atmosféricas: chuvas recentes ou não; estação seca, estação chuvosa, sol ou tempo nublado.

2 - Condições do ambiente - a paisagem

- Altitude: muito importante pois condiciona frequentemente a intensidade de acumulação da matéria orgânica (mais forte quando a altitude ultrapassa 1.000 m na zona intertropical) e as vezes também a pluviometria, mal conhecida nestas regiões.

- O modelado (formas de relêvo)

Zona, plana ou inclinada planície, planalto, colina, montanha, vale, depressão.

- Este tipo de dados é importante pois o relêvo está geralmente em relação com os solos:

- os solos jornalísticos estão frequentemente numa paisagem de colinas
- os solos ferruginosos tropicais se encontram nas zonas planas, quase sem relêvo.
- os vertisolos, nas depressões mal drenadas, como também os halórficos.

- O relêvo

O relêvo e classes de Relêvo

Relêvo acidentado: região formada de um conjunto de colinas com topas subhorizontais cujas encostas são superiores a 25%

Relêvo ondulado: região formada de um conjunto de colinas, ou de planaltos com pequenas superfícies sub-horizontais com predominância de encostas que variam de 8% a 25% (muitos solos farralíticos tem um relêvo ondulado).

Relêvo muito ondulado:

conjunto de colinas e planaltos com grandes superfícies sub-horizontais interrompidas por encostas de 8% a 25%.

Relêvo plano: conjunto relativamente plano com encostas que não ultrapassam 8%

O relêvo em relação a drenagem da paisagem

Pode-se também classificar o relêvo em relação a drenagem:

Relêvo nulo ou côncavo - superfície com drenagem muito lenta ou nula.

Relêvo sub-normal - superfícies mais ou menos planas com drenagem superficial, lenta,

Relêvo normal: superfícies onduladas com drenagem superficial boa

Relêvo excessivo: superfícies acidentadas com drenagem superficial rápida.

Encosta

É importante notar a encosta em tórno do perfil pois , esta tem grande influência sôbre a circulação das águas portanto, sôbre a evolução do solo.

- Intensidade de encosta em graus ou em percentagem;
- Comprimento da encosta em metros: importante para o aproveitamento;
- Exposição de encosta;
- Forma da encosta: plana, convexa (meia laranjas características das zonas ferrolíticas úmidas); cônica.

Vegetação

Não se faz estudo fitossociológico mas certos dados são importantes (um bom pedólogo deve ser um pouco botânico).

- Tipo de formação vegetal: floresta, estepe, prados, plantações arbustivas, campos cultivados, assim como a altura destes tipos de vegetação.

Estrato erbáceo.

0-10cm	10-50cm	50-100 cm	maior 100 cm
rasteiro	inferior	médio	superior

Estrato lenhoso

0-0,25 m	0,25-2m	2-8 m	maior 8m
rasteiro	erbáceo	arbustivo	arbóreo

- Espécies predominantes do estrato erbáceo e do estrato arbustivo.

- Aspécto fisionômico dos povoamentos: vivo, depredado e em que estação: fogo, inundação, sêca. As culturas e seu aspécto.

- Grau de cobertura do solo: estrato aberto ou fechado

- Relações entre a vegetação e o tipo de detritos vegetais (Mor, Moder, Mull).

3º A ROCHA MATRIZ (ou material original, quando o solo é formado sôbre um antigo solo ou se o horizonte C é enorme e deve ser subdividido com uma parte inferior tendo ainda certas características da rocha , caso frequente nos solos ferralíticos.

- Natureza da Rocha:

- natureza - uma rocha rica em Ca produz frequentemente solos férteis.

- estado de cristalização (rocha dura ou friável)

- Formas de jazimento

mergulho e presença de linha de menor resistência onde as águas se infiltram.

Exemplo: camadas (estratos geológicos) inclinados facilitam muito a alteração (xistos); se elas são horizontais, menor penetração das águas, menor alteração portanto solos menos profundos.

- Diaclases

4º - ASPECTO DA SUPERFÍCIE DO SOLO

a) micro-relêvos - trata-se de irregularidades de superfície do solo.

- relevo Gilgai - sucessão de pequenas bacias e de zonas deprimidas devidas as alternâncias de expansão e ressecamento de certas argilas (como a Montmorilonita) caso dos vertosolos em particular)

- montículos devidos aos vermes

- sulcos de erosão

territeiros

- fendas de ressecamento durante os períodos secos

- montículos devidos à vegetação

- valetas, escavamento de terra artificial, aterros, ruínas.

Presença de pedras

Blocos - chama-se blocos os materiais cujos diâmetros médios são superiores a 20cm e que não são fixados profundamente no solo.

É importante notar sua presença (ou ausência) pois eles têm um grande influência sobre o trabalho do solo pelas máquinas agrícolas.

- Classe 1 - sem pedras ou muito poucas para perturbar o trabalho do solo. Com efeito, cobrem menos de 0,1% (um milésimo) da superfície do solo.

- Classe 2 - pedras suficientes para atrapalhar, sem no entanto tornar impossível a lavoura.

Nesta classe, as pedras são dispersas na superfície em distâncias que variam de 10m a 90m. Elas ocupam 0,1 a 1% da superfície total.

- Classe 3 - blocos suficientes para tornar impossível a utilização de máquinas. No entanto se pode utilizar o solo para pastos ou naturais ou para corte, se a fertilidade permite.

- Classe 4 - bastante blocos para tornar impossível a utilização de máquinas (exceto os instrumentos manuais e as máquinas leves).

- Classe 5 - blocos demais para o uso de instrumentos agrícolas (mesmo de máquinas leves ou instrumentos manuais.)

- Classe 6 - mais de 90% da superfície é coberta de blocos. Nenhuma utilização possível.

N.B. - Quando se trata de pedras (com 5 a 20cm de diâmetro) podem ser cultivadas com arbustos, solos que possuem 90% da superfície coberta com pedregulhos - vinha, árvores frutíferas, seringueira, cafeeiros .

Presença de Rochas

c) ROCHAS

A palavra rocha é utilizada arbitrariamente em pedologia, para designar as formações duras que afloram à superfície do solo e que são profundamente fixadas em profundidade.

Define-se igualmente seis classes levando em conta a superfície coberta por rochas e as possibilidades de utilização das máquinas agrícolas.

- Classe 1 - não existe rocha : menos de 2% da superfície é ocupada por rochas situadas em média de 10m de distância.

- Classe 2 - poucas rochas: 2 a 5% da superfície são cobertos, de rochas situadas em média a 35 a 100m.

- Classe 3 - Poucas rochas que cobrem cerca de 5 a 10% da superfície do solo, os afloramentos estando em média 10 a 35m de distância. A utilização de máquinas é difícil, geralmente impossível, somente as máquinas agrícolas leves ou os instrumentos a não são utilizáveis.

- Classe 4 - Mais ou menos rochoso: os afloramentos de rochas cobrem 10 a 50% da superfície total e eles estão distanciados em média de 3,5m a 10m. Os instrumentos manuais são utilizáveis - (foice). Utilização com pastos ou floresta.

- Classe 5 - Muitas rochas: a superfície coberta pelas rochas é de 50 a 90% da superfície do solo separados em média por distâncias inferiores a 3,50m - nenhuma cultura possível: ervas ou florestas.

- Classe 6 - Rochoso: mais de 90% da superfície é ocupada por rochas.

N.B. - Quando os solos são ao mesmo tempo pedregosos e rochosos , nota-se separadamente as duas classes.

5 - EROSÃO

O aspecto superficial do solo permite determinar os fenômenos de erosão e o seu tipo.

A erosão para um solo é o fato de sofrer um certo arrastamento de material da superfície sob a ação ou do vento (erosão eólica) ou da chuva (erosão hídrica, pluvial).

Naturalmente se há erosão em determinados lugares, haverá acumulação em outras partes mas, é em geral distante ou no mar.

- Erosão eólica - o vento.

Trunca a superfície do solo diminuindo a profundidade do horizonte de superfície frequentemente formam-se estratos paralelos. Porisso pode haver uma acumulação de produtos de erosão em dunas e nebkas.

- Erosão hídrica (Hydrique) devido à chuva e ao escoamento das águas sobre o solo.

- Erosão por impacto (splash) das gotas de água que fazem partir os agregados, projetam às vezes até mais de 10cm os elementos mais finos.

Forna-se na superfície uma crosta de 1cm a 3cm de espessura de aspecto folheado com uma forma reticulada característica.

- Erosão em lençol (sheet erosion). A chuva retira camadas finas do solo (1mm e às vezes menos em cada chuva), muito regularmente, tendo-se assim um aspecto reticulado. Esta forma de erosão pode ser produzida sobre encostas de 1 a 3% e mais, na zona tropical.

- Erosão em lençol ravinante - Camadas de solo são arrastadas em massa formando pequenos degraus nas encostas.

- Erosão em sulcos (gully erosion) . O escoamento da água escorre pequenos sulcos de alguns dezenas de centímetros, chamados "arranhões" (griffes) de erosão.

- Erosão em forma de ravinas - A ravina se forma por aprofundamento dos sulcos; as ravinas podem ter profundidade de cerca de 1 metro até 10m.

- Erosão por movimentos de massa (descolamento) - A massa inteira do solo se descola com uma grande espessura e desliza na encosta (Lavakas - de Madagascar, deslizamento de terra nas encostas das favelas do Rio ou nas encostas de Salvador).

- Erosão em forma de canais subterrâneos - A água do escoamento se infiltra nos buracos e escava uma profundidade rios subterrâneos (terrenos calcáreos) . Em superfície vê-se desabamentos característicos sôbre o trajeto destes rios.

A erosão eólica - a erosão pelo impacto das gôtas , a erosão por lençol d'água , ou em sulcos e, de uma certa maneira também a erosão em ravinas (exceto nos países montanhosos ou de relêvo muito acidentado) são erosões pedológicas e são frequentemente devidas a má utilização do solo (culturas sôbre encostas muito fortes, mau ciclo de cultura que destroi a estrutura, solo nú durante as chuvas). Desta maneira podem ser combatidas com a introdução de culturas em curvas de nível ou em baquetas, alternando as plantas que estragem a estrutura do solo e o cobrem mal.

6º - REGIME HIDRICO DE SUPERFÍCIE

O pedólogo deve avaliar mesmo que de maneira aproximada, sem fazer medidas especiais, o modo como a água que cai em superfície pode evacuar-se; a presença de um horizonte impermeável no perfil (gley ou pseudo-gley) dá também indicações. Somente no caso de uma cartografia em grande escala 1/20.000) se faz medidas de permeabilidade , ou melhor quando se pretende fazer irrigação de culturas em certas regiões.

CLASSES DE DRENAGEM(drainage).

- Classe 1. Drenagem nulo (drainage nul): sem escoamento pluvial, pouca infiltração no solo, a água se evacua sobretudo por evaporação.
- Classe 2. Drenagem muito lento (drainage très lent): sem escoamento pluvial, a água se estagna e se evacua em parte por evaporação.
- Classe 3. Drenagem lenta (drainage lent): há um pouco , a água estagna por algum tempo e se infiltra em grande parte no solo.
- Classe 4. Drenagem média (drainage moyen): a água estagna pouco tempo em superfície e evacua bastante rápido por escoamento superficial e por evaporação.
- Classe 5. Drenagem rápida (drainage rapide): toda água evacua por escoamento superficial e por evaporação logo que chega ao solo.
- Classe 6. Drainage muito rápida (drainage très rapide): toda água evacua por escoamento superficial com uma infiltração muito fraca (erosão mais ou menos forte.)

CLASSES DE INUNDAÇÕES.

A inundaçãõ se produz por transbordamento de um rio ou por simples acumulaçãõ de água da chuva.

Classe 1 - Solos inundados durante a maior parte do ano (mais de 10 mêses.

Classe 2 - Solos inundados de 6 a 10 mêses

Classe 3 - Solos inundados regularmente menos de 6 a 10 meses por ano.

Classe 4 - Solos inundados menos de 6 meses por ano (ano únido).

Classe 5 - Solos excepcionalmente inundados (acidente meteorológico).

Classe 6 - Solos nunca inundados - os mais frequentes.

OBSERVAÇÃO DE UM PERFIL

Características morfológicas de um horizonte.

Denomina-se horizonte no solo ao estrato horizontal (algumas vezes descontínuo) que difere dos precedentes e dos subsequentes pela coloração, textura, estrutura, matéria orgânica, etc.

Os horizontes são caracterizados como mostrado na ilustração ao lado e de acordo com os dados seguintes:

1ª) - Espessura em centímetros: contada a partir da superfície de A. Os Horizontes A_{00} e A_0 são contados como positivos. Por exemplo:

0 + 3cm	A_0	
0 -15cm	A_1	
15 -40cm	A_2	passagem abrupta (sem A_3)
40 -65cm	B_2	
65 -70cm	B_2	passagem progressiva
70-115cm	C	
115cm		rocha matriz

Denomina-se abrupta quando a transformação de um horizonte em outro se processa em menos de 2cm:

Tipo de modificação	Espessura dentro da qual se operou a modificação
---------------------	--

abrupta	2cm
distinta	2 a 5 cm
gradual	5 a 15 cm
progressiva	15 cm

Lembrar sempre de registrar o tipo de passagem de um horizonte a outro e sua regularidade: ondulado, descontínuo.

2ª) - COR

Pode-se registrar a cor observada, porém o valor da cor varia de tal maneira de um para outro observador que é recomendável o uso da tabela de cores de Munsell (Munsell's color chart). De outra forma, o que um observador chamar de bege pode corresponder ao amarelo, ocre, alaranjado, castanho claro, etc. de outros observadores. A Tabela de Munsell é quase universalmente utilizada pelos pedólogos apesar de seu preço elevado: 30 dólares, equivalente a cerca de R\$ 125,00 em novembro 1969. A Tabela de cores de Munsell para solos compreende 175 pequenos retângulos (17x12mm) (chips) coloridos agrupados por famílias. Munsell em cerca de uma dezena de pranchas.

Nelas se distingue a tonalidade (gamme) (hue) designada pela inicial inglesa: R Red = vermelho

YR Yellow-Red = amarelo-vermelho

Y Yellow = amarelo

N Neutral = neutro

com uma notação de 0 a 10 precedendo a indicação da tonalidade: 2,5 YR ou 5Y ou 5R etc. O valor: corresponde à luminosidade da cor (função aproximada da raiz quadrada da quantidade de luz) Isso é obtido na tabela Munsell pelo fundo cinzento do cartão onde estão lançados os retângulos de cores. A notação vai de 0 para o negro até o 10 para o branco, e vem impressa verticalmente à esquerda. A intensidade (ou saturação - "chroma", em inglês, é a pureza ou a força espectral da cor e cresce da esquerda para a direita com uma tonalidade cinzenta decrescente. Ela é identificada por índices numerados de 1 a 8. Um quadro defrente de cada prancha dá o nome, em inglês, das cores. A ordem em que se registram as cores é:

tonalidade - valor - intensidade: 2,5 YR 4/6 (Red)

A cor pode variar consideravelmente conforme a unidade do solo (2 a 3 unidades em valor e em intensidade nos solos tropicais ferruginosos). Por isso, é recomendável registrar, junto com a cor, a unidade do solo:

2,5 YR 4/6 (vermelho) (no estado) úmido.

3ª) As manchas (taches)

A cor de um horizonte pode não ser uniforme, pois com frequência aparecem manchas de cores diferentes pintando o solo. Determina-se então a porcentagem de manchas seja por uma apreciação aproximada a olho, seja com o auxílio de um modelo esquemático.

Geralmente três categorias são satisfatórias:

poucas manchas: quando elas ocupam menos de 2% da superfície total

várias manchas: quando elas ocupam de 2 a 20 % da superfície total

numerosas manchas: se elas ocupam mais de 20% da superfície
Quanto às dimensões, anota-se o diâmetro médio:

pequenas com diâmetros inferiores a 5mm

médias com diâmetros compreendidos entre 5 e 15mm

grandes quando os diâmetros médios são superior a 15mm

A forma das manchas pode variar bastante: manchas circulares, estriadas, longas contorcidas, elípticas (marbrures= como nos mármore)

Um elemento importante de se registrar é a cor das manchas: - pode-se empregar o código Munsell, mas nem sempre é fácil fazê-lo, pois a mancha pode ser demasiado pequena. Por isso se utiliza apenas o nome da cor: vermelho, amarelo, cinzento, etc.

Enfim, o contraste determina a clareza com que a mancha sobressai da terra que a envolve. Na prática utiliza-se a clareza da mancha em relação ao solo onde está a mancha:

Contraste vago: quando a mancha só é visível de muito - perto.

Contraste distinto: as manchas são vistas com facilidade

Contraste gritante (frappart): quando a cor das manchas é muito diferente do material do solo que as envolvem.

N.B.: as manchas são muitas vezes devidas aos óxidos de ferro ou de manganês. Solos ferrolítico e solos hidromorfos, em particular.

40) O calcário

Raramente se encontra calcário presente nos solos das regiões tropicais úmidas. Por outro lado, êle é muito frequente nas zonas secas e nas temperadas, em particular se a rocha que originou o solo é uma rocha calcária.

Quando o calcário está presente, pode-se fazer uma idéia do conteúdo de calcário no solo adicionando-se-lhe ácido clorídrico 1:2 (entretanto, as áreas reagem mais fortemente que os solos argilosos possuindo teores comparáveis de carbonatos).

Distingue-se as seguintes classes:

Não-calcário: nenhuma efervescência

Pouco calcário: fraca efervescência, pouco visível, mas perceptível pelo ruído (audível)

Calcário: apresenta efervescência visível.

Muito calcário: forte efervescência e neste caso o calcário pode ser identificado a olho nú.

Naturalmente, quando o calcário é visível, registra-se a forma sob a qual ele aparece: grãos de areia calcária, massas ou filamentos pulverulentos, nódulos ou até crosta.

5ª) O Gesso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

É em geral encontrado associado ao calcário. O solo efervesce ainda, porém menos do que se o calcário estivesse só.

Na maioria das vezes, o gesso aparece sob a forma de cristais brilhantes cintilando à luz artificial e ao sol. Num solo gipsífero, os golpes de pá deixam riscos bem brilhantes. O gesso é sobretudo frequente nos climas secos e muito secos.

6ª) Matéria orgânica visível nos solos

A matéria orgânica dos solos é produzida pelos detritos e bagaços vegetais que caem à superfície do solo, como folhas secas (brindilles), ou que morrem no interior do solo, como as raízes das gramíneas (as raízes das gramíneas morrem e se reformam todos os anos, de onde se origina uma massa considerável de matéria vegetal integrada no solo todos os anos, desde que as raízes das árvores e dos arbustos vivem numerosos anos, às vezes por toda a vida da planta).

Esses detritos vegetais sofrem então toda uma série de transformações devidas aos cogumelos (actinomicetas), às bactérias aos vermes da terra e aos diversos artrópodos que vivem no solo.

Essa transformação ou mineralização da matéria orgânica é função do clima em geral mas também do "climaz" do solo (pH, umidade, permeabilidade, aeração) ou pedo-clima.

Assim, nos climas frios e úmidos, sobretudo se o solo é muito ácido a mineralização é incompleta e há má incorporação ao solo e, portanto, acumulação na superfície.

Nos climas temperados e quentes, se o solo é bem aerado e pouco ácido, ou neutro, ou fracamente alcalino, há mineralização completa, incorporação total ao solo e, enfim, decomposição dessa matéria orgânica

(ciclo do carbono). Não haverá acumulação a menos que a vida bacteriana permaneça e desenvolva (est arreté) por bastante tempo para que a transformação em gás carbônico e elementos minerais não seja total: é o que se passa nos países onde a estação seca é longa ou o inverno muito rigoroso (chernozems, solos estépicos).

No caso geral, atinge-se um certo equilíbrio entre o depósito (apport) de matéria orgânica - formação de humus - degradação desse humus, que é em média 1 a 3% das matérias orgânicas totais para os solos ferrolíticos de savana da África Central, por exemplo.

Todavia, nas regiões equatoriais muito úmidas (1600 a 3000 mm ou mais), quando os solos são muito ácidos (pH entre 3,0 e 5,5 por exemplo) a vida bacteriana é interrompida (cessa) e há acumulação de matéria orgânica mal decomposta.

Nos países de clima temperado, sobretudo no norte da Europa, são definidas 5 tipos principais de humus:

Os três primeiros, os mais importantes, são Mull, Moder, Mor e se formam nos solos aerados não embebidos de água o ano todo (non engorgés d'eau), portanto em condição de aerobiose, o que exclui uma inundação periódica, isto é, pois, uma anaerobiose temporária.

Os dois últimos são os humus hidromorfos, formados em presença da água, portanto em anaerobiose: são os amour (anaeróbion interrompido por curtos períodos de aerobiose) e o tourbe (anaeróbion permanente).

Os humus formados em aerobiose (meio aerado).

O Mull: é caracterizado por uma incorporação total da matéria orgânica ao solo, com formação de um complexo argilo-úmico estável. A transformação da matéria orgânica é rápida e completa sob a influência das bactérias e dos vermes da terra.

Mull cálcico:

pH = 7 C/N = 10 A₁ V ≠ 100%

Solo de estrutura grumosa (grumeleuse) muito estável, devida aos ácidos úmicos cinzentos muito polimerizados e bem ligados às argilas (Pinck e Allison).

Mull de rendzine: negro sob floresta, cinzento nos campos (prairies).

Mull de Steppe: chernozem

Mull florestal (forestier) pH de 5,5 a 7,0

C/N = 12 a 15 exceto sob lavoura

V de 20 a 60% (saturação em bases)

Mull-libe Moder de Kubiena: solo de montanha sobre calcário com horizonte (AC).

A estrutura do solo formado de grumos (grumeaux) ou de poliedros é menos estável que o precedente e se quebra com facilidade (ácidos úmicos castanhos).

Mull Eutrope: pH = 5,5 - climas continentais com invernos longos e rigorosos. Espessos.

Crypto Mull - pH = 5,5 a 6,5 e 7 pouco colorido, pouco espesso e clima constantemente úmido.

Mull ácido - pH = 4,5 com má estrutura evoluindo com frequência para um Moder. Sua presença é mal explicada (rochas ácidas pobres em bases?)

Hidro Mull - formado sob um nível freático pouco profundo, que umedece o solo, de onde se origina uma atividade biológica importante, desde que a secura pouco prolongada do verão, tenha tempo de favorecer o umedecimento. A₁ é espesso. Solo muito frequente na Holanda, Alemanha do Norte, Flandres.

O Moder

São caracterizados pela presença de um horizonte A₀ pouco espesso (alguns centímetros), de matéria orgânica pouco decomposta e muito mal incorporados ao solo: com efeito A₀ sobrepõe-se a um horizonte A₁, onde o humus está bem misturado com o solo; a passagem de um horizonte A₁ é pouco nítida e aí são encontrados grãos de areia praga portos a matéria orgânica mal decomposta.

Se à vista desarmada A₁ aparece como uma mistura íntima de matérias minerais (areia muito fina, com bastante frequência) e de humus, quando se usa o microscópio, percebe-se que existe apenas justaposição de grãos de areia e de grumos de humus (concreção fecais de artrópodos segundo Tongerius), portanto nenhuma formação de compostos argilo-húmicos. É verdade, porém, que os solos formados com Moder são geralmente muito arenosos.

pH 4 a 5, algumas vezes 6 e 6,5 (Holanda) C/N de 12 a 25
V = 20%.

Predominância de ácidos úmicos castanhos.

Moder Florestal (Forestier) C/N = 20 V = 20%

Solos de cor ocre, podzólicos, podzols lixiviados.

Moder Hydromorfo C/N = 20 com frequência.

Um nível freático muito próximo favorece a acumulação de matérias orgânicas. Uma grande parte dos solos cultivados na Holanda e na Alemanha do Norte possui o tipo Moder.

Moder Alpino: altitude superior a 2.000 m. Humus muito preto e espesso.

Moder Calcico: solo calcário de montanha em clima seco. O humus repousa diretamente sobre a rocha que, neste caso, é rocha calcária.

O Mor ou humus bruto

Os solos de Mor se caracterizam por um horizonte A_0 muito espesso e sua passagem para A_1 é bastante clara. Sua espessura muitas vezes é tal que (5 a 30 cm, por vezes maior) se costuma subdividi-lo em sub-horizontes LFH:

L ou A_{00} : fôlhas e "brondilles" não ligadas por "mycelium".

F : reconhece-se a estrutura vegetal, mas ela está aglomerada (mycelium).

H : ou distingue-se muito mal a estrutura vegetal ou não se a distingue de todo.

A humificação é muito lenta por causa do baixo pH (3 a 5,5) que não permite que os cogumelos vivam. Decorre daí uma mineralização muito incompleta que libera sobretudo ácidos fúlvicos e uma acumulação de matéria orgânica: relação C/N entre 20 e 50 para A_0 , muito fraca para A_1 (C/N em torno de 25). A saturação em bases é muito fraca: V = 10%.

O Mor seco ou Xeromor: humus bruto, fibroso, das terras (Landes) secas L e F são espessos, H é muito delgado.

O Hidromor : o hidromorfo não permanente provoca a anaerobiose, e por conseguinte um arrefecimento da transformação em humus. O estrato H é o mais espesso. O Hidromor provem com frequência da turfa depois de ser secada (drenada) e depois do cultivo de um pântano (marais).

O Mor cálcico ou Tangel de Kubiena:

Forma-se sobrejacente ao calcário. É um (produto) intermediário entre os Mull-like Model e os Mull

O horizonte A_0 é muito espesso, atingindo até 50cm, e está - melhor mineralizado que os Mors típicos.

C/N é da ordem de 22 a 25 pH na faixa 5 - 6

V ou saturação em bases ou S/T entre 50 e 70%

Os humus hidromorfos. Anmoor e Turfa (tourbe)

O Anmoor: é constituído por uma mistura íntima de argilas com matéria orgânica bem decomposta (vê-se ao microscópio, porém, que a matéria orgânica não está tão bem misturada com a argila como se pensa) O anmoor se forma nos solos de gley que estão embebidos de água (encharcados) uma boa parte do ano mas com um período seco de 2 a 4 meses.

M. O. = 30% no máximo em A_0 , espessura de 30 cm, pH variável,
C/N 20

A Turfa (Tourbe) é uma matéria orgânica, muito da mal decomposta (permanece fibrosa) devido ao excesso de água: os solos turfosos praticamente não secan nunca.

Na antiga classificação francesa distinguia-se:

Turfes baixas: formadas nas zonas de fundo baixo sob uma vegetação não especializada; nas turfes baixas, a turfa está misturada com matérias minerais cortendo as bases como Ca e N.

Sob a influência de Duchanfour distinguem-se, nas turfas baixas:

Turfas entrofadas: saturadas em cálcio, bastante N para a decomposição das matérias orgânicas que secam no solo.

Turfas mesotrofadas: não saturadas em Ca, pouco N.

Turfas oligotrofadas: praticamente sem Ca e N.

Para as turfas entrofadas e mesotrofadas são reunidas tôdas as condições para a transformação da matéria orgânica em humus se não houver um excesso de água. O valor agrícola é seguro se se abaixa o freático.

Até o momento, cria-se que tôdas as turfas tropicais eram turfas oligotrofadas. Trabalhos mais recentes feitos em Madagascar (Didier de St Armand, 1967) mostraram que elas podiam também ser tanto mesotrofadas como entrofadas.

Turfas Altas (turfas oligotrofadas para Duchanfour)

São desconhecidas nas regiões tropicais. Elas se formam nas depressões dos planaltos nas regiões temperadas frias e úmidas, com a condição que a água seja bastante pura. A vegetação é muito especializada, à base de "Sphagnum" que apenas emergem à superfície da água. São os detritos dos "sphagnum" mortos que formam a turfa. O encharcamento por água é total e dura o ano todo. Mesmo no caso de secagem artificial (canais de drenagem) seu valor agrícola é nulo. A única utilização possível sendo no aquecimento, após secagem ao ar (é um mau combustível).

Sob a influência da classificação americana existe hoje uma tendência a classificar as turfas no campo do seguinte modo:

Turfas fibrosas: ("fibrists", na classificação americana) possuem fibras compridas. Dois terços das fibras têm pelo menos 1mm de comprimento. Comprimindo entre as mãos em pacote de fibras, o líquido que sai é límpido.

Turfas semi-fibrosas ("hemnists", na classificação americana) estão parcialmente decompostas. Cerca de 1/2 a 2/3 da massa é formada por fibras. O líquido obtido por compressão de um pacote das fibras é levemente colorido.

Turfas alteradas ("saprists", na classificação americana) possuem poucas fibras e, quando elas existem, são quebradiças (crassantes). O líquido obtido quando se espreme o material é vermelho escuro.

Em cada categoria introduz-se o qualificativo Eutrofo ou Oligotrofo.

Eutrofo: pH 5,0 (com frequência bastante elevado, perto de 6,5 ou 7,0)
 C/N 20%
 V 40% com bastante cálcio

Oligotrofo:

pH 5,0
 C/N 30
 V 20-25%

O sub-grupo mesotrofo, intermediário, está suprimido e colocado entre os eutrofos, pois parece que com bastante frequência suas utilizações agrícolas eram idênticas aos do sub-grupo Eutrofo. O sub-grupo Eutrofo começará, pois, por uma taxa de saturação em bases superior a 25% (V).

AS MATÉRIAS ORGÂNICAS E O HUMUS NAS REGIÕES TROPICAIS E EQUATORIAIS

Os diversos tipos de humus e de matéria orgânica nos solos foram definidos em zona temperada fria, pela simples razão de ser lá que eles estão bem representados e que podem ser encontrados a curta distância um do outro: são o Mull, Moder, Mor, Anmor, Turfa.

Em zona mediterrânea, encontra-se uma enorme maioria de Muls; às vezes turfas entrofadas, praticamente nunca Mor e Moder.

Quais são, pois, os tipos de humus que se encontram nas zonas tropicais?

As turfas e solos existentes, com certeza: por muito tempo supôs-se que os tratavam de turfas oligotrofas apenas, mas os trabalhos de Didier de St. Armand indicaram que existiam simultaneamente turfas eutrofas e oligotrofas.

Em região tropical seca (200-400 a 1200 mm de precipitações anual) encontra-se humus bem incorporados ao solo que têm forte semelhança com os Muls; apesar de algumas opiniões em contrário, são mull verdadeiros. Com efeito, nas regiões mais secas predominam ácidos húmicos cinzentos como nos Muls cálcicos (solos iso-húmicos das regiões áridas). À medida que se penetra nas regiões mais úmidas, os ácidos húmicos castanhos tornam-se cada vez mais importantes (eles predominam claramente nos solos ferrolíticos na faixa pluviométrica de 1000 - 1200 mm anuais) como nos Muls florestais (forrestiers).

Em zonas de floresta equatorial (pluviosidade anual de 1800 a 4000mm) os ácidos fúlvicos predominam claramente sobre os ácidos húmicos na matéria orgânica.

Os especialistas discutem para decidir se se trata de um Mull (os podzols também contiveram grande quantidade de ácido húmico).

Notemos, simplesmente, que a matéria orgânica se mistura bem e rapidamente ao solo originando ácidos fúlvicos e ácidos úmicos se o teor em bases é suficientemente elevado, isto é, pH de 5,5 a 6,8 em condição de boa drenagem.

Sobretudo nos climas muito úmidos, Gabon Amazônia, litoral - sul da Bahia, a lixiviação das bases é importante, o pH desce abaixo de 5 (3 a 5), a vida bacteriana cessa e aparece acumulação de matéria orgânica com a produção de grande quantidade de ácidos fúlvicos tal como nos podzols. Será portanto um Mor? Tem-se preferido chamá-lo de humus tropical bruto. (Formação de Al.... e solos hidromorfos).

A textura do solo:

Denomina-se textura do solo a composição granulométrica do solo, isto é, a distribuição porcentual dos grãos de diâmetro inferior a 2mm. A distinção entre as frações granulométricas é arbitrária, todavia existem vários sistemas adotados universalmente Wentworth (sobretudo para os geólogos), Atterberg, USDA, etc. Aqui, são 3 os sistemas utilizados:

Sistema Atterberg - método internacional

Denominação	Diâmetro		
Argila	2 u	i.e.	0,002mm
Silte (limon)	2 u a 20 u		0,002 silte 0,020mm
Areias finas	20u a 200 u		0,020 A.F. 0,200mm
Areias grossas	200u a 2000 u		0,200 A.G. 2,000mm

Sistema USDA - um pouco complexo

Argila	2u
Silte	2u a 50 u
Areia muito fina	50u a 100 u
Areia fina	100u a 250 u
Areia média	250u a 500 u
Areia grossa	500u a 1000 u
Areia muito grossa	1000u a 2000 u

Para os solos tropicais - Emprega-se o sistema Atterberg, modificado, introduzindo-se mais a fração 20-50 u que tem propriedades bem diferentes - das areias (em partículas, uma certa capacidade de troca).

Argila	2 u
Silte fino	2 u a 20 u
Silte grosso	20 u a 50 u
Areias finas	50 u a 200 u
Areias grossas	200 u a 2000 u

Determinação das classes de textura - é feita primeiro denominando-se a fração granulométrica dominante e, em seguida, a fração granulométrica que se lhe segue em porcentagem.

Assim, argilas silticas, significa textura sobretudo argilosa porém com uma proporção apreciável de silte; areno-argilosa onde predomina a areia, com argilas subordinadas.

A definição das classes de estrutura deduz-se de um triângulo equilátero chamado triângulo das texturas, muito arbitrarias (existem numerosos, o que significa que as definições são pouco precisas).

Com efeito, para muitos dos solos ferralíticos, os teores em silte são fracos (entre 5 a 10 por cento) e a classe de estrutura é determinado sem considerar o silte:

Argila 45 a 50%	textura argilosa
Argila entre 30 e 50%	textura argilo arenosa
Argila entre 12/15 e 30%	textura areno argilosa
Argila 12-15%	textura arenosa

Quando se dispõe dos resultados das análises de solo, é fácil determinar a classe da textura. Mas o importante é fazer uma idéia da classe de textura no campo: para isso unedece-se fortemente um pequeno torrão de solo na palma da mão e pressiona-se a pasta com a ponta do dedo. Sente-se logo ao tato uma sensação de sabão característica das argilas que sejam fortemente a pele. O silte tem um tato mais suave, porém, menos untuoso que a argila, e seca, suja pouco a pele. Quanto à areia, sente-se o grão áspero rolar sob o dedo.

Numa zona bem conhecida onde já foram feitas análise, esse método de testar a textura dá bons resultados; todavia, os pedólogos, mesmo experimentados, se enganam com bastante facilidade entre silte e areia fina (inferior a 80 - 100 u) e com maior razão se eles mudarem de região.

Quando o solo contém muito húmus (mais de 10%) ou calcário (efervescência visível), registram-se essas características. Por exemplo:

areia húmifera areia -argilosa húmifera
areia calcária ou calcífera, silte calcífero ou calcário.

Os elementos graúdos (grossiers) da textura: até aqui só se falou da terra fina, a que passa em peneira de 2mm, mas o solo pode conter elementos mais grosso, seixos (2 a 50mm) e calhaus (50 a 200mm) e matacões (diâmetro superior a 200 mm). Quando eles aparecem em proporção apreciável, acrescenta-se ao nome da classe textural um adjetivo que é função da porcentagem e do diâmetro médio dos elementos grossos.

% de elementos graúdos			Seixos (graviers) 2 a 50 mm	Calhaus (cailloux) 50 a 200 mm	Matações (pierres) 200mm
2	-	15	poucos seixos	poucos calhaus	poucos mat.
15	-	50	com seixos	com calhaus	com matações
50	-	90	muito seixos	muito calhaus	muito "
		90	Cascalheiras de seixos	cascalheiras de calhaus	cascalheiras de matações

A natureza desses elementos graúdos deve figurar também no levantamento pedológico, seja com um nome geológico, arenito, calcário, quartzo, folhelho, xisto, etc. se se tratar de elementos ou fragmentos de rocha, seja uma denominação pedológica se for uma formação pertencente ao solo, como gravilhões ferruginosos, nódulos calcários, etc.

A orientação desses elementos grossos e sua disposição no solo devem ser registradas, pois essas informações podem ter alguma influência no crescimento das plantas (os fragmentos achatados, horizontais, perturbam a penetração das raízes e, muitas vezes, até da própria água) ou indicar um fenômeno importante: assim, a linha de cascalhos ("stone line") dos solos ferralíticos é muitas vezes indicação de reniements (revolvimento) da superfície desses solos.

N.B. 1 - Não se deve considerar as classes de textura e o fracionamento obtidos pela análise granulométrica como algo de absoluto e intangível. Trata-se de um ensaio de laboratório. Mas esse ensaio é de extrema importância por ser universalmente utilizado.

A prova disso é que se se faz a dispersão com soda ou o hexa metafosfato de sódio, um tratamento por ultra-som, as quantidades de argilas encontradas em certos solos ferralíticos podem ser multiplicadas por 2 ou por 3, o que significa que as areias determinadas pelos métodos usuais não são mais que agregados de argilas do tamanho de grãos de areia solidamente ligados, cimentados, por hidróxidos de ferro. Esses agregados minúsculos são destruídos pelos ultra-sons.

N.B. 2 - Em pedologia, utiliza-se o termo Argila para todos os materiais de diâmetro inferior a 2 micra (microns). Esses elementos abrangem tanto minerais argilosos (argilas no sentido cristalográfico do nome), como também aquilo que os sedimentólogos chamam de pós, que são uma mistura de numerosos fragmentos finamente pulverizados (quartzo, micas, etc.)

7ª) A Estrutura do solo

Denomina-se estrutura do solo ao modo de arrumação das partículas individuais entre si tais como foram definidas pela análise granulométrica .

Presentemente, a maior parte dos autores admite que uma estrutura pode ser composta pela simples superposição das partículas e nem sempre ligadas entre si sob a forma de partículas compostas.

Têm-se, assim estruturas particulares, estruturas fragmentárias ou em agregados e estruturas maciças ou fundidas nas quais os elementos do solo formam uma massa contínua (não se distingue aí a forma dos agregados).

O agregado ("ped", em inglês)

O agregado é formado pelos elementos da terra fina - e eventualmente por elementos mais grossos, ligados entre si por cimentos coloidais (argila, humus, hidróxidos de ferro, etc.) e por forças de adesão de várias naturezas.

Ele se apresenta sob a forma de um pequeno sólido de forma geométrica bem definida (grãos arredondados, poliédricos, cúbicos, prismáticos, etc.) que se repete indefinidamente no perfil.

Os agregados são separados uns dos outros por superfícies de menor resistência que permitem separá-los e individualizá-los; essas superfícies exteriores apresentam com frequência revestimentos de cor diferente da parte interna do agregado (humus castanho, argila eluvial), mas essa diferenciação de cor não se verifica sempre, e a superfície do agregado poderá ter a mesma coloração que o seu interior.

TIPOS DE ESTRUTURAS

O tipo de estrutura refere-se à forma e ao arranjo dos agregados ou das partículas elementares quando não se formam os agregados.

1. Estruturas particulares

O horizonte aqui é formado por elementos de pequena dimensão sem coesão entre eles; muitas vezes se trata de grãos de quartzo, mas pode-se também ter por (elementos de diâmetro inferior a 2 micra).

- Estrutura pulverulenta (poudreuse): é comum nos solos salinos; na realidade trata-se de micro-agregados de argila.

- Estrutura como cinza (cendreuse): é característica do horizonte A₂ dos podzolos; tem o aspecto de cinza (resíduo de combustão), mas é um agregado

xante ou entrelaçamento (enchevêtrement) de cristais de quartzo muito finos.

- Estrutura farinhosa (farineuse) ("fluffy structure"): tem o aspecto de farinha (de trigo); aparece nos solos podsolícos ocres e nos horizontes de acumulação de calcário e gesso (zonas secas).
- Estrutura orgânica, fibrosa ou folhada, conforme o caso: fibrosa se há entrelaçamento das raízes; folhada (feuilletée) se há orientação dos leitões ou mechas das raízes.
- Estrutura particular propriamente dita ("particular or sandy structure") é a mais importante por ser a mais comum. É geralmente produzida por grãos de areia (calcário ou quartzo) sem qualquer ligação entre eles. São encontrados em zonas intertropicais (solos de aluvião, solos ferralíticos muito arenosos).

2. Estruturas de agregados ou fragmentares: essas são as estruturas mais frequentes em todo o mundo. Costumam ser classificadas de acordo com sua forma e, em seguida, de acordo com a orientação.

- Formas angulosas: nestas estruturas são encontradas faces mais ou menos planas e ângulos bastante vivos; os agregados formam poliedros que se engrenam uns nos outros

Estrutura cúbica (bastante rara): nenhuma orientação preferencial.

Estrutura prismática: orientação vertical no sentido do comprimento.

Estrutura em placa ou lamelas: ("sheet structure"): de espessura delgada.

Estrutura escamosa: o bordo da lamela na recurva para cima.

Estrutura em colunetas ou colunar: ("columnar structure") é uma estrutura prismática terminada em formas hemisféricas.

Estrutura poliédrica: ("angular structure") é constituída por poliedros sem apresentar forma bem definida mas com ângulos vivos; é uma estrutura muito frequente.

- Formas arredondadas:

Trata-se de formas vizinhas da esfera ou do clipeoide.

Estrutura granular (grenue): constituído por pequenos agregados arredondados, quase esféricos, em geral fechados e pouco porosos. É frequente nos solos ricos em cálcio.

Estruturas grumosas (grumuleuses) ("crumbly structure"): em conjunto de formas arredondadas.

Estrutura poliédrica arredondada ("sub angular structure") ou estrutura nuciforme apresenta um conjunto de faces planas terminadas (reliées) por arredondamentos (poliedros de arestas arredondadas). Muito frequentes.

3. Estruturas maciças ou contínuas: O horizonte forma um bloco único onde é impossível separar os elementos estruturais; nota-se logo pelo modo dos blocos se quebrarem sob a picareta e pelo som das batidas.

Estrutura fundida: que aparece quando não se distingue à vista desarmada qualquer elemento diferenciado e o solo se apresenta sob a forma de uma pasta. Às vezes, se confunde a estrutura fundida muito friável com a estrutura particular: aliás, se os elementos se esboroam facilmente entre os dedos, a estrutura será classificada como particular; e se ela tiver tendência mais a se romper do que esboroar, a estrutura será fundida.

Estrutura arenosa: (gréseuse) os elementos são do tipo arenoso e são ligados por um cimento.

Estrutura "poudinguiforme" ou conglomerática: os elementos com as dimensões dos seixos estão mergulhados num cimento.

N.B. O termo cimento aqui significa toda matéria fina que não se distingue a olho nú e cuja quantidade é tal que impede o solo de se comportar como se fosse uma areia. Esse cimento em nada se compara com o que se utiliza nas construções.

GRÁU DE DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA

O grau de desenvolvimento da estrutura exprime a diferença entre a coesão no interior dos agregados e a adesão dos agregados entre si.

No campo, parte-se suavemente uma amostra entre os dedos para separar os agregados uns dos outros: uma parte da amostra forma pequenos poliedros característicos da estrutura, e outra parte forma poeiras. Estima-se a olho as proporções relativas dessas duas frações.

GRÁU DE DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA

O grau de desenvolvimento da estrutura exprime a diferença entre a coesão no interior do agregado e a adesão dos agregados entre si.

No campo, esmaga-se suavemente uma amostra de solo entre os dedos, para separar os agregados: nessa operação, uma parte da amostra forma pequenos poliedros característicos da estrutura e outra parte se desfaz como poeira. Estimam-se a olho as proporções relativas dessas duas frações

Na verdade, a eficiência deste teste varia com a unidade do solo, sendo mais preciso com os solos secos ou pouco úmidos, pois nestes a estrutura está melhor formada. De qualquer modo, é preciso indicar a unidade do solo, pelo menos de modo aproximado (seco, pouco úmido e úmido).

Quatro graus de desenvolvimento da estrutura podem ser distinguidos

1º - Nenhuma estrutura visível (ou estrutura indiferenciada)

Nenhuma agregação: a estrutura é maciça se existir alguma coesão, partícula se o horizonte não se "sustenta" no estado seco.

2º - Fracamente estruturado ou fracamente desenvolvido:

a amostra se divide em muitos materiais móveis (meubles) e um pequeno número de agregados inteiros. No perfil não se distinguem os agregados

3º - Medianamente estruturado ou medianamente desenvolvido: sobre o perfil distinguem-se mal os agregados, mas eles são vistos com facilidade numa amostra segurada na mão. A amostra quebrada entre os dedos produz muitos agregados com pouca terra fina.

4º - Fortemente estruturada ou bem desenvolvida: os agregados são bem percebidos no perfil onde eles estão mais ou menos ligados entre si. Esmagada entre os dedos, a amostra produz agregados e praticamente nenhuma terra fina.

A POROSIDADE

No terreno, a fonte se limita a apreciar o número de cavidades presentes no solo, com o auxílio de uma lupa.

1º) Às vezes, quando é necessário distingue-se:

a macroporosidade que corresponde, em particular, às fendas de retração e que tem uma importância considerável.

a porosidade entre os agregados que corresponde à circulação da água nas zonas menos compactas que são as superfícies inter-agregadas.

a porosidade no interior dos agregados: é preciso uma lupa para enxergar os poros.

o horizonte é móvel (friável) ou pouco coerente se o todo se transforma em poeira sem qualquer pressão.

o horizonte é pouco coerente se uma leve pressão dos dedos é suficiente para transformar em poeira alguns grãos e agregados.

o horizonte é coerente ou mediamente coerente se a amostra não se esmigalha senão após forte pressão entre o polegar e o indicador.

o horizonte é duro se a amostra resiste ao esmigalhamento entre o polegar e o indicador (mas pode-se quebrar a amostra comprimento-se-a entre as mãos).

- Solo úmido pF entre 4,2 e 2,7 (2,0 para os solos arenosos) (pF entre o ponto de esboroamento (flétrissement) e a capacidade no campo).

A resistência é mais fraca que nos solos secos. Por esse motivo se introduziu uma categoria suplementar.

o horizonte é muito friável se a amostra se quebra sem resistência entre os dois dedos (pode tornar-se coerente se se o petrifica).

o horizonte é friável se a amostra se quebra entre os dedos sob uma fraca pressão.

o horizonte é firme se a amostra só se quebra entre os dedos após forte pressão.

o horizonte é muito firme se a amostra se quebra somente entre as duas mãos

o horizonte é extremamente firme se resiste a toda pressão da mão.

- Estado encharcado (trempé) pF < 2,7 ou pF < 2,0 (areias)

O solo neste caso está extremamente úmido e sua consistência geral é fraca. Também se procura definir dois estados conforme o caso: a adesividade e a plasticidade.

a) Adesividade: toma-se uma amostra entre o polegar e o indicador, exerce-se uma pressão e tenta-se suavemente separar em dois suavemente com os dedos: desse modo se definem as três categorias seguintes:

não grudento (non-collant): a amostra não adere a qualquer dos dedos (não aderente)

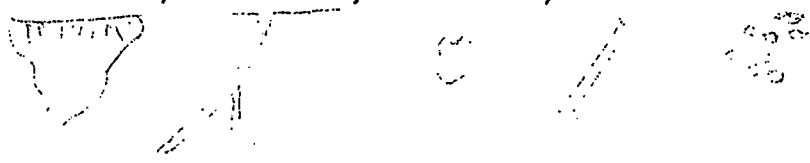
pouco grudento: a amostra adere a apenas um dos dedos sem se esticar muito.

grudento: a amostra tem tendência a aderir aos dois dedos e tem tendência a se partir depois que é um pouco esticado.

muito grudento: (très collant): a amostra adere fortemente aos dois dedos e muito fortemente à pá e à picareta (muito aderente ou muito adesivo).

Registra-se a forma e a dimensão das cavidades, as mais das vezes, empregando os termos: cavernas, fissuras, alvéolos, tubos vesículas.

Todavia, é importante considerar se a água pode circular de uma a outra cavidade, pois



alguns solos que parecem porosos têm vesículas que não se intercomunicam; elas são, portanto, dificilmente permeáveis.

2º) Na realidade a gente pode se contentar em observar o aspecto do solo ao nível de cada horizonte:

o solo é poroso quando se notam claramente os poros do solo, se as raízes se instalam facilmente com seus numerosos pelos (horizontes próximos da superfície), se o pé das pessoas se afundam na superfície ou se o dedo deixa uma marca profunda após uma pressão no solo seco.

o solo é meio poroso se os solos são pouco visíveis; as raízes se instalam bem, mas possuem poucos pelos; o pé ou o dedo se afundam mal.

o solo é pouco poroso ou compacto : não são distinguidos poros entre as partículas; as raízes não penetram ou penetram muito mal; o pé ou o dedo não se afundam no solo.

É interessante avaliar a porosidade, pois ela condiciona a permeabilidade do solo. Com efeito, a permeabilidade total do solo depende da permeabilidade do horizonte mais impermeável.

A CONSISTÊNCIA

Define-se a consistência como sendo o comportamento mecânico dos materiais do solo tal como são encontrados (no solo). Sua determinação se faz pelo método de Atterberg.

Entretanto, é importante apreciar a consistência no campo pelo menos grosseiramente, para cada um dos horizontes de um perfil: infelizmente a consistência varia de tal maneira em função da umidade do solo que se é obrigado a empregar termos diferentes conforme o solo esteja seco, úmido ou enxarcado (trepé).

- Solo seco, $pF \leq 4,2$ sendo o ponto de esboroamento (flétrissement). Esmaga-se entre os dedos uma certa quantidade de solo (o que se faz ao mesmo tempo que o desenvolvimento da estrutura é testado).

b) Plasticidade: com frequência se faz um teste de plasticidade no campo rolando um pouco a terra entre as duas mãos de modo a produzir um bastão cilíndrico. Definem-se os três estados seguintes:

não plástico: não forma qualquer solo que se sustente.

pouco plástico: o solo se forma muito bem, porém quebra-se com facilidade ao ser curvado.

muito plástico: o solo se forma facilmente e não se quebra mesmo depois de dobrado em ângulo reto.

10 - OUTRAS OBSERVAÇÕES A FAZER EM UM PERFIL

as raízes: o grau de desenvolvimento das raízes, sua forma, tamanho, posicionamento (emplacement) são excelentes indicações do estado do solo. Onde quer que existam raízes é importante observar:

A natureza das raízes: raízes gordas lenhificadas (lignifiées), raízes das gravíneas, pêlos das raízes absorventes.

As espécies vegetais às quais pertencem as raízes.

A dimensão: grossas - diâmetro superior a 10 mm

médias - diâmetro entre 2 e 10 mm

finas - diâmetro inferior a 2 mm

A repartição ou distribuição dessas raízes nos diversos horizontes do solo.

A direção de penetração das raízes: se é vertical, sub-horizantal e sobretudo quando as raízes tocam com um horizonte compacto e se estendem horizontalmente sobre ele. Enfim se os pêlos absorventes penetram no interior dos agregados (caso frequente nas estruturas granulares e grumosas).

O estado sanitário das raízes: se há apodrecimentos ou feridas (estas são frequentemente devidas às arestas cortantes do quartzo).

Além disso, as raízes podem estar acompanhadas de alinhamentos de gley (trainnées de gley), de acumulação ferruginosa, etc.

O endurecimento - alguns horizontes do solo podem ser muito mais duros que os outros e apresentar uma forte cimentação dos agregados / por óxidos de ferro, de argila, de calcário, de gesso e não se quebram a ser com um golpe de algum instrumento. Assim distinguem-se:

A carapaça (solos ferralíticos) ou encrostamento (encroutement) (solos / calcários). "Frangipan": o horizonte é duro quando está seco, mas bastante friável quando úmido (A..., carapaças, ferralíticas, encrostamento).

A couraça (cuirasse) solos ferralíticos, ou crosta (croute) (solo calcário - Duripan: Mesmo quando está úmido, a massa não pode ser quebrada a não ser com um golpe de martelo que ricocheteia (rebondit)

ou retorna praticamente após cada golpe sem produzir qualquer fragmentação .

Os revestimentos argilosos ("coatings") são pequenas películas de / argila depositadas na superfície dos agregados e possuem uma cor diferente do agregado. Com frequência são brilhantes, mas nem sempre mostram brilho.

Anotam-se : o modo como ocorrem (enplacemnt), espessura e cor
As faces de escorregamento (" slickensides") são muito frequentes em certos solos como os vertisolos. Trata-se de faces polidas e estriadas que se vêem em certos agregados e que são devidas ao deslizamento de duas massas de solo uma contra a outra.

Os tubos ferruginosos que se encontram no lugar das raízes antigas

Os pedaços de madeira carbonizada

As defecções de vermes da terra, as galerias de insetos ou outros animais (ratos)

As eflorescência salinas (solos halomorfos).

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO 01

II - P A R T E

PROPRIEDADES GERAIS DOS SOLOS E OS ELEMENTOS QUE CONDICIONAM
SUA FERTILIDADE

POR

JEAN BOYER

DIRETOR DE PESQUISAS DA O R S T O M

II P A R T E

Os coloides caracteristicos do solo

A - PROPRIEDADE GERAIS

Os coloides do solo pertencem a três grandes grupos :

1) Definição dos coloides do solo

a) Os óxidos e hidróxidos metálicos

Goethite	FeO OH
Lepidocrita	FeO OH
Díásporo	AlO OH
Boehnita	AlO OH

São os óxidos cujas propriedades coloidais são as mais marcadas. Esses hidróxidos funcionam como bases fracas e são capazes de fixar anions (OH^- , PO_4^{3-} , etc.) Com bastante frequência, quando os solos são submetidos à dissecação prolongadas, esses hidróxidos se transformam em óxidos cujas propriedades coloidais são nulas ou muito fracas.

Fe_2O_3 (cúbico) maghemita

$\text{FeO} \cdot \text{OH}$

Fe_2O_3 (romboédrico) hematita

dos quais, apenas a maghemita, conserva ainda a propriedade de fixar ions

b) Argilas ou coloides hidrófobos

Essa denominação é devida ao envólucro de uma delgada película de água em torno dos grãos.

Podem ser eletro-negativos, e assim vão agir como ácidos fracos ficando os cations K, Na, NH_4 , Ca, Ba, Mg, Cu, Mn, etc.

c) Coloides únicos ou "suspensóides", pois esses coloides se apresentam como se estivessem "suspensos" no meio de uma espessa massa d'água. Os coloides únicos são ainda mal conhecidos. São em geral eletronegativos nas condições normais do solo, isto é, elas podem fixar certos anions como o PO_4^{3-} : isto é provável que essa última propriedade provem igualmente da formação de um corpo complexo (humo-fosfato) cuja dissociação seria fácil (posto à disposição das plantas o fósforo desses compostos).

N.B. Muitos desses coloides são anfóteros, isto é, eles mudam de sinal com o pH da solução. Assim, a caulinita, em pH inferior a 4, torna-se eletro-positiva. O pH para o qual os coloides mudam de sinal chama-se de ponto-isoelétrico.

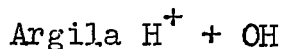
Nos solos, pelo menos na presença de humus, essas considerações deduzidas de experiências de laboratório parecem intervir pouco, pois o complexo argilo-único, aliás muito mal conhecido, parece ser sempre eletronegativo nas condições normais do solo.

2º) - DISPERSÃO E FLOCULAÇÃO DOS COLOIDES ELETRONEGATIVOS

Ainda que os coloides húmicos tenham igualmente a propriedade de se dispersar e se flocular, tudo o que se segue é sobretudo válido para as argilas.

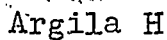
Dispersão e floculação pelos ions OH e H

Em meio alcalino, pH 7, onde os ions OH^- predominam, as argilas têm tendência de se dispersar, isto é, de formar uma suspensão estável de elementos de diâmetros inferiores ou iguais a 2 micra; essas partículas levam um tempo considerável para sedimentar no fundo de uma proveta (Leib de Stoe): 6 a 10 horas para 10cm de queda.



Os elementos argilosos, todos carregados negativamente, se repelem.

Em um meio ácido rico em ions H^+ (pH inferior a 7 porém superior ao ponto isoelétrico) haverá floculação.



com as cargas negativas (-) são anuladas pelos ions H^+ as partículas finas se aglomeram em grumos muito mais volumosos que caem rapidamente, em alguns minutos, no fundo da proveta; a aglomeração é devida às forças de Van der Waals após a anulação das cargas.

Ação floculante dos cations:

Todos os cations (inclusive o H^+), por possuírem carga positiva, têm a propriedade de anular as cargas negativas da argila. Na verdade, os cations bi-valentes têm uma ação floculante muito mais enérgica que os cations monovalentes.

As argilas cálcicas de ions bi-valentes (argila Ca, argila Mg, argila Ba) são floculadas muito mais violentamente que as argilas potássicas, sódicas ou amoniacais (Argila K, argila Na, Argila NH_4) e apresentam uma estrutura, em grumos, muito estável.

Na natureza, dois cations sobretudo participam do processo Ca e Na.

Em presença do calcário, CaCO_3 , o pH torna-se ligeiramente alcalino, deveria portanto haver uma tendência à dispersão. Porém, a ação floculante do ions cálcio é tal que os solos calcários possuem argilas sempre muito bem floculadas. Esses solos são bem estruturados. Isso se produz mesmo quando o solo não contém calcário, porém bastante rico em ions Ca para saturar as argilas na proporção de 40 a 90 por cento.

Em presença de sódio, se a quantidade de sódio for pequena, o pH será um pouco superior a 7 (entre 7 e 8), a ação floculante do Na é mais importante que a ação dispersante do ion OH^- (pH fracamente alcalino) e o solo será bem estruturado.

Se a quantidade de sódio aumenta, em presença de muita água, o pH se eleva bastante (até 9), a ação do pH predominará, resultando dispersão.

Se o solo secar, haverá forte concentração do sódio na solução do solo e da ação flocculante do sódio resultará (no solo): a argila será bem agregada, com frequência em forma de pequenos grumos, na superfície e o solo será bem estruturado; às vezes até tão duro como o cimento, em profundidade. Isso é o que se passa nos solos muito salinos, firmes e duros, se estiverem secos, e transformando-se em uma pasta deslisante como sabão (savonneuse) quando chove.

O sódio tem sempre uma ação dispersante sobre o humus, devido ao pH das soluções sódicas, qualquer que seja a concentração em Na.

N.B. : o ions H^+ tem igualmente uma ação flocculante, mas devida ao pH ácido.

3º) A CAPACIDADE DE TROCA:

A capacidade de troca é definida para o solo completo, peneirado em malha de 2mm portanto simultaneamente para a argila e para o humus se este existir.

A capacidade de troca é a propriedade do solo, e em particular dos coloides, de trocar cations de uma maneira reversível (existe uma certa capacidade de troca de anions mas ela é fraca e mal conhecida, e por isso não se falará sobre a troca de anions nessas exposições).

Capacidade de troca de cations ou de bases ("Base exchange capacity" ou B.E.C. - em francês: "capacité d'échanger de cations ou de bases", E.C. ou C.E.B.) é a soma dos cations que o solo é capaz de fixar. Internacionalmente designa-se por T e é expressa (essa capacidade de troca) em miliequivalentes por 100 g de terra fina (< 2mm).

A soma das bases trocáveis ou S é a soma dos cations (exceto H e Al) efetivamente fixadas ao solo num momento dado. Ela se exprime também em miliequivalentes por 100 g de terra fina.

O grau de saturação em bases, do solo, ou V é a relação

$$V = \frac{S}{T} \times 100$$

portanto, mede-se como porcentagem de S em relação a T.

A acidez de troca é o conteúdo em ions H^+ do solo, isto é,

$$\text{Acidez de Troca} = T - S$$

que exprime nas mesmas unidades T e S, isto é, em miliequivalentes por 100 de terra fina.

A relação abaixo mostra alguns valores de capacidade de troca de argilas:

Gaullinita	5 a 15 meq /100g
Illita	30 meq /100g
Montmorillonita	80- 130 meq /100g
Vermiculita	100- 150 meq /100g

A capacidade de troca deve-se aos seguintes fatores:

- às cargas eletronegativas das argilas
- aos grupamentos ácidos Co.OH dos quais dos humus sobretudo, que é mais importante em teores iguais que os das argilas.
- às superfícies provenientes da fratura (cassure) dos cristais que passam a possuir então cargas negativas livres.

Esse fator intervem nas argilas (as mais finas possuem mais forte capacidade de troca) mas também para os cristais de outros minerais, mesmo o quartzo.

Todavia, essa capacidade de troca só é apreciável para partículas ou elementos de diâmetro inferior a 20 micra, e depende sobretudo da superfície específica o que significa que sua importância se acentua sobremaneira quando os diâmetros (das partículas ou grãos) se tornam menores do que 2 micra.

A capacidade de troca varia com o pH.

Em pH inferior a 6,0 a capacidade de troca é geralmente fixa: trata-se de carga permanente. Quando o pH cresce, a capacidade de troca aumenta e a diferença representa a carga variável. Essa diferença é atribuída aos efeitos de superfície (bordure) e à dissociação dos hidróxidos do humus. A carga variável é devida em grande parte às matérias orgânicas (húnicas). Por esse motivo a medida da capacidade de troca têm um caráter arbitrário.

Por convenção deseja-se que a capacidade de troca seja medida sempre em pH = 7 e se esse não for o caso, o experimentador (ou investigador) deve indicar claramente o pH da medida.

A capacidade de troca varia com a natureza do cation.

Um cation monovalente neutraliza uma carga, mas a experiência tem mostrado que um cation divalente, como o cálcio, não neutraliza de modo nenhum duas cargas: por isso, a capacidade de troca medida com o cálcio será um pouco superior à capacidade de troca medida com o NH₄. A diferença é mensurável porém bastante fraca para ser abandonada na prática.

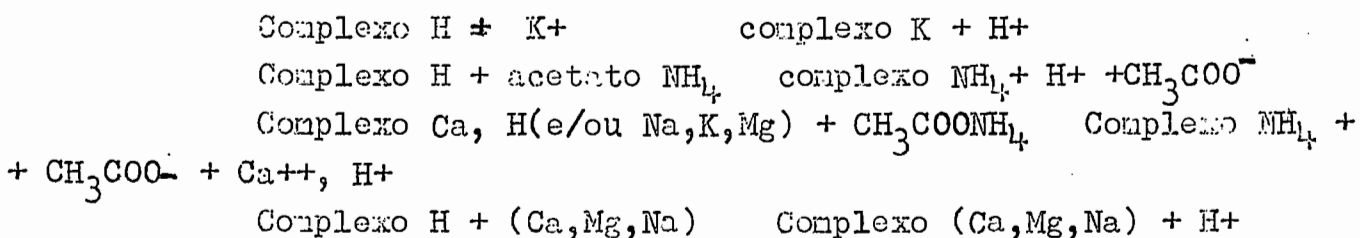
Quando existe illita e se usa potássio, o potássio provoca um fechamento das palhetas de illita e há um bloqueamento na capacidade de troca dessa argila.

capacidade de troca fi -
do
lil.

Nos solos tropicais, que são muito ricos em hidróxidos, e nos solos ricos em hidróxidos em geral, os hidratos de ferro e de alumínio podem também bloquear uma parte da capacidade de troca e contribuem para reduzi-la.

MECANISMO DA CAPACIDADE DE TROCA

A capacidade de troca obedece, em linhas gerais, à lei da ação das massas com os seguintes equilíbrios, segundo o caso:



Foram propostas numerosas fórmulas, tôdas empíricas - para exprimir numéricamente a capacidade de troca dos cations. A mais satisfatória parece ser a de FREUNDLICH.

$$y = kx^{1/p}$$

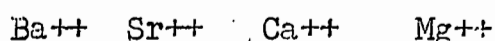
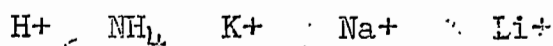
Y = concentração do cation em relação ao adsorvente

x = concentração do cation na solução

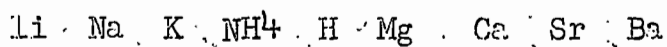
K = constante de equilibrio

p = constante

Praticamente verifica-se que os cations divalentes são mais eficazes que os monovalentes no deslocamento (ou substituição) dos ions. Essa eficácia varia com a natureza dos ions da seguinte maneira:



ou, ainda, a ordem de eficácia dos cations é a seguinte:



Aliás, a natureza da argila também influi

- a illita fixa de preferência o potássio

- a montmorillonita fixa de preferência o cálcio

A concentração da solução (de troca) influi também no mecanismo de troca.

Em soluções diluídas, o cálcio é o mais enérgicamente fixado quando houver mistura de ions. Em soluções concentradas, a preferência recai sobre o sódio.

Por essa razão, em laboratório só se utilizam soluções Normais, de concentração fixa, com uma molécula grama por litro: trata-se de uma convenção, porém é adotada por todos.

Na natureza, isso nos conduz a uma consequência importante nas regiões intertropicais.

Em zona equatorial onde chove muito, as soluções do solo são muito diluídas e o cálcio se fixará de preferência aos outros ions. Assim, a maioria dos cations fixados é representada pelo cálcio. Em zona tropical sôca, dá-se o contrário: é o sódio que tem tendência de se fixar (coluções de solo concentradas) donde a frequência maior de solos halomorfos.

4º) A CAPACIDADE DE TROCA E OS CATIONS TROCÁVEIS NOS SOLOS TROPICAIS E EQUATORIAIS.

Em zonas tropicais úmidas (precipitação anual acima da faixa 1.200 - 1.500 milímetros) as argilas são habitualmente caulinitas, donde resulta a capacidade de troca do solo fraca (2 meq/100g para um solo com 25-30 por cento de materiais argilosos - "argile granulométrique"). Felizmente, ou superfície, o humus contrabalança (relève) consideravelmente o T (capacid. de troca de bases), até 6 ou 7 às vêzes 12 ou 14, excepcionalmente mais.

Em zonas tropicais mais sôcas, a caulinita se mistura com frequência às verniculitas, illitas e às vêzes montmorillonita. A capacidade de troca cresce em função dessas trocas.

Quanto às bases trocáveis, quando chove muito a chuva tem tendência de carrear (enlever) as bases trocáveis do complexo absorvente (lixiviação das bases) e o valor de S (soma de bases trocáveis) será fraco (< 1 m.eq.) e o grau de saturação V será, com frequência, inferior a 10%.

Por outro lado, se as chuvas forem fracas, as bases serão dificilmente lavadas (évacuées) para fora do solo e terão tendência a se concentrar em situ: o grau de saturação de bases ultrapassará com frequência 70 por cento e tenderá para o máximo de 100 por cento sobretudo se a drenagem é ruim, com evaporação no local.

Na verdade, na maior parte dos solos tropicais e equatoriais o ion cálcio é o mais abundante, salvo para os solos halomorfos (ion Na).

(Nota da tradução: é mais abundante que os outros; nada tem a ver com a deficiência usual de cálcio - e de magnésio, na maior parte dos solos brasileiros, por exemplo).

A lixiviação das bases em clima equatorial é acompanhado evidentemente pela substituição dos cations pelos ions H^+ ; mas como a proporção dos ions H^+ é importante, os ions Al^{+++} se fixam igualmente nos colóides argilosos (Al^{+++} é proveniente da decomposição em relação do Mn^{+++} se as argilas por ação do intemperismo nos ambientes quentes e úmidos). O mesmo sucede em relação ao Mn^{++} se as argilas são ricas em mangunês. Em alguns casos, a medida global das bases trocáveis poderá então medir uma grande parte dos ions Al^{+++} (e às vêzes Mn^{++}) inúteis (prejudiciais, tóxicos) para as plantas.

Felizmente, a floresta que o mais das vêzes recobre essas regiões vai buscar, em profundidade, as bases captadas (entraínées) pela água de percolação, e as fôlhas que caem ao solo restituem essas bases. Por esse motivo, o horizonte A é muitas vezes o mais rico em bases e um equilíbrio termina por se instaurar entre a lixiviação e o que é trazido pelas raízes.

Se houver desmatamento (défrichement = tornar um terreno próprio à lavoura), plantações, depois a substituição pela savana, ocorrerá simultâneamente uma diminuição de matéria orgânica e das bases.

Sob as florestas, em zona muito úmida (2.000 a 4.000 mm de chuva por ano) onde os solos forem muito permeáveis (fácil percolação da água) e bastante profundos para que as raízes não cheguem mais no horizonte C, pode haver aí uma lixiviação das bases muito importante com pH na faixa 3 a 4 (sobretudo em solos arenosos) e taxas de saturação de bases definitivamente inferiores a 10 por cento. Nessas regiões, o equilíbrio é rompido em favor da lixiviação (Gabão, Amazônia, etc.)

TEORES EM BASES DO HORIZONTE B

para alguns solos africanos de acôr
do com B. Dabin

	Todos em miliequivalentes por 100g de terra fina (menor 2mm)				
	S	Ca	Mg	K	Na
SOLOS FERRALÍTICOS					
Fortemente dessaturados	0,44	0,20	0,09	0,04	-
Medianamente dessaturados	1,30	0,53	0,54	0,03	-
Fracamente dessaturados	2,55	1,31	0,83	0,05	-
SOLOS FERRUGINOSOS TROPICAIS					
Lixiviados	3,16	1,82	1,23	0,11	-
Pouco ou nada lixiviados	5,00	2,74	1,92	0,15	0,18
SOLOS TROPICAIS	16,70	13,60	7,00	0,07	0,05
SOLOS MEDITERRÂNEOS	29,50	22,0	3,13	0,38	0,63
VERTISSOLOS	21,70	15,09	4,78	0,37	1,44
SOLOS HALOMORFOS	13,30	3,19	4,31	0,21	5,55

5ª) A REACÇÃO DO SOLOpH do solo e acidez de troca

A reacção do solo tem conotações muito complexas, e abrange dois aspectos que será útil dissociar: distingue-se acidez livre ou actual (acidité actuelle) que é medida pelo pH; e a acidez de troca (acidité d'échange) que se pode medir por um número como o pH ou exprimir - em miliequivalente por 100g de terra fixa (2mm).

o pH do solo: por definição, o pH é o cologarítmo da concentração de ions H^+ presentes na solução (neste caso, a solução é solo 1; líquido - 2,5). Na realidade, alén dos ions Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ o solo possui - ions H^+ . Alguns desses ions H^+ estão livres e é possível medir sua con-
centração: é o pH, chamado "pH eau distillée" .

A faixa de variação do pH está situado entre 0 e 14, correspondendo a 7 à neutralidade. O número 7 foi escolhido por corresponder à taxa de dissociação da água quimicamente pura, isto é, $H^+ \times 10^{-7}$ e $OH^- \times 10^{-7}$.

No caso dos solos emprega-se as seguintes faixas de valores:

pH	3 a 5	- solo muito ácido (fortemente ácido)
	5 a 6	- solo ácido
	6 a 6,7	- solo fracamente ácido
	6,7 a 7,3	- solo neutro
	7,3 a 8,5	- solo básico ou alcalino
	superior a 8,5	- solo muito básico ou muito alcalino (fortemente)

Apresentamos a seguir alguns valores de pH de solos tropicais e mediterrâneos.

Solos	pH
ferralíticos	às vezes 3 - 4 a 6 em geral
ferruginosos tropicais	5,5 a 6,5
vermelhos tropicais	
vermelhos mediterrâneos	7,5 a 8,2
sub-ácidos	6,5 a 8
vertissolos	6,7 a 8,5
halomorfos salinos	7,0 a 7,5
halomorfos com álcalis	8,0 a 10,5

MEDIDA DE pH EM SOLOS:

Há duas maneiras usadas na medida de solos:

por colorimetria: prepara-se uma suspensão água-solo, adiciona-se um corante e compara-se a cor assim obtida com a dada por uma mistura tampão de pH conhecido sob a ação do mesmo corante.

Com frequência é necessário flocular a argila em suspensão com a GELOBARIINA para se ter um líquido límpido.

Os corantes mais usuais na medida de pH são:

Vermelho de metila	pH na faixa 5,0
Azul de bromotinol	7,0
Vermelho de cresol	8,0

por potencionetria: utiliza-se um pH neutro. Geralmente composto de dois eletrodos: um eletrodo de vidro e um eletrodo de calomelano.

As medidas são precisas, mas devem ser realizadas em laboratório devido à fragilidade do aparelho.

A medida de pH dá uma idéia bastante precisa da acidez livre, ou "atual", do solo.

ACIDEZ DE TROCA

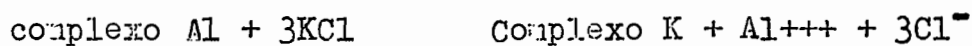
Além dos ions H⁺ livres, existem solos outros ions H⁺ os quais estão fixados no complexo absorvente (argila e humus).

A fim de medir esses ions H⁺ será preciso deslocá-los com um cátion, para o que habitualmente se usa o potássio.



A acidez assim posta em evidência denomina-se acidez de troca. Ela pode ser muito importante e, em certos solos (tropicais, em particular) a acidez de troca pode abaixar o pH de uma unidade em relação à medida feita em água pura.

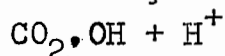
Essa acidez nem sempre é devida unicamente aos ions H⁺, mas também aos ions Al⁺⁺⁺ se eles estiverem presentes no solo, como é o caso de numerosos solos ferralíticos. As reações são as seguintes:



Consegue-se isolar a acidez de troca que proven dos ions H⁺ da que é devida aos ions Al⁺⁺⁺ fazendo-se uma segunda medida do pH sobre uma suspensão que se deixa ferver após adicionar uma pitada de fluorato de sódio. O NaF complexa o alumínio que passa a não mais participar da reação e a acidez medida é unicamente devida aos ions H⁺. A diferença entre as duas medidas indica a parte (do pH) provocada pelos ions H⁺.

No caso de solos muito ricos em ferro, onde o Fe⁺⁺⁺ ocupa a maior parte das posições de troca (nas posições usuais dos ions H⁺ e Al⁺⁺⁺), a acidez de troca é fraca, pois o Fe⁺⁺⁺ combina-se com dificuldade à água.

N.B. - Para as medidas de pH é necessário utilizar água destilada fervida durante um quarto de hora, a fim de eliminar por ebulição os ions que o CO₂ cria quando em solução na água:



RELACÃO ENTRE A ACIDEZ DO SOLO E A SATURAÇÃO DE BASES

Poder-se-ia pensar que existe uma relação precisa entre o pH (água destilada) e a saturação em bases do complexo absorvente V do solo. Na verdade, até hoje não foi possível estabelecer uma lei geral.

Apesar disso, damos adiante dois casos particulares onde foi possível estabelecer experimentalmente uma correspondência aproximada:

- Solos ferralíticos com argila caulinitica 1/1 (1:1)

pH	V
3,7 a 4,5	5 a 10%
4,5 a 5,5	10 a 30
5,5 a 6,5	30 a 50
7,0 a 8,0	60 a 80

- Vertissolos (vertisols) com argila montmorillonítica 2:1 ou (2/1)

pH	V
6,6	80%
7,0	85 a 90%

O pH e o grau de saturação V têm uma grande importância na classificação francesa dos solos ferralíticos pois esses dois fatores (pH e V) são utilizados na definição das sub-classes.

MINERALOGIA DAS ARGILAS

1 - DEFINIÇÃO

No sentido mais geral, as argilas são compostos minerais à base de SiO_2 e de Al_2O_3 ou MgO que se apresentam em estado natural sob a forma de um material móvel e extremamente fino.

As argilas são encaradas sob três pontos de vista, segundo as disciplinas científicas que as estudam:

Conceito tecnológico - geólogos e ceramistas.

Correspondem ao termo "argilas", todos os minerais que tem as seguintes propriedades:

- parte-se facilmente quando úmidas e, perdem água de constituição quando cozidas (le Chatelier, 1887) em consequência da combinação de ions OH entre si.



- plasticidade em geral (Atterberg, 1913): a plasticidade depende da fineza do material mas também do estado de folheação. Os feldspatos (ortose, albita, oligoclásio) mesmo muito finamente quebrados não são plásticos, porque sua estrutura interna não é folheada; o mesmo acontece com o gel de sílica ou os óxidos de ferro e de Mn cuja fineza é, no entanto, extrema.

Conceito físico-químico - agrônomos e físico-químicos. Dois fenômenos os interessam sobretudo:

- absorção por troca de ions

Esta propriedade era conhecida desde muito tempo para as terras de "foulon", argilas "smectiques" ou pedra de lavar, as terras descolorantes. Elas são utilizadas atualmente como "tira manchas" (gordura).

Isto foi explicado por Thomas Way, 1850 que constatou que a urina dos porcos que atravessava um solo saía pura, sem odor, tendo sido o almoníaco trocado no solo contra os cations, (Ca, K, Na, Ng) ou ions de H^+ .

- propriedades coloidais

dispersão e floculação das argilas (ou coloides argilosas) do solo em função do pH e dos cations presentes.

Conceito mineralógico: mineralogistas e físicos

Estuda-se a natureza dos minerais argilosos, isto é, de um grupo particular de silicatos que têm uma estrutura folheada bem característica e que se chama por esta razão, filossilicatos.

A mineralogia das argilas estuda a textura, em lâminas, desses minerais, da qual decorre a sua plasticidade. Ela estuda também as grandes aptidões às reações de superfície e de profundidade dos cristallitos; donde provém as trocas de bases e o comportamento coloidal.

Dimensões mais correntes entre as argilas do solo

	<u>Diâmetro</u>
Kaolinita	0,3 - 0,4 microns
Dicksita	3 micros
Halloisita	0,2 microns
Illita	0,1 a 0,3 microns
Montmorilonita	0,02 microns
Argilas fibrosas	4 a 5 microns

Correspondentes em A_0 , Cm, mm, microns

$$1\text{mm} = 10^{-1} \text{ cm}$$

$$1 \text{ microns} = 10^{-4} \text{ cm}$$

$$1 A_0 = 10^{-7} \text{ cm}$$

$$1 A_0 = 10^{-4} \text{ cm}$$

N.B. Nenhuma técnica permite separar de maneira absoluta as argilas a partir do solo; o melhor método é ainda a granulometria; o limite superior escolhido é arbitrário, 2 microns, conforme as normas de Atterberg (adotados internacionalmente); às vezes 5 microns, como limite superior nos solos.

2 - ARRANJO CRISTALOGRAFICO

a - Configuração eletrônica dos ions

Um átomo é formado de:

- prótons de massa 1, de carga +
- neutrons de massa 1, sem carga
- eletrons sem massa, de carga -

Os eletrons gravitam em tórno do núcleo central seguindo órbitas de formas bem definidas: s, p, d, f, f; e que se deslocam no espaço ao longo de certas zonas que se chamam camadas K, L, M.

O número de órbitas e de camadas cresce com o número atômico - de elementos, as órbitas se reagrupam em sub-camadas.

- camada K (n=1) 1 órbita s
- camada L (n=2) 1 órbita s, 3 órbitas p
- camada M (n=3) 1 órbita s, 3 órbitas p, 5 órbitas d.

Cada órbita contém no máximo 2 eletrons e cada sub-camada contém um número máximo bem definido deles.

A medida que o número atômico cresce, as camadas e as órbitas se enchem de eletrons.

- ions simples com camadas completas e com valência única, tipo gases raros:

tipo Hélio (2 eletrons sôbre Ks₂) L⁺, B²⁺, B³⁺ (C⁴⁺)
 tipo de 8 eletrons

2 s	6p.	Neonio	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	Si ⁺⁺⁺⁺
		Argônio	K ⁺	Ca ⁺⁺	Si ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺⁺
		Criptônio	Rb ⁺	Sr ⁺⁺	Y ⁺⁺⁺	Zr ⁺⁺⁺⁺
		Xenônio	Cs ⁺	Ba ⁺⁺	La ⁺⁺⁺	Ce ⁺⁺⁺⁺

- ions com camadas completas com 18 eletrons periféricos ns², np⁶, nd¹⁰ (n é variável segundo a camada)

Cu ⁺	Zn ⁺⁺	Ga ⁺⁺⁺		si	n = 3	3s ² , 3p ⁶ , 3d ¹⁰
Ag ⁺	Cd ⁺⁺	In ⁺⁺⁺	Sn ⁺⁺⁺⁺	si	n = 4	4s ² , 4p ⁶ , 4d ¹⁰
Au ⁺	Mg ⁺⁺	Tl ⁺⁺⁺	Pb ⁺⁺⁺⁺	si	n = 5	5s ² , 5p ⁶ , 5d ¹⁰

- ions de transição: existe uma sub-camada periférica incompleta

V ⁺⁺⁺	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu ⁺⁺
Nb	Mo					Ag ⁺⁺
	W					Hg ⁺⁺

b - Dimensões dos ions - raio iônico

Apesar da complexidade do esquema eletrônico admite-se numa primeira aproximação como W. Kossel que, os ions constituintes, dos cristais podem ser considerados como esferas rígidas e impenetráveis possuindo uma carga concentrada no centro da esfera.

Para um ion isolado esta concepção não tem nenhuma significação física; no entanto num cristal, os ions são ligados entre si e formam um edificio cristalino cujas dimensões são mesuráveis; neste caso somente a aproximação de W. Kossel é válida.

As medidas empíricas dos raios iônicos são devidos a Goldschmidt e Pauling. (1925).

1. - A dimensão dos ions cresce com o número atômico do elemento; para uma mesma coluna.

	<u>Raio iônico</u>	
Li ⁺	0,66	A ^o
Na ⁺	1,01	A ^o
K ⁺	1,42	A ^o
Rb ⁺	1,57	A ^o
Cs ⁺	1,87	A ^o

- 2 - Para uma mesma configuração eletrônica, o raio iônico diminui a medida que o número atômico cresce.

Nº atômico	Ion	Raio iônico
7	N ³⁻	1,71
8	O ²⁻	1,40
9	F ⁻	1,36
10	Neônico	1,01
11	Na ⁺	0,66
12	Mg ⁺⁺	0,55
13	Al ⁺⁺⁺	0,50
14	Si ⁺⁺⁺⁺	0,40

- 3 - Para um mesmo elemento, o raio do ion depende do estado de oxidação, portanto da valência de ion (no caso de valência variável).

Mn ²⁺	0,80	A ^o	
Mn ³⁺	0,66	A	
Mn ⁴⁺	0,60	A ^o	
Mn ⁷⁺	0,46	A ^o	(Mn, OH, K)

4 - O raio iônico depende do conjunto dos ions e em particular do número de átomos que os envolvem.

Al^{4+}	envolvido por 4 anions	raio 0,49 A°
Al^{6+}	envolvido por 6 anions	raio 0,51 A°

Os raios iônicos são dados pela relação 6

Para a relação 4, subtrai-se	0,03 A°
8, soma-se	0,04 A°
10, soma-se	0,09 A°
12, soma-se	0,13 A°

5 - Disposição dos ions nos cristais cristalinos

Regra de Goldschmidt:

Seja um cristal de fórmula M^+L^- (M= cation, L= anion).

Chama-se índice de coordenação (coordination ou coordination ou ligance - U.S.), o número e o tipo de arranjo espacial dos ions L os mais vizinhos de M, de maneira totalmente independente de sua electrovalência.

O arranjo dependerá da relação dos raios.

$$I = \frac{RM}{RL} \quad \begin{matrix} \text{(cation)} \\ \text{(anion)} \end{matrix}$$

Isto é válido em 3 condições:

- que os ions sejam esferas carregadas, rígidas, incompressíveis.
- que o arranjo seja estável portanto, que os ions estejam em contato.
- que a coordenação (coordinance) realizada seja a maior possível.

Dois exemplos vão fazer compreender as noções de coordenação ou correspondência do conjunto de ions no cristal.

Exemplo 1 - Cristal de Cloreto de Césio - CsCl

É um cubo

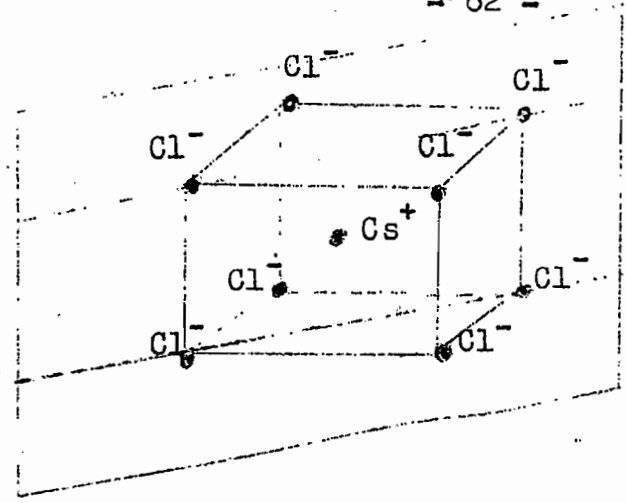
Cada átomo de Césio é envolvido por 8 ions de "cloro", portanto, a relação é 8.

Para que o conjunto seja o mais compacto possível é preciso que todos os ions de cloro se toquem e que o ion Cs situado no meio seja bastante pequeno para entrar no espaço livre e, bastante grande para não "trepidar" no interior.

A determinação da relação:

$$p = \frac{R \text{ cation}}{R \text{ anion}}$$

e um simples problema de geometria. Corta-se o cristal por um plano diagonal: os centros dos ions cloro - formam um retângulo, cujos lados tem as medidas a e $a\sqrt{2}$. A diagonal passando pelo centro de Cs vale $a\sqrt{3}$.



$$a = 2R_{Cl}$$

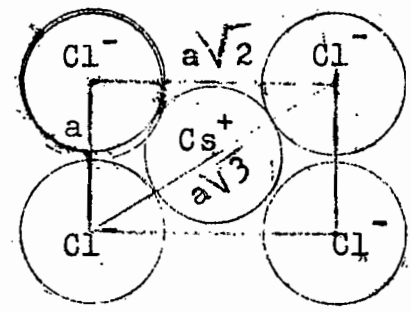
$$a\sqrt{3} = R_{Cl} + 2R_{Cs} = R_{Cl}$$

donde

$$2R_{Cs} = a\sqrt{3} - a = a(\sqrt{3}-1)$$

$$P = \frac{2R_{Cs}}{2R_{Cl}} = \frac{a(\sqrt{3}-1)}{a} = \sqrt{3} - 1$$

$$P = 0,733$$



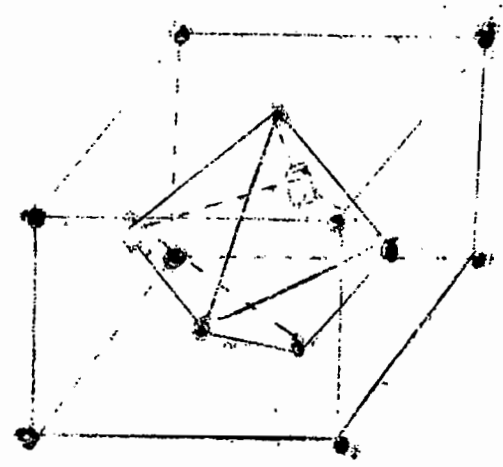
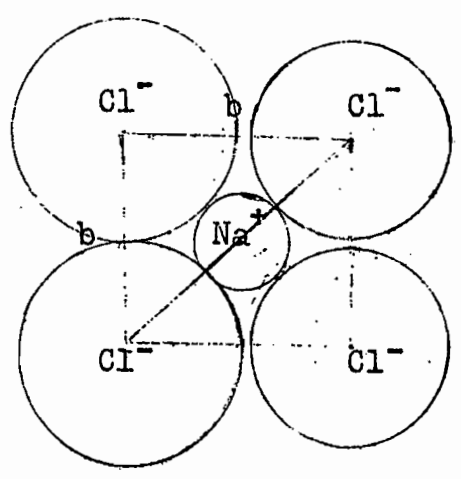
De fato as esferas são muito levemente compressíveis e para que o ion Cs não se movimente, será necessário que,

$$P = \frac{R \text{ cation}}{R \text{ anion}} = 0,733 \text{ em coordenação } 8 \text{ (coordinance)}$$

Exemplo 2 - Cristal de cloro e sódio - NaCl

A rede é cúbica com faces centralizadas onde, Na é envolvido por 6 cloros, relação 6. A figura é um octaedro, portanto com 8 faces, que são triângulos equiláteros.

Corta-se por um plano que passa pela base do octaedro.



Os centros dos ions cloro formam um quadro de lado $b = 2R_{Cl}$
 A diagonal tem por valor $b\sqrt{2}$.

$$2R_{Cl} = b$$

$$2R_{Cl} + 2R_{Na} = b\sqrt{2}$$

$$2R_{Na} = b\sqrt{2} - b = b(\sqrt{2} - 1)$$

A relação:

$$P = \frac{R_{Na}}{R_{Cl}} = \frac{b\sqrt{2} - b}{b}$$

$$P = 0,414$$

Para que o ion Na não se movimente na cavidade é preciso que

$$P \geq 0,414$$

O limite superior será a relação de ordem 8 c.a.d. 0,733

Donde o quadro de Goldschmidt:

	Coordenação		$\frac{R_{cation}}{R_{anion}} > 1$
Cubo octaédrico	12		
Cubo		$0,733 <$	$\frac{R_{cation}}{R_{anion}} < 1$
Octaedro	6	$0,414 <$	" $< 0,733$
Tetraedro	4	$0,224 <$	" $< 0,414$
Triângulo equilátero	3	$0,155 <$	" $< 0,224$

O octaédro e o tetraédro são figuras geométricas que se encontram nas argilas; conhecendo os raios iônicos, se pode calcular a coordenação portanto, se pode deduzir a configuração geométrica do conjunto.

Há no entanto, certas exceção das quais a mais notável é o alumínio associado ao oxigênio.

$$\frac{R_{Al}}{R_{O}} = \frac{0,51}{1,40} = 0,36$$

De acordo com o quadro de Goldschmidt, a coordenação (coordina-
 ce) é de 4: é aquela que se encontra nos ácidos (tetraedros).

Mas, nas outras estruturas como os silicatos de alumínio encon-
 tra-se a coordenação (coor dinance) de 6 (octaedros).

le constater, chaque cavité obtenue est limitée par six sphères et on pourrait y situer un hexagone; c'est pourquoi on appelle parfois cette couche la couche hexagonale.

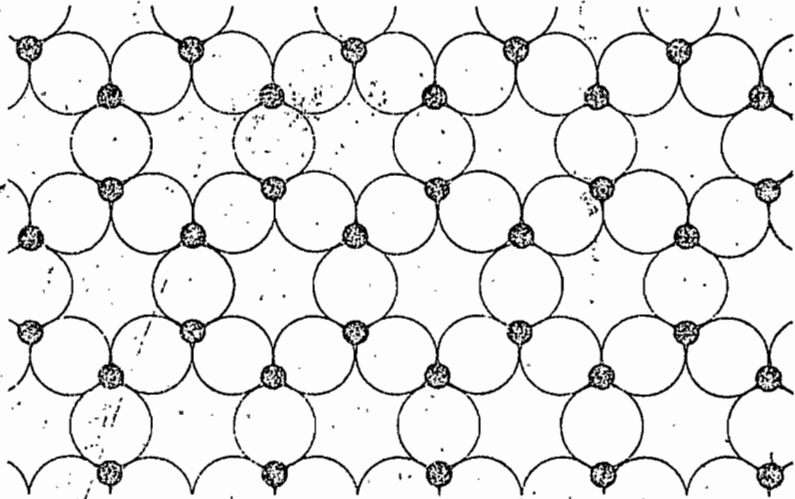
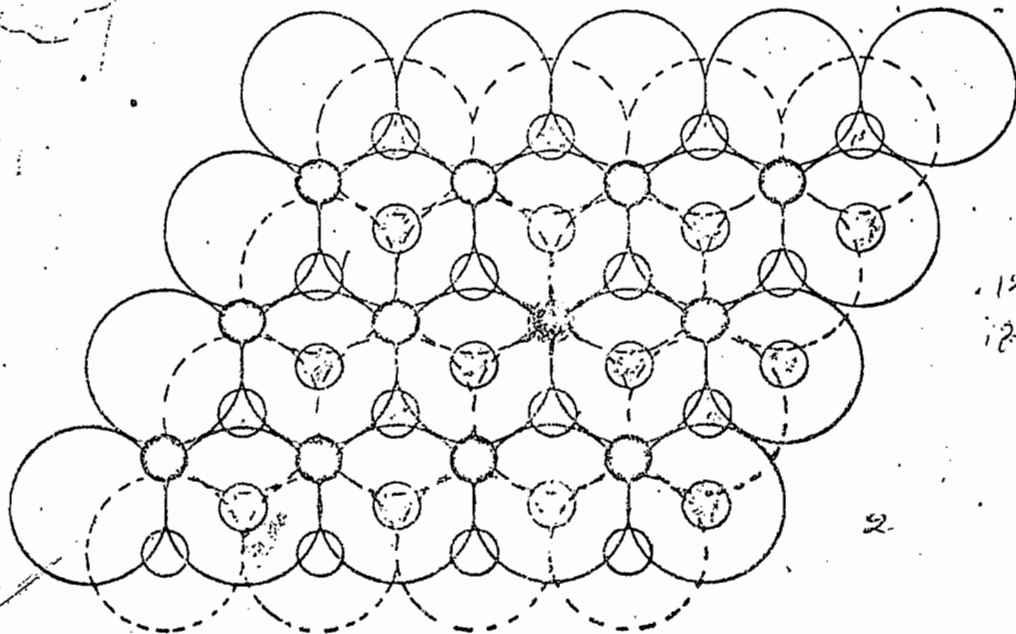


FIG. 2. — Aspect d'une série de sphères situées sur un des plans constitutifs d'un minéral phylliteux suivant un assemblage hexagonal.

L'empilement des couches est tel qu'entre les éléments de deux couches superposées on peut isoler des groupes de quatre et de six sphères empilées dont les

EMPILEMENT COMPACT (2 couches) d'oxygène



○ Emplacement des cavités tétraédriques

● Emplacement des cavités octaédriques

d - CONJUNTOS ANIÔNICOS DO OXIGÊNIO

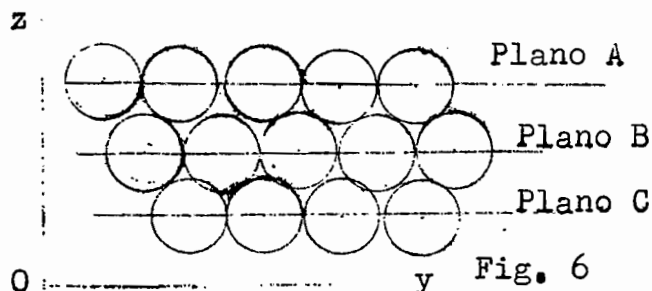
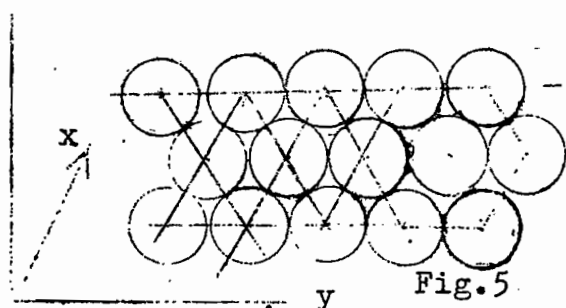
O^{--} Raio = 1,40 A°

Para que seja estável, o conjunto deve ser o mais compacto possível.

1 - Nun plano x.o.y há uma só maneira de arrumar as esferas da mesma dimensão, para que elas ocupem o menor lugar possível, que é a de - dispor estas esferas de maneira que três centros vizinhos formem sempre triângulos equiláteros; cada átomo de oxigênio é cercado de 6 outros átomos de oxigênio portanto, em plano, êles formam uma rede hexagonal. Fig. 5

2 - Em corte seguindo z.o.y

O conjunto deverá igualmente ser o mais compacto possível quando os diferentes planos - de oxigênio se empilham uns sôbre os outros. (Fig.6)



Para o plano B, uma só solução: as esferas de B devem se pôr nos intervalos das esferas A, por exemplo, em equilíbrio dos vazios b.

Para o plano C, existem duas possibilidades em relação a A e B:

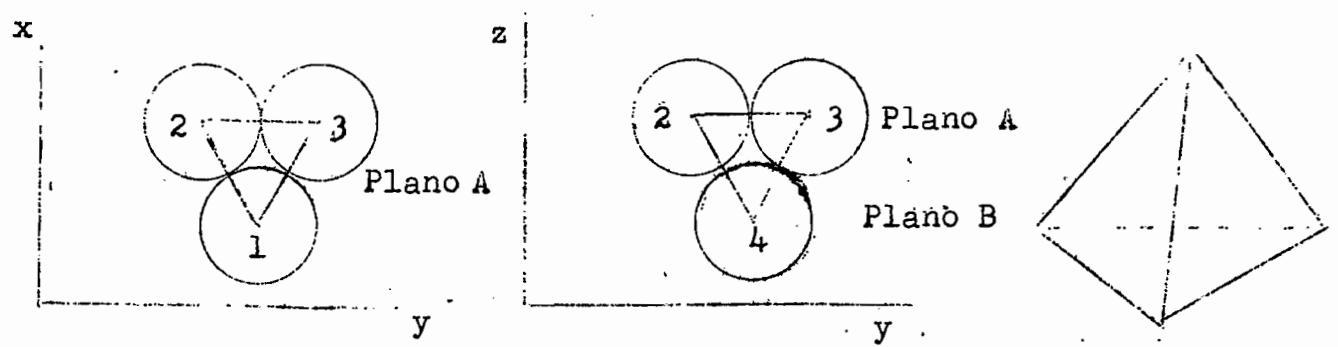
- ou as esferas são dispostas em equilíbrio das cavidades C e há a repetição cada 3 planos A B C, A,B,C (é o conjunto cúbico compacto).
- ou as esferas de C são dispostas exatamente sôbre as esferas A (mas nas cavidades entre as esferas de B) e há repetição de dois em dois planos AB, AB, AB é o conjunto hexagonal compacto (caso das argilas). A macividade (coesão= capacidade) é a mesma nos 2 casos.

As cavidades intersticiais entre dois planos de oxigênio

Existem duas espécies de cavidades.

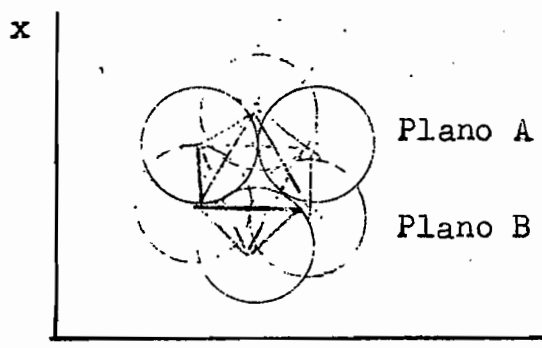
Cavidades tetraédricas (C)

Este gênero de cavidade é formado por 3 oxigênios do plano A e 1 oxigênio do plano B. A figura formada por estas 4 esferas é um tetraedro. A cavidade que se encontra no centro tem a mesma forma: é uma cavidade tetraédrica.



Cavidades octaédricas (C)

As cavidades C se prolongam do plano A até o plano B. Elas são pois limitadas por 6 esferas cujos centros desenham um octaedro. A cavidade que se encontra entre estas 6 esferas terá pois, a forma de um octaedro. É uma cavidade octaédrica.



Os cations (Si, Al, Mg para as argilas) vem se alojar nas cavidades.

O equilíbrio das cargas eletrostáticas se realiza seguindo a relação:

$$f \cdot v = \frac{Z \text{ (valência)}}{n \text{ (coordenação)}}$$

para Fe₂O Z = 3, n=6
 Z = 1, n=6

$$fv = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$fv = \frac{1}{3}$$

O equilíbrio é pois realizado por frações de valência. Como cada ion O limita ao mesmo tempo cavidades tetraédricas eletroestáticas 1 só gênero de cavidade é ocupado entre dois planos de oxigênio, seja as cavidades tetraédricas, seja as cavidades octaédricas; ainda as cavidades de um só gênero não são sempre tôdas ocupadas. O conjunto de 2 planos de oxigênio e cavidades entre os 2 planos é chamado camada nos silicatos argilosos.

Segundo o caso serão:

- camadas tetraédricas, se os tetraedros são ocupados
- camadas octaédricas, se os octaedros são ocupados.

Há duas vezes mais cavidades tetraédricas que cavidades octaédricas.

Portanto, 2 vezes mais cavidades tetraédricas que a -
nions O. Tantas cavidades octaédricas quanto de anions O.

GRÁU DE OCUPAÇÃO DAS CAVIDADES:

As considerações precedentes são válidas para todos os compostos a base de oxigênio e mesmo de outros anions.

Os exemplos serão tomados entre os óxidos de fórmula - mais simples do que as argilas, M sendo o cation L, o anion.

Cavidades Tetraédricas:

Tipo M_2L Ex : Li_2O

Duas vezes mais cations do que anions, tôdas as cavidades te são ocupadas.

Tipo ML Ex : ZnO

Tantos anions quantos cations, uma cavidade sôbre duas é ocupa-
da.

Tipo ML_2 Ex : SnI_2

Duas vezes menos anions do que cations, e cavidade sôbre 4 é ocu-
pada.

Cavidades octaédricas:

Tipo ML Ex : MgO

Mesma quantidade de anions e de cations, tôdas as cavidades octa-
édricas são ocupadas.

Tipo M_2L Ex: Al_2O_3

2 cations e 3 anions, 2 cavidades em 3 são ocupadas.

Tipo ML_2 Ex : TiO_2

1 cation e 2 anions, 1 cavidade em 2 são ocupadas.

A ESTRUTURA DOS PRINCIPAIS TIPOS DE FOLHAS (extratos) nos filossilicatos (micas e argilas)

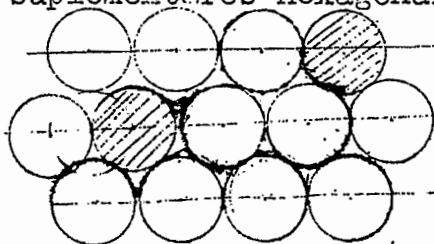
Os filossilicatos formam um grupo muito homogêneo que engloba as micas e as argilas e que é caracterizado pela superposição de um grande número de placas ou folhas elementares semelhantes de espessura bem determinada.

a) os 3 tipos de camadas (ou planos) aniônicos dos silicatos.

São do modelo X ou Y ou Z

- o modelo X - é composto unicamente de ions de oxigênio.

É um plano de ions O composto, mas no qual falta um ion O sobre 4. Daí provém as cavidades suplementares hexagonais limitadas por tetraedros (Fig.)



- o modelo Y é formado de ions O e OH sob a forma de um plano de ions compactos no qual 1 OH é substituído por 1 O em cada 3 O (duas vezes mais de O do que de OH)

- o modelo Z é formado unicamente de ions de OH, em plano compacto nos filossilicatos o empilhamento dos planos dos 3 modelos daí 3 espessuras de plaquetas.

7 Å - 3 planos aniônicos (O e OH) tipo caolinita

10 Å - 4 planos aniônicos (O e OH) tipo mica

14 Å - 6 planos aniônicos (O e OH) tipo chlorita

b) empilhamento do tipo Mica com 4 planos - 10 Å

1º plano - modelo X

2º plano - modelo Y (de tal maneira que cada O esteja sobre a base dos O do plano X e que os OH se encontrem nos vazios das camadas X. Apenas os tetraedros são ocupados por cations entre X e Y.

3º plano - modelo Y (Y_2) em conjunto compacto O-OH .
Entre Y_1 e Y_2 , apenas as cavidades octaédricas são ocupadas.

4º plano - modelo X (X_2)
O plano dos O é de tal forma que as cavidades hexagonais de X_2 sejam em equilíbrio com os ions OH de Y_2 . Apenas as cavidades tetraédricas são ocupadas entre X_2 e Y_2 .

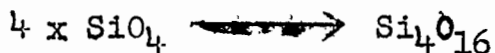
De fato tudo se passa, do ponto de vista geométrico como se os planos compactos de O fossem tais como foram vistos no início.

O balanço cristalocímico se deduz do esquema seguinte:

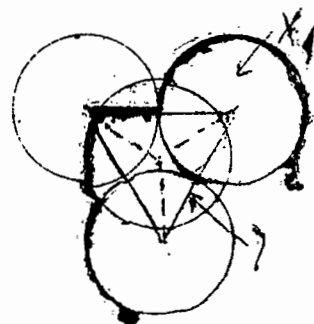
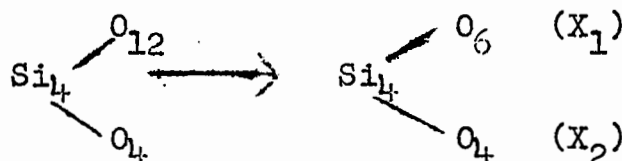
X_1	camada tetraédrica	- 4 tetraedros	} formam a "macla" elementar
Y_1	camada octaédrica	- 6 octaedros	
Y_2	camada tetraédrica	- 4 tetraédros	
X_2			

Camada tetraédrica - 4 tetraedros formam uma malha, fórmula

mula SiO_4



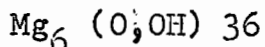
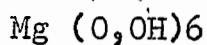
Mas 3 O em 4, pertencem a X



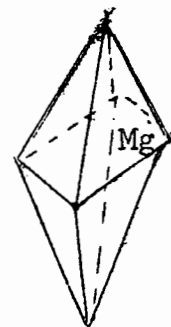
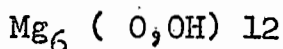
Como os O de X são comuns a 2 tetraedros cada um só conta a metade.

Camada octaédrica - 6 octaédros.

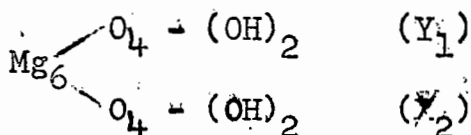
Cada Mg é ligado a 6 anions de O ou OH.



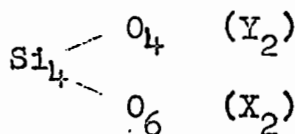
Como cada anion é comum ,3 octaedros, é preciso contá-los como 1/3 na fórmula.



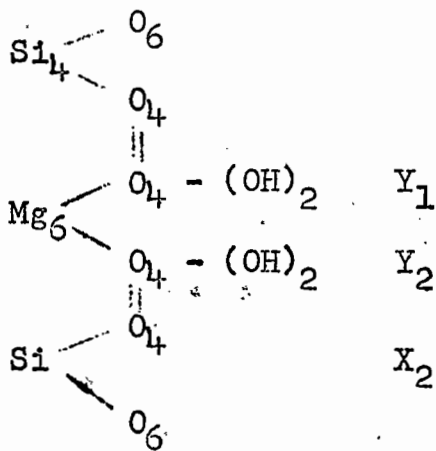
Como em cada plano Y_1 ou Y_2 há 2 vezes mais de ions O que de ions OH:



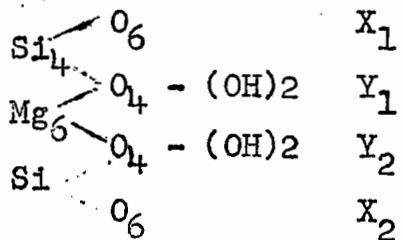
Camada tetraédrica (4 tetraedros entre Y_2 e X_2)



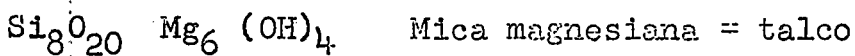
A fórmula geral será pois:



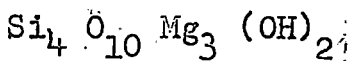
como em Y_1 e Y_2 , os O_4 são comuns aos tetraedros e aos octaedros.



Donde a fórmula geral:

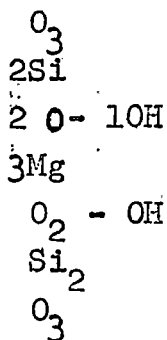
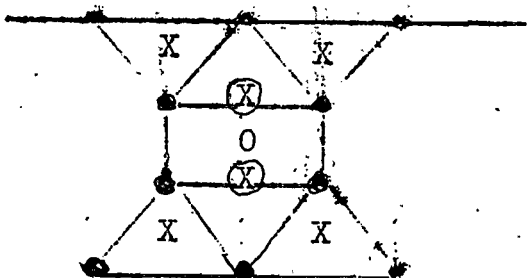


Dividindo-se por 2:



Esta falha (placa) é Te - Oct - Te ou seja 2/1

Recurso minemônico



nita.

c) Empilhamento com 3 planos de anions Z A - tipo caoli

1º plano - modelo X - com cavidades hexagonais

2º plano - modelo Y - os OH se colocam em equilíbrio nas cavidades hexagonais

3º plano - modelo Z - plano compacto de OH

A plaqueta compreende:

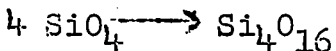
- uma camada entre X e Y (apenas as cavidades tetraédricas são ocupadas) camada tetraédrica.

- uma camada entre Y e Z onde apenas as cavidades octaédricas são ocupadas - Camada octaédrica.

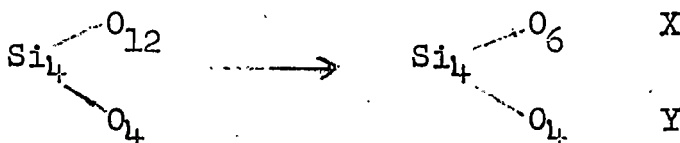
A folha é do tipo tetraedro-octaedro ou seja 1/1.

Balanco cristalográfico

- camada tetraédrica - 4 tetraédros

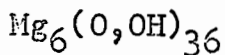


Como os O são distribuídos em 2 planos, escreve-se:

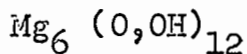


(os O de X são comuns a 2 tetraedros)

- camada octaédrica - 6 octaedros

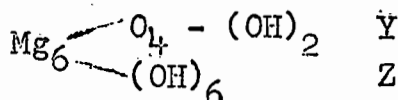


Como cada anion é comum a 3 octaedros êle conta apenas por 1/3.

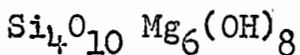
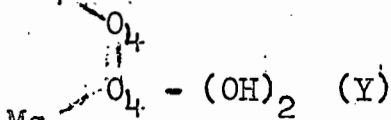
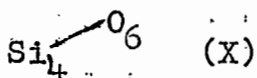


Os ions O sendo 2 vêzes mais numerosos em Y do que os

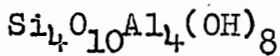
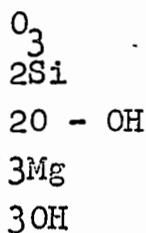
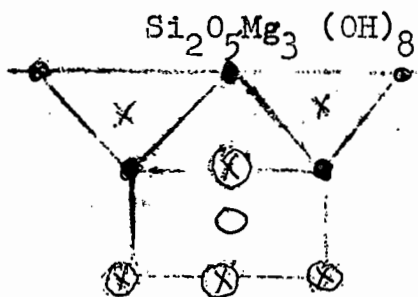
ions H.



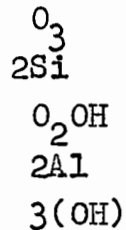
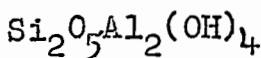
Donde a fórmula:



antigorita

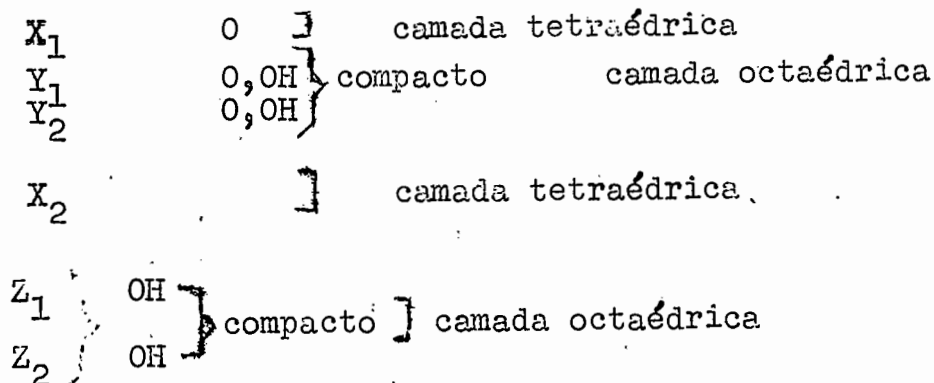


Kaolinita

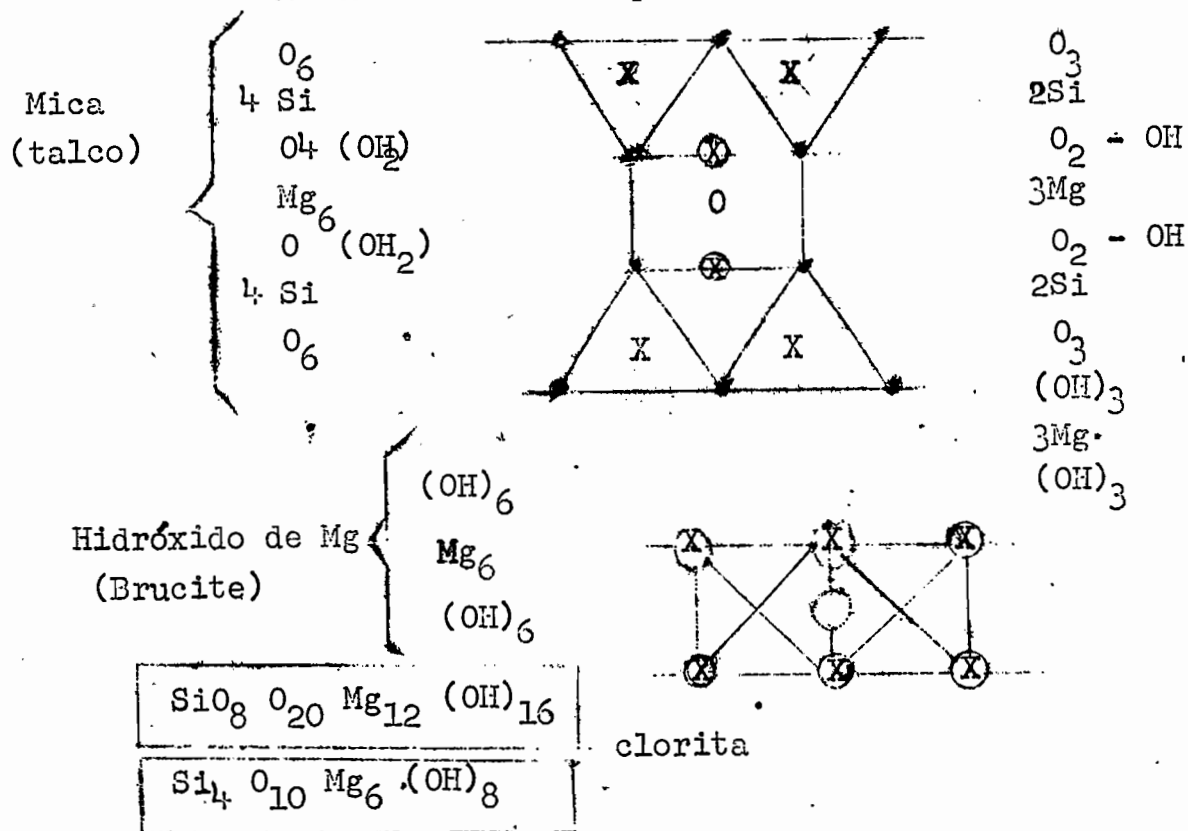


d) Empilhamento com 6 planos de anions 14 Å - tipo chlorita.

Cada falha é composta de um plaqueta do tipo mica e de dois planos de hidroxilas abaixo porém sem encrustamento ou encaixamento sob a falha de mica; há uma superposição simples.



Esta folha é do tipo Te - Oct - Te/Oct ou seja 2/1/1.
A fórmula cristaloquímica será:



N.B. - Chlorita Talco + Brucita
 $Si_4 O_{10} Mg_6 (OH)_8 \rightarrow Si_4 O_{10} Mg_3 (OH)_6 + Mg_3 (OH)_6$

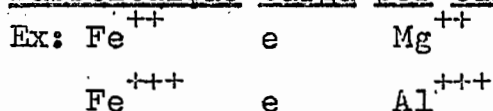
40 - Algumas propriedades das folhas dos minerais filiticos

a) Substituições

Dois cations ou dois anions de dimensões próximas podem se substituir no interior de camadas tetraédricas ou octaédricas, ou dos dois ao mesmo tempo (caso mais frequente).

As substituições entre cations são as mais interessantes, no caso das argilas.

- Substituição carga por carga.



As substituições podem se fazer progressivamente e serem completas.

$Si_4O_{10}Mg_3(OH)_2$	<u>Talco</u>
$Si_3Al - O_{10} - Mg(OH) 2K$	<u>Flogopita</u>
$Si_3A - O_{10} Mg_3-x-Fe^{++}x(OH)2K$	<u>Série de Biotita</u>
$Si_3Al - O_{10} - Fe_3^{++} - (OH) 2K$	<u>Mica Ferrífera</u>
	<u>Amita</u>

- Substituição volume por volume com volume diferente.

Na camada tetraédrica Al substitui Si, $Al^{+++} - Mg^{++}$, mas com o limite superior a metade de Si por Al, nunca mais é preciso que haja compensação das cargas por fixação de cations sobre a folha.

$Si_4O_{10}Al_2(OH)_2$	- Pirofilita
$(Si_3Al) O_{10} Al_2(OH)_2K$	- Muscovita
$(Si_2Al_2)O_{10} Al_2(OH) - Ca$	- Margarita

- Na camada octaédrica Al^{+++} substitui Mg^{++} , mas há uma carga demais; em geral ela é compensada por uma mudança Si/Al na camada tetraédrica que dá um deficit de carga, compensador.

$Si_2O_5Mg_3(OH)_4$	- Antigorita
$(SiAl)O_3 - (Mg_2Al)(OH)_4$	- Amesita

aqui a folha é neutra; ela não pode fixar 2 cations.

- Os cations compensadores K, Na, Ca não podem ser fixados que no caso de um deficit de carga da camada tetraédrica (quase nunca no caso de um deficit octaédrico).

Em geral eles são demasiados grandes para poder se insinuar no interior das folhas.

Também restam em superfície com as folhas e êles se colocam em equilíbrio nas cavidades hexagonais onde êles são solidamente fixados - em certos cations (o K^+ mais a illita por exemplo)

b) A capacidade de troca das folhas (plaquetas)

É devido a dois fenômenos: as cargas das plaquetas e as superfícies de rutura das placas.

- carga das folhas

Para as filossilicatos com folhas neutras não há nenhuma carga

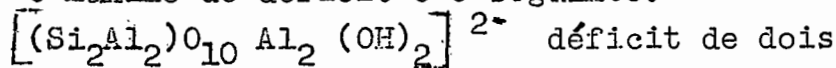
caso das argilas 1/1 - Kaolinita

caso das argilas 2/1/1 - Clorita

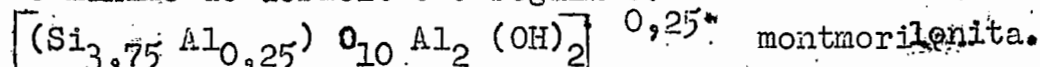
caso das argilas 2/1 - Talco

Para os filossilicatos (phyllites) com cargas nas folhas, quase todos os minerais 2/1. Os déficits unicamente octaédricos são raros (Al)

O máximo de déficit é o seguinte:



O mínimo de déficit é o seguinte:



Os cations fixados pelas cargas livres (deficit de carga) são trocáveis.

- Carga de rutura

Se as folhas dos minerais neutros 1/1. Kaolinita, clorita, se estendessem ao infinito, não haveria jamais carga livre, portanto, uma impossibilidade de fixar cations e de os trocar. Se se quebra uma folha mesmo que ela seja neutra, a experiência mostra que aparecem cargas sobre as quebraduras.

- Na camada tetraédrica

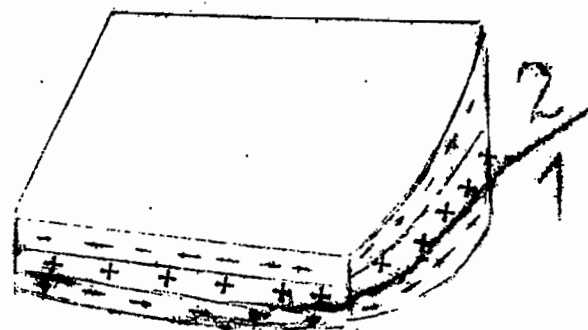
Os tetraedros são quebrados como

se segue:

Si O -// - Si

Si O -: há um aparecimento de uma carga que fixa H^+ ao cations. O Si isola-forma com OH, um ácido fraco (silanal) que se dissocia facilmente.

Si - O - H^+ H^+ é trocável. O H^+ é trocável com os cations. Portanto, no total 2 cargas de trocas aparecem por cada tetraedro quebrado.



- Na camada octaédrica, os octaedros são quebrados, Mg⁺ se tem uma relação livre, fixa imediatamente OH .

Se Mg estivesse só Mg^{OH}, mas como êle está ligado a outros anions no interior do cristalito, tem-se somente agrupamentos Mg-OH, tem carater de base forte (OH) não é pois dissociável) há pois a possibilidade de fixar anions como Cl⁻ e PO₄⁻⁻⁻.

Há pois o aparecimento, em definitivo, de uma capacidade de troca para os anions (camada octaédrica), de uma de troca para os cations (camada tetraédrica) que vem se juntar a a é dividida a carga das folhas

Tanto mais os cristalitos são pequenos quanto mais a capacidade de troca será grande.

Isto explica em particular que as montmorilonitas cujos cristais só são visíveis ao microscópio electrónico de difração, tenham uma capacidade de troca muito grande.

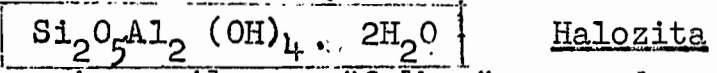
Este valor de capacidade de troca pode ser calculado com uma boa aproximação em função do tamanho dos cristalitos.

C - Hidratação das "folhas" (feuilletts)

Certas argilas, em contato com a água se hidratem, isto é, a água penetra entre duas folhas sucessivas e de uma certa maneira os afastam, sendo este fenômeno reversível.

- as argilas à "folhas" neutras (como a kaolinita) não se hidratam.

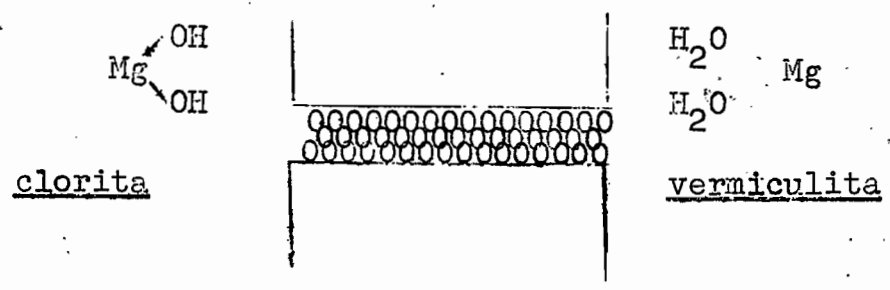
Uma exceção: a Halozita que tem no entanto o mesmo extrato que a Kaolinita. Deste modo, escreve-se:



- As argilas com "folhas" carregadas, smectitas e vermiculitas - uma camada de água vem se colocar entre 2 folhas.

Para as smectitas não há posição bem definida em relação ao extrato

Para as vermiculitas - a camada de água está na posição bem definida que lembra à de OH, as cloritas, com Mg formando um empilhamento compacto.



5ª Classificação das Argilas

3 grandes classes : argilas filitosas
argilas fibrosas
argilas amorfas

Os critérios de classificação são baseados em:

- Arranjo dos extratos

Te - Oc - 7 Å - Argilas bifórmicas
Te - Oc - Te - 10 Å - Argilas trifórmicas
Te - Oc - Te - Oc - 14 Å - Argilas tetrafórmicas

- A carga da platoceta

folhas com carga nula ou neutra

folhas carregadas com cations interfoliares trocáveis ou pouco trocáveis

- A carga da camada octaédrica - 3 octaédros

na fórmula simplificada

Se tôdas as cargas dos octaédros são compensadas por cations (3 ca-
tions bivalentes ou 2 trivalentes): minerais isoctaédricos ;

Se tôdas as cargas não são compensadas, déficit de carga - mine-
rais hipoctaédricos;

Se tôdas as cargas são compensadas e além disto: minerais hiperocta-
édricos.

- O grau de ocupação da camada octaédrica:

Os 3 octaédros ocupados (caso do Mg) minerais trioctaédricos.

Os 2/3 somente são ocupados (caso do Al) minerais dioctaédricos.

A natureza química do composto:

Al

Fe⁺⁺⁺

Mg

Ni

Fe⁺⁺

Zn

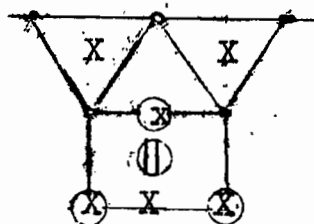
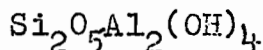
AS ARGILAS FILITICASAS

a) Argilas 1/1 ou Bifórmicas ou a 7 Å

O extrato.(feuille) é sempre neutro Al e Mg podem ser substituídos mutuamente.

Série dioctaédrica - Al ocupa 2 octaedros em 3

Caolinita



30
2Si
20-OH
2Al
3OH

O extrato é neutro.

A capacidade de trocas está localizada nos bordos.

T de 10 a 15 meq/100gr - fraca.

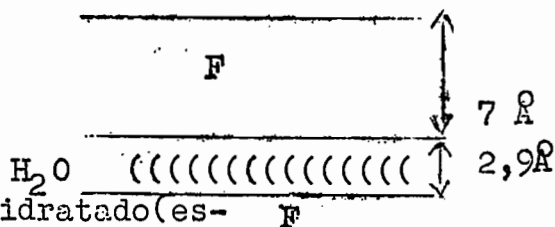
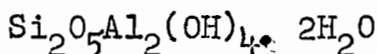
Extrato se apresenta no microscópio eletrónico em forma de hexágonos ou em formas irregulares.



A caolinita pode se formar em presença do vapor d'água a 200° - 300° Mais sobretudo ela é de origem pedológica e caracteriza uma grande parte dos solos tropicais.

Parêce que em certos solos, os ferralíticos, sobretudo, ele pode se sintetizar a partir da alumina que migra mal e que retem na passagem a sílica dissolvida (ou sôbre a forma de gel) que migra.

Haloizita

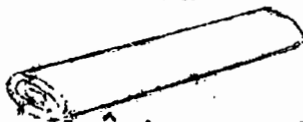


É a "folha"(feuille) de caolinita mais hidratado(es-ta água pare a 150° irreversivelmente).

A capacidade de troca é de 30 meq/100 gr. A "folha" tem uma forma característica, de um tubo.

A haloizita se encontra principalmente

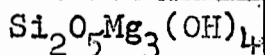
nos solos jovens, provenientes de cinzas vulcânicas ou de lavas.



- Série trioctaédrica - 3 octaedros são ocupados ou pelo menos neutralizados.

- trioctaédrica iso octaédrica - Mg ocupa os 3 octaedros, portanto não há deficit de cargas.

Serpentinas



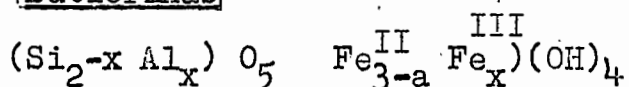
Antigorita crisotila(facies fibroso).

Estas serpentinas provém principalmente da alteração dos peridotitos(oliveira).

Elas tem um interesse científico, evidentemente, mas nenhum interesse agrícola, pois o excesso de Mg provoca uma esterilidade quase absoluta quando as serpenteiras estão em grande quantidade no solo.

- trio-octaédrica hipo octaédrica: há substituições entre camadas octaédricas e tetraédricas que igualiza as cargas

Butierinas



Esta é a fórmula da Butierina ferrífera dos minerais de ferro da Lorena.

b) Argilas 2/1 ou trifórmicas ou a 10 Å

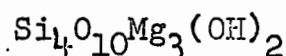
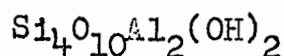
São argilas com cations interfolhais (feuilletts chargés)

Argilas estáveis e = 10 Å - c^{te}

Grupo do talco e da pirofilita

Pirofilite

Talco



É uma excessão pois o extrato (feuilletts) é neutro. Mas ôle é neutro unicamente porque não há substituição muito ocorrente nas rochas. (talco-xistos) mas não tem relação com a pedogênese.

- Grupo das micas

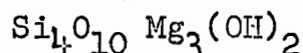
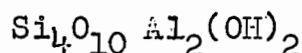
A carga interfolhar é elevada, os cations são fortemente fixados.

Dioctaédrica

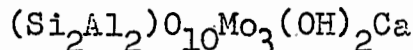
Trioctaédrica

Origem: Pirofilite

Talco



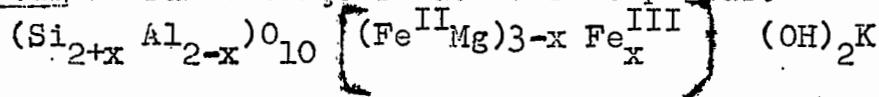
Diversas micas (Si₃Al) O₁₀ Al₂ (OH)₂ Ca



Margarita

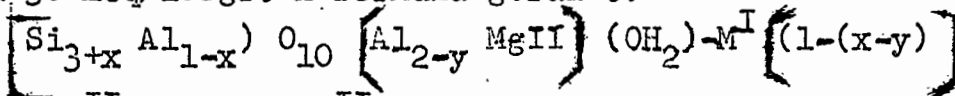
Clintonita

Nas biotitas as substituições são mais completas.



- Grupo das Argilas micáceas

São argilas de 10 Å (micro cristalinas). A carga interfolhar é inferior a 1 (geralmente 0,5 a 0,7). A capacidade de troca é bastante fraca 20 a 30 meq/100gr. A fórmula geral é:



ILITA

M^{II} = Mg ou Fe^{II}

M^I = H ou Na ou K (ou Ca)

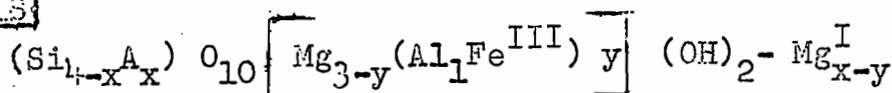
Os espaços entre 2 extratos tem 0,6 a 0,7 Å , havendo empilha -
 mento de grande número de folhas. a ilita provem (?) da desagregação das
 micas. Ela se encontra frequentemente nos solos, mesmo nos tropicais (zo
 na bastante sêca). Há tóda uma série de ilitas, de acôrdo com os valôres
 de x e de y , a presença de Mg ou de Fe.

GLAUCONITA - mineral verde de origem marinha. Tem a mesma forma que a
 ilita mas os Al são particularmente substituídos por Fe^{III}.

ARGILAS expansivas

Estas argilas aumentam de espessura quando são hidratadas e pos
 suem cations interfolhares trocáveis.

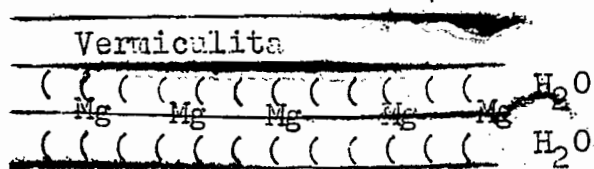
VERMICULITAS



Elas são pois muito próximas das micas, mas os cations interfo
 lhares são facilmente trocáveis.

A carga interfolhar é inferior a 1 (0,6 a 0,9). A capacidade de
 troca de bases é muito elevada.

C E B de 100 a 160 Meq/100 gr. As vermiculitas são normalmente
 hidratadas, mesmo ao ar, por 2 camadas mononucleares de água que contem
 Mg em posição octaédrica ((H₂)₆



As vermiculitas não absorvem os álcool (glycerol). Elas se encontram bas
 tante frequentemente nos solos mas a maioria das vezes em pequena quan
 tidade.

SMECTITES - chamadas frequentemente montmorilonitas porque a esta é a
 sua forma mais frequente. São argilas hipo-octaédricas, pois os octaé -
 dros têm um déficit de carga. O déficit total de carga é bastante fraco
 0,2 a 0,6.

A capacidade de trocas é forte (fraca dimensão dos cristais)

CEB de 80 a 120 Meq/100gr. A hidratação é fácil com água, água
 que se encontra sem posição bem determinada; a espessura da folha e da
 água associada cresce com a valência do cation compensador.

- Com K - 10 A°
 - Com Na - 12,6 A°
 - Com Mg - 14,8 A°
 - Com Ca - 15,1 A°
- Para uma montmoritonita

As smectitas absorvem alcoois (glycerol) e se expandem.

Estas argilas, principalmente as montmorilonitas não são bem visíveis ao microscópio: para isto foi preciso a difração eletrônica.

A montmorilonita (e em geral tôdas as smectitas) é um mineral de neoformação que se origina pela recombinação da rêde filitosa dos elementos aluminosos e silicosos.

Ela se forma normalmente nos vertsolos, quando a drenagem é deficiente e que o solo é rico em bases. Estes solos se expandem quando há umidade e "trabalham", daí a existência de planos de deslizamento.

Ela se encontra normalmente na base dos solos ferralíticos onde só subsiste em uma camada muito delgada.

Série dioctaédrica

- Montmoritonita - $Si_4O_{10} [Al_{2-y}Mg_y] (OH)_2^{M^I}$
- Beidelita - $(Si_{3+x}Al_{1-x})O_{10}Al_2(OH)_2^{M^I}$
- Monttronita - equivalente ferrífera

Série trioctaédrica

- Hectorita
- Stevensita
- Saponita
- Bolingita (Fe)

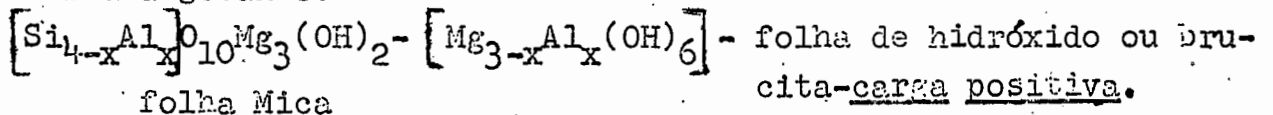
C - Argilas 2/1/1 OU PSEUDO-FORMICA OU 14.A^o compreendem as cloritas verdadeiras e as pseudo-cloritas (cloritas expansivas).

As cloritas verdadeiras

Elas têm uma folha de mica à qual se junta um hidróxido de mica em empilhamento octaédrico simples.

A folha é neutra (as substituições compensam as cargas).

Fórmula geral é:



carga negativa

O aparecimento de uma carga - na folha mica (substituição Si/Al) é sempre compensado por uma carga positiva equivalente que aparece na folha brucítica (substituição Mg/Al)

Distingue-se:

- Clorita dita trioctaédrica - o grau de ocupação é compreendido entre os 4/6 e os 5/8 do número total de octaédros.

Estas cloritas, mais raras, são normalmente aluminosas ou liti-níferas.

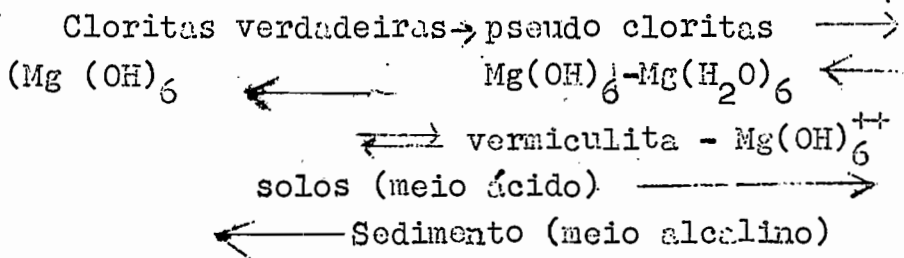
- As pseudo-cloritas ou cloritas expansivas - Como as smectitas, estas cloritas se expandem não somente com água mas também com álcool e a folha pode atingir 17 Å.

Considera-se como as cloritas imperfeitas.

Vermiculita - a folha de hidróxido se transforma $Mg(H_2O)_6^{++}$

Pseudo-clorita - a folha de hidróxido se torna $Mg(OH)_6 - Mg(H_2O)_6^{++}$

Pensa-se que as transformações que seguem se realizam seguindo o meio onde estas argilas evoluem .



AS POLIFILITAS

As polifilitas ou argilas interestratificadas ou minerais argilosos interestratificados ou mais simplesmente; os estratificados, possuem os mesmos extratos que os que já foram descritos, mas mostram no empilhamento destes extratos uma mistura de 2 categorias de folhas (nunca mais do que 2) que chamaremos aqui A e B.

Polifilitas regulares ou argilas estratificadas regularmente.

Os extratos A e B se alternam regularmente em toda espessura do cristal.

- ABABABABABAB
- ou AABBAABBAABB
- ou AAABBBAAAABBB
- ou ABBABBAABBABB
- ou AABAABLABAAB, etc.

Classificam-se segundo a natureza das folhas e segundo a taxa de interestratificação que é de 50% para as três primeiras linhas
 65% de B em relação a A na quarta linha
 60% de B e 40% de A na quinta linha etc.

Exemplos:

Alevardita	mica	↑	taxa 50%
	montmorilonita	↓	
Cerusita	clorita	↑	período
	montmorilonita	↓	taxa 50%

Polifilitas irregulares ou argilas interestratificadas irregulares.

As repetições dos extratos A e B são irregulares.

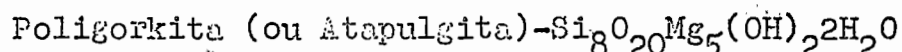
Exemplo: AB AA BBB BAB ou
 B AA BABB AAAAB .etc

No raio X, determina-se sem dificuldade a natureza das folhas, mas a taxa de interestratificação é difícil avaliar (métodos estatísticos).

Ex: Bravaisita - mica/montmorilonita
Hidrobiotita-mica/vermiculita

AS ARGILAS FIBROSAS

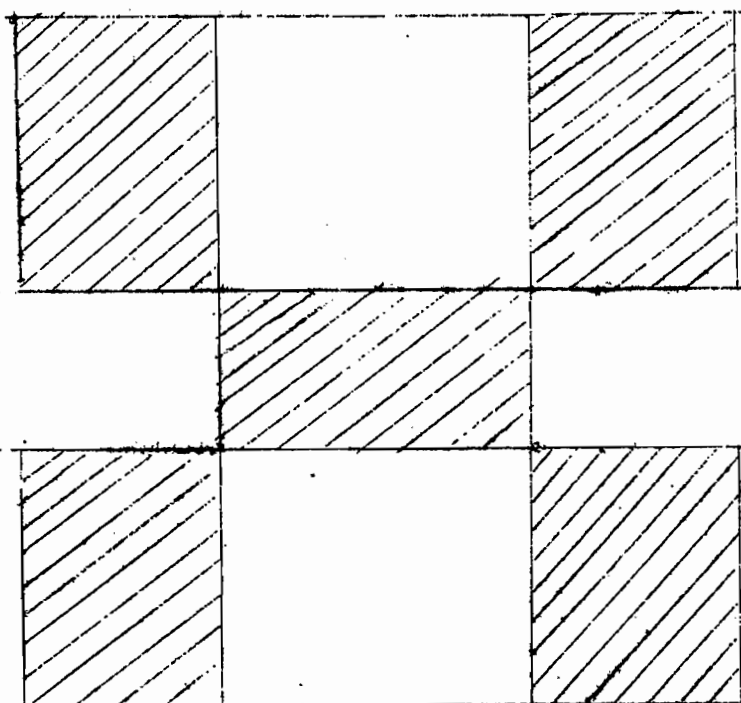
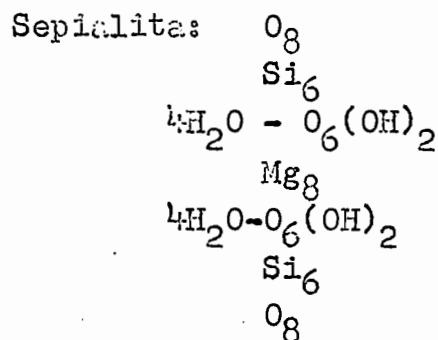
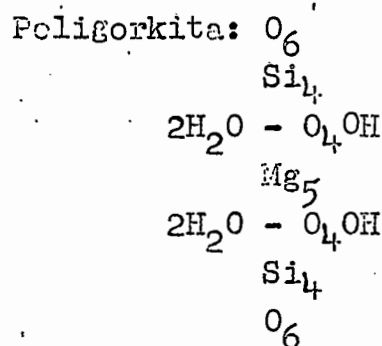
Conhece-se 2 espécies:



Elas são intermediárias entre os silicatos com duas cadeias, como os anfibólios (são próximas da tremolita) e os filossilicatos.

O extrato elementar é semelhante ao talco mas os tetraedros se engrenam em sentidos inversos e no plano vertical.

Os extratos se dispõem seguindo um esquema de tijolos furados.



planos de oxigenos que as segura a estabilidade do conjunto.

Há sempre um certo número de moléculas de água (em número bem determinado) que vêm se colocar nos buracos dos "tijolos".

4 moléculas de água para a poligorkita

8 moléculas de água para a sepiolita

AS ARGILAS AMORFAS

São argilas silicatadas sem estrutura periódica portanto, sem verdadeiros extratos (folhas).

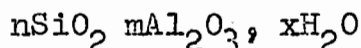
Classificam-se segundo sua composição química.

Alofane - se os elementos essenciais são SiO_2 e Al_2O_3

Hesingerita - se os elementos essenciais são SiO_2 e Fe_2O_3

Gel de silício ou apala - se os elementos essenciais são SiO_2 e nH_2O

De acordo com estudos recentes em andamento parece que as opalas ou gel de silício SiO_2 ; nH_2O , são abundantes nos solos tropicais. As alofanés são as mais importantes: encontram-se em grande quantidade nos andossolos. Sua fórmula é:



n,m,x são variáveis.

Sua capacidade de troca é elevada. Ela pode variar entre limites bastantes largos, em média ela é próxima de 70 meq, para 100 gr de argila; argilas; As variações de sua capacidade de troca sendo frequentemente sob a influência do pH.

A relação Si/Al $1 < \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} < 2$

é pois um mineral muito dessilificado.

A título de comparação:

$$\text{Kaolinita} \quad \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2$$

$$\text{Montmorilonita} \quad \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 5$$

$$\text{Ortose} \quad \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 6$$

Obras de síntese

Francesas - S.Caillere et S.Henin "Minéralogie des Argiles", 1964 - Masson Ed.

G. Millot - "Géologie des Argiles" - 1964 - Masson Ed.

G. Pedro - Cours professé à l'ORSTOM - non publié

Anglais - R. Grim - Clay mineralogy

C.W.Brindley - X Ray identification and Crystal structure of Clay minerals"

Allemand - K. Iasmund - Die Silicatinhen Tonminarale , 1955.

Principais artigos:

- Franc de Ferrure, Ancas, Maroke et Millot - "carences potassiques sur le houblon en année sèche en fonction des minéraux argilieux des sols.

C.R.Ac.Sciences, 254, 14 Mai 1962 pp 3564 3566 (interestratificados).

- S.Caillère, S.Henin, F. Birot: "Sôbre a forma transitória de montmorillonita em certas alterações bacteríticas C.R.Ac.des Sciences , 244,6,1957 - p.788 - 791.

- Kimpe e Gastuche - "Synthesis of Clay minerals at ordinary temperature and pressure. (7th Intern. Congress Society of Soil Science, Madison, Wisc. 1960.

- Millot "Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses (GÉOLOGIE AFFILIÉE et prospection minière, 11, 2-3-4, 1949 - 352 p.

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

O Humus

A palavra humus tem um sentido geral e recobre a grosso modo todas as matérias orgânicas do solo.

O humus se forma a partir dos detritos vegetais que caem sobre o solo, ou que apodrecem no interior do solo (raízes de gramíneas-resíduos de colheitas ou estrume enterrado pelo arado. Estes detritos vegetais contêm celulose (Hydrato de carbono) linina, matérias azotadas mas também em quantidade variada segundo as espécies, ceras, resinas, ácidos gordurosos superiores. As quantidades que caem sobre o solo diferem muito segundo o clima e a vegetação.

10 a 14 toneladas de material vegetal seco por hectare e por ano, sob floresta equatorial úmida, no Congo Belga (Landclout). Pluviometria 1.500 mm, estação chuvosa de mais de 9 meses.

8 a 10 toneladas sob floresta na Colômbia (região equatorial).

5 toneladas de material seco por hectare e por ano em savana sudanoguineense (savana arborizada com *Pennisetum Purpureum*); Pluviometria 1.200 a 1.300 mm, 4 meses de estação seca (Forestier R.C.A.).

2 a 3 toneladas por Ha e por ano de material seco vegetal sob floresta de folhas em zona temperada.

3 toneladas/Ha por ano sob floresta de Eucalyptus em Madagascar (Dammergius) cifra que parece espantosa por sua importância, pois o tepêto de folhas mortas sob eucalyptus nunca é muito importante.

Em contacto com o solo, e durante sua incorporação ao solo, estas matérias orgânicas sofrem 2 espécies de transformações simultâneas.

- uma mineralização direta: os hidratos de carbono se transformam em gás carbônico e metano, as proteínas em NH_3 , NO_2^- depois NO_3^- - com formação de nitratos
- uma humificação que corresponde à formação de complexos coloidais relativamente estáveis e resistentes à ação dos micro-organismos; em quantidade eles representam entre 5 e 10% da massa dos materiais vegetais (Dabin); eles podem se mineralizar por sua vez nas num ritmo bastante lento. 1 a 3% da quantidade total do humus pode se decompor cada ano.

N.B.- Após a adubação pela cultura, o humus pode representar 30% do material vegetal, isto em zona temperada (Henin-Turc 1945).

A decomposição (mineralização) do húmus é função do clima: é rápida em clima tropical úmido, é lenta no caso dos podzolos onde há por causa disto uma acumulação de matérias orgânicas mal decompostas. Ela representa entre 1 e 3% por ano de húmus, em geral. Mas no sentido geral, a palavra húmus diz respeito frequentemente também a produtos pouco atacados, produtos fibrosos, compostos intermediários provenientes do ataque da linina, complexos/coloidais que formam o húmus propriamente dito, assim como certos compostos solúveis.

A partir de agora o sentido do nome húmus estará relacionado aos compostos coloidais.

O estudo do húmus enfrenta numerosas dificuldades:

a) A extração a partir do solo é difícil de realizar sem alterar parcialmente o húmus; desta maneira, depois da extração, não se sabe sempre muito bem o que se extraiu nem o que isto representa em relação à quantidade total do húmus presente no solo.

b) As matérias húmicas do solo são mal conhecidas, do ponto de vista da fórmula química.

c) entre a matéria vegetal fresca e o húmus, existe toda uma série de corpos, os precursores, cuja existência é fugaz e que desta maneira escapam mais ou menos à investigação: ora, sua importância do ponto de vista prático e científico é muito importante porque trata-se dos primeiros estados de transformação.

Os métodos de extração

Estes são quase numerosos quanto os autores que estudaram o húmus, o que prova que não se tem ainda um método seguro para ser aplicado em todos os casos.

Foi utilizado:

- O fracionamento por solventes orgânicos; assim o Bromoformio-benzina utilizada por Hónin e Turc (1950), a matéria orgânica, não humificada boia, o húmus é dissolvido; o método não foi satisfatório, pois deve alterar muitos compostos e está longe de extrair tudo
- a complexação do ferro pelo EDTA (Deud 1960)
- a maior parte dos métodos utilizam a extração com reativos alcalinos
- Soda a 1% (Tiurin)

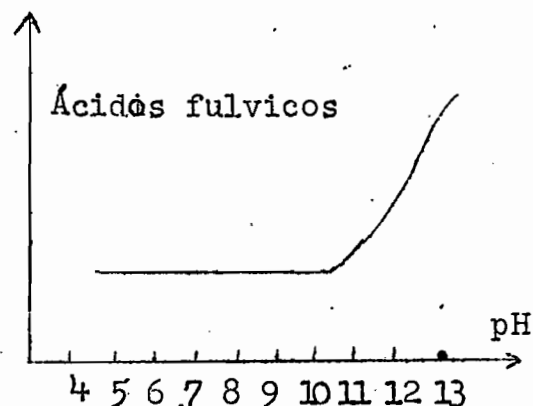
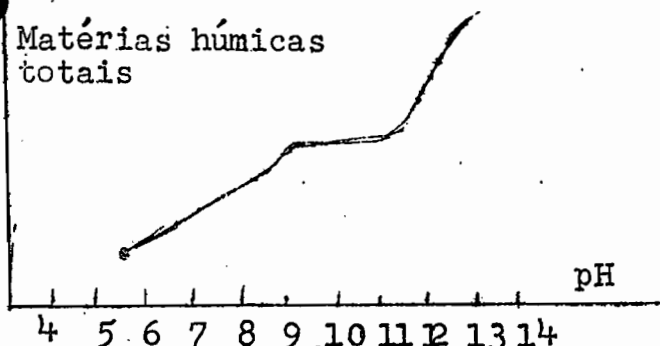
Método bastante brutal pois a soda oxida o húmus

- EDTA - a pH 7-8 (Dulach e Mchta)

- Oxalatos de NH_4^+ à 3% (Chaminado 1946) não é suficientemente forte
- Fluoréto de Na - (Manil 1946)
- Pirofosfato de Na (Mme Kononova 1961)
- Pirofosfato de Na + Cl Na (Duchauffour e Jacquin 1963)

Os métodos utilizados atualmente derivam quase todos do método do Pirofosfato de Na de Mme Kononova;

Apesar de certos inconvenientes (O método não é aplicável ao horizonte ou à turba; êle só dá bons resultados com humus evoluídos bem ligados à argila), o pirofosfato tem a vantagem de apresentar um degrau de extração entre pH 8 e 11; é suficiente extrair pH vizinhas de 9-10 para ter resultados constantes (C.Thomas 1963).



A extração com pirofosfato (extração dupla no método Duchauffour e Jacquin) dá, após a centrifugação, as matérias húmicas totais.

Sobre uma primeira fração, dosa-se estas matérias húmicas totais por oxidação (sal de Morh-bichromata).

Sobre uma segunda fração, precipita-se por H_2SO_4 , centrifuga-se, redissolve-se o precipitado com a soda e mistura-se o carbono pela oxidação (sal de Morh-bichromata); tem-se assim os ácidos húmicos.

Obtém-se os ácidos fúlvicos por diferença. Separa-se os constituintes do humus por eletroforese sobre papel: os ácidos húmicos migram rapidamente para o cátodo e os ácidos fúlvicos, mais lentamente.

COMPOSIÇÃO DO HUMUS

Os métodos precedentes permitiram separar os compostos seguintes e lhes dar nomes, por falta, muitas vezes de não conhecer bem sua composição química:

- Ácidos crônicos ou compostos hidrossolúveis, chamados assim porque são solúveis na água; de acôrdo com Tiurin seriam ácidos fúlvicos, mas sem o ferro e o alumínio que tornam complexos êstes /

últimos e os torna insolúveis.

- Ácidos Fúlvicos: de acôrdo com Forsyth (1947), pode-se separar / com cromatografia 4 formas nos ácidos fúlvicos: polissacaridos compostos urônicos (núcleo fenol) dos ácidos aminicos (proteínas) e compostos tânicos.

- Ácidos Húmicos Castanhos: são de côr clara em solução, mas no / papel, na eletroforese, êles formam faixas castanho-avermelha das; êles são pouco polimerizados e floculam lentamente com Ca^{++} ; êles migram rapidamente em direção do anodo.

- Ácidos húmicos cinza: êles são de côr mais escura em solução / no papel, na eletroforese (êles aparecem em cinza); êles são na is polimerizados que os anteriores e floculam rapidamente com Ca . Êles migram mais lentamente em direção ao catodo na eletroforese.

- A humina: chama-se humina todas as matérias orgânicas que resistem à extração; Assim, é o resíduo da extração.

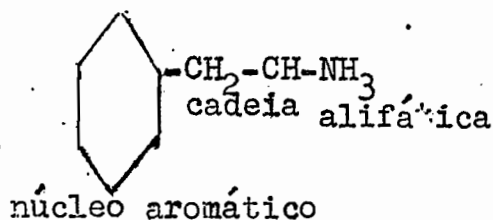
Durante muito tempo, pensou-se que eram matérias orgânicas muito, ou demais, evoluídas para serem dissolvidas.

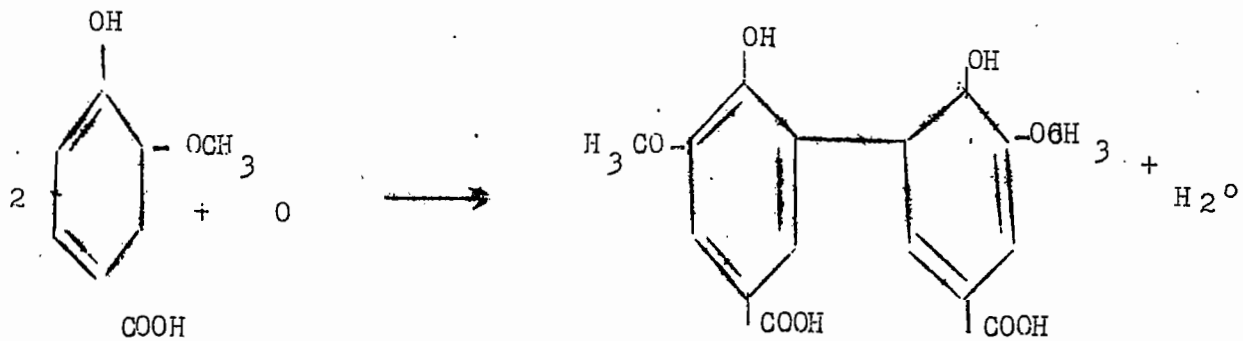
Estudos recentes (Shani Nakbla - 1968) parecem mostrar o contrário: estudos com C mostram que o resíduo da extração era mais recente que a fração extraída pelos solventes alcalinos; seria então um dos predecessores do humus assim como êle foi descrito neste parágrafo.

Se êstes estudos forem comprovados, isto provaria que os métodos de extração com alcalis são mais seletivas do que se pensava em relação com as formas evoluídas do humus.

As formulas químicas dos vários componentes do humus ainda estão mal conhecidas em detalhes, mas começa a se ter uma idéia bastante precisa sobre a composição dos núcleos.

Para todos os compostos húmicos, a estrutura elementar, parece mostrar uma grande homogeneidade: é essencialmente um núcleo aromático (fenol ou quinona), com cadeias alifáticas laterais (urânidos, sacaridos, ácidos aminados). Nos ácidos fúlvicos, o núcleo é pouco importante em relação com as cadeias. Nos ácidos húmicos, observa-se o contrário: as cadeias laterais são curtas e os núcleos aromáticos são numerosos. Além de mais, na sucessão ácidos fúlvicos, ácidos húmicos castanhos, ácidos húmicos cinza, observa-se um arranjo cada vez mais complexo dos núcleos entre êles, formando polifenóis. É a polimerização.





DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

As matérias vegetais que se decompõem formam o húmus, são sobretudo compostas de:

- celuloso (hidrato de carbono)
- linina (lignine)
- proteínas (ácidos aminados)

Os outros compostos, resinas, cêras, ácidos gordurosos superiores, são geralmente de importância secundária, exceto para algumas espécies vegetais onde eles estão em grandes quantidades (ex: cêras e resinas nos pinheiros).

Estas decomposições decorrem da ação de organismos vivos, / bactérias e cogumelos sobretudo, que utilizam os componentes carbonatados para a sua alimentação, os queimam parcialmente com o oxigênio do ar, mas precisam para viver e construir seus organismos de nitrogênio (fornecido / pelas proteínas ou quando faltam, pelo nitrogênio principalmente do húmus já formado) e de cations minerais (Ca, K, Mg, Na, etc), assim como de fósforo, enxofre e outros anions, que eles encontram nas matérias vegetais, ou que eles tiram do solo.

Normalmente, estes processos desenvolvem-se graças ao oxigênio presente no solo, que se renova em contacto do ar.

Entretanto isto pode também acontecer em meio anaeróbico, nas mais lentamente sob influência de bactérias anaeróbicas e, de maneira diferente.

Sob floresta, os processos de decomposição atingem as matérias vegetais caídas no solo que estão progressivamente atacadas e incorporadas ao solo (entretanto sob floresta tropical africana, as térmitas contribuem muito para a destruição desta matéria vegetal).

Sob savana, estepes e campos, a decomposição atinge principalmente as raízes das gramíneas, mas também as partes aéreas mortas quando o fogo ou pasto não os destruíram.

Nos campos cultivados e arados, os agricultores têm o costume de enterrar os resíduos das colheitas (palhas-folhas), assim como excremento (matéria orgânica meia decomposta e enriquecida em N, P e K pelos excrementos dos animais) que se transformam em húmus em 2 anos por 30% das matérias enterradas.

na zona temperada (Hénin-Turo-1945).

Na decomposição das matérias orgânicas, distinguem-se classicamente 3 tipos de processos:

A celulolise (cellulolyse): é uma reação de combustão que queima a celulose; para que isto aconteça precisa-se de ^{nitrogenio} mais oxigênio, de ^{pa} para alimentar as bactérias (cytophans) e os cogumelos (actinomyces) e de um certo número de elementos minerais (P,K,Ca, etc). A transformação será / ^{sentô} mais rápida quanto as condições de temperaturas e de humidade serão favoráveis à vida dos organismos.

Finalmente, só subsistem poliaronidos (polyaronidos) sob a forma de geléia bacteriana.

Em solo ácido, pobre em N (e em elementos minerais) esta reação será fortemente diminuída.

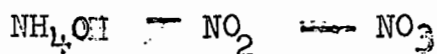
Em condições anaeróbias, ela se faz ainda sob a influência dos "clostridium", mas ela só produz C_2 e CH_4 e nada de humus.

A lignólise (Lignolyse): é sobretudo provocada pelos cogumelos (aeróbias) na presença de ar.

Nos solos encharcados ela se faz muito mal. Isto explica que nas turfas se encontram fibras de linina que correspondem ao esqueleto lonhoso da planta.

A proteólise (proteolyse): provocada pelas bactérias e os cogumelos. Começa primeiro pela rutura das cadeias proteicas que contém N, seguida de uma amonificação que libera NH_4^+ e NH_4OH . (Pode acontecer nesta etapa, liberação de amoníaco gasoso NH_3 que é perdido; é um fenômeno que se produz com intensidade nos "funiers" (montes de estrumes preparados pelos agricultores com as dejeções dos animais, mal arrumados que secan).

Finalmente, há nitrificação em 2 etapas, nitrosa e nítrica:



sob a influência das bactérias nitrosas e nítricas. O ^{nitrogenio} nítrico é diretamente assimilável pelas plantas, mas é também solúvel, assim como o amoníaco. Assim, há perigo de lixiviação.

As transformações sucessivas:

Proteínas das matérias vegetais

Proteínas do humus

amoníaco NH_4^+ NH_4OH

nitrogenio nitroso

nitrogenio nítrico

... se fazem constantemente no solo e terminariam com o desaparecimento do / humus, se a matéria vegetal fresca não fôsse constantemente fornecida (na realidade, um equilíbrio realiza-se sempre à um nível mais ou menos baixo).

A amonificação é muito sensível ao pH do solo; ela é rápida a pH 7-8, e diminui em seguida se o pH baixa, (em clima tropical úmido, a amonificação é menos sensível ao pH. Ela é sempre rápida em solo arejado e bem drenada, na condição que o pH não baixe demais em torno de 3 ou 4 por exemplo).

A amonificação é muito sensível à relação C/N:

se C/N = 10 ou vizinho de 10, a amonificação é rápida

se C/N 10 (15 à 25) a amonificação é lenta.

N.B.- O ^{nitrogenio} do humus não é sempre imediatamente disponível para a planta ; antes, as proteínas do humus passam pelo corpo das bactérias e só é devolvido ao solo, depois da morte delas. Notadamente quando se enterra, na preparação do Campo pela cultura, um material rico em hidratos de carbonos (celulosa), palha por exemplo, as bactérias encontram comida em quantidade, proliferam (se multiplicam) e ao mesmo tempo se apropriam / de todo o N disponível, inclusive o que as plantas absorvem regularmente. As plantas sofrem então de uma "fome de N " até o momento que a maior parte da palha tendo sido comida pelas bactérias (celulolise) , estas morrem por falta de alimentação.

CONDICÕES DE FORMAÇÃO DO HUMUS

1ª-A atividade biológica do solo

Num solo biologicamente pouco ativo (solos ácidos sobretudo), há poucas bactérias, mas, sobretudo cogumelos que deixam as cadeias de lignina. Os processos de síntese que seguem, incluem só uma fraca polimerização (sobretudo provocada pelas bactérias). Terá então sobretudo formação de ácidos fúlvicos e também de ácidos húmicos castanhos, mas em pouca quantidade.

Num solo biologicamente ativo, cogumelos e bactérias estão presentes e a síntese sempre se acompanha de uma polimerização (provocada sobretudo pelas bactérias), mais ou menos forte segundo a quantidade de Ca presente no solo.

Ela será média com a formação de ácidos húmicos castanhos, se o cálcio não é abundante.

Ela será forte, com formação de ácidos húmicos cinzas, se o cálcio é abundante.

2ª-Clima e micro-clima

Para ter humificação, precisa-se de uma boa aeração do solo, necessária ao desenvolvimento dos cogumelos e a oxidação dos polifenóis.

A umidade deve ser suficiente (perto da capacidade de retenção) para permitir a vida destes organismos, e não muito grande para evitar que o solo não esteja em condição de anacrobiose.

Em período de seca ou de frio (gêlo) fortes, toda vida pára.

Entretanto, parece que as sucessões de umidade e de seca favorecem uma boa humificação, com formação de ácidos húmicos cinzas.

Com efeito, quando o solo começa a secar, parece que há aceleração dos processos de polimerização.

3ª - Teores do solo em N e Ca

Para que as bactérias e os cogumelos consigam viver e proliferar, é preciso que eles encontrem o N em quantidade suficiente.

Como as matérias vegetais que caem no solo são secas e frequentemente lenhosas, daí pobres em N, uma grande parte deste N deve ser tirado do solo.

O cálcio desempenha um papel importante como estabilizador do pH do solo, como elemento indispensável à vida dos micro-organismos e como fator favorecedor da polimerização.

4º - Naturêza da rocha-mãe

Interfere pelo fornecimento de elementos minerais, não só Ca, mas todos os outros elementos, maiores e menores, indispensáveis para a vida.

5º - Estabilizadores do humus

Apenas constituído, o humus tende a se decompor por mineralização. / (transformação em CO_2 , H_2O , às vêzes CH_4 por um lado, e em elementos minerais nitratos, etc).

Na presença de argila, o humus tende a formar um complexo argiloso-húmico: o humus que se encontra nêste complexo é relativamente estável e se mineraliza muito devagar.

Diz-se que a argila é um estabilizador do humus.

Outros elementos como os hidróxidos de Fe e de Al, podem desempenhar êste papel, mas a ação dêles é bem mais fraca.

O HUMUS E A FERTILIDADE DOS SOLOS

1º - O humus e a estrutura dos solos

o complexo argilo-húmico

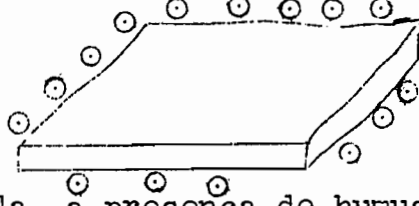
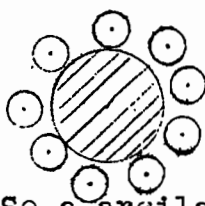
A argila é um estabilizador do humus: é um fato comprovado que os solos mais ricos em argila são frequentemente os mais ricos em humus porque a presença da argila atrasa a mineralização do humus.

Nos solos arenosos, o humus mineraliza-se relativamente depressa e estes solos estão muitas vêzes pobres em humus.

Algumas argilas têm a propriedade de introduzir os coloides húmicos dentro de sua rêde. É o caso da montmorillonita, daí a cor prêta dos vertisolos, que não significa entretanto, um forte teor em humus.

O humus é um protetor da argila

Os coloides húmicos nitidamente menores que os coloides argilosos, se colocam em tôrno das partículas (micelas) de argila.



Se a argila é dispersada, a presença de humus dificulta consideravelmente uma eventual floculação, e de tôda maneira atrasa muito êste processo.

Ao contrário, se a argila é floculada (o que é o estado normal nos solos), a presença de humus impede a dispersão e favorece a agregação: esta ação é relativamente fraca com os ácidos fúlvicos, forte com os ácidos húmicos.

castanhos, muito fortes, com os ácidos húmicos cinza. Ela aumenta então com o tamanho das moléculas de humus, e então com a polimerização, (o calcio desempenha então uma ação indireta sobre as estruturas, favorecendo a polimerização / do humus).

O humus é o melhor cimento dos agregados: êle favorece a formação e assegura a estabilidade dos agregados.

Esta propriedade é sobretudo válida na presença de argilas com as quais êle constitue uma mistura íntima: o complexo argiloso-húmico. Mas ela existe também com o ferro (o complexo ferro-húmico dos ólios dos podzols) e a alumina.

Em presença de argila, de ferro e de alumina, o humus pode formar complexos com os 3, sobretudo se ferro e alumina estão sob forma hidratada.

Em solo muito arenoso, um aporte de estrumo constitue uma estrutura / granulosa que liga os grãos com um cimento húmico: êstes agregados não estão / muito estáveis, e êles se decompõem bastante depressa (alguns anos, às vezes 1 só). Por isto os agricultores têm o hábito de dizer que "o humus torna mais pesados os solos leves e alivia (dá uma melhor estrutura) os pesados solos argilosos".

O complexo argilo-húmico é uma associação íntima entre a argila e o humus, por fixação (imobilização) no exterior dos pacotes de folhetos de argila de colóidos argilosos.

A naturêza das ligações entre argila e humus é mal conhecida, tratar-se-ia segundo os casos:

- pontes de Fe^{++} entre argila e humus (agrupamentos $COOH$) (Schaffer - 1940): Argila - Fe - $COOH$ de humus.

- ligações provavelmente mais complexas (Mre. Alexandrova - 1960)

Fe e Al pontes entre argila e humus

H ponte entre argila e humus.

ligações diretas Si OH das argilas com NH_2 do humus

ligações diretas Al^{+++} das argilas com $COOH$ dos humus

- talvez ligações Ca^{++} formando ponte entre argila e humus.

O humus e o fornecimento dos elementos necessários à vida das plantas

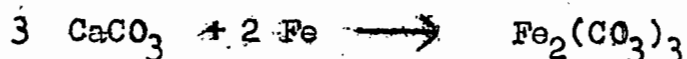
O N: o humus contém uma certa quantidade de ácidos aminados, nos quais os agrupamentos NH , sofrendo a amonificação e nitrificação no decorrer da mineralização do humus - têm-se então um fornecimento regular de N às plantas, fornecimento êste que, fora os casos excepcionais, não é suficiente /

para sustentar os altos sedimentos exigidos pela agricultura intensiva moderna mas, que é de suma importância pela sua regularidade.

No caso de fornecimento de nitratos ao solo (adubos químicos), a existência de humus favorece a integração parcial dos nitratos no humus e assegura assim uma distribuição mais progressiva às plantas.

O fósforo : o humus possui cargas positivas que fixam o anion PO_4^{---} , os humus-fosfatos assim formados são muito mais acessíveis para as plantas que os fosfatos de Ca dos solos calcários ou os fosfatos de ferro e de alumina dos solos tropicais ricos em hidróxidos de ferro e de alumínio.

O ferro: o ferro é um elemento essencial da clorofila das plantas; nos solos calcários, sobretudo, se eles são ricos em calcário ativo, o ferro se inobiliza sob a forma de carbonato:



As plantas não podem mais utilizá-lo e têm-se a "clorose" (chlorose), doença frequente na videira e nas árvores frutíferas, nos solos calcários das regiões temperadas e temperadas quentes. Quando o humus é presente em grande quantidade nêstes solos, êle inobiliza uma certa quantidade de ferro / que, assim, é acessível para as plantas. A "clorose" é para nos solos calcários ricos em humus.

As bases Ca, K, Mg, etc...: é o humus que, na capacidade de troca do solo, fixa (inobiliza) a maior parte dos cátions; êstes cátions são progressivamente postos à disposição das plantas.

Legenda do quadro

Escala dos níveis de fertilidade dos solos tropicais nas regiões úmidas, meia-sêcas e sêcas da África ocidental e Central..

(Válida para os solos não calcários bem drenados e com relação C/N vizinha de 10 (entre 8 e 13)

Segundo B.Dahin

III PARTE

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A classificação francesa dos solos é uma classificação genética no sentido em que ela se esforça para classificar os solos em função dos fatores da pedogênese; como a influência destes fatores não é sempre fácil de distinguir mais que, por outro lado, ela "se imprime" sobre a morfologia a partir da morfologia do perfil, tenta-se reconstituir a influência das condições de formação do solo.

A este título, a classificação francesa é uma classificação morfogenética.

AS UNIDADES DA CLASSIFICAÇÃO

A CLASSE é um nível mais elevado (ORDEM dos Americanos).

Ela reúne os solos que têm em comum uma ou várias das propriedades seguintes:

a - um certo grau de desenvolvimento do perfil, diferenciação dos horizontes ABC.

Ex. solo AC Solos ABC

b - um modo de alteração dos minerais em relação com as condições físico-químicas da parte superior do solo. Ex: ALTERAÇÃO COMPLETA DOS MINERAIS em relação com a liberação dos sesquióxidos dos solos ferralíticos ou a formação das montmorilonitas nos verti-solos.

O conjunto pode se exprimir por cores, propriedades físicas (estrutura), propriedades químicas (saturação do complexo) etc.

c - uma composição e uma repartição típica da matéria orgânica nos horizontes (ex - solo a Mor ou Podzols).

d - certos fatores como a hidromorfia ou a halomorfia (presentes de sais solúveis, de Na principalmente) quando são predominantes e caracterizam uma evolução bem especializada.

A SUB-CLASSE (Sub-Order, dos Americanos)

Repousa sobre as diferenciações devidas ao clima do solo (pedoclima) portanto são devidas, em parte, ao clima geral da região.

Ex. acumulação de matéria orgânica pode se fazer nos climas muito frios ou quentes com estação seca longa, mas não tem a mesma natureza em cada um dos casos. As vezes, é a ausência de influência climática que é tomada em consideração.

Ex. os solos minerais brutos não climáticos, solos halomorfs.

O GRUPO

Distingue-se pelas características morfológicas do perfil correspondente a processos de evolução do solo: diferenciação de certos horizontes, lessivagem do calcário, carreamento dos colóides, etc. Correspondem a perfis distintos.

O SUB-GRUPO

Os elementos essenciais do perfil são os mesmos que para os grupos, mas os sub-grupos se diferenciam dos grupos por uma intensidade variável de evolução ou pelo aparecimento de características secundárias no perfil: concrecionamento, endurecimento, manchas de gley ou pseudo-gley, estrutura mais grosseira ou mais fina.

A FAMÍLIA

No interior do mesmo grupo, tôdas as séries de solos formadas a partir do mesmo material petrográfico constituem uma família. Reciprocamente pode-se dividir os solos de um mesmo sub-grupo levando em conta o material original. A família está pois uma ligação estreita com a rocha mãe.

A SÉRIE

É uma unidade de cartografia e de classificação; os caracteres dos diversos perfis que se engloba na mesma série são suficientemente homogêneos para que as variações não tenham influência notável sobre o crescimento das plantas cultivadas.

Na ausência de estudos estatísticos considera-se que os solos de uma mesma série tem o mesmo tipo de perfil (com espessuras de horizonte próximas) e se formaram sobre uma mesma rocha mãe e posições comparáveis de paisagem (Ex: série sobre encosta, série em zona plana, etc).

O TIPO

Dentro de uma série pode-se diferenciar tipos se baseando na textura do horizonte superficial: tipo argiloso, tipo sablo-argiloso. Na prática se as séries foram suficientemente detalhadas, ela englobam com frequência o tipo.

A FASE

A fase faz intervir os fenômenos naturais (erosão, coluvionamento, ação dos vegetais ou dos animais) ou devidos ao homem (cultivo, pastagem) que modificam mesmo que passageiramente a natureza, a organização ou a dinâmica dos horizontes superficiais.

Ex: fase cultivada, fase erodida em massa etc.

A CARTOGRAFIA DOS SOLOS

Só se pode pôr sôbre uma carta dos solos o que é possível dese -
nhar em função da escala: os detalhes inferiores a 2mm em suas peque -
nas dimensões não são cartografáveis.

A cartografia em pequena escala: 1/500.000 a 1/5.000.000

Para frequentemente ao nível da sub-classe.

Cartografia em média escala: 1/80.000 a 1/500.000; ao nível das
famílias ou sub-grupos e as vêzes apenas dos grupos.

Cartografia em escala de 1/50.000

Deve incluir as famílias e as vêzes as séries de seu tamanho per -
mitir.

Cartografia em grande escala: 1/25.000, 1/20.000 1/10.000 e
1/5.000)utilizam tôda a gama da classificação; si bem que a fase não
seja geralmente indicada apenas para as escalas de 1/20.000, e
1/25.000, se as unidades são bastantes grandes.

AS UNIDADES COMPLEXAS:

Quando a escala é muito pequena para permitir que se leve em con -
ta a distribuição dos solos, cria-se unidades complexas.

- Justaposição dos solos é um conjunto de unidades de solos em
que cada um ocupa apenas uma superfície muito pequena para ser repre -
sentada sôbre a carta e cuja coexistência não parece depender de ne -
nhuma regra de classificação.

- Sequência de solos é um conjunto de solos em que a sucessão se
encontra constantemente em uma ordem determinada sem que haja um lian
genético aparente entre êles.

A razão de sua justaposição regular é a influência preponderante
e repetida regularmente de um dos fatores de formação.

- Cadeia de solos é um conjunto de solos ligados geneticamente,
cada um dêles tendo recebido de outros ou cedido a outros, certos ele
mentos constituintes.

I - CLASSE DOS SOLOS MINERAIS BRUTOS

O perfil é do tipo (A)C, (A)R ou R.

Só contem traços de matéria orgânica nos 20cm superiores e não
mais de 1 a 1,5% de matéria orgânica nos 2 a 3cm, superiores (ou uma
ou outras das duas condições).

A rocha sofre uma fragmentação bastante forte mas a alteração química é sempre fraca, pode existir uma redistribuição no perfil ou uma evacuação dos elementos solúveis para fora do perfil.

As sub-classes são baseadas sobre as diferenciações devidas ao clima (desertos quentes ou frios) ou sobre a ausência de influência devido ao clima.

SUB-CLASSE 1. Solos minerais brutos dos desertos frios - Criosols.

Pedo-clima muito frio durante todo ano impedindo a evolução do solo.

grupo 11 - Litosolos dos desertos frios

grupo 12 - criosolos brutos desorganizados (não organizados)

grupo 13 - criosolos brutos organizados:

com distribuição geomêtricamente organizada dos elementos e seus grupos: com rede de fendas em cunha
com polígonos de terra
com polígonos de pedras
com polígonos de lama
com estrias.

SUB-CLASSE 2 - Solos minerais brutos dos desertos quentes ou xéricos .

Pedo clima muito seco durante todo ano.

grupo 21 - litosolos dos desertos quentes

grupo 22 - solos brutos xéricos não organizados

grupo 23 - solos brutos xéricos organizados de ablação

grupo 24 - solos brutos xéricos não organizados de acumulação

grupo 25 - solos brutos xéricos organizados de acumulação (depósitos - argilosos nas depressões. Ex: Takirs)

SUB-CLASSE 3 - SOLSO MINERAIS BRUTOS NÃO CLIMÁTICOS

São solos não evoluídos sobre material mineral recentemente erodidos ou depositados.

grupo 3.1 - solos minerais brutos de erosão

S/grupo : litosolos - solos bruto de erosão sobre rochas - duras

S/grupo : Regesolos - solos brutos de erosão sobre material móvel

grupo 3.2 - solos minerais brutos de depósitos aluviais

grupo 3.3 - solos minerais brutos de depósitos coluviais

grupo 3.4 - solos minerais brutos de depósitos eólicos

grupo 3.5 - solos minerais brutos de depósitos vulcânicos

grupo 3.6 - solos minerais brutos antrópicos

Para os 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 distinguem-se os sub-grupos:

- modal
- em lençol (menos de 1m de profundidade durante certos períodos)

II - CLASSE DE SOLOS POUCO EVOLUÍDOS

O perfil é do tipo AC: não há nunca horizonte A₂ B é o mesmo (B). A matéria orgânica está presente no perfil: os 20 cm superiores contem matéria orgânica, mais do que traços e (ou) os 2 a 3cm superficiais têm teores superiores a 1 ou 1,5% de matéria orgânica.

Esta matéria orgânica pode ser humificada inteiramente ou parcialmente; ela pode ser ocasionalmente abundante.

A rocha matriz é bastante fragmentada para que se possa considerar sua parte superior como um horizonte C, mas a alteração química permanece fraca, seja por causa do clima (muito seco ou muito frio) seja ainda porque o material original foi depositado muito recentemente para ter tido o tempo de sofrer uma evolução pedológica.

1. SUB CLASSE DOS SOLOS POUCO EVOLUIDOS COM PERMAGÊLO

São solos que degelam no verão apenas em uma pequena espessura (ao máximo 2m, o mais frequentemente 40 a 50cm) donde uma consistência de lama, uma ausência de drenagem e a impossibilidade para as raízes de penetrarem bem profundamente;

grupo 1.1 - solos com forte segregação de gelo não ordenada

grupo 1.2 - solos com forte segregação de gelo ordenada em forma de rede (trama)

s/grupo - criosol com rede poligonal (depressão no centro)

S/grupo - criosolo com montes com núcleo de gelo

grupo 1.3 - solos em segregação de gelo (permagêlo a 1,20m de profundidade ou mais, geralmente menos).

S/grupo - criosolo com montículos

- criosolo com "pústulas"

- criosolo com rede poligonal

- criosolo com redes paralelas

grupo 1.4 - solos castanhos Árticos (Permagêlo com mais de 1,20m)

2. SUBCLASSE DOS SOLOS POUCO EVOLUÍDOS HUMÍFEROS

Trata-se de solos formados sob clima úmido e fresco. A matéria orgânica é abundante e frequentemente mal ligada por argila.

O pH é inferior a 6,8 e a capacidade de troca pode ser forte.

O perfil é tipicamente AC, às vezes AR, A sendo bem desenvolvido.

grupo 2.2 - solos húmiferos litocálcicos (Kubiena)

A rocha matriz é calcárea, mas o pH permanece inferior a 6,8.

grupo 2.3 - solos pouco evoluídos com alofane

São formados sobre materiais vulcânico (cinzas, vidros, basaltos) ricos em bases e são abundantes fornidos em alofane. São geralmente muito férteis.

3 - SUB CLASSE DOS SOLOS POUCO EVOLUIDOS KÉRICOS

A evolução destes solos - é fraca por causa da secura (semi-desertos). Eles são pobres em matéria orgânica, em superfície (menos de 1%) mas esta pode se encontrar com este teor até cerca de 50cm.

s/grupos - modal

- fracamente salino
- eolizado (ação do vento)

grupo 3.2 - Xero rankers

Não calcáreos, frequentemente argilosos; a matéria orgânica é pouco abundante (1 a 2 %) que nos precedentes, se encontra nos 50 cm superficiais.

4. SUB CLASSE DOS SOLOS POUCO EVOLUIDOS DE ORIGEM NÃO CLIMÁTICA

São solos pouco evoluídos, ou porque a acumulação do material é recente, ou porque a erosão decapitou continuamente o solo e pôs parcialmente a nú a rocha matriz.

Trata-se frequentemente de solos cujas qualidades agrícolas são notáveis (rocha matriz móvel ou solo de acumulação aluvial e coluvial).

grupo 4.1 - solos de erosão (rocha matriz recentemente erodida)

s/grupo - regosólico - rocha matriz friável ou móvel

s/grupo - lítico - rocha matriz dura

grupo 4.2 - solo de origem aluvial

grupo 4.3 - solos de origem coluvial

grupo 4.4 - solos de origem eólica

grupo 4.5 - solos de origem vulcânica

grupo 4.6 - solos de origem antrópica

Sub-grupos comuns a 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6: - modal

hidromorfo

húmifero

III - CLASSE DOS VERTISOLOS

O perfil é do tipo A(B)C ou A(B)_gC ou A(B)C_g, mais ou menos homogênisado ou irregularmente diferenciado por movimentos internos e/ou a presença de agregados de faces estriadas pelo menos na base do perfil, micro relêvos do tipo "gil-gai", (nem sempre), fendas de retração largas, estrutura do tipo prismática (super-estrutura) poliédrica grosseira pelo menos em B, a coesão dos agregados é muito forte. São argilosos (argilas expansivas 2/1 - montmorilonita), bem saturados em cálcio, ou a argila é formada por neo-síntese. Eles incham e se retraem segundo os períodos de secas ou de umidade. O material original é rico em calcáreo ou pelo menos em cálcio. (basalto, gabro, etc.)

1 - SUB CLASSE DOS VERTISOLOS COM DRENAGEM EXTERNA NULA OU LIMITADA

Zonas planas ou depressões.

grupo 1.1 - solos com estrutura arredondada (granulada, grumosa), em pelo menos 15 cm superiores.

s/grupo - modal

- vértico (vértico?): caracteres de vertisols menos acentuados

- hidromórficos: manchas de hidromorfia

- halomórficos

grupo 1.2 - Com estrutura angulosa (poliédrica) em pelo menos 15cm superficiais.

s/grupo - modal

- vértico

- hidromórficos

- halomórficos

A estrutura finamente dividida pelo menos nos 10cm superiores (self-mulching).

2 - SUB CLASSE DOS VERTISOLOS COM DRENAGEM EXTERNA POSSÍVEL

Em encosta mais ou menos inclinada.

grupo 2.1 - solos com estrutura arredondada em pelo menos 15cm superiores

s/grupo - modal

- vértico

- halomórfico

- hidromórfico

- grupo 2.2 - Solos com estrutura angulosa em pelo menos 15cm superiores.
s/ grupo - modal
- vértico
- hidromórfico
- halomórfico

Com subdivisão nos 10 cm superiores.

EXEMPLO DE VERTISOLO: RECÔNCAVO (Santo Amaro)

Vertisolo com drenagem externa possível, com estrutura poliédrica em superfície.

Alto da encosta, sobre um bordo de planalto: vegetação arbustiva, no lado do perfil com algumas mimosas armatas; sobre o perfil, vegetação de gramínea e plantas do gênero Urena(?); solo muito bem coberto - nos 2 casos; trata-se de uma vegetação secundária. O perfil contém pedaços de telhas ou tijolo. Parece existir um micro-relêvo gil-gai, às vezes muito acentuado pela erosão sob o mato próximo do perfil (relêvo pouco visível por causa da vegetação); fendas de retração desenhadas - grandes prismas irregulares (40 a 50 cm de largura).

PERFIL

- 0 - 17cm - Horizonte A, escuro IUYP 4/2, húmifero, muito úmido, argiloso, com estrutura poliédrica, muito bem desenvolvido (com poliédros de 1 a 2 cm de diâmetro), firme apesar da umidade; enormes fendas de retração que atravessam A de cima a baixo e podem continuar até B, mas frequentemente se encurvam; forte porosidade; não faz efervecência; numerosas raízes.
- 17 - 33cm - Horizonte AB(A₃), castanho IUYP 4/5, mistura de elementos amarelos do B na sua base; argiloso; super estrutura em grandes blocos de 5 a 7 cm de largura e 5 de altura; estrutura poliédrica grosseira bem desenvolvida, duro (em estado sêco); não faz efervecência; este horizonte tem uma espessura irregular; fendas de retração ele é substituído por uma argila mais amarelada entremeada de húmus, sem dúvida devido à penetração diferente da água pelas fendas.
- 33 - 90cm - Horizonte B, amarelado 2,5 YR 5/4 - Castanho-oliva claro, argiloso, super estrutura poliédrica muito grosseira, com cunhas, superfícies de deslizamento, estrias, superfícies lustrosas; estrutura do mesmo tipo e poliédros muito agudos às vezes, verdadeiras escamas. elementos calcários vindo de BC se colocam irregularmente em B, às vezes até AB, com estrutura menos larga.

IX - Classe dos solos com sesquióxidos de Ferro (e Manganês)

SOLOS FERRUGINOSOS TROPICAIS E SOLOS FERRALÍTICO

Estes solos são caracterizados por uma alteração bastante forte dos minerais primários da rocha, porém menos forte que a dos solos ferralíticos (encontra-se às vezes a orthose em certos solos ferruginos tropicais sobre granito, mas nunca sobre os solos ferralíticos) esta alteração dos minerais livres dos óxidos de ferro que dão cor a todo o perfil ou pelo menos ao horizonte B, com cores vermelho ocre ou manchas avermelhadas (a cor pode ser preta, geralmente em manchas, se os óxidos de ferro são abundantes; estes óxidos em lugar de colorir todo o perfil de maneira uniforme podem se concentrar (em B geralmente) sob forma de concreções carapaca ou couraça. Ao contrário não se encontra hidróxidos livres de alumina (gipsita).

O perfil é do tipo ABC ou A(B)C.

A taxa de saturação é superior a 50%

A argila é do tipo caolinita 1/2, mas ela é geralmente misturada com uma quantidade importante de illita (2/1) e outras argilas

A quantidade de matéria orgânica no horizonte A é fraca, porque o húmus se decompõe rápido.

Estes solos se formam sob climas tropicais e subtropicais com pluviometria relativamente abundante (de 600 a 1.200 mm), porém irregular, mesmo em estação chuvosa, e composta uma longa estação seca (5 a 8 meses) durante a qual a seca é quase absoluta.

1. Sub classe dos solos ferruginos tropicais

Alfisolos provavelmente (ustalf) na 7ª aproximação.

Caracteres Gerais:

O perfil é do tipo AB e ou AB_gC, raramente A(B)C_g; pode-se às vezes distinguir um A₂ um pouco esbranquiçado; B pode comportar revestimento argiloso em certos casos.

O horizonte B é colorido em amarelo-ocre ou avermelhado (10yR e 7,5 yR com valores e intensidades superiores à 4).

A estrutura é maciça em A e B, principalmente se o material é argiloso. A argila é essencialmente a caolinita, que a pedogênese não destrói (como nos solos ferralíticos) acompanhada de illita. A montmorilonita, mesmo herdada, não se mantém.

O complexo absorvente tem uma saturação em B de 50 à 60% com uma capacidade de troca de bases bastante elevada devido a presença da illita.

A matéria orgânica pouco abundante é principalmente composta de ácidos húmicos cinza. A pedogênese "ferruginosa" favorece uma separação dos sesquióxidos de ferro das argilas e sua migração é separada das argilas.

Grupo 1-1 - Solos ferruginosos tropicais pouco lixiviados.

Índice de lixiviação 1/1,4

(Quando B apresenta revestimentos argilosos, o solo é classificado no grupo seguinte mesmo se o índice de lixiviação é 1/1,4, pois é provável que neste caso a erosão destruiu o perfil: fraca espessura de A em particular,

Sub grupos 111 Modal

112 à pseudo gley

113 vértico com estrutura grosseira

114 com complexo quase saturado e pobre em matéria orgânica. (Trata-se sempre de solos muito arenosos com menos de 7 a 8% de argila).

Grupo 1-2 - Solos ferruginosos tropicais lixiviados.

São solos que têm um horizonte A lixiviado e um B enriquecido em argila e de sesquióxidos de ferro ao mesmo tempo; o horizonte C tem um teor em argila intermediário entre A e B.

Além desta morfologia o solo deve apresentar uma das 3 condições seguintes (mas não necessariamente as 3):

Índice de lixiviação 1/1,4

Presença de revestimento argiloso em B

Diferenciação ou início de diferenciação de um horizonte A₂ mais claro que A e B.

A estrutura de A é maciça com uma forte coesão quando seco principalmente se este horizonte é rico em materiais finos.

Sub grupos 121 Modal *

122 com concreções

123 endurecido

124 hidromorfo à pseudo gley

125 movimentado sobre toda a espessura de A

Grupo 1-3 - Solos ferruginosos tropicais empobrecidos.

O horizonte A é empobrecido em argila em relação a B, mas se encontra em C o mesmo teor em argila que em B o que identifica que a argila de A migrou para fora do perfil e não para B; desta maneira não há revestimentos argilosos em B.

Sub grupos 131 Modal

132 Hidromorfo a pseudo - gley - (Na África)

Os solos ferruginosos tropicais correspondem aos climas sempre excessivos e quente, onde a chuva, bastante abundante 600 a 1200mm caia em fortes aguaceiros irregulares durante 4 a 6 meses; a estação seca é extremamente ácida. Os solos serão ou muito secos ou encharcados de água sem estado intermediário.

A vegetação é uma savana arbustiva.

Do ponto de vista geomorfológico, os solos ferruginosos - tropicais se desenvolvem principalmente em plataformas de abrasão dos velhos relêvos, a topografia geral é plana.

2ª - Sub Classe dos solos Fersialíticos

Nesta sub classe, os óxidos de ferro acompanham a argila em sua migração (êles não migram independentemente) e estão distribuídos da mesma maneira no perfil.

O perfil é vivamente colorido pelo menos em B ou (B) (10R, 2,5YR, 5R) em razão da abundância dos óxidos de ferro amorfos; quando estes últimos são substituídos pela goetita, a cor é marron ou anarelo-marron.

A rocha Mãe é mais frequentemente um calcário duro ou uma dolonita mas estes solos podem se formar sobre margas ou de outras rochas ricas em bases (diórta, grano-dioritas, grabos, etc...)

Os horizontes A e B são completamente desprovidos de carbonatos e estes têm tendência a se acumular em C quando não são levados para fora do perfil.

O complexo argiloso é mais frequentemente formado de materiais herdados, caolinita, ilita principalmente, porém há muitas vezes síntese da vermiculita de interestratificados e mesmo montmorilonitas. (Esta última tem tendência a desaparecer ao mesmo tempo que o excesso de cálcio). Os interestratificados são característicos de muitos destes solos, os vermelhos principalmente.

A taxa de saturação é elevada, sempre superior a 65%, aproximando-se muitas vezes de 90 a 100%.

Estes solos são ainda chamados de solos vermelhos ou marrons mediterrâneos por muitos autores franceses e outros.

Grupo 2-1 - Solos fersiolíticos com reserva cálcica, pouco lixiviados.

Seriam os inceptisolos de acôrdo com a 7ª aproximação.

O perfil é A(B)C, sendo C muito rico em Ca (sob forma de carbonatos ou silicatos de Ca); o carbonato de Ca compensa as perdas por drenagem dos cations. O horizonte C pode também ser um C_{Ca} de acumulação O (B) tem uma taxa de saturação de 100% com um pH compreendido entre 7 e 7,5.

O índice de lixiviação entre A e B é inferior a 1/1,4.

- Sub grupos 211 - Modal : na maioria das vezes com um C_{Ca}
212 - Marrom - cor marrom (goetita) e não vermelha
213 - com características de hidromorfia (algumas manchas de pseudo-gley em B)
214 - com características vérticas (muitas vezes sobre margas)
215 - recalcificadas (pelo aporte de material calcário)

Grupo 2 -2 Solos fersialíticos sem reserva cálcica lixiviados

Alfisolos (Rhodoxerolf) na 7ª aproximação.

O perfil é ABC, pois a reserva em cations do solo não pode compensar as perdas devido a lixiviação. A argila migra e se acumula em B com um índice de lixiviação superior à 1/1,4; há formação de um horizonte. A_2 nítido, bastante claro, às vezes esbranquiçado.

O complexo absorvente não é saturado, mas sua taxa de saturação é geralmente superior a 65%.

Sub grupos 221 Modal: sem acumulação calcária ou com um C_{Ca} profundo ou descontínuo

222 Ligeiramente hidromorfo

223 Com caracteres verticos

224 Muito lixiviado (A_2 e espesso e esbranquiçado)

225 Muito lixiviado e hidromorfos: com um horizonte gley.

N.B. Entre os solos fersialíticos uma parte os solos marrons entrofes e os solos calcomagnêsimorfos existe um certo número de termos de passagem (inter-graus) que tornam ruim a classificação destes solos. Em zona inter-tropical, a evolução dos solos marrons entrofes pode ser assim esquematisados:

pedoclima com longa estação seca.

solos ferruginosos tropicais

solos fersialíticos em geral

Solos marrons entrofes

pedoclima do tipo equatorial solos fersialíticos

G. Aubert apresenta nos solos com sesquióxidos de ferro 2 categorias de solo

1 - Os Rubrozems: assimilado aos solos vermelhos mediterrâneos (fersialíticos).

América do Sul:

Pluviometria 150mm, temperatura média anual 16 à 80°C. Estação seca menos longa que em clima mediterrâneo. Vegetação: em geral gramínea.

O perfil é inteiramente colorido de vermelho; não há ferro livre; é bem estruturado (nitidamente melhor que um ferralítico) e nitidamente menos profundo que um ferralítico.

O horizonte A é nitidamente mais rico em matéria orgânica que os ferralíticos: 8 a 10% de M.O sobre os 20cm superiores, teor que baixa logo após rapidamente.

O horizonte B é um B textural de acumulação que não é maciço como os ferruginosos tropicais que não são finamente friáveis como os ferralíticos, mas que são poliédricos médios como os dos solos ferralíticos.

Trata-se de um solo mediterrâneo (solo ferralíticos lixiado) porém mais ácido que estes últimos pois o pH dos rubrogens é baixo.

2 - Os solos vermelhos tropicais (Norte do Camerão, Madagascar, Brasil).

São muito vizinhos dos solos vermelhos mediterrâneos (ferralíticos).

O clima é do tipo tropical com uma longa estação seca:

A pluviometria é de 800 a 900 m.

Além das temperaturas mais quentes, o clima tem um certo número de características vizinhas das dos climas onde se formam os solos vermelhos mediterrâneos (longa estação seca, pluviometria irregular).

Perfil do Marrocos - Norte Camerun.

O perfil é inteiramente colorido de vermelho.

O horizonte B, de cor vermelha bastante escura, tem uma estrutura bem desenvolvida poliédrica que torna-se em seguida prismática. É um horizonte de acumulação de argila. A rocha mãe é anfibole.

O solo é rico em ferro livre 75 a 80% do ferro total.

A capacidade de troca de bases T é elevada assim como V.

A estrutura se aproxima mais dos solos vermelhos mediterrâneos do que dos solos ferruginosos tropicais que existem sob o mesmo clima.

X - SOLOS FERRALÍTICOS

Os solos ferralíticos se encontram em toda zona intertropical úmida onde o clima, caracterizado por fracas variações de temperaturas, um calor constante e chuvas abundantes e quentes provoca uma alteração rápida e completa dos minerais das rochas assim como uma evolução pedológica particular. A vegetação é normalmente a floresta (ombiofila), substituída muitas vezes pela savana, notadamente depois dos desmatamentos ou da queima.

A evolução pedológica caracteriza-se por:

- a alteração completa de todos os minerais primários da rocha mãe;

- a sílica é atacada por dissolução desde a base do perfil. Entretanto, o quartzo residual é abundante mesmo e sobretudo no topo do perfil (empobrecimento);

- a presença em grande quantidade de vários produtos de síntese:

caolinita

gibsitita (raramente bochunita e produtos amorfos) para os hidróxidos de Al: goetita, hematita, produtos amorfos para os hidróxidos de ferro.

Bióxido de magnésio

Os hidróxidos de alumínio (gibsitita) migram pouco e dificilmente dentro dos perfis. Por isto tentou-se definir os solos ferralíticos pela relação $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ das argilas que deveria ter sido inferior a 2 em presença

da gibsitita (para a caolinita $\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = 2$), a diminuição desta relação implica numa ferralização cada vez mais intensa pela presença cada vez mais importante de Al_2O_3 .

Na realidade, constatou-se que os hidróxidos de Al migram dentro do perfil, e fora dele se a drenagem é muito boa; desistiu-se então de utilizar esta relação para caracterizar a intensidade da ferralitização.

O perfil é do tipo ABC ou A(B) C.

A condição de não considerar o empobrecimento de A como sendo uma lixiviação.

O horizonte A contém matéria orgânica bem evoluída que tende a se tornar grosseira nos solos muito evoluídos.

Este horizonte é sempre um horizonte de eluviação por saída lateral da argila e dos hidróxidos (lateral e vertical para estes). Em certos solos ferralíticos lixiviados aparece um horizonte A_2 mais claro e às vezes, de um A_2 esbranquiçado (solos ferralíticos podzolizados). Mas, muitas vezes, o limite inferior de A_1 é pouco nítido e difuso.

O horizonte B é um horizonte de acumulação, aliás mais por neo-síntese da caolinita que por migração e acumulação vertical proveniente de A.

Os hidróxidos de ferro e de alumínio circulando na sua parte superior (e na parte inferior de A) impregnam-se e podem endurecer em "fragipan", "duripan" ou formar concreções. Daí também, cores muito vivas vermelho ou amarelo. Este horizonte B, como o A, não inclui outros minerais a não ser o quartzo, a ilmenita, a magnetita, zircão e um pouco de ilita. A estrutura é má desenvolvida.

O horizonte C tem ainda muitas características da rocha mãe mas os minerais encontrados estão fáceis de serem esmagados entre os dedos.

Ele é, na maioria das vezes, coberto de um C_1 onde ou o solo é, manchado de vermelho, amarelo ou roxo. É o horizonte "plinthique" dos americanos, o horizonte das argilas manchadas de G Aubert.

A espessura é muito variável: alguns centímetros até 20m ou mais.

O complexo absorvente tem as seguintes propriedades.

Fraca capacidade de troca, tanto no solo como na fração argilosa por causa da presença da caolinita e dos sesquióxidos. Na superfície o humus aumenta muito. Por isto, toma-se como referência a capacidade de troca de B.

A soma das bases trocáveis é baixa, na argila como no solo inteiro (os coloides são formados de sesquióxidos e de caolinita, com alguns traços de ilita).

A taxa de saturação é fraca em A e em B; este último é o horizonte de referência.

Os solos ferralíticos correspondem aos litosolos e aos oxissolos da classificação americana, aos ferrissolos da classificação belga (Congo), rhodosolos e latosolos dos "Soils Units" (FAO-1967).

1. Sub-classes dos solos ferralíticos pouco dessaturados em B.

Classificação americana: utissolos em geral (oxissolos se existe um B óxido nítido)

Características gerais do horizonte B (ou B_1)

Teores em bases trocáveis: 2 a 8 meq por 100 gr. de solo.

Gráu de saturação: 40 a 70%, às vezes quase 80%.

pH: 5,5 a 6,5

Clima tropical com 3 a 6 meses de estação seca. Pluvionetria 1,2 à 1,6m.

Grupo 1-1 - Pouco dessaturado em B. Típico.

Aí o B é sempre um (B) estrutural em relação a argila porque a textura é constante de cima para baixo do perfil. Os teores em matéria orgânica (aqui bem evoluída) são baixos, alguns% em A.

Sub grupo 111 - modal

112 - endurecido: B endurecido em carapaça ou crosta, não ligado a um lençol.

113 - hidromorfo: manchas de gley ou de pseudo gley na base de A ou em cima de B.

114 - fracamente rejuvenescido ou penevoluido (erosão na superfície mas sem atingir C).

115 - húmico: matéria orgânica maior 3% em A.

Grupo 1-2 - Pouco desaturado e empobrecido: O horizonte A é empobrecido em argila em relação a B, com um índice de empobrecimento superior a 1/1,4.

Su-grupos: 121 - modal

122 - endurecido

123 - hidromorfo

124 - fracamente retrabalhado: A é nitidamente arenoso e bem diferente de B.

Grupo 1-3 - Fracamente dessaturados, retrabalhados.

O horizonte A apresenta uma textura pouco diferente da de B, mas encontra-se na base de A (e às vezes dentro de B) uma camada de seixos (stone-line) pouco rolados.

Sub-grupos 131 - modal

132 - endurecido

133 - hidromorfo

134 - pouco rejuvenescido ou penevoluido.

Nestes 4 sub-grupos, a camada de seixos sublinha deslocamentos do solo de fraca amplitude: reptação, deslocamento lateral do perfil

135 Eluviado: entre o A e o B, forma-se um horizonte nitidamente mais rico que A e B em areia grosseira, concreções e seixos, provocado por um forte deslocamento lateral dos elementos finos (originados de A).

Solos sempre muito velhos.

Grupo 1-4 - Fracamente dessaturados - rejuvenescidos ou penevoluidos.

A erosão corta o perfil que então evolui à partir do horizonte C antigo.

O solo apresenta tôdas as características de um solo ferralítico menos uma certa riqueza em minerais pouco alterados (ilitas em particular) devido a sua evolução a partir de um velho horizonte C. Às vezes trata-se de um aporte de material fresco (aluviões, cinzas vulcânicas) que "rejuvenescem" o solo.

Sub grupo 141 - enriquecimento eólico (cinzas vulcânicas) sobre tudo na Indonésia, Novas Hébridas).

142 - hidromorfos (aportes aluviais)

143 - com erosão e retrabalhado (frequente na África).

Este último grupo de solo é relativamente fértil, às vezes muito fértil como no caso de enriquecimento por cinzas vulcânicas.

Com efeito os minerais provenientes da rocha-mãe ou dos aportes, formam uma reserva de bases que êles entregam ao solo à medida que se procede a decomposição e que compensam a lixiviação normal de uma pedogênese ferralítica.

2ª Sub-Classes dos solos ferralíticos mediante dessaturados em B.

IV - CLASSE DOS ANDOSOLOS

Andepts da classificação americana.

Os andosolos constituem um conjunto de solos que deve a originalidade de suas propriedades a abundância na fração mineral de produtos amorfos, e alofanos associados a teores variáveis mais frequentemente elevados de matéria orgânica.

O horizonte A é de 15 a 60 cm de espessura, de cor escura, com compostos húmicos bem ligados aos alofanos e bastante resistentes à universalização; é bastante friável e suave ao tocar (apalpar). O teor em M.O. é forte (grande): 3 a 30%. O horizonte (B), espessura de 30 cm a 1 m, é pardo amarelado; à textura parecendo siltosa ao tocar, à estrutura fofo (Fluffy structure em Inglês) pouco gregada; / é escorregadiço e saponáceo em estado úmido; quando seco, leva / muito tempo para humedecer. A densidade aparente é fraca, em geral inferior a 0,8. O pH é ácido, 5 a 6 quando há pouco alofano: 4 a 5 / quando há muito.

Estes solos em geral são muito férteis:

1. - Sub classe de andosolos dos países frios -

Materias orgânicas em abundância e bem evoluídas.

Grupo 1.1: Andosolos húmicos desaturado-

perfil A (B) C muitas vezes indicam uma passagem para outros tipos de solos.

2. - Sub classe dos andosolos dos países tropicais -

Grupos 2.1 - Andosolos tropicais saturados: pH na vizinhança de 6, às vezes entre 6 e 7, presença de Montmorillonita 2/1.

Grupo 2.11 - Modal - A, inferior a 25 cm.

" 2.12 - Húmico - A, superior a 25 cm.

" 2.13 - pouco desenvolvido - o perfil é pouco desenvolvido.

Grupo 2.2 - Andosolos tropicais dessaturados: pH ácido inferior a 6 ou 5 a maioria das vezes o mineral argiloso é / Halosita.

V - CLASSE DOS SOLOS CALCOMAGNESIMORFOS

A morfologia dos horizontes superiores está diretamente / influenciada pela presença de ions-clorídicos - terrosos (calcio, magnésio, mas a parte inferior do solo, quando existe, não mostra nem os sinais de vertisolos nem aqueles dos solos isohúmicos.

O perfil é do tipo AR ou AC ou A (B) R ou A (B)-C (nunca há horizonte B textural).

A matéria orgânica do horizonte A é fortemente ligada aos

elementos minerais (argila) sob forma de um complexo bastante estável. O índice C/N é baixo de 8 a 12. Os ácidos húmicos cinzentos dominam amplamente nas matérias orgânicas. As argilas são dos tipos 2,12 pelo menos na maioria entre elas.

O complexo absorvente é saturado a mais de 90%, por Ca ou Mg e o pH é superior a 6,8. Mesmo que não haja efervescência com HCl diluído (estes solos são frequentemente calcários), a estrutura é granulosa ou grumosa.

A transição entre o horizonte A e o horizonte sub-jacente, é rápida (não há horizonte A₃).

Os horizontes profundos nunca mostram faces de escorregamento e o seu teor em matérias orgânicas é fraco em comparação com o A.

A rocha (matriz) é um carbonato ou uma rocha rica em carbonatos ou uma rocha bastante básica, que assegura um fornecimento de íons Ca (ou Mg) no perfil inteiro.

1. - Sub classe dos solos carbonatados - Os carbonatos estão presente no perfil inteiro (e fazem efervescência quando se trata de calcários) e bem dispersados no perfil, incluindo no horizonte A; o pH é superior a 7; a estrutura é granulada ou grumosa, as véses delicadamente poliédrica (em geral poliédrica arredondada).

Grupo 1.1 - Os Rendzines (Rendolls da classif. Americana): são solos carbonatados calcário, fazendo efervescência a frio com HCl diluído.

O perfil é pouco espesso (10 a 40 cm) em geral entre 10 e 25 cm), de tipo AC ou AR com cascalho calcário quando a rocha é dura. A estrutura é granulada ou grumosa ou nuciforme; o pH é superior a 7; a rocha matriz é sempre um carbonato de Ca.

Sub-grupos:

1.1.1 - Rendzima muito húmiferos.

1.1.2 - Rendzima com forte efervescência ricas em calcário.

1.1.3 - Rendzima modais.

1.1.4 - Rendzimas pobres em calcário fino.

1.1.5 - Yarerendzimas. (em clima sêco, pobre em matéria orgânica).

Grupo 1.2 - Os solos pardos calcários: são igualmente solos carbonatados calcários, fazendo efervescência a frio com HCl diluído; o pH é sempre superior a 7; nas eles sempre tem um horizonte(B) estrutural; o horizonte A tem uma estrutura granulada nuciforme ou delicadamente poliédrica.

O conjunto do perfil é um pouco mais espesso de que para os Rendzimas aproximadamente de 30 a 50 cm, / mais a rocha mãe é sempre um carbonato duro ou friável.

Sub-grupos:

2.1.1 - Solo pardo calcário.

2.1.2 - Solo pardo calcário com crosta calcária.

O horizonte B é fortemente enriquecido em /
calcário ± endurecido.

2.1.3 - Solo pardo calcário a pseudo-gley.

2.1.4 - Solo pardo "Nestique".

Grupo 1.3 - Os cripto-Rendzimas: são solos, que têm todas as características de Rendzimas, mas aqui o carbonato é um carbonato de Mg; só fazem efervescência com HCl diluído quente.

O perfil é do tipo Al ou A, A₃ C e pode comportar / uma certa quantidade de cascalhos dolomíticos. O pH é superior a 7.

A rocha mãe é uma dolomina.

As Rendzimas magnesianas (ou cripto rendzimas) são / bastante raras mas existem ao norte de Marrocos em / dolôminas (região de Meknés).

2. - Sub classe de solos saturados - O horizonte A contém apenas traços de carbonatos na terra fina (efervescência fraca ou muito / fraca quando se trata de calcário) o pH está incluído entre 6,8 e 7,8 (nunca mais de que 8). A estrutura é grumosa ou poliédrica.

Grupo 2.1 - Os solos pardos calcícos: solos saturados de perfil AC ou A(L3) C. O teor em matéria orgânica de A é inferior a 20%.

A estrutura é grumosa ou delicadamente poliédrica.

O pH na vizinhança de 7. A rocha-mãe é sempre carbonática.

Sub-grupos:

2.1.1 - Rendzimas escurecidos húmiferos (M.O. entre 10 e 20%).

2.1.2 - Rendzimas escurecidos modais.

2.1.3 - Solos escuros calcícos expessos (superior a 50 cm).

Grupo 2.2 - Os solos húmicos carbonatados:

Solos neutros com pH na vizinhança de 7.

O teor em matéria orgânica é superior a 20% em A.

Podem existir pedras calcárias no perfil porque a rocha mãe é sempre dura e rica em carbonatos, mas o / próprio solo é sem ou quasi sem carbonatos.

Sub-grupo:

2.2.1 - Modal

Grupo 2.3 - Solos "calciquos" melanisés": solos com pouca espessura, com complexo absorvente bem saturado em bases sobretudo Ca, mas o teor em carbonatos é muito fraco ou nulo em A. O horizonte ... quando seco

uma estrutura delicadamente poliédrica análoga a *self-mulching Kertisols Angulares*.

As argilas são do tipo 2.1.2 (Montmorilonita).

Nunca existe horizonte profundo com fazes de escorregamento ou de horizonte.B

Sub-grupos:

2.3.1 - Rendiziniforme (parece Rendzine) perfil AR

2.3.2 - A encrostamento calcário perfil AC_{ca} R.

3. - Sub classe dos solos gessosos - São solos calco-magnesianos nos quais o horizonte superior contém sulfatos de cal. A cor do perfil é cinza claro, as vezes bege (pardo cinzento).

O horizonte A pode, caso os teores de gesso sejam bastantes, encrostar formando uma superfície endurecida e irregular, muitas/vêzes divididas em polígonos irregulares.

Grupo 3.1 - Solos gessosos Rendziniformes: solos gessosos de pouca espessura (menos de 50 cm) de perfil AR ou ACR.

Grupo 3.2 - Solos pardos gessosos: possuem um A₃ e mesmo as vezes um (B).

O gesso pode acumular não só na superfície como também nos horizontes profundos.

Sub-grupos:

3.2.1 - Modal - A encrostamento gessoso da superfície ou menos liso e endurecido no topo do horizonte A ou mesmo em todo o A.

VI - SOLOS ISOHÚMICOS

Os solos isohúmicos se formam em clima sêco, menos de 800 mm de chuva, a maioria das vezes entre 200 e 500 mm, com uma longa estação de sêca e um período chuvoso cortado de períodos sêcos entre cada chuva.

A vegetação é a estepe com gramineas ou às vezes pradaria com poucas árvores ou arbustos.

A matéria orgânica é a principal característica destes solos. Ela impregna mais de que a metade do perfil e decresce regularmente de cima para baixo sem descontinuidade.

Ela é essencialmente formada pelas raízes das gramineas. Ela é muito bem evoluída com relação C/N vizinha de 10 com uma relação.

C ácidos húmicos = 1,8 a 3 (às vezes mais)

C ácidos fúlvicos.

Os ácidos húmicos cinzentos dominam largamente em proporção aos ácidos húmicos pardos; conforme Duchanfour e Jacquim. São tão fortemente condensados e tão resistentes que eles formam uma categoria particular chamados ácidos húmicos cinzentos Chernozemicos.

A matéria orgânica é portanto intensamente polimerizada nos solos isohúmicos (alternância de períodos secos, dissecação e presença de Ca.)

O complexo absorvente é, em geral bem provido de bases sobretudo em cálcio e magnésio e com tendência a ser saturado. Durante a estação seca há subida de bases com a água de capilaridade que evapora na superfície.

Durante a estação chuvosa pode haver lavagem dos carbonatos (não das bases do complexo) por arrastamento em profundidade; por razão do clima seco este arrastamento é fraco e o calcário nunca é expulso do perfil, mas se acumula na base do perfil.

A argila dos solos isohúmicos migra pouco ou nada, mesmo com 600/700 mm de chuva, pois o complexo argilo-húmico é saturado em Ca portanto muito estável (quando há um horizonte mais argiloso em profundidade, interpreta-se na maioria das vezes, este fato como o resultado de uma neossíntese de argila a um nível preferencial mais húmido.

O tipo de argila é variável conforme as regiões, mais parece que Montmorilonita e clorita podem sintetizar-se naqueles solos e em todo caso se mantêm bem.

A estrutura é em geral granulosa e grumosa (às vezes poliédrica arredondada) em A, poliédrica ou prismática às vezes maciça em profundidade; em regiões semi-áridas com chuvas raras e brutais há uma tendência de estrutura celular na superfície. Nas regiões com inverno muito frio (por exemplo nas planícies do sul da Rússia) se assiste durante a primavera o derretimento da neve e das primeiras chuvas a uma atividade intensa das minhocas que dão aos solos a mais bela / estrutura isohúmica (gonosa ou sobretudo granulosa).

A rocha mãe é sobre o silte calcária e permeável, o loess / que se acha os solos isohúmicos os mais característicos, os Chernozems. Mas existem solos isohúmicos sobre outras rochas-matriz: silte aluviões, aéreas, granitos, diázitos basaltos. Nas áreas ou nos alluviões argilosos pobres em bases eles são menos característicos.

1. - Sub-classe dos solos isohúmicos de pedoclima relativamente úmido = a pluvionetria está aqui no limite superior do que foi indicado (850 mm para Missouri) mas durante o inverno há um longo período de gelo.

O complexo absorvente é parcialmente dessaturado em AV : V=50 / a 60%, mas a saturação sobre de novo até 80% em (B).

A estrutura é poliédrica e fina desde a superfície.

Grupo 1.1 - Os Brnizens (LI dolls na classe Americana).

Sub-grupo:

1.1.1 - Modal

1.1.2 - À B textural

1.1.3 - à pseudogley

1.1.4 - à (B) vórtico

1.1.5 - com encrostamento calcário no topo C.

1.1.6 - lixiviado a alcalino

2. - Sub classes dos solos isohúmicos com complexo saturado sobretudo em Ca, evoluindo sob um pédoclima muito frio durante uma parte do ano, - o clima é muito frio durante o inverno (média de Janeiro -8º) quente no verão (média de Julho +20º) para um Chernozem de Koursh na Russia, e o solo é gelado sobre 80 cm de Novembro a Abril. Estes solos são muito ricos em matérias orgânicas.

Ao contrário, em zona de mediterrâneo (e as vezes mesmo em zona tropical) se acha solos análogos porém cada vez menos característicos a medida que a temperatura média aumenta; é verdade que, mesmo naquelas regiões, a estação chuvosa corresponde à estação fresca, a estação quente sendo bastante seca: pelo fato dos climas diferentes são arrumados em outras sub-classes.

Grupo 2.1 - Os Chernozems (Alldoll's class. americana). - Os teores em matéria orgânicas são bastante elevados nos primeiros 20 cms (mais de 4 a 5% à 15-20 cm, 1,5% à 80 cm no exemplo de Vonsk).

A relação C/N é de 10 na superfície, 7 a baixo. O solo é praticamente saturado em Ca, ainda mesmo que sejam descarbonatados pelo menos parcialmente, nos horizontes superiores.

Sub-grupo :

2.1.1. - Chernozems muito húmiferos, teor em matérias orgânicas superiores a 10% nos primeiros 20 cm.

2.1.2 - Modal

2.1.3 - à B textural fraco (sub grupo fazendo transição com os solos pardos).

Grupo 2.2 - Os solos castanhos (Hstoll na class. americana). - o teor em matérias orgânicas não é mais do que 3 a 6% nos primeiros 20 cm; a estrutura é grumosa e / nuciforme nos horizonte A prismático em baixo.

A descarbonatação da parte superior do perfil é ocasionalmente geral (mas não pode ser total) sobre uma profundidade de pelo menos 60 cm ou sobre a maior parte do perfil se é pouco espesso.

Sub-grupo:

2.2.1 - Solos castanhos nodais

2.2.2 - Solos castanhos vérticos

2.2.3 - Solos castanhos a pseudogley

2.2.4 - Solos castanhos encroscados

2.2.5 - Solos castanhos fracamente (pouco) alcalinizado ou Salinizados.

Grupo 2.3 - Os solos castanhos isohúmicos - (Artlis) - são achados nas planícies da Ásia Central, no Sahel da África do Norte, com pluviosidade fraca: 250 a 300 mm.

Os caracteres isohúmicos são menos acentuados; o teor em matéria orgânica não é mais do que 1 a 3% nos 20 cms. superiores.

A saturação do complexo absorvente é sempre forte, mais há uma certa descarbonatação do horizonte superior (que nunca é total) que se traduz por um aumento de efervescência quando se absorve de cima para baixo (exemplo 10 a 12% de calcário na superfície, 20% na profundidade pela volta de 50 a 60 cm.)

Sub-grupo:

- 2.3.1. - solo pardo nodal
- 2.3.2. - solo pardo pseudogley
- 2.3.3. - solo pardo vértice
- 2.3.4. - solo pardo encrostado
- 2.3.5. - solo pardo levemente alcalinizado ou salgado.

3. - Sub-classe dos solos isohúmicos com complexo saturado (principalmente em Ca evoluindo sob um pedoclima fresco durante uma parte do ano (estação chuvosa) - os teores em matéria orgânica é mais/baixo do que nas categorias precedentes, pois durante a estação chuvosa as temperaturas são frescas e devido a este fato a vegetação cresce devagar e de outra parte a estação quente caracteriza-se por uma seca quase absoluta. A alteração dos minerais é mais forte de que nas sub-classes precedentes e muitas vezes são constatadas uma síntese de argila. A estrutura é gonosa no horizonte A, prismática nos outros horizontes.

Grupo 3.1 - Os solos pardos (Ferruginoso, Arid soils, Argilas) - (grupo que inclui os solos castanhos subtropicos e pardos subtropicos de G. Aubert) - A principal característica destes solos é a descarbonatação total ou parcial do horizonte superior A; mesmo em casos de descarbonatação parcial, é fácil se constatar o grau de calcário por intermédio HCl diluído. Os solos fazem transição com os ferruginosos tropicos.

Sub-grupo:

- 3.1.1- Pardo nodal
- 3.1.2- Pardo rubificado
- 3.1.3- Pardo B textural
- 3.1.4- Pardo encrostado (cresca calcária)
- 3.1.5- Pardo à pseudo-gley
- 3.1.6- Pardo verifique (Tirs)
- 3.1.7- Pardo levemente salgado ou alcalizado.

Os solos pardos existem em particular na África do Norte (Pluv. 300-450 mm).

Grupo 3.2 - Os Sierozens (Aridisols da class. Am. - ORTHIDS) - a descarbonatação é aqui bastante fraca em A (não pode

ser constatada com HCL diluído nas semente na Análise). O teor em matéria orgânica é bastante fraco (/ menos de 1% em 20 cm sob vegetação natural). A estrutura do horizonte superior A é gomosa à nuciforme; às vezes maciça (arestas angulosas) ou poliédrica em B.

Sub-grupos:

3.2.1 - Modal

3.2.2 - Encrostado (a gesso

3.2.3 - A pseudo-gley

3.2.4 - Vértico em profundidade

3.2.5 - Levemente salgado ou alcalinizado (repetido no original nota do tradutor).

Os Sierozens existem no Sul da U.R.S.S. ou Oriente / Médio na África do Norte, em geral na bordura dos / desertos quentes no verão, frescos no inverno com / pluviosidade de 150 a 300 mm.

4. - Sub-classe dos Isohúnicos com complexo saturado (principalmente em Ca) evoluindo sob um pedoclima quente durante a estação chuvosa - aqui trata-se de solos que evoluem sob pluviometrias de 300 mm mas em zona intertropical, portanto com uma estação chuvosa / relativamente curta, 3 a 5 meses no máximo, durante a qual as chuvas fortes alterna com períodos de secas. Os teores em matéria / orgânica são fracos (menos de 1%), porque a atividade biológica é forte (unidade, calor) quando o solo está úmido em profundidade e o crescimento da herba é contrariado pelo período da seca. Esta matéria orgânica é sempre bem evoluída. A unidade do subsolo favorece uma forte alteração dos minerais com uma liberação do ferro, daí uma cor vermelha ou tendência para o vermelho no / conjunto do perfil; perfil A (B) C.

Grupo 4.1 - Os solos pardos Sub-áridos:

Sub-grupos:

4.1.1. - Pardo sub-árido Modal

4.1.2. - Pardo vermelho sub-árido

4.1.3. - Pardo sub-árido à pseudo-gley

4.1.4 - Pardo sub-árido vertico

4.1.5 - Pardo sub-árido salgado ou alcalinizado,

VII - CLASSE DOS SOLOS PARDOS (AMARRONZADOS)

O perfil é do tipo A(B)C ou ABC; o horizonte B é as vezes / difícil a distinguir; nunca há sinais de um horizonte de acumulação / de matérias orgânicas provenientes de A₁ por aluviação (o que o diferencia dos B dos podzols).

A matéria orgânica, sempre bem evoluída em consequência de

uma forte atividade biológica, é em geral de tipo Mull mas pode às vezes servir um moder no limite da classe (intergrans para solos podzolicos).

A relação C/N sempre inferior a 14, está em geral na vizinhança de 10.

O ferro liberado pela alteração dos minerais é ligado, em grande parte a argila e ao humus e não colóra consideravelmente o perfil, exceto em região tropical.

Não há (ou há pouca) degradação química dos minerais no interior do perfil.

1. - Sub classe dos solos pardos (amarronzado) dos climas temperados húmidos - Europa Atlântica.

Grupo 1.1 - Os solos pardos (Inceptisolos), (Ochzeps da Class. Americana) o B sendo B cambriana.

O perfil é A(B)C, aem A₂ o arrastamento da argila é fraco ou nulo em profundidade (o índice de lixiviação está incluído entre 1 e 1/1,4).

Presença de um (B) estrutural.

Sub-grupo:

1.1.1 - Modal pH > 5,5 em (B) Entrochrept

1.1.2 - Acido pH < 5,5 em (B) Oyshoclirept

1.1.3 - Pardo andico nos materiais vulcânicos ricos em alofanos.

1.1.4 - Pardo levemente lavado - um B testural começa a se formar com sinais de lavagem de argila entre 1/1,1 e 1/1,4.

Grupo 1.2 - Os solos lavados (Alfisolos dos Americanos) - perfil ABC com um B testural devido a uma imigração de argila de 4 a 5% (índice de arrastamento superior a 1/1,4). Os revestimentos argilosos são frequentes em B. Às vezes há uma acumulação de ferro em B, mas nunca de materias organicas.

Presença de um A₂ mais ou menos claro, nunca cinzento. O horizonte A, pode ser a Mull ou a Modez.

Sub-grupo:

1.2.1 - Solos pardos lavados - A₂ mal diferenciado B testural puro (limpo).

1.2.2 - Solos lavados Modais - A₂ de cor clara / pH > 5,5 em B.

1.2.3 - Solos lavados ácidos - pH < 5,5 em B

1.2.4 - Solos lavados levemente podzolicos a Modez - A₂ é mais claro às vezes um pouco esbranquiçado. B é puro (limpo) e muitas vezes cor de Ocre.

1.2.4 - Solos lavados hidromorfos - manchas de gley ou pseudogley em B ou A₂:

1.2.6 - Solos lavados glóssicos - o horizonte A_2 /
penetra em B sob forma de "linguas" irregu-
lares.

2. - Sub classe de solos pardos (amarronzados) dos climas temperados continentais - Rússia - Este da Europa centro de USA (Middle West).

Grupo 2.1.- Os solos cinzentos florestais (Grey forest Soils) - perfil A, B C, A_1 , é puro o chrept o B textural é bem estruturado e S/T é elevado.

Grupo 2.2.- Os solos Derno-Podzolicos (Alfisols) - A_1 é rico em matérias orgânicas do tipo de Mull, às vezes Mdez, formado por gramineas.

A_2 é cinzento mais ou menos claro, nunca "cendreau" e penetra no B textural

3. - Sub classe dos solos pardos (amarronzados) dos climas boreais Altalifs na classificação americana.

Grupo 3.1 - Os solos lavados boreais - Grey forest soils Canadá - presença de um horizonte A, mas não A_1 .

A_2 é descolorido e esbranquiçado porém ainda argiloso.

B é muito enriquecido em argila com revestimentos / argilosos. O complexo absorvente é quase saturado.

4. - Sub classe dos solos pardos (amarronzados) dos países tropicais - Trata-se ainda de solos com humus suave (Mull) muito bem humificado e ligado a matéria orgânica.

Estes solos se desenvolvem num clima tropical semi-húmido (700 a 1200 mm de chuva aproximadamente) sobre rochas não ricas em bases (Calcário, Granito fortentne, calco alcaluinos, diorita, gabbro sobretudo basalto).

O complexo absorvente rico em bases e porisso a diferenciação dos horizontes é fraca para o clima; esta riqueza em bases pode mesmo gerar uma formação de Montmorilonita que se mistura com Caolinita no perfil, daí as vezes o aparecimento de algumas características verticais em B. O horizonte que em todos os casos tem uma estrutura grosseiramente cúbica ou poliédrica em grossos poliédros de 3 cm por 4 ou 5 cm pelo menos. Entretanto o clima quente e relativamente úmido provoca a libertação de óxidos de ferro de onde um início de rubefação que dá uma cor parda/avermelhada (ferrolatização inicial).

A_1 com Mull bem ligado a argila: estrutura nuciforme.

B com estrutura cúbica grosseira (ou poliédrica grosseira).

Forte saturação em bases do complexo absorvente cor geral parda/avermelhada.

Grupo 4.1 - dos solos pardos Eutrophos tropicais:

Sub-grupo:

4.1.1 - Pouco evoluído

4.1.2 - Hydromorfos verticais.

- 4.1.3 - Ferruginados (côr avermelhada mais limpa que anteriormente; êles fazem transição com os ferralíticos).

VIII - CLASSE DOS SOLOS - PODZOLISADOS

A matéria orgânica é um mor (Podzol) ou um moder (solos podzólicos) muitas vezes mal humificados e formam em muitos casos um horizonte A_0 .

A evolução, muito lenta, das matérias vegetais libera grandes quantidades de ácidos férricos que alternam os silicatos argilosos complexam o ferro e o alumínio (processo característico da podzolização). O horizonte A, apresenta tipicamente a seguintes subdivisões:

- A_0 : que às vezes pode faltar ou é bastante fino.
- A_1 : que pode faltar, porém é raro.
- A_2 : em geral presente, eluvial, muito esbranquiçado, fortemente empobrecido, em argilas, ferro e cations.

Às vezes A_2 é coberto, pela descida por eluviação de humus de A_1 ; naquela ocasião é difícil distinguir A_1 .

A_1 é rico em matérias orgânicas pouco evoluídas; $C/N > 14$.

A_2 é mais pobre em matérias orgânicas de que A e B.

O horizonte B é caracterizado por:

Tecores elevados em sesquióxidos de ferro e alumínio como / também de carbono orgânico (relação $C/N > 14$).

Ferro e matérias orgânicas formam uma cohera ao redor dos grãos de areia e podem formar granulos (oxydo de ferro e matéria orgânica) visíveis com uma lente.

Conforme a classificação americana:

$$\frac{C + Fe + Al}{\% \text{ de Argila}} > 0,15$$

Às vezes o horizonte B falha após uma lavagem oblíqua (solos humus "cendreux"), A_2 é então o único horizonte característico. Os solos Podzolisados correspondem aos Spodosolos da classificação Americana, de horizonte B sendo um B spódico típico.

1. Sub classe dos solos Podzolisados de clima temperado -

Grupo 1.1 - Os Podzols - Spodosols da classificação americana exceto para o sub grupo humo "cendreux" que seria um / Uncrept. O humus é de tipo mor na superfície.

O perfil é A_0, A_1, A_2, B, C ;

A_0 é muitas vezes espesso, A_2 é completamente descorado (incolor) e de estrutura "cendreux".

B apresenta uma acumulação de humus, Bh ou ferro B fe ou dos 2 ao / mesmo tempo Bh fe, e muitas vezes endurecido em alios (Iragipan) -

Em consequência pode faltar a lavagem oblíqua dos solos humo-gendrados (cendreaux).

Sub-grupo:

- 1.1.1 - Podzols húmicos-O B é em B_h presença de A_0 , A_1 , A_2 , B, C (Humods).
- 1.1.2 - Podzols ferruginosos-O B é um B_{fe} presença de A_0 , A_1 , A_2 , B_{fe} , C (Ferrodos).
- 1.1.3 - Podzols Humo-Ferruginosos-O B é um $B_h Fe$ / presença de A_0 , A_1 , A_2 , $B_h Fe$, C (orthods).
- 1.1.4 - Solos humo-cendreaux-O B desaparecem após a lavagem oblíqua devido ao declívio. Presença de A_0 , A_1 , A_2 , C Umbrepts da class. Americana.
- 1.1.5 - Podzols à hydromorphia profunda. Aquods da class. americana ; C é invadido por gley. (CG) e B pode apresentar manchas pseudo-gley. A_2 é sempre bem claro, mas um pouco menos cendreaux de que nas categorias precedentes. O B pode ser B_h ou $B_h Fe$.

Em zona temperada fria (Norte da Europa- Canadá), os podzols podem se desenvolver sob qualquer vegetação, mas em geral a rocha-mãe dá nascença a solos relativamente arenosos.

Em zona temperada úmida e relativamente morna (França, Itália, Espanha e Portugal às vezes montanhas da África do Norte) eles se formam em baixo de florestas de pinheiros e trata-se sempre de solos muito arenosos formados sobre arenitos, arcias ou granitos fortemente alcalinos.

Grupo 1.2 - Os solos Podzólicos - (Spodosols da class. americana)

O humus na superfície é um Moder, às vezes um Mor. O perfil é do tipo A_0 , A_1 , A_2 , B, C.. O horizonte A_2 é bem desenvolvido, esbranquiçado, mas não completamente Cendreaux (lembra muito ao horizonte A_2 dos podzols de hidromorfia profunda).

O horizonte B é a primeira vista um B_{fe} , mas com análise uma taxa de matéria orgânica superior a 1% / ($C/N > 14$ claramente mais importante de que aquele de A_2 .)

O índice de arrastamento do ferro ($\frac{\text{ferro de B}}{\text{ferro de } A_2}$) é superior a 4.

Sub-grupo:

- 1.2.1 - Solo Podzólico Modal - Orthod da class americana.
- 1.2.2 - Solo Podzólico à hydromorphia - profunda con

- têm Gley (C_g) e B pode ter pseudo-gley na /
 - sua base.
- 1.2.3 - Solo Podzólico a pseudo-gley - A_2 descolora
 do sôbre puja um B_g à pseudo-gley (UMBRAQUA
 PT caso A_2 é muito frio?)
- 1.2.4 - Solo Podzólico a stagno-gley - Lençol quase
 permanente; o perfil é A_0, A_2, g, Bg, C onde
 o horizonte g (pseudo-gley) caminha para um
 gley em vista de sua côr branca esverdeada
 - nenhum A , Bg é um B à pseudo gley.
- 1.2.5 - Solo Podzólico automorfo modificado pelo /
 homem - a cultura tem misturado os horizontes
 A_0, A_1, A_2 num só A_p .
 O humus tem tendência a ficar um Mull sob a
 influencia da mudança da vegetação (plantas
 cultivadas).

A podzolização nos solos podzolicos é mais intensa que para os podzols, mas é o mesmo fenômeno; a sua localização é a mesma que a dos podzols, mas o solo é menos permeável (rocha-mãe mais rica em argila); na Europa do Norte, a vegetação é composta de pinheiros ou mesmo de fâlhudos na Eurôpa do Sul com uma rocha-mãtriz bastante permeável (areia, arenito).

Grupo 1.3 - Grupo de solos ocre podzolicos - O perfil é ABC c/
 com um A_2 descontínuo ou ausente.

O horizonte B é de côr vermelha ou ocre bem forte /
 (óxidos de ferro) se bem que rico em humos (2 a 3%)
 o que é pouco visível; é essencialmente um B_{fe} /
 nunca endurecido que às vezes é envolvido por um /
 embrião de B_h (2 a 3 em de espessura).
 O humus da Superfície é um nor ou moder.

Sub-grupo:

1.3.1 - Ocre podzólico Modal.

1.3.2 - Ocre podzólico - profunda hidromorfia - (em
 cima de B se acha um G de gley ou um Bg de
 pseudo-gley).

1.3.3 - Solos criptopodzolicos - o horizonte A_2 é
 muito fino (alguns centímetros).

O horizonte B é pardo-avermelhado ou cin-
 zento preto. A podzolização se vê apenas na
 micro estrutura, mas, quimicamente ela é /
 pura (C/N elevado em B, abundância de áci-
 dosfulvicos, etc...).

Sub-grupos:

1.4.1. - Cripto-podzolicos humíferos - perf
 fil (A,B)C. A, espesso (30 a 40 cm),
 bastante rico em matéria orgânica.

Solo das montanhas baixas da Europa ou nas charneças (matagais) atlânticas.

1.4.2. - Grupo podzólico pardo.

2. Sub-classe dos podzólicos de clima frio -

Mesma morfologia do perfil de que para os podzols dos climas temperados, mas A_2 é menos exposto (10 a 15 cm) e a saturação em bases bem mais fortes.

Grupo 2.1 - Podzols boreais

2.2. - Podzols Alpinos. (Montanhas elevadas).

3. Sub-classe dos solos podzolizados hidromorfos -

A pedogênese clássica do tipo podzólico (degradação das argilas, migração do ferro e de humus com acumulação em B) vem se juntar um fenômeno de hidromorfia que interessa o perfil inteiro e não só um horizonte profundo.

Grupo 3.1 - Grupo dos podzols Gley:

Sub-grupo:

3.1.1 - Podzols húmicos a Gley (Aquod) - O lençol freático está bem perto da superfície. Perfil A_0 , A_1 , A_2 , G, B_h , C. A_1 é muitas vezes contaminado pelo humus proveniente de A; por isso é escurecido e irregular.

3.1.2 - Podzols ferruginosos hidromorfos - perfil A_0 , A_1 , A_2 , B_{fe} , C. B_{fe} está ao nível do lençol. (vede).

Grupo 3.2 - Grupo dos Molkeu-podzols - o humus de A_0 é um hidromor porque a camada permanece em superfície o ano inteiro. A_1 é um A_{1g} ou g, muitas vezes branco esverdeado. Perfil A_0 , g, B, C. são podzols das montanhas.

Grupo 3.3 - Grupo dos podzols tropicais da camada (toalha, vede) Este podzols se forma a partir dos solos ferralíticos profundos, bastante permeáveis, pobres em base; quando o empobrecimento em bases é tal que o pH fica muito ácido (abaixo de 5,5 e mesmo 5), a vida microbiana para; as matérias vegetais frescas se humificam mal e dão nascimento a uma grande quantidade de compostos hidrossolúveis e ácidos flúvios que migram no perfil e vão se acumular a um nível um pouco menos permeável e ali aglomera-se com ferro; este nível que muitas vezes pertence à A do antigo solo ferralítico, torna-se mais e mais impermeável e forma um B "alios" em baixo do qual uma camada freática se desloca lateralmente ou estagna

Isto se produz somente nos climas equatoriais muito húmidos, pelo menos 2,5m de chuvas; Gabon- Amazonia. Caso o solo for muito arenoso, este limite de 2,5m pode baixar para 1,60m (Congo ex Francês)

O perfil será o seguinte:

- A_0 formado de Moder, às vezes de Mor, chamado aqui humus bruto / tropical.
- A_1 bastante escuro, aonde a matéria orgânica é bem decomposta.
- A_2 esbranqueçado, com uma tendência a estrutura condreux; muitas vezes é uma A_{2g} à pseudo-gley.
- B que é um B_h ou B_{hFe} , impermeável e duro (se está seco).
- C que morfologicamente bastante vizinho de A_2 , porque o solo podzólico, tem se desenvolvido inteiramente no Horizonte A de um solo ferralítico e tem guardado característica dôle (muitas vezes são areia quase pura).

Como A_2 do podzol não tem muita coisa a lavar e não contém o humus que caracteriza A_1 e B do podzol, ôle lembra muito a C.

Êstes podzols tropicais do lençol, existem em Gabon; na Amazônia sob climas bem quentes e bem úmidos e igualmente nos planaltos de Balekés ao norte de Brazzaville onde a pluvionetria é menor / (1.800 mm) nas onde os solos são muito arenosos e bastante permeáveis; Nos planaltos êles formam, onde não há água, "lentilles" cujo centro é ocupado por lagoas de água escurecida por humus que é o único recurso de água dos habitantes, o nível impermeável que retém a água é o B do podzol, completamente entupido de água no centro da lagoa (lamaçal) em curso de evolução podzólica nas margens (De Boissezon et Gnas - \emptyset Carta Pédo Silti Est?).

ERRATA DO CURSO DO PROF. JEAN BOYER

I - PARTE

3a 1a página, terceira linha do 2º parágrafo, o nome certo é OLIVIER.
Na página 2 na 4ª linha, depois da palavra terrestre, o nome ~~da~~ deve ser substituído por Ele.

Ainda na pág. 2 no 4º parágrafo a letra K deve ser substituída por D.

No 1º parágrafo, 5ª linha ~~página 3~~, o nome certo é hidromorfia e não hidromorfos, página 3.

Página 4, 6º parágrafo 2ª linha, depois da palavra alguns deve ser acrescentado o m ao c.

No oitavo parágrafo 2ª linha depois da palavra geológica, acrescenta-se: e pedológica.

Página 5, 2º parágrafo 3ª linha, depois da palavra tempo, acrescentar a palavra ser.

Terceiro parágrafo 6ª linha, o nome certo é orgânica

Sétimo parágrafo 10ª linha, depois da palavra Tunísia, acrescenta-se a palavra Trigona.

Página 6 2ª linha, depois de Ródano, acrescenta-se no e na França, antes da palavra dondê.

4º parágrafo depois do nome carta, o nome certo é pedológica

2ª linha depois de fêz, o nome certo é escutar

3ª linha antes de escala acrescenta-se a palavra mesma

5º parágrafo 2ª linha, escala certa: 1/100.000

6º parágrafo 1ª linha, nome certo: estabelecer

2ª linha, depois de políticas, nome certo: humanas

9º parágrafo 1ª linha, depois de relações, nome certo: entre

2ª linha depois de plantas, nome certo: o solo

3ª linha depois de mesmo; nome certo: título.

Página 8 2º parágrafo 7ª linha, colocar () na letra B.

5º parágrafo 2ª linha, ~~escutar~~ o s da palavra chamados.

6º parágrafo 7ª linha, cortar A1 e acrescentar A1

Página 7 - Antes do título, colocar a palavra: Capítulo I

7º parágrafo, nome certo progressivamente.

6ª linha depois de vertsolos acrescentar depois de A: Ac

7ª linha antes de C, colocar (algumas, não todos)

Página 9, 2º parágrafo depois de horizonte, nome certo: eluvial
3º parágrafo 4ª linha, depois da palavra consistência acrescentar a letra d e antes de côr, acrescentar a letra d.
Subdivisão do 3º parágrafo 2ª linha, substituir r por B (ou seja B_r)
Página 10 2º parágrafo 1ª linha, acrescentar com antes da letra C
ainda na 1ª linha nome certo: As vezes
Página 11 6ª linha acrescentar o s à palavra base e depois de V o sinal >
7ª linha acrescentar depois de O₅ o sinal >
2º parágrafo 2ª linha, depois de V acrescentar o sinal >
4ª linha nome certo: "mollique"
3º parágrafo 3ª linha depois de M.O. acrescentar o sinal >
7º parágrafo antes de 15% acrescentar o sinal <
Acrescentar na linha seguinte: Horizonte iluvial, 15% de argila < 40%, diferença 2% com horizonte A
Página 12, 1ª linha, depois de horizonte nome certo: iluvial e Argila >
40% em vez de 40% de argila
4º parágrafo 3ª linha depois de M.O. acrescentar e sinal > e antes de 0,7% o sinal >. Idem na 4ª linha
Na 5ª depois de M.O. o sinal < e > antes de 2%
5º parágrafo 3ª linha depois de metálicos substituir T por F e A₁ por A₁
6º parágrafo depois de l3 substituir meg por me⁹, acrescentar ; na letra g e no nome fraco.
No lugar de Horizonte Alíco colocar Horizonte Albico
Linha seguinte, nome certo: Horizonte "câmbico"
9º parágrafo 2ª linha depois de côr substituir de, por com a
Acrescentar no 10º parágrafo o ; depois de humanas
10º parágrafo 2ª linha, acrescentar depois de úmido: (carapaça da classificação francesa)
Na 7ª linha palavra certa: "Plintique"
Riscar a linha seguinte.
Na página 13 da primeira linha até a 23ª, tornar sem efeito
Na página 14, 11ª linha, corrigir jornalísticos por ferralíticos e estão por são.
Na 12ª linha, nome certo: encontram
Na 13ª linha, nome certo: halomórficos
Na 17ª linha, colocar o t da palavra subhorizontais.
Página 15, sublinhar Estrato erbáceo e Estrato lenhoso
Página 16 6ª linha, colocar vírgula depois da palavra alteração
Na 12ª linha, acrescentar o i na palavra vertisolos
Na 20ª linha, acrescentar : ou blocos

Página 17 17ª linha, número certo: 100 m
Página 18 18ª linha, colocar A depois do ponto.
24ª linha, nome certo guley
29ª linha, depois de 10 m, acrescentar: ou mais
Página 19 5ª linha, cortar o -
16ª linha, depois da palavra especiais, nome certo: o meio
Página 21 2ª linha, nome certo: estrato
3ª linha, nome certo: difere
2º parágrafo 2ª linha substituir 2 xm por 2 cm
Colocar o sinal < depois da palavra abrupta e o sinal > depois da palavra progressiva.
3º parágrafo 2ª linha, depois de descontínuo colocar vírgula e etc
Página 22 9ª linha, cortar a vírgula da palavra famílias
3º parágrafo 4ª linha cortar o) e colocá-lo depois da palavra unido.
O mesmo depois da palavra taches e acrescentar a palavra em Francês, colocando o) em seguida.
Página 23 1ª linha, acrescentar depois da palavra elípticas: com "marbrures".
14ª linha, depois da palavra Munsell, substituir a por m
23ª linha, nome certo: (frappant)
Página 25 8ª linha, substituir o por a na palavra ferralíticos
2º parágrafo 1ª linha, depois de 3000, substituir mm por um
5º parágrafo 2ª linha, substituir ancour por anmoor e anaeróbion por anaeróbiose.
3ª linha acrescentar depois da palavra permanente, a palavra ou turfa.
Depois do título Mull cálcico acrescentar: Em A₁ antes de pH 7 e ; respectivamente depois de 7 e 10
Na última linha depois da palavra (saturação em bases) acrescentar A₁
Página 26 1ª linha, nome certo: Mull-like.
4º parágrafo 5ª linha, nome certo: Longerius
Página 27 7ª linha, cortar o) e colocar a palavra: dos cogumelos colocando o) depois.
2º parágrafo 2ª linha, cortar a palavra não e acrescentar a palavra sonen te antes de: os cogumelos.
4ª linha consertar: A₀
6ª linha nome certo: Xercmor e cortar a palavra (Landes)
7ª linha acrescentar depois da palavra delgado: (Landes no sul da França)
3º parágrafo 1ª linha cortar () da palavra produto.
Na última linha, nome certo: contendo
Página 28 14ª linha acrescentar a letra b) antes de Turfas Altas.
Acrescentar a letra o) no parágrafo seguinte.

Página 28 27ª linha, depois da palavra mãos substituir e por u
29ª linha, palavra certa: "lemnists"

34ª linha, palavra certa: (cassantes)

Página 29, colocar os sinais > depois de pH, > depois de C/N, > depois V,
e < depois pH > depois de C/N e < depois de V, depois da palavra Oligo-
trofo

4º parágrafo 1ª linha, nome correto: Mulls

6º parágrafo substituir: e solos existentes por: existem nos solos

7º parágrafo 8ª linha cortar 1000 e colocar a palavra: mais de

7º parágrafo última linha acrescentar depois de húmico: e a sua matéria
orgânica é um moor).

Página 30 2º parágrafo 5ª linha, nome certo Moor.

Substituir u por a em todos os lugares que o encontrar.

Página 31 13ª linha colocar o sinal > depois da palavra Argila idem entre
Argila e < 12-15%.

Página 33, 11ª linha acrescentar depois da palavra inglês: ("agregat" em
Francês)

8º parágrafo 4ª linha, nome certo: (poudreuse)

Página 34 - 31ª linha, nome correto: elipsoide

35ª linha, cortar o s da palavra (grumoleuses)

Página 36, nas 7ª e 9ª linhas o nome certo é unidade

Ainda na página 36 depois do título A POROSIDADE, a palavra a fonte deve
ser substituída por o pedólogo.

Página 37, 14ª linha, nome correto: friável

Na 27ª linha cortar a palavra suavemente depois da palavra dois.

Página 38 - consertar os desenhos.