Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco III

Técnicas Laboratoriais de Química

Teresa Sobrinho Simões
Maria Alexandra Queirós
Maria Otilde Simões

Bloco III

PORTO EDITORA

3 FORMAÇÃO DO SOLO

3.1. Factores que interferem na formação de um solo

Os factores que interferem na formação de um solo são:

A – Rocha-mãe

As características da rocha-mãe determinam os limites da composição química e mineralógica do solo.

Ex.: Textura { Fragmentação das rochas; Tipo de argila; Nutrientes; Capacidade de armazenagem de água }

B – Clima

O clima afecta a velocidade de erosão geológica, a qual, por sua vez, afecta as formas e as características da superfície terrestre.

Ex.: Chuva { Ciclos de aquecimento-arrefecimento; Tipo de vegetação; Lixiviação }

C – Organismos vivos

A matéria orgânica é um componente importante do solo. As plantas, animais, bactérias e fungos fornecem essa matéria orgânica.

Ex.: Acumulação da matéria orgânica { Nutrientes; Escavações; Influências antropogénicas }

D – Relevo

O relevo influencia a formação do solo através da drenagem, águas de escorrimento e erosão e, de alguma forma, da exposição ao Sol e ventos.

Ex.: Erosão ⟶ Espessura dos horizontes

E – Tempo decorrido

O decorrer do tempo permite que o clima, os organismos vivos e o relevo afectem a rocha-mãe.

O grau de alteração observado permite determinar a idade do solo.

Ex.: Acumulações ⟶ Condições atmosféricas

3.2. Fases de formação de um solo

1.ª fase – Desagregação e transformação de uma rocha

O solo tem origem na decomposição de uma determinada rocha – **rocha-mãe** – e pode afirmar-se, sem grande incorrecção, que possui, como os seres vivos, um verdadeiro metabolismo:

- decomposição da rocha-mãe por acção de agentes físicos diversos (temperatura, vento, precipitação...);
- a sua transformação pelos seres vivos.

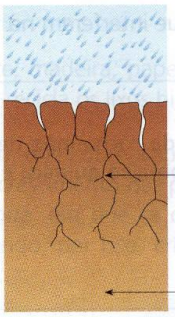


Fig. 4 – Desintegração da rocha-mãe.

A **rocha-mãe**, que pode ser de granito, xisto (rochas duras), argila (rocha mole) ou areias (rocha móvel), sofre uma fragmentação provocada por agentes físicos (precipitação, temperatura, ventos...).

Esta fragmentação dá origem a uma mistura de minerais, ainda não alterados (seixos, areias grossas, saibros e aluvião), com uma espécie de "pasta" proveniente da alteração química (dissolução ou hidrólise) de minerais (argila, sílica, óxidos de ferro e sais de cálcio, magnésio, potássio, sódio...) em formas mais ou menos solúveis.

2.ª fase – Formação de um solo jovem ou "não evoluído"

O solo "nasce" quando àqueles constituintes minerais se acrescentam os constituintes orgânicos que provêm de animais e vegetais:

- **colonização do solo por vegetais** (bactérias, algas, líquenes, cogumelos...) e por animais (protozoários, insectos...);
- **decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos** dando origem à formação de CO_2 e **húmus**, que continuam a alteração dos minerais devido à sua acção ácida;
- formação de um **complexo argilo-húmico**, pela associação de argila + húmus;

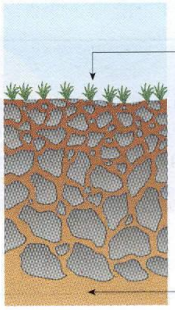


Fig. 5 – Formação do solo jovem.

- **coagulação deste complexo** pelas substâncias básicas do solo (principalmente Ca e Mg);
- **alimentação das plantas pelos minerais** transformados em formas assimiláveis pelos microrganismos.

3.ª fase – Formação de "horizontes" – solo evoluído

A água infiltrada no solo ao "lixiviar" ou arrastar as substâncias solúveis ou fluidas acumula-as em zonas de profundidade. Este arrastamento depende, entre outros factores, da:

- quantidade de precipitação;
- permeabilidade do solo;
- natureza do húmus formado.

Em zonas do Globo com climas de forte evaporação há substâncias que podem voltar a "ascender" à superfície, arrastando substâncias dissolvidas.

Estas migrações dão origem ao "**solo evoluído**" onde são visíveis diferentes horizontes:

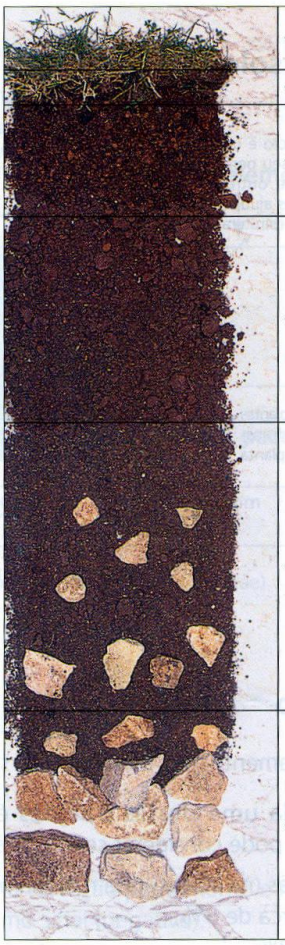


Fig. 6 – Solo evoluído.

Horizonte O – de cor preta ou acastanhada, sendo constituído essencialmente por matéria orgânica (folhas acabadas de cair ou em decomposição parcial, ramos finos, detritos animais...).

Horizonte A – solo superior (mineral), constituído por uma mistura de matéria orgânica parcialmente decomposta (húmus) e algumas partículas minerais inorgânicas.

Horizonte B – subsolo.

Horizonte C – material primitivo.

(Os horizontes B e C contêm a maior parte da matéria inorgânica, rocha desintegrada (areia, lodo, argila e gravilha).

Horizonte D – rocha-mãe.

4 CONSTITUIÇÃO FÍSICA DO SOLO

4.1. Composição do solo

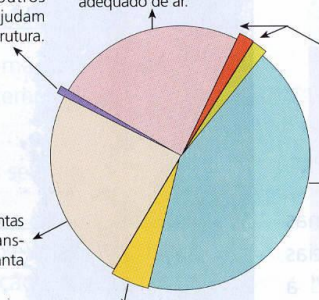


Fig. 7 – Composição do solo.

4.2. Fracções do solo

O solo é composto, basicamente, por três fracções: sólida, líquida e gasosa.

A **percentagem de cada uma destas fracções** é variável de solo para solo, mas como **composição média do solo** pode considerar-se a representada no gráfico anterior:

- **substâncias inorgânicas** (na sua grande maioria minerais) – cerca de **45%**;
- **matéria orgânica** – cerca de **5%**;
- **ar e água** – cerca de **50%**.

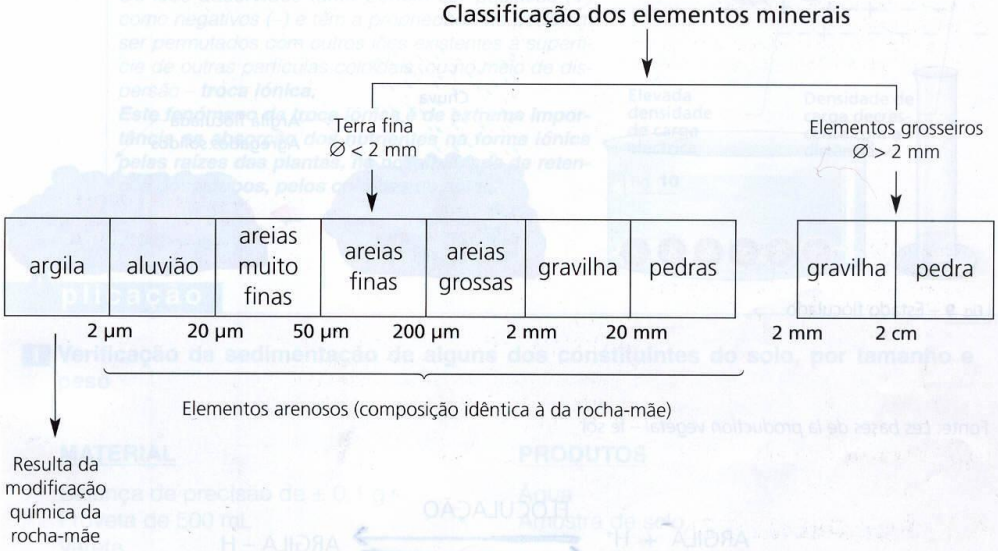
Quadro 1 – Fracções do solo.

Fracção	Constituição
Fracção sólida	Constituída por **elementos minerais** que provêm da desagregação da rocha-mãe (areias grossas ou finas, argila, calcário, óxidos de ferro...), ou adicionados pelo Homem e por **matéria orgânica** proveniente, principalmente, da decomposição de animais e de vegetais e húmus (produto final da decomposição).
Fracção líquida	Constituída por **água** e **substâncias solúveis** que têm origem na alteração química das rochas e na decomposição da matéria orgânica. Estas alterações produzem compostos essenciais ao crescimento das plantas (N, P, K).
Fracção gasosa	Constituída por **gases**, com a **mesma composição do ar** (razão pela qual se denomina "atmosfera do solo"), e por **outros gases provenientes da decomposição da matéria orgânica**.

4.2.1. Caracterização de alguns constituintes da fracção sólida

A – Constituintes minerais

A_1 – Classificação quanto à granulometria



A_2 – Estudos da agregação da argila

A argila presente na água origina uma turvação permanente e não se deposita. Esta turvação é devida à repulsão entre cargas do mesmo sinal (negativo).

No solo, a argila dispersa é incapaz de aglomerar os agregados terrosos. Por acção da chuva a estrutura desagrega-se originando solos compactos asfixiantes e desfavoráveis à vida das raízes e microrganismos.

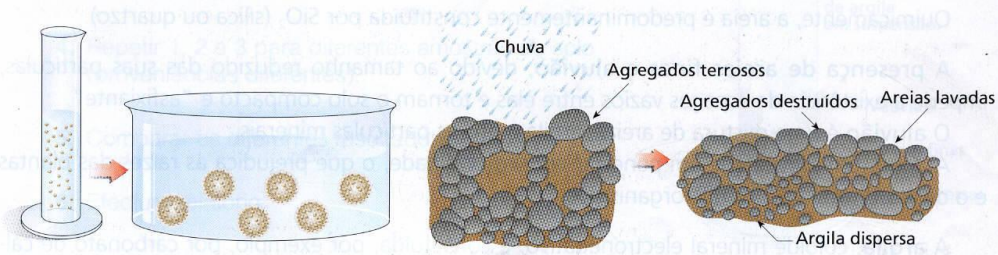


Fig. 8 – Estado disperso.

A argila deposita-se no fundo, separando-se da água, tornando-se límpida (neutralização das cargas negativas da argila coloidal).

No solo, a argila flocula, não se misturando com a água e mantendo os agregados terrosos aglutinados.

Esta estrutura resiste aos efeitos desagregantes da chuva.

O solo fica arejado, permeável à água, permitindo uma vida fácil às raízes e microrganismos.

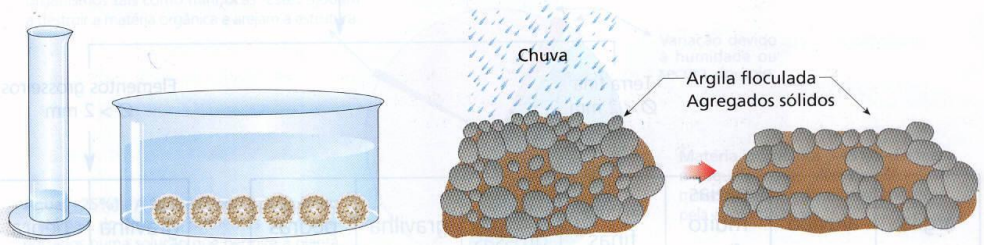


Fig. **9** – Estado floculado.

Fonte: *Les bases de la production vegétal* – le sol

$$\text{ARGILA}^- + H^+ \underset{\text{DISPERSÃO}}{\overset{\text{FLOCULAÇÃO}}{\rightleftharpoons}} \text{ARGILA} - H$$

A **presença de pedras reduz**, de um modo geral, a capacidade nutritiva de um solo, já que impede a presença de terra fina junto às raízes das plantas; no entanto, aumenta a drenagem natural dese solo.

A **presença de areias grossas** dá origem a um solo com características filtrantes (ver tratamento de águas) e leve (fácil penetração das raízes). É um solo permeável ao ar, à água e ao calor.

Quimicamente, a areia é predominantemente constituída por SiO_2 (sílica ou quartzo).

A **presença de areias finas e aluvião**, devido ao tamanho reduzido das suas partículas, impede a existência de espaços vazios entre elas e tornam o solo compacto e "asfixiante".

O **aluvião** é uma mistura de areias, argila e outras partículas minerais.

A água tem dificuldade em penetrar em profundidade, o que prejudica as raízes das plantas e o desenvolvimento dos microrganismos.

A **argila**, colóide mineral electronegativo, é constituída, por exemplo, por carbonato de cálcio, cálcio, quartzo e óxidos de alumínio e ferro.

NOTA *Quando uma* ***partícula coloidal*** *adquire uma carga de um determinado sinal, os iões de sinal contrário que ficaram em excesso têm tendência a distribuírem-se à volta da partícula, atraindo assim outros iões.*
Alguns destes iões ficam fortemente adsorvidos à partícula, enquanto os outros vão situar-se em zonas mais afastadas que progressivamente vão adquirindo a distribuição iónica normal do meio de dispersão.
Os iões adsorvidos tanto podem ser positivos (+) como negativos (–) e têm a propriedade de poderem ser permutados com outros iões existentes à superfície de outras partículas coloidais, ou no meio de dispersão – ***troca iónica.***
Este fenómeno da troca iónica é de extrema importância na absorção dos nutrientes na forma iónica pelas raízes das plantas, na possibilidade de retenção dos adubos, pelos colóides do solo...

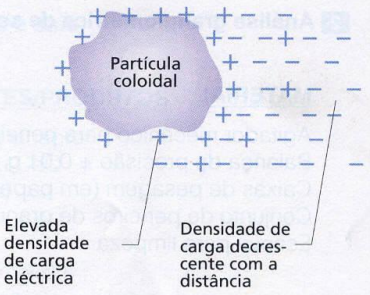


Fig. 10

Aplicação

1 Verificação da sedimentação de alguns dos constituintes do solo, por tamanho e peso

MATERIAL

Balança de precisão de ± 0,1 g
Proveta de 500 mL
Vareta

PRODUTOS

Água
Amostra de solo

PROCEDIMENTO

1. Agitar durante cerca de 5 min a amostra de solo, após mistura com água.
2. Deixar em repouso durante toda a noite.
3. Desenhar as diferentes camadas sedimentadas e identificá-las.
4. Repetir 1, 2 e 3 para diferentes amostras de solo (proveniências diferentes).
5. Comparar os diferentes resultados obtidos.
6. Efectuar relatório.

Aplicação

2 Análise granulométrica de solos, por via seca

MATERIAL

Agitador mecânico para peneiros
Balança de precisão ± 0,01 g
Caixas de pesagem (em papel ou "folha de alumínio")
Conjunto de peneiros de granulometria diferente
Escova para limpeza

PRODUTOS

Amostra de solo

PROCEDIMENTO

Recolha e preparação da amostra

1. Recolher várias amostras de solo (cerca de dez), na área a analisar.
2. Esmagar as porções mais grosseiras.
3. Secar ao ar, espalhando o total de solo recolhido sobre uma superfície devidamente protegida, durante alguns dias.
4. Dividir a amostra em quatro, traçando uma cruz, e misturar cada duas porções opostas; finalmente misturar.

Análise granulométrica propriamente dita

1. "Pesar" cerca de 500 g de amostra do solo, preparada como se indica na parte I e registar a massa correspondente (m).
2. Montar o conjunto de peneiros por ordem decrescente de abertura de malha, no agitador mecânico, seguindo o manual de instruções.
3. Efectuar a agitação dos peneiros cerca de 15-20 minutos.
4. Transferir cada fracção de solo retida em cada peneiro e na caixa receptora para uma "caixa de pesagem" previamente tarada e avaliar a respectiva massa (m_1, m_2,.....).
5. Calcular as percentagens cumulativas de material retido N% e de material passado em cada peneiro N'%, a partir das expressões:

peneiro n.º 1 $\quad N_1\% = \frac{m_1}{m} \times 100$

peneiro n.º 2 $\quad N_2\% = \frac{m_1 + m_2}{m} \times 100$

$N'_x\% = 100 - N_x$ (percentagem cumulativa de material passado no peneiro x).

6. Analisar os resultados obtidos e fazer uma apreciação ao solo analisado.
7. Elaborar o relatório.

Aplicação

3 Floculação da argila por acção de ácidos, hidróxidos e sais

MATERIAL

Foco luminoso
Microespátula
Suporte para tubos de ensaio
Tubos de ensaio

REAGENTES/PRODUTOS

HCl(aq) ou vinagre
$Ca(OH)_2$ ou CaO
$Ca(NO_3)_2(s)$
NaCl(s)
KCl(s)
NaOH 0,1 mol dm^{-3}
Amostra de terra argilosa

PROCEDIMENTO

Preparação A

1. Preparar uma suspensão de argila misturando num litro de água terra argilosa (por exemplo do subsolo). Deixar em repouso algumas horas.
2. Encher com esta suspensão três tubos de ensaio rotulados, sendo o tubo n.° 1 o testemunho.
3. Ao tubo n.° 2 adicionar 1 a 2 gotas de uma solução ácida (HCl, H_2SO_4...) ou algumas gotas de vinagre e agitar.
4. Ao tubo n.° 3 adicionar uma microespátula de um sal de cálcio (nitrato de cálcio, por exemplo) e agitar.
5. Deixar em repouso e observar os tubos com um foco luminoso, ao fim de 15 min e ao fim de 1 hora. Registar as observações.

Preparação B

1. Dividir a suspensão preparada em **1.** por seis tubos de ensaio rotulados, sendo o tubo n.° 1 o testemunho.
   Adicionar aos outros tubos os seguintes reagentes:

   Tubo n.° 2 – uma microespátula de cloreto de sódio;

   Tubo n.° 3 – cloreto de sódio suficiente para a mistura ter sabor salgado;

   Tubo n.° 4 – uma microespátula de cloreto de potássio;

   Tubo n.° 5 – uma gota de solução de NaOH 0,1 mol dm^{-3};

   Tubo n.° 6 – algumas gotas de água de cal $Ca(OH)_2$ ou uma microespátula de cal viva.
2. Deixar em repouso e observar os tubos com um foco, ao fim de 15 min. Registar as observações.

OBSERVAÇÕES

A – O tubo n.º 1 continua a apresentar turvação: a suspensão de argila é estável.
Nos tubos n.º 2 e n.º 3 formam-se pequenos flocos que se aglutinam e depositam, ficando, ao fim de uma hora, o líquido completamente límpido.

B – No tubo 2, a argila continua dispersa, mas no tubo 3 flocula lentamente (o cloreto de sódio só consegue provocar a floculação da argila quando em excesso).

O cloreto de potássio (tubo 4) é mais eficiente que o cloreto de sódio, mas menos eficiente que o nitrato de cálcio (experiência anterior).
No tubo 5 a argila continua dispersa, enquanto que no tubo 6 se verifica a floculação.

INTERPRETAÇÃO

1. **Acção dos ácidos e dos hidróxidos** (páginas 126, 127).
   - Os iões H^+ dos ácidos provocam a floculação dos colóides electronegativos.
   - Os iões OH^- das bases provocam a dispersão dos colóides (tubo 5).

$$ARGILA^- + H^+ \longrightarrow ARGILA\text{-}H$$

2. **Acção dos catiões**
   - Os iões Na^+, K^+ ou NH_4^+ em solução aquosa estão fortemente hidratados, pelo que o seu poder floculante sobre a argila é reduzido.
   - Os catiões Ca^{2+} estão pouco hidratados, sendo fortemente floculantes.

B – Constituintes orgânicos

Os constituintes orgânicos do solo, contrariamente ao que acontece com os constituintes minerais, são difíceis de classificar por estarem em permanente evolução.

Podem, no entanto, considerar-se quatro grupos principais:

- **vegetais e animais vivos**, quer existam sobre ou sob o solo, e que o influenciam de forma directa;
- **matéria orgânica fresca**, proveniente de vegetais e animais mortos, e que tem, sensivelmente, a mesma composição dos tecidos de onde provém;
- **produtos transitórios** que têm origem na primeira decomposição da matéria orgânica fresca e que são constituídos, fundamentalmente, por CO_2, H_2O, nitratos, fosfatos, carbonatos, sulfatos... de sódio, potássio, cálcio e magnésio;
- **húmus** proveniente de resíduos de linhite, compostos fenólicos solúveis, compostos azotados (proteínas, aminoácidos...) e elementos minerais que se ligam às suas moléculas.

B_1 – O húmus

O **húmus**, colóide orgânico, é a fracção de matéria orgânica do solo, de cor escura e natureza heterogénea, que manifesta uma considerável resistência à decomposição.

O **húmus**:

- é um colóide orgânico hidrófilo e electronegativo, com reacção ácida;
- contém cerca de 60% do carbono orgânico total de um solo;
- apresenta elevada capacidade de troca iónica devido à presença de grupos carboxilo e hidroxilo;
- tem elevado poder tampão.*

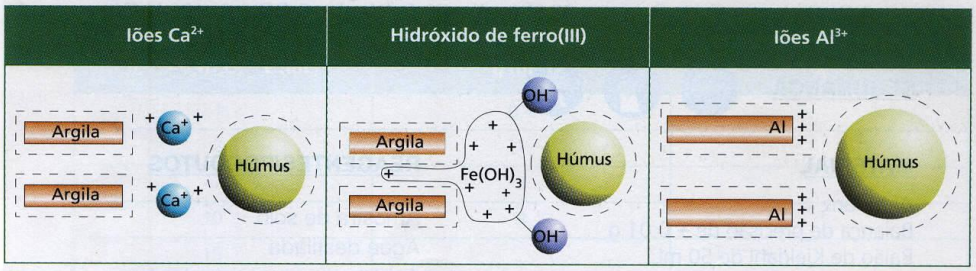
B_2 – Complexos argilo-húmicos

Vários complexos minerais (partículas argilosas) são adsorvidos pela partícula húmica formando complexos argilo-húmicos, os quais são muito estáveis devido às ligações em que intervêm os iões Ca^{2+}, Fe^{3+} e Al^{3+}:

- a argila e os complexos argilo-húmicos são responsáveis pela troca iónica que se produz no solo;
- * os ácidos húmicos, as proteínas e os aminoácidos existentes no húmus são responsáveis pelo seu efeito tampão.

Tanto a argila como o húmus são colóides electronegativos que se podem ligar através de iões Ca^{2+}, Al^{3+} e hidróxido de Fe(III).

Quadro **2** – Complexos argilo-húmicos.



O húmus protege a argila e estabiliza a estrutura do solo.

O complexo argilo-húmico tende a opor-se à dispersão da argila quando existe um grande excesso de humidade ou chuva, mantendo os iões floculantes no seu lugar.

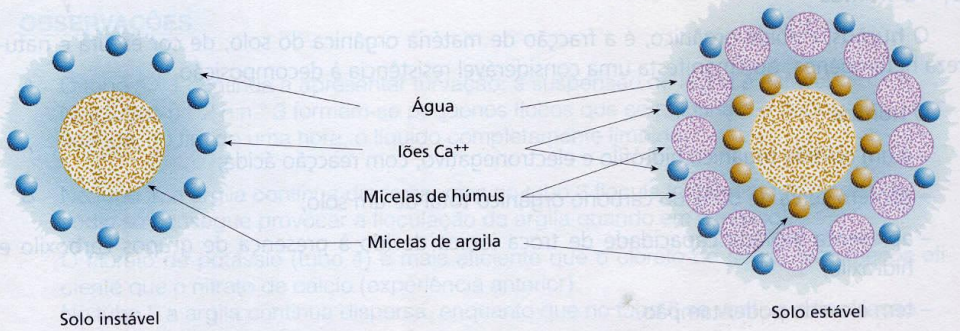


Fig. **11** – A argila tende a dispersar quando sozinha e na presença de grande quantidade de água. O **solo é instável**. O húmus floculado forma à volta da argila uma camada protectora que mantém os iões floculantes no seu lugar. **O solo é estável e a estrutura resiste.**

Aplicação

4 Doseamento do carbono orgânico dos solos por colorimetria

INTRODUÇÃO

Uma amostra de solo contendo entre 3 e 15 mg de carbono é oxidada a quente por uma solução de dicromato de potássio a 8% em meio sulfúrico concentrado. O crómio(III) formado é doseado por espectrofotometria a 590 nm.
Por este método, o carbono, na forma de carvão ou grafite (inerte), não é oxidado pelo ião $Cr_2O_7^{2-}$.

$$4\ Cr_2O_7^{2-}(aq) + C_6H_{12}O_6(aq) + 32\ H^+(aq) \longrightarrow 8\ Cr^{3+}(aq) + 6\ CO_2(g) + 22\ H_2O(l)$$

SEGURANÇA

MATERIAL

Almofariz
Balança de precisão de ± 0,01 g
Balão de Kjeldahl de 50 mL
Balão de diluição de 1 L
Balões de 50 mL
Cápsula de porcelana
Centrífuga
Copos de 100 mL
Esferas de vidro
Espectrofotómetro visível
Estufa de secagem

REAGENTES/PRODUTOS

Amostra de solo
Água destilada
Ácido sulfúrico concentrado
Dicromato de potássio a 8%
Glucose

5 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO

Um solo caracteriza-se por um conjunto de propriedades:

Propriedades físicas	Propriedades químicas
A – Permeabilidade	A – pH acidez activa e acidez potencial
B – Textura	B – Efeito tampão do solo
C – Estrutura C_1 – porosidade (medida indirecta da estrutura)	
D – Densidade	
E – Humidade	

5.1. Propriedades físicas

A – Permeabilidade

A permeabilidade mede a maior ou menor dificuldade que um solo apresenta à passagem de um líquido.

Aplicação

5 Comparação da diferente permeabilidade de solos

MATERIAL

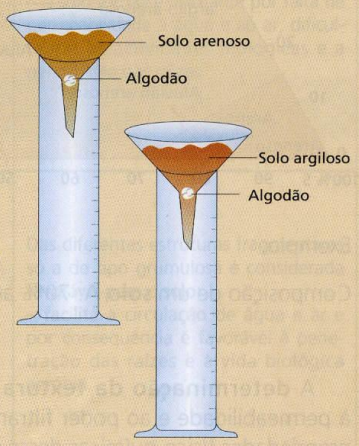
3 provetas graduadas
2 funis
Algodão

PRODUTOS

2 amostras de solos diferentes
Água

PROCEDIMENTO

1. Montar o material como exemplificado na figura ao lado.
2. Colocar as amostras de solos em cada um dos funis.
3. Deixar cair sobre cada amostra 50 mL de água.
4. Medir, em intervalos de 5 min, a quantidade de água contida na proveta.
5. Tirar conclusões quanto à permeabilidade de cada um dos solos analisados.
6. Concluir da maior ou menor existência de espaços vazios em cada solo.



B – Textura

A **textura** de um solo é **obtida pela composição centesimal desse solo em areias grossas e finas, em aluvião, em argila, em húmus e em calcário.**

Usa-se para a sua determinação o vulgar **"triângulo de texturas"**.

No entanto, a presença de calcário e húmus modifica alguns dos vocabulários apresentados no "triângulo" e surgem outras denominações.

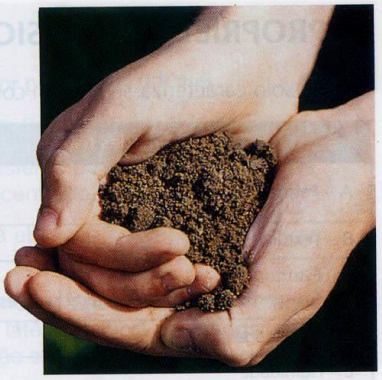


Fig. **12** – Textura de um solo.

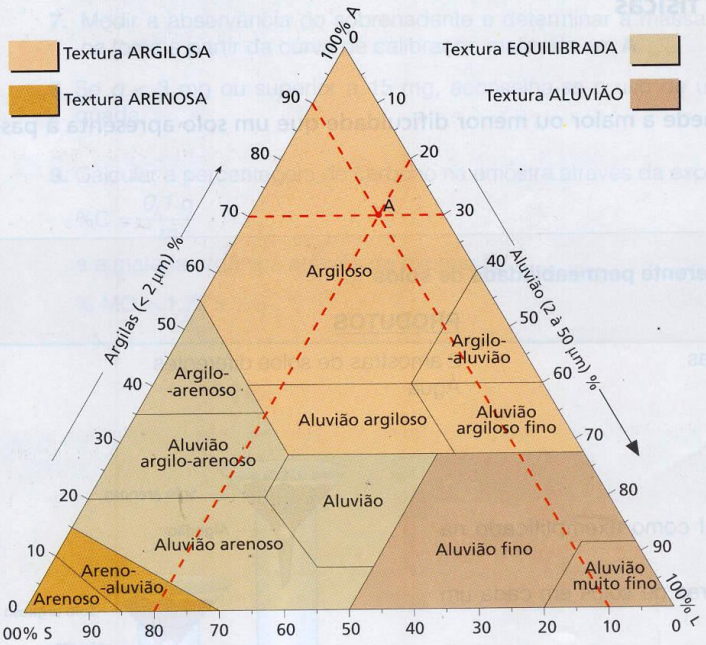


Fig. **13** – Triângulo das texturas.

Exemplo:

Composição de um **solo A**: 70% argila; 10% areia; 20% aluvião.

A **determinação da textura** de um solo permite prever as tendências do solo quanto à permeabilidade e ao poder filtrante, mas não permite, no entanto, tirar conclusões acerca das propriedades físico-químicas desse solo.

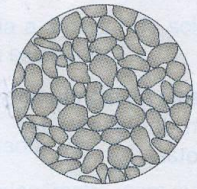
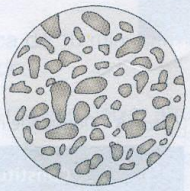
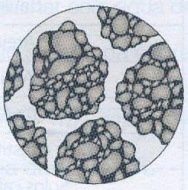
C – Estrutura de um solo

A **estrutura** de um solo indica o modo de ligação, num determinado momento, dos constituintes sólidos desse mesmo solo.

A estrutura de um solo pode ser classificada, a partir da forma dos elementos estruturais, em elementares, compactas e fragmentares.

Fig. **14** – Estrutura de um solo.

Quadro **3** – Relação entre a estrutura de um solo e as consequências para esse solo.

Tipo de estrutura	Aspecto	Consequências para o solo
Estruturas elementares (ou ausência de estrutura) em que os constituintes não têm qualquer tipo de ligação entre eles (falta de colóides).		É uma estrutura desfavorável: – se as **areias são grossas** o solo é filtrante (não retém água nem elementos minerais solúveis); – se as **areias são finas** o solo torna-se impermeável.
Estruturas compactas ou contínuas em que os constituintes se encontram ligados por uma argila no estado disperso, dando o aspecto de um só bloco.		É uma estrutura desfavorável: – o solo torna-se asfixiante por falta de permeabilidade à água e ao ar, dificultando as actividades biológicas e a penetração das raízes.
Estruturas fragmentares em que os constituintes se encontram juntos em agregados e podem apresentar formas diversas (alongadas, angulares, esféricas...).		Das diferentes estruturas fragmentares só a de tipo grumulosa é considerada favorável para o solo: – facilita a circulação de água e ar e por consequência é favorável à penetração das raízes e à vida biológica aeróbia.

C_1 – Densidade

A **densidade aparente (*D*)** define-se como sendo a massa total de sólido seco por unidade de volume total do solo. Este volume total é determinado antes de o solo ser seco a peso constante e à temperatura de 105 °C.

Volume total de sólido = **Volume das partículas** + **Volume dos poros**

$$\text{Densidade aparente } (D') = \frac{\text{massa de solo seco (g)}}{\text{volume total de solo (cm}^3)} = D' \text{ (g/cm}^3)$$

$$\text{Densidade real } (D) = \frac{\text{massa de solo seco (g)}}{\text{volume de solo seco (cm}^3)} = D \text{ (g/cm}^3)$$

C_2 – Porosidade

A **porosidade** é uma medida indirecta da estrutura de um solo e exprime a percentagem do volume de espaços vazios em relação ao volume total.

$$\text{porosidade} = \frac{D - D'}{D} \times 100$$

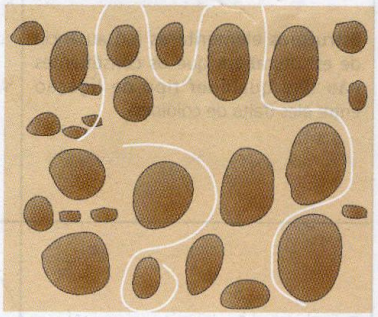


Fig. **18** – Poros num solo.

Quadro **4** – Densidade aparente e porosidade.

Densidade aparente (D')	Porosidade (%)
1 a 1,2	55 a 62
1,2 a 1,4	46 a 54
1,4 a 1,6	40 a 45
1,6 a 1,8	< 40

Quadro **5** – Densidade real para alguns tipos de solo.

Constituintes	Densidade real (*D*)
Quartzo e feldspatos alcalinos	2,6 a 2,7
Mica	2,8 a 3,2
Caulino	2,25 a 2,35
Areias	2,6 a 3
Argila	2,52
Matéria orgânica	1,5 a 1,6
Solos de constituição média	2,6
Solos calcários	2,45
Solos humíferos	1,8 a 2,45

Aplicação

7 Determinação da porosidade de um solo

MATERIAL

Balança de precisão ± 0,01 g
Recipiente para recolha do solo
Estufa

PRODUTOS

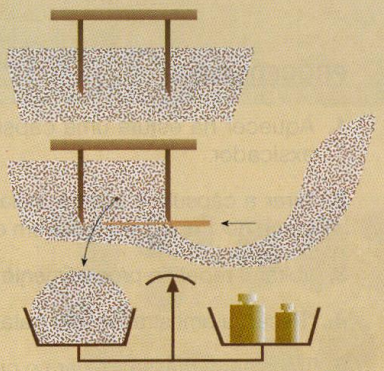
Solo de densidade real média (D) = 2,6

PROCEDIMENTO

1. Recolher uma amostra representativa de solo, fazendo penetrar um recipiente cilíndrico (de capacidade V) verticalmente no solo.
2. Colocar numa estufa a 105 °C.
3. Após arrefecimento em exsicador, "pesar" (m) e repetir **2** até "peso" constante.
4. Determinar a **densidade aparente**, D', a partir da expressão: $D' = \frac{m}{V}$.
5. Calcular a **porosidade**, utilizando o valor da densidade real (D), da tabela anterior, através da expressão:

$$\text{porosidade} = \frac{D - D'}{D} \times 100$$

6. Elaborar o relatório.



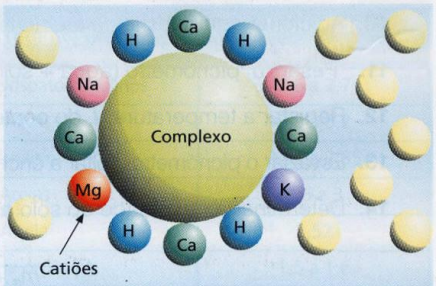
$$D' = \frac{\text{massa (g)}}{V\,(\text{cm}^3)} \qquad \text{Porosidade} = \frac{2{,}6 - D'}{2{,}6}$$

5.2. Propriedades químicas

A – Capacidade de troca iónica

O complexo argilo-húmico é um complexo adsorvente uma vez que retém, à superfície, catiões metálicos provenientes da solução do solo. Existe uma troca entre estes iões, fixados no complexo, e os iões do solo até se atingir o equilíbrio.

Estas trocas permitem corrigir as necessidades do solo em determinados iões, bem como fornecer alimentos às plantas.



$NH_4^+ + H\text{–solo coloidal} \longrightarrow NH_4\text{–solo coloidal} + H^+$

$Ca^{2+} + H_2\text{–solo coloidal} \longrightarrow Ca\text{–solo coloidal} + 2\,H^+$

Fig. **19** – Troca iónica.

B – Propriedades ácidas de um solo

A **acidez de um solo pode ter origem:**

– na troca de catiões nutrientes do solo por iões H^+ (troca promovida pelas raízes das plantas);
– nas chuvas ácidas (H_2SO_4, HNO_3, H_2CO_3);
– na lixiviação de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ e Na^+;
– no empobrecimento em Ca^{2+} e Mg^{2+} por retenção nas sementes;
– no CO_2 resultante da decomposição da matéria orgânica e da respiração das raízes;
– na erosão, por promover a exposição de horizontes ácidos.

As propriedades ácidas de um solo podem ser avaliadas pela:

– **ACIDEZ ACTIVA ou pH de um solo** – mede a concentração de iões H^+ livres numa solução desse solo;
– **ACIDEZ POTENCIAL ou de RESERVA** – mede a quantidade de H^+ fixos ao complexo argilo-húmico.

Existe um equilíbrio entre os iões H^+ livres na solução do solo e os H^+ fixos ao complexo argilo-húmico:

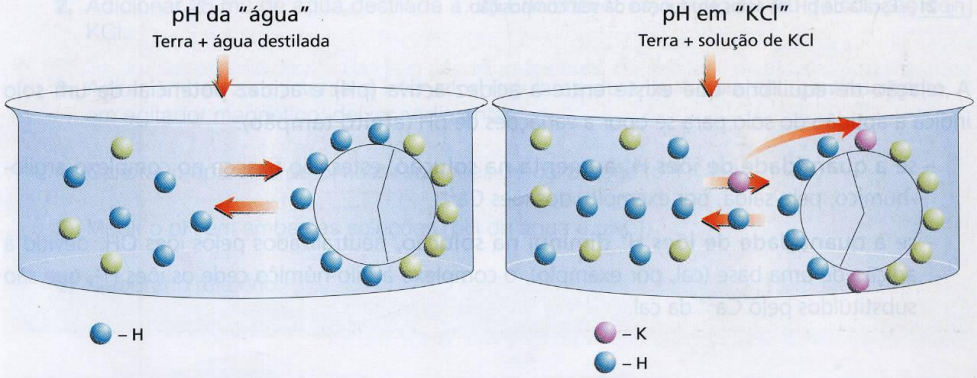


Fig. **20** – Equilíbrio entre os iões H^+ livres e os H^+ fixos ao complexo argilo-húmico.

NOTA *O valor do pH em KCl é, normalmente, inferior ao pH da água porque os iões K^+ tomam o lugar de H^+ no complexo argilo-húmico, libertando estes para a solução.*
A diferença de uma unidade entre os dois valores de pH significa uma acidez potencial forte (solos argilosos e humíferos); uma diferença de meia unidade indica uma acidez potencial média ou fraca; nenhuma diferença nos valores de pH é indicativa de solos calcários saturados de cálcio e sem acidez potencial ou de reserva.

B_1 – Resistência do solo às variações de pH – efeito tampão do solo

O pH de um solo não tem um valor constante: pode variar desde 3 (solos extremamente ácidos, tipo florestas de acidófilas) até valores superiores a 9.

O pH de um solo varia:

– **com a estação do ano** (o Inverno, por exemplo, favorece a diluição, fazendo aumentar o pH);

– **com a intensidade de culturas** (a perda progressiva de catiões metálicos, por exemplo Ca^{2+}, conduz a uma descalcificação desse mesmo solo e por consequência a uma diminuição da acidez activa e a um aumento da sua acidez potencial).

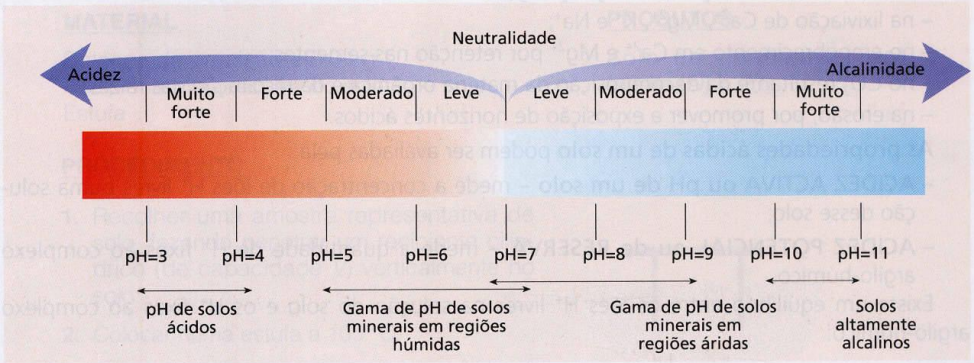


Fig. **21** – Escala de pH de solos em função da sua composição.

A relação de equilíbrio que existe entre a acidez activa (pH) e acidez potencial de um solo indica a aptidão do solo para se opor a variações de pH (**efeito tampão**):

– **se a quantidade de iões H^+ aumenta na solução**, estes vão fixar-se no complexo argilo-húmico, pela saída, por exemplo, dos iões Ca^{2+};

– **se a quantidade de iões H^+ diminui na solução,** neutralizados pelos iões OH^- devido à adição de uma base (cal, por exemplo), o complexo argilo-húmico cede os iões H^+, que são substituídos pelo Ca^{2+} da cal.

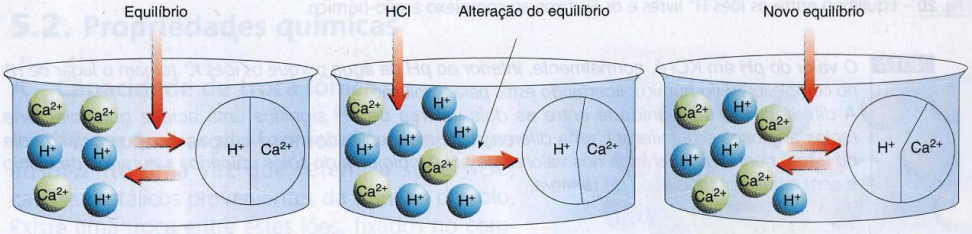


Fig. **22** – Efeito tampão num solo.

NOTA *1 – Num solo existe um equilíbrio entre os iões H^+ livres (acidez activa) e os iões H^+ fixados ao complexo (acidez potencial).*
2 – Ao adicionar iões H^+ à solução, a acidez activa aumenta rapidamente e o pH baixa.
3 – Os iões H^+ fixam-se ao complexo, a acidez potencial aumenta e o pH sobe.

Aplicação

8 Determinação do pH e do pH em KCl de um solo

MATERIAL

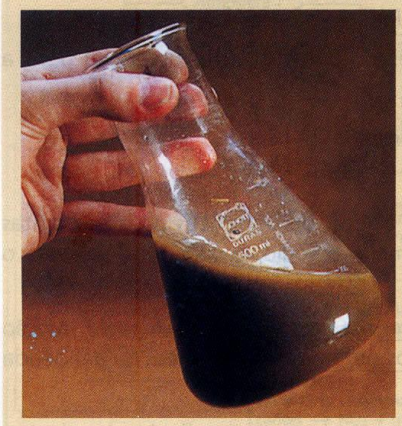
Aparelho de pH
Balança de precisão de ± 0,01 g
Erlenmeyer de 100 mL (2)

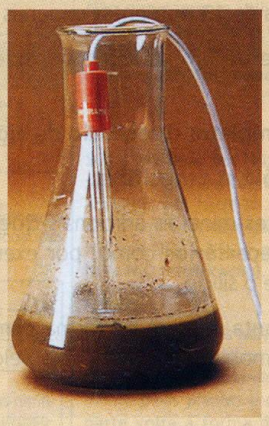
REAGENTES/PRODUTOS

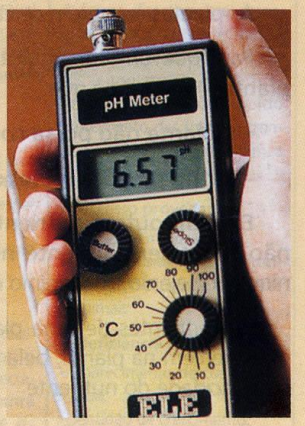
Amostras de solo
Água destilada
KCl 1 mol dm^{-3}

PROCEDIMENTO

1. "Pesar" duas amostras de terra fina de 10 g cada e colocar cada uma num Erlenmeyer de 100 mL.
2. Adicionar 25 mL de água destilada a um Erlenmeyer e ao outro 50 mL de solução de KCl.
3. Agitar ambas as misturas a intervalos regulares durante 1 hora ou, continuamente, em agitador magnético; deixar sedimentar.
4. Calibrar o aparelho de pH com soluções de calibração (pH = 4 e pH = 7).
5. Medir o pH em ambas as soluções (pH da água e pKCl).
6. Elaborar o relatório.







6 PRINCIPAIS CONSTITUINTES QUÍMICOS DO SOLO

Os constituintes químicos podem ser encontrados num solo nas fracções sólida, líquida ou gasosa. É, no entanto, na fracção líquida (estado solúvel) que lhes pertence o papel mais activo na estrutura do solo, nas suas propriedades químicas e no fornecimento de alimentos a plantas e micróbios.

Os constituintes de um solo podem dividir-se em **macroelementos** e **microelementos**.

Quadro **6** – Constituintes químicos do solo.

A – Macroelementos			B – Microelementos	
	Símbolo	Formas		Símbolo
Carbono	C	CO_2	Ferro	Fe
Hidrogénio	H	H_2O	Manganésio	Mn
Oxigénio	O	O_2, H_2O	Boro	B
Azoto	N	NH_4^+, NO_3^-	Zinco	Zn
Fósforo	P	PO_4^{3-}	Molibdénio	Mo
Potássio	K	K^+		
Cálcio	Ca	Ca^{2+}		
Magnésio	Mg	Mg^{2+}		

Uma das funções mais importantes do solo para o crescimento das plantas é o fornecimento dos nutrientes essenciais às plantas – **macro e micronutrientes**.

As plantas requerem cerca de 13 nutrientes minerais para o crescimento.

Para que um constituinte de um solo seja considerado um **nutriente essencial para a planta** é necessário que:

– a planta não possa completar o seu ciclo de vida sem ele;

– tenha funções metabólicas específicas.

Existem outros nutrientes minerais adicionais **que apesar de benéficos para as plantas não são essencialmente necessários** como, por exemplo, o sódio, o cobalto, o vanádio, o níquel, o selénio, o alumínio e o silício.

Os nutrientes de uma planta diferem na fórma como são absorvidos por ela, pela função que exercem na planta, pela mobilidade na planta e pelos sintomas característicos da deficiência ou toxicidade do nutriente.

Os **macronutrientes** são os nutrientes que aparecem, na planta ou nos fluidos das plantas, em teores elevados.

7 CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO

A caracterização de um solo exige um estudo, pelo menos, em duas vertentes: uma na área da Físico-Química e a outra na área da Biologia.

O estudo físico-químico de um solo comporta sempre três fases:

A – Observação no terreno;

B – Recolha e tratamento da amostra;

C – Análises laboratoriais do solo e interpretação de resultados.

A – Observação no terreno

A observação no próprio local permite:

– a identificação da vegetação existente no local, que é um reflexo do binómio clima-solo;

– a descrição da rocha-mãe, do relevo, do tipo de drenagem e da eventual erosão;

– a identificação e descrição dos diferentes horizontes visualizados – textura, estrutura, porosidade, humidade/secura...

B – Recolha e tratamento da amostra

As análises laboratoriais são sempre precedidas de:

– uma recolha de amostra, que deverá traduzir a heterogeneidade da parcela de terreno e na qual se deve utilizar e equipamento adequado;

Fig. 24 – Processos de recolhas de amostras em função do tipo de solo.

– um **tratamento da amostra** o qual basicamente corresponde a uma secagem e uma tamisação (divisão por tamanhos) – uso de peneiros.

Fig. **25** – Peneiros.

C – Análises físico-químicas da amostra e interpretação de resultados

C_1 – As análises laboratoriais essenciais são as que determinam:

- tempo de sedimentação
- granulometria
- densidade aparente e densidade real
- porosidade
- permeabilidade
- pH
- pKCl
- doseamento do calcário total *
- doseamento do calcário activo (pág. 147)
- doseamento da matéria orgânica
- doseamento do carbono orgânico (pág. 132)
- doseamento do azoto orgânico *
- doseamento do fósforo *

* Actividades facultativas

C_2 – Interpretação de resultados

A **interpretação dos resultados** obtidos deve ter em conta:

- a cultura pretendida para a exploração agrícola;
- outros parâmetros como, por exemplo, o pH, a percentagem de matéria orgânica...

Exemplo:

Interpretação do pH em KCl e a necessidade de adição de CaO

O valor do pH em KCl difere do pH de um valor compreendido entre 0,5 e 1,5, mas é mais estável com as estações do ano do que o pH. Este diminui no final do Verão, devido à acção acidificante da actividade biológica.

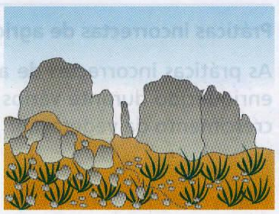
Com a finalidade de efectuar a correcção do pH de um solo, existem tabelas onde se estabelece a quantidade de adição de CaO/ha, por exemplo, em função da percentagem de argila do solo.

Quadro **7** – Relação pH – tipo de solo.

pH	Classificação do solo
inferior a 5,0	fortemente ácido
entre 5,0 e 5,9	francamente ácido
entre 6,0 e 6,5	ligeiramente ácido
entre 6,6 e 7,3	neutro
entre 7,4 e 7,7	ligeiramente alcalino
superior a 7,7	alcalino

Vento

A acção do vento é uma das maiores forças erosivas da Terra e produz uma variedade enorme de solos erosivos e de deposição.
A capacidade do vento na erosão, transporte e deposição de sedimentos é semelhante à da água, embora a densidade do ar, por ser inferior à da água, seja limitante quanto ao tamanho das partículas a transportar.



Ondulação costeira

A erosão provocada pelas ondas, em praias e costas, é causada pelo impacto do quebra-ondas e de abrasão dos sedimentos transportados. Ela é a responsável pelas formas das rochas que a costa apresenta.

8.2. Processos de degradação do solo

O Homem, através dos tempos, tanto deliberada como inconscientemente, tem desenvolvido acções sobre o solo que conduziram à sua progressiva degradação (por vezes irreversível), acentuando, por isso, a tendência para a desertificação em algumas zonas.

Simultaneamente, a Natureza tem tomado um papel muito activo no processo global de degradação do solo (muitas vezes em consequência de procedimentos errados do Homem).

Entre outras acções, podem citar-se:

- As **indústrias extractivas**, minas, extracção de petróleo e gás, por exemplo, deixam os seus desperdícios empilhados junto aos respectivos locais de extracção, contribuindo assim para a poluição do solo (por arrastamento e lixiviação), mas também para a poluição do ar e das águas de superfície e de profundidade;
- **Outros tipos de indústrias**, não só pelo processo químico ou físico usado, mas também pelo tipo de matérias-primas utilizadas e pelo tipo de embalagens não biodegradáveis;
- **A intervenção humana**, tanto pelo uso exagerado de herbicidas e pesticidas, como pelos lixos domésticos não devidamente separados e tratados;
- **As catástrofes naturais**, como enxurradas, furacões, vulcões, também contribuem para uma maior degradação dos solos.

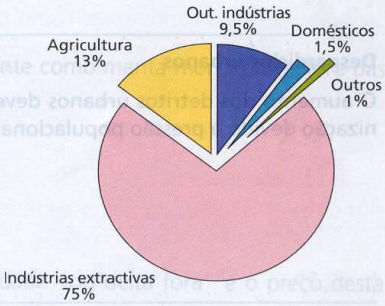
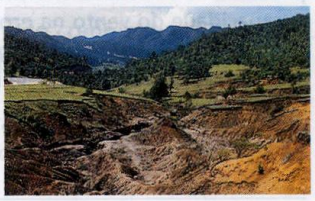


Fig. 26 – Agentes responsáveis pela degradação de um solo.

Agentes de degradação e suas consequências

Práticas incorrectas de agricultura

As práticas incorrectas de agricultura retiram do solo o húmus, enriquecido durante vários anos, e os nutrientes necessários ao crescimento da vegetação.



Exploração de minérios

A exploração de minérios e carvão deixa desprotegidos, todos os anos, milhares de hectares de terra que ficam assim mais sujeitos aos processos naturais de erosão.

Despejos industriais

Os despejos industriais transportam poluentes de toda a espécie (gorduras, pesticidas e produtos químicos diversos) que se infiltram no solo, penetram no subsolo e atingem os lençóis freáticos, provocando graves consequências na água, fauna, flora, etc.

Desperdícios urbanos

O aumento dos detritos urbanos deve-se ao aumento da urbanização devido à pressão populacional nos grandes centros.

Queima deliberada de vegetação

A necessidade crescente de espaços para construir e a obtenção de mais-valias para terrenos em áreas protegidas levam a atitudes criminosas por parte do Homem.

8.3. Soluções para a conservação dos solos

A **conservação de um solo** implica:

– prevenção e redução da erosão;

– incremento da fertilidade do solo;

– tratamento dos resíduos sólidos.

8.3.1. Prevenção e redução da erosão e aumento da fertilidade

A – **Agricultura de conservação** – durante as sementeiras o solo superficial é revolvido o menos possível, mantendo os resíduos de outras sementeiras e a vegetação superficial.

Este processo reduz a erosão, conserva a água no solo, aumenta a produção de cereais, poupa combustível e consome a mesma quantidade de herbicidas que uma agricultura tradicional.

B – **"Corta-ventos" e "cinturas de abrigo"** – plantam-se longas filas de árvores que cortam o fluxo do vento e que são especialmente eficientes se a terra não cultivada estiver recoberta de vegetação.

Esta acção, para além de reduzir o efeito erosivo do vento, ajuda a reter a humidade do solo, fornece madeira para combustível e serve de suporte à vida animal como habitat para pássaros e outros animais, nomeadamente os insectos polinizadores.

C – **Agro-florestação** – plantam-se, em paralelo, árvores de frutos e arbusto juntamente com os cereais. As árvores fornecem sombra, que reduz a perda de água por evaporação e ajudam a reter a humidade do solo.

Os ramos e as folhas que caem actuam simultaneamente como manta morta protectora das sementes e como adubo.

8.4. Tratamento de resíduos sólidos

O mundo moderno tem funcionado como uma sociedade "do deita fora" e o preço desta atitude traduz-se no crescimento exponencial do lixo que se gera.

Tanto faz que se lhe dê o nome de restos, lixo, refugo ou desperdício; tudo acaba por ser a mesma coisa: materiais que já não se querem e que se deseja que, magicamente, desapareçam.

Como sociedade, pretende-se que todos estes resíduos simplesmente desapareçam. Mas onde deitar fora? Todos queremos os produtos criados pela nossa tecnologia mas não pretendemos os resíduos que essa mesma tecnologia cria!