

MANUAL DO ALUNO

DISCIPLINA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Módulo 2

República Democrática de Timor-Leste
Ministério da Educação



FICHA TÉCNICA

TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA
Módulo 2

AUTOR

ANTÓNIO ESPIGA PINTO

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO

DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA
EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Centro de Impressão do Ministério da Educação e Cultura

ISBN

978 - 989 - 753 - 033 - 3

TIRAGEM

700 EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE
2013



Índice

O Solo e Clima	7
Apresentação.....	8
Objetivos da aprendizagem	8
Âmbito dos conteúdos.....	9
INTRODUÇÃO	12
1. Origem e importância do solo	14
1.1. Fatores de formação do solo	14
1.2. O solo como suporte da planta.....	19
2. Constituição do solo	21
2.1. Fração mineral	22
2.1.1. Terra fina.....	23
2.1.2. Areia	23
2.1.3. Limo	24
2.1.4. Argila.....	24
2.1.5. Propriedades dos seus constituintes	25
2.2. Vida do solo	28
2.2.1. Principais espécies.....	29
2.2.2. Importância de um solo com vida	30
2.3. Matéria orgânica.....	34
2.3.1. Propriedades	34
2.3.2. Ciclo da matéria orgânica	37
2.3.3. Húmus: Significado, propriedades, importância e composição.....	39
2.3.4. Complexo argilo-húmico.....	42
2.4. Água do solo	42
2.4.1. Formas de água no solo.....	43
2.4.2. Estados de humidade do solo.....	46
2.4.3. Constantes de humidade	47
2.4.4. Capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento, capacidade utilizável	47
2.5. Atmosfera do solo.....	50



3. Caracterização do solo	52
3.1. Perfil de um solo.....	52
3.2. Propriedades físicas.....	54
3.3. Textura	54
3.2.2. Estrutura	57
3.2.3. Porosidade.....	60
3.2.4. Permeabilidade.....	65
3.2.5. Coesão e tenacidade	67
3.2.6. Cor	68
3.3. Propriedades químicas	71
3.3.1. Solução do solo.....	71
3.3.2. Reação do solo.....	73
4. Erosão e conservação	76
4.1. Erosão.....	77
4.1.1. Origem.....	77
4.1.2. Descrição	79
4.1.3. Tipos de erosão: Eólica e hídrica.....	79
4.1.3.1. Em ravinas	81
4.1.3.2. Laminar.....	81
4.1.3.3. Prejuízos causados pela erosão	81
4.2. Conservação do solo.....	83
4.2.1. Importância	84
4.2.2. Métodos e técnicas.....	85
4.3. Caracterização dos Solos de Timor Leste.....	87
5. Clima	90
5.1. Fatores e elementos do clima.....	92
5.2. Registo e medida	98
5.2.1. Aparelhos.....	98
5.2.2. Importância do registo de dados climáticos.....	103
5.3. Influência dos fatores e elementos do clima nas plantas	105
5.3.1. Relação solo-planta-meio	106



5.3.2. Valores críticos.....	108
5.4. Circulação geral da atmosfera	110
5.4.1. Distribuição da pressão atmosférica no globo.....	112
5.4.2. Vento	117
5.4.3. Movimento do ar nas superfícies frontais	123
5.5. Caracterização Climática Nacional e Regional	129
5.5.1. Clima de Timor Leste	130
5.5.2. Caracterização do Clima da Região.....	131
5.5.3. Caracterização Agroclimática de Timor Leste	136
Exercícios	139
ATIVIDADES PRÁTICAS / LABORATORIAIS.....	139
Atividade prática nº 1 - Horizontes do solo	139
Atividade prática nº 2 - Observação do solo.....	140
Atividade Laboratorial nº 3 - Separação dos constituintes sólidos de um solo por sedimentação na água.....	141
Atividade laboratorial nº 4 - teor de água numa amostra de solo.....	142
Atividade laboratorial nº 5 - Teor de Matéria Orgânica no Solo	143
Atividade laboratorial nº 6 - Determinação do volume de ar do solo	144
Atividade laboratorial nº 7 - Determinação da permeabilidade e da capacidade de retenção de água do solo	145
Atividade laboratorial nº 8 - Determinação do pH dos solos.....	148
Atividade laboratorial nº 9 - Erosão do solo	154
Atividade prática nº 10 - Seres vivos no solo	155
Exercícios	158
Bibliografia.....	162







O Solo e Clima

Módulo 2

Apresentação

Trata-se de um módulo teórico/prático, que deve ser lecionado, de preferência, no início da formação, servindo de suporte ao desenvolvimento de toda a componente técnica.

Objetivos da aprendizagem

- Reconhecer a atuação dos fatores de formação do solo;
- Reconhecer a importância do solo como suporte da planta;
- Identificar a constituição granulométrica da fração mineral do solo e das propriedades dos seus constituintes;
- Reconhecer as principais propriedades que a matéria orgânica confere ao solo;
- Analisar o comportamento dinâmico da matéria orgânica do solo;
- Identificar o húmus como uma forma de matéria orgânica resistente à mineralização;
- Compreender a formação do complexo argilo-húmico e a sua importância;
- Analisar a composição da atmosfera do solo;
- Reconhecer a relação existente entre a porosidade, a água e ar do solo, para que se verifiquem boas condições ao bom desenvolvimento das culturas;
- Identificar complexo de troca, complexo de absorção e complexo argilo-húmico;
- Definir reação do solo e classificar o solo quanto à sua reação;
- Descrever como se processa o fenómeno erosivo e os procedimentos para o evitar;
- Caracterizar o clima de Timor Leste;
- Definir e avaliar o significado de microclima;
- Descrever as características do clima da região;
- Reconhecer a influência dos fatores do clima nas plantas;
- Reconhecer a importância dos valores críticos da temperatura para cada planta;
- Ler e interpretar a informação dada pelos instrumentos de medição dos elementos do clima;
- Fazer o tratamento dos elementos dos avisos agrícolas.



Âmbito dos conteúdos

1. Origem e importância do solo
 - 1.1. Fatores de formação do solo
 - 1.2. O solo como suporte da planta
2. Constituição do solo
 - 2.1. Fração mineral
 - 2.1.1. Terra fina
 - 2.1.2. Areia
 - 2.1.3. Limo
 - 2.1.4. Argila
 - 2.1.5. Propriedades dos seus constituintes
 - 2.2. Vida do solo
 - 2.2.1. Principais espécies
 - 2.2.2. Importância de um solo com vida
 - 2.3. Matéria orgânica
 - 2.3.1. Propriedades
 - 2.3.2. Ciclo da matéria orgânica
 - 2.3.3. Húmus: Significado, propriedades, importância e composição
 - 2.3.4. Complexo argilo-húmico
 - 2.4. Água do solo
 - 2.4.1. Formas de água no solo
 - 2.4.2. Estados de humidade do solo
 - 2.4.3. Constantes de humidade
 - 2.4.4. Capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento, capacidade utilizável
 - 2.5. Atmosfera do solo
3. Caracterização do solo
 - 3.1. Perfil de um solo
 - 3.2. Propriedades físicas
 - 3.2.1. Textura
 - 3.2.2. Estrutura



- 3.2.3. Porosidade
- 3.2.4. Permeabilidade
- 3.2.5. Coesão e tenacidade
- 3.2.6. Cor
- 3.3. Propriedades químicas
 - 3.3.1. Solução do solo
 - 3.3.2. Reação do solo
- 4. Erosão e conservação
 - 4.1. Erosão
 - 4.1.1. Origem
 - 4.1.2. Descrição
 - 4.1.3. Tipos de erosão: Eólica e hídrica
 - 4.1.3.1. Em ravinas
 - 4.1.3.2. Laminar
 - 4.1.3.3. Prejuízos causados pela erosão
 - 4.2. Conservação do solo
 - 4.2.1. Importância
 - 4.2.2. Métodos e técnicas
 - 4.3. Caracterização do solo em Timor Leste
- 5. Clima
 - 5.1. Fatores e elementos do clima
 - 5.2. Registo e medida
 - 5.2.1. Aparelhos
 - 5.2.2. Importância do registo de dados climáticos
 - 5.3. Influência dos fatores e elementos do clima nas plantas
 - 5.3.1. Relação solo-planta-meio
 - 5.3.2. Valores críticos
 - 5.4. Circulação geral da atmosfera
 - 5.4.1. Distribuição da pressão atmosférica no globo
 - 5.4.2. Vento
 - 5.4.3. Movimento do ar nas superfícies frontais
 - 5.5. Caracterização Climática Nacional e Regional



- 5.5.1. Clima de Timor Leste
- 5.5.2. Caracterização do Clima da Região
- 5.5.3. Caracterização Agroclimática de Timor Leste



INTRODUÇÃO

A Pedologia (ciência que estuda o solo) envolve várias áreas, tais como gênese (formação), química, física, fertilidade, ensino, uso, manejo e conservação, biologia, classificação, levantamento, mineralogia, e morfologia; dentre outras. Devido à importância do solo, em muitas universidades e institutos de pesquisa, este tema tem departamentos que se dedicam especificamente ao seu estudo.

Todo o conhecimento gerado sobre solos nos últimos cem anos tem sido utilizado por diversos profissionais tais como: produtor agrícola, produtor florestal, pecuarista, técnico agropecuário, técnico florestal, engenheiro civil, engenheiro ambiental, engenheiro agrônomo, zootecnista, geólogo, engenheiro agrícola, geógrafo, biólogo, engenheiro florestal, dentre outros. Mas além destes profissionais, a população em geral deve ser estimulada a conhecer o solo, para entender as suas funções e preocupar-se com a sua preservação.

A Pedologia tem por fim dar-nos a conhecer a sua constituição e propriedades culturais, isto é, as qualidades e defeitos que provêm da sua natureza e o tornam mais ou menos adequado a determinado tipo de aproveitamento produtivo.

O solo fornece às plantas não só um suporte físico, mas também o meio onde se desenvolvem as raízes e onde estas exercem as suas funções, além dos nutrientes que são necessários à vida.

Assim, o solo deve assegurar à planta apoio firme e resistente, mas não deve ser tão compacto que dificulte a penetração das raízes e impeça a livre circulação do ar e da água. Por isso, as areias são deficientes como apoio, dada a sua mobilidade, enquanto os solos muito barrentos e duros que abrem fendas quando secam, também causam prejuízos, pois essas fendas provocam a secagem e fratura das raízes.

Para o solo fornecer um bom meio ambiente às raízes, não só deve favorecer a vida de certos micro-organismos úteis, como veremos, mas também permitir a respiração delas, pelo que deve ser arejado, conservar bem o calor e a humidade e conter certos minerais, como o calcário, que influenciam estas condições.

Por último, os nutrientes necessários, que são sais minerais, devem existir não só em certa quantidade, mas também de acordo com determinadas proporções. Entre estes



minerais, devem existir sais como azoto, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e outros elementos.

O relevo de Timor Leste é bastante vigoroso. Ao contrário das restantes ilhas da Insulindia suas vizinhas, Timor nasceu do choque das placas Australiana e Euro-asiática e não tem origem vulcânica, mas sim tectónica (enrugamento da crosta). Aparentemente a ilha de Timor continua a sua elevação das profundezas do mar (Lança, 2006).

As consequências deste fenómeno na agricultura são evidentes, pois os fenómenos erosivos são omnipresentes, e a ação do Homem dificilmente não os agrava. Os solos são, de modo geral, derivados de xisto e outras rochas sedimentares e têm forte vocação florestal. Uma notável exceção é constituída pelas ricas planícies aluviais da costa sul (*idem*).

Solo é um corpo de material inconsolidado, que recobre a superfície terrestre emersa, entre a litosfera e a atmosfera. Os solos são constituídos de três fases: sólida (minerais e matéria orgânica), líquida (solução do solo) e gasosa (ar).

É produto do intemperismo sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve num determinado relevo, clima, bioma e ao longo do tempo.

O solo, contudo, pode ser visto sobre diferentes óticas. Para um agrónomo, através da edafologia, solo é a camada na qual se pode desenvolver vida vegetal. Para um biólogo, através da ecologia e da pedologia, o solo infere sobre os ciclos biogeoquímicos dos nutrientes minerais e determina os diferentes ecossistemas e habitats dos seres vivos.

Solos estão constantemente em desenvolvimento, nunca estando estáticos, por mais curto que seja o tempo considerado. Ou seja, à escala microscópica, diariamente, há alteração por organismos vivos no solo, da mesma forma que o clima, ao longo de milhares de anos, modifica o solo. Dessa forma, temos solos na maioria recentes, quase nunca ultrapassando idades Terciárias.

Geralmente, o solo é descrito como um corpo tridimensional, podendo ser, porém, ao se considerar o fator tempo, descrito como um sistema de quatro dimensões: tempo, profundidade, largura e comprimento.

Um solo é o produto de uma ação combinada e concomitante de diversos fatores. A maior ou menor intensidade de algum fator pode ser determinante na criação de um ou outro tipo de solo. São comumente ditos como fatores da formação de solo: clima, material de origem, organismos, tempo e relevo.



1. Origem e importância do solo

1.1. Fatores de formação do solo

Tal como na matemática existe a equação $y=f(x)$, também se pode considerar que:

$\text{SOLO} = f(\text{material de origem, relevo, clima, organismos e tempo})$

O solo é uma camada mais superficial da crosta terrestre, onde se desenvolvem muitas plantas e vive uma grande variedade de animais.

Esta camada, o solo, não é muito profunda; tem, em média, trinta centímetros de espessura. Ela começou a formar-se há milhões de anos, com a acumulação de pequeníssimas partículas, formadas pelo desgaste das rochas, que se misturaram e misturam com os restos de animais e plantas (fig. 1).

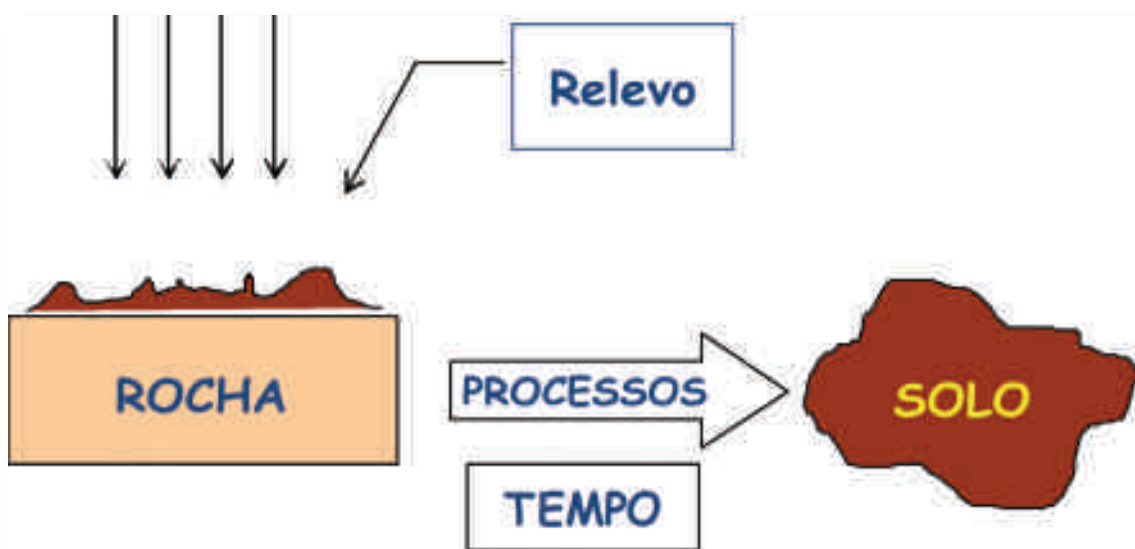


Figura 1 - Fatores que influenciam a formação do solo

Os fatores que influenciam a formação do solo são:

Material de origem (diversidade da matéria-prima):

- Material de origem orgânica: constituído por produtos resultantes da decomposição de restos de vegetais e animais e origina solos orgânicos.
- Material de origem mineral - material geológico (rochas) a partir do qual o solo se origina; é um fator de resistência à formação do mesmo (papel passivo à ação do clima e organismos); influencia a maior ou menor velocidade com que o solo se forma.



- Provenientes do substrato rochoso (autóctones) ou de fontes distantes;
- Tem importância na textura, cor, composição química e mineralógica:
 - se os solos são derivados de rochas arenito-quartzosas (rochas claras ou ácidas, ígneas ou metamórficas, ex. granitos, gnaisses, xistos e quartzitos) são solos quimicamente pobres, arenosos, porosos, com baixa retenção de água e baixa fertilidade;
 - se os solos são derivados de rochas máficas (ígneas escuras ou básicas, ex. basalto, gabros e anfibolitos) - são solos quimicamente ricos, de composição química e mineralógica variada, profundos, argilosos;
 - também podem ser derivados de sedimentos consolidados - arenitos, ardósias, siltitos, argilitos e rochas calcárias - aluviões recentes, dunas de areias (depois de estabilizadas), cinzas vulcânicas e depósitos orgânicos, ou turfeiras.

O material de origem, em regiões tropicais, é de difícil identificação devido aos efeitos geomorfológicos e excesso de mobilização da superfície.

Materiais de origem e tipos de solos:

- Sedimentos inconsolidados argilosos:
 - **Gleissolos:** condição de má drenagem;
 - **Planossolos:** condição de má drenagem;
 - **Vertissolos:** sedimentos esmectíticos.
- Sedimentos inconsolidados arenosos:
 - **Neossolo:** arenitoquartzosos
- Sedimentos muito intemperizados:
 - **Latossolos:** (óxidos de Fe, Al).
- Calcários e dolomites (>50% carbonatos):
 - **Argissolo:** Vermelho-Amarelo;
 - **Argissolo:** Vermelho.
- Arenitos (> 50% partículas do tamanho da areia - quartzo).



Relevo (condiciona):

A forma do terreno influencia a dinâmica da água (infiltração e escoamento) (fig. 2) e o clima do solo (temperatura e humidade) afetando principalmente o teor de matéria orgânica do mesmo (a elevação da altitude de 1000m implica a diminuição de 6°C na temperatura), a incidência da radiação solar (face de exposição: maior exposição torna o solo mais seco, com menos água), o decréscimo de temperatura (altitude) e a instalação de seres vivos (vegetação).

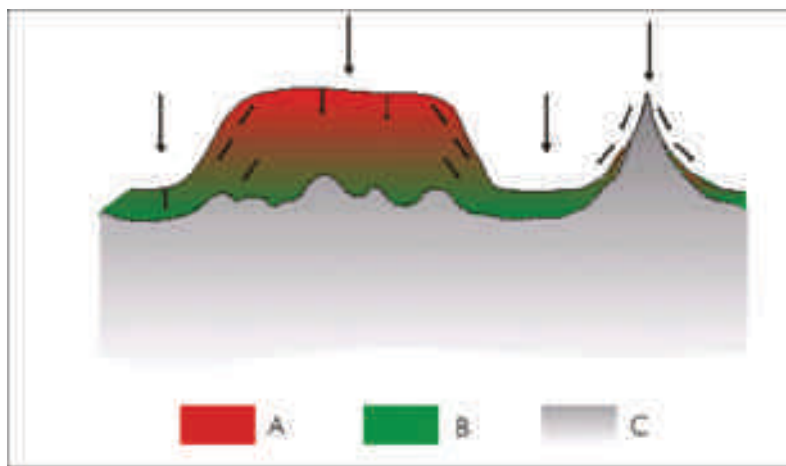


Figura 2 - Influência do relevo na infiltração e drenagem: A - boa infiltração e boa drenagem - favorecem intemperismo químico; B- boa infiltração e má drenagem - desfavorecem intemperismo químico; C- má infiltração e má drenagem - desfavorecem intemperismo químico e favorecem a erosão Fonte: Toledo et al. (2000)

Relevo montanhoso x Erosão x Formação do Solo

Áreas com maiores declives originam solos menos desenvolvidos, normalmente com cores mais avermelhadas e mais claros;

Áreas mais planas originam solos mais desenvolvidos, normalmente com cores avermelhadas;

Áreas mais baixas, próximas a riachos originam solos menos desenvolvidos, normalmente mais acinzentados.

Os elementos da paisagem influenciam, igualmente, a formação do solo; assim temos:

1. **interflúvio** - é a parte mais elevada, forma plana ou convexa;
2. **escarpa** - há um intenso processo erosivo (desmoronamento) impedindo a formação de solos. Apenas afloramento de rocha;



3. **encosta** - há processos erosivos intensos devido ao escoamento superficial; intemperismo químico pouco profundo, - **solos rasos (neossolos)**, equilíbrio entre a taxa de erosão e a de formação do solo;
4. **pedimento** - recebe material pré-intemperizado, erodido da escarpa e da encosta; formação de solos mais profundos, podendo porém ser bastante pedregosos;
5. **planície aluvial** - formada quando os vales atingem a maturidade (forma de “U”); o material transportado pelos rios (aluvião) é depositado durante as enchentes (fig. 3).

Se a área fonte são solos férteis, os solos da planície aluvial também o serão; se a área ao nível da planície em relação ao rio for pequena, os solos serão mal drenados e sujeitos a reações de redução.

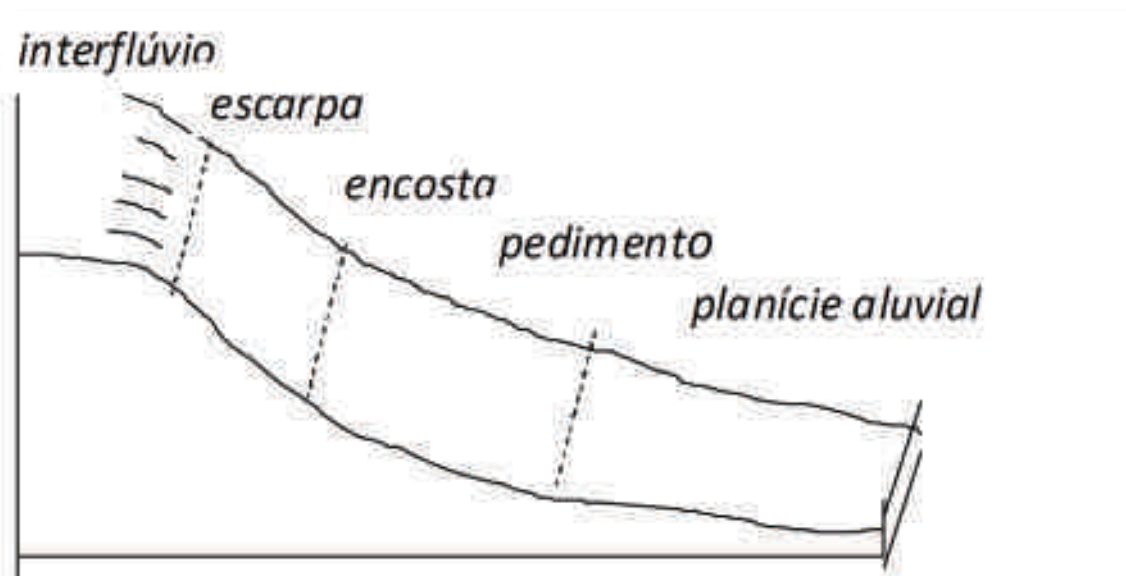


Figura 3 - Sucessão desses solos do interflúvio ao fundo do vale

Clima (fator ativo):

- Temperatura, precipitação pluvial, deficiência ou excesso hídrico;
- Isoladamente é o que mais influencia no intemperismo [regula a natureza (tipo) e a velocidade (intensidade) das reações químicas];
- Influencia o crescimento de organismos e a distinção dos horizontes pedogenéticos.



Organismos (fatores ativos - energia e compostos)

-microflora, microfauna, macrofauna e macroflora

A cobertura vegetal tem um efeito:

- atenuante do fator clima (passiva);
- efeito atenuador na temperatura;
- fixação de materiais são sólidos (dunas);
- processos de troca de iões (absorção pelas raízes, decomposição e exportação);
- maior importância: adição (resíduos vegetais-superfície e interior).

A cobertura vegetal tem uma ação direta, pois a penetração de raízes em fendas de rochas exerce pressão aquando da expansão das raízes, que, conjuntamente com as excreções orgânicas libertadas aceleram o intemperismo.

As algas, bactérias e fungos iniciam a decomposição de restos de vegetais e animais, produzindo o húmus contribuindo para a agregação e estruturação do solo e para a fixação de azoto (N_2). Num grama de material de solo do horizonte A existirão 100.000.000 a 2 bilhões microrganismos.

Os líquenes e musgos que vivem sobre a rocha recém-exposta aceleram o intemperismo e criam condições para a formação do solo e estabelecimento de plantas superiores

As formigas, minhocas agem triturando os restos vegetais, cavando galerias e misturando materiais dos diversos horizontes. Os seus cadáveres e resíduos contribuem para formação do húmus e agregados.

O Homem contribui para a remoção da cobertura natural, revolvimento do horizonte **A** e adição de corretivos e fertilizantes, irrigação, resíduos urbanos e industriais.

Tempo (duração das ações)

É um fator mais passivo: não adiciona, não exporta e nem gera energia.

O sistema solo é dinâmico: varia com transformações, transporte, adições e perdas: as planícies aluviais ainda recebem material (recente) enquanto os planaltos são velhas superfícies de aplanamento.

Idade* (cronologia) *versus* maturidade* (evolução)

*idade: anos transcorridos desde o início

*maturidade: evolução manifestada pelos atributos



Os fenómenos envolvidos na génese ou formação do solo explicam porque um solo difere do outro na cor, na espessura, na textura, na capacidade de fornecer nutrientes às plantas, etc.

1.2. O solo como suporte da planta

O estudo do solo, designado modernamente por Pedologia, tem por fim dar-nos a conhecer a sua constituição e propriedades culturais, isto é, as qualidades e defeitos que provem da sua natureza e o tornam mais ou menos adequado a determinado tipo de aproveitamento produtivo.

O solo fornece às plantas não só um suporte físico, mas também o meio onde se desenvolvem as raízes e onde estas exercem as suas funções, além dos nutrientes minerais que são necessários à vida.

O solo deve assegurar à planta apoio firme e resistente, mas não deve ser tão compacto que dificulte a penetração das raízes e impeça a livre circulação do ar e da água. Por isso, as areias são deficientes como apoio, dada a sua mobilidade, enquanto os solos muito barrentos e duros que abrem fendas de retração quando secam, causando prejuízos, pois essas fendas provocam a secagem e a fratura das raízes.

Para o solo fornecer um bom meio ambiente às raízes, não só deve favorecer a vida de certos microrganismos úteis, como veremos, mas também permitir a respiração das mesmas, pelo que deve ser arejado, conservar bem o calor e a humidade e conter certos minerais, como o calcário, que influenciam estas condições.

Por último, os nutrientes necessários, que são sais minerais, devem existir não só em certa quantidade, mas também em determinadas proporções. Entre estes minerais, devem existir azoto, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e outros elementos.

As plantas e o solo vivem em simbiose, isto é, são interdependentes; deve haver, pois, um bom equilíbrio entre o que eles fornecem e o que recebem. Os elementos minerais do solo são absorvidos pelas plantas, sendo depois restituídos ao solo, sob a forma de restos de plantas, para aí serem reciclados. Quando se retiram do solo os elementos nutritivos e não se substituem totalmente através da aplicação de matérias orgânicas ou minerais, o solo empobrece progressivamente e deixa de ser capaz de assegurar o crescimento de plantas saudáveis.



Os restos de planta devem decompor-se para libertarem os elementos minerais. Os microrganismos, os vermes, os fungos e as bactérias que se encontram no solo são responsáveis pela decomposição das matérias orgânicas e pela produção do húmus (a parte fértil do solo). O húmus encontra-se essencialmente na camada arável. A terra do subsolo contém menos matéria orgânica e é, pois, menos fértil.

Certos elementos nutritivos do solo reagem lentamente e são estáveis (por exemplo, o fósforo). Outros são absorvidos rapidamente e utilizados pelas plantas (por exemplo, o azoto); é pois necessário substituí-los continuamente para manter um bom equilíbrio entre o fornecimento de nutrientes e a sua utilização pelo solo.

A utilização excessiva de fertilizantes químicos é desaconselhável. Os horticultores devem ser estimulados a utilizar aditivos naturais, tais como diferentes tipos de estrume, a fim de manter o equilíbrio natural entre solo e plantas. Os fertilizantes naturais, como o adubo verde, o composto e o estrume animal, fornecem às plantas elementos fertilizantes, melhorando igualmente a estrutura do solo.

Por vezes deixa-se a terra em pousio, isto é, não se cultiva para lhe permitir descansar e restaurar a sua fertilidade natural. Contudo, o pousio só é possível se a terra agrícola não for um fator limitante. Quando é deixada em pousio, é importante evitar que as ervas daninhas se espalhem por ela. Nesse caso, recomenda-se a utilização de adubo verde ou de plantas de cobertura.

Além disso, recomenda-se também a rotação entre culturas de raízes profundas e as de raízes superficiais, bem como culturas com diferentes necessidades de nutrientes.



2. Constituição do solo

O solo é a camada mais superficial da crosta, é composto por sais minerais dissolvidos na água intersticial, seres vivos e rochas em decomposição.

Existem muitas variações de terreno para terreno dos elementos de um solo, mas basicamente existem duas frações principais:

A primeira é rica em húmus, detritos de origem orgânica. Essa é a chamada camada fértil. É a melhor para o plantio e é nessa camada que as plantas encontram alguns sais minerais e água para se desenvolverem.

A segunda é rica em sais minerais. Esta pode ser subdividida em três partes:

A superior é a do calcário. Corresponde entre 7 e 10% dessa camada.

A intermédia é a da argila, formada geralmente por caulinite, montmorilonite e sedimentos de feldspato. Corresponde de 20 a 30% dessa camada.

A camada seguinte é a das rochas parcialmente decompostas. É uma camada muito permeável onde existem espaços entre as partículas da areia, permitindo que entre ar e água com mais facilidade. Depois de se decomporem totalmente, pela ação da erosão e agentes geológicos, essas rochas podem originar sedimentos.

Por fim temos a camada formada por rochas que estão a começar a decompor-se. Essas rochas são as chamadas rocha matriz (fig. 4).

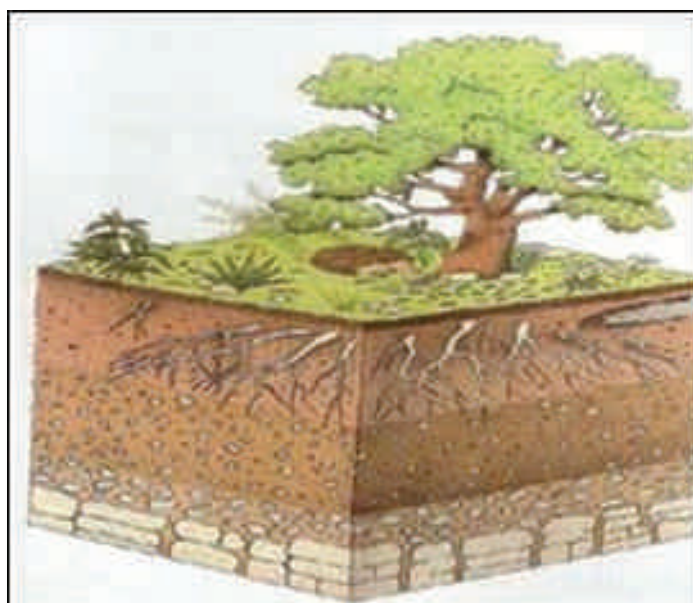


Figura 4 - As camadas do solo



2.1. Fração mineral

A mineralogia do solo constitui-se em área básica e essencial ao entendimento e desenvolvimento da Pedologia. Ela constitui uma excelente ferramenta para o conhecimento e a avaliação da gênese do solo, do seu comportamento físico e químico, além de ser um indicativo da reserva potencial mineral de nutrientes para as plantas.

Os minerais do solo pertencem a dois grandes grupos: Minerais Primários e Minerais Secundários.

MINERAIS PRIMÁRIOS

Os minerais primários são herdados do material originário; mantêm-se praticamente inalterados na sua composição. Como exemplos de minerais primários que se podem encontrar nos solos, referem-se: o quartzo, os feldspatos, plagióclases, micas, piroxenas, anfíbolos, olivinas, etc.

Importância dos minerais primários no solo

Os minerais primários do solo têm importância para a avaliação do grau de evolução do solo e da sua reserva mineral.

Grau de evolução do solo

No que respeita ao grau de evolução do solo pode observar-se o seguinte:

- Os minerais primários mais abundantes nos solos são o quartzo e os feldspatos, pois são os mais abundantes nas rochas da crosta terrestre e os mais resistentes;
- A presença de olivina, augite, hornblenda ou plagioclase cálcica, indica um estágio inicial de meteorização das rochas e de evolução do solo;
- Um solo derivado de rochas com quartzo, feldspatos e minerais ferromagnesianos e em que predominam o quartzo e o feldspato potássico, como minerais primários, será um solo muito mais evoluído.

Reserva mineral do solo

A capacidade dos minerais primários funcionarem como reserva de nutrientes depende da sua granulometria e resistência à meteorização. Assim pode ter-se:



- Reserva mineral a curto prazo - Minerais ferromagnesianos, feldspatos e outros mais resistentes, todos com dimensão não superior à do limo ($<0,02$ mm);
- Reserva mineral a médio prazo - Minerais ferromagnesianos (olivinas, anfíbolos, piroxenas e biotite) e plagióclases com dimensão superior à do limo ($>0,02$ mm);
- Reserva mineral a longo prazo - feldspatos potássicos, moscovite e outros minerais mais resistentes, com dimensão superior à do limo ($>0,02$ mm).

MINERAIS SECUNDÁRIOS

Os minerais secundários do solo podem ter 3 origens:

- São sintetizados no próprio local (*in situ*) a partir dos produtos da meteorização dos minerais primários menos resistentes;
- Resultam de alterações da estrutura de certos minerais primários, que ocorrem também *in situ*;
- São herdados do material originário.

Minerais secundários mais frequentes no solo

Os minerais secundários mais frequentes no solo são: minerais de argila (silicatos de alumínio no estado cristalino), silicatos não cristalinos; óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro; carbonatos de cálcio e de magnésio.

2.1.1. Terra fina

A fração ARENOSA - **AREIA FINA** (também designada por terra Fina) tem propriedades intermédias entre a areia grossa e o limo, sem sofrer variações bruscas.

2.1.2. Areia

Fração ARENOSA - é constituída fundamentalmente por partículas classificadas na fração areia, de tamanho entre 0,02 mm e 2 mm; são minerais primários como quartzo, feldspato; agregados de quartzo e argila e agregados de minerais de argila. Pode dividir-se em areia grossa (de tamanho entre 0,2 mm e 2 mm) e areia fina (de tamanho entre 0,2 mm e 0,02 mm).



Características:

- fraco poder de retenção para a água e substâncias dissolvidas;
- muito permeável;
- quase sem plasticidade;
- solta e incoerente quando seca;
- quimicamente é relativamente inerte.

2.1.3. Limo

Fração **LIMOSA** - é constituída por partículas de tamanho entre 0,02 e 0,002mm, geralmente são muito erodíveis; são minerais primários de reduzida dimensão, material ferruginoso e calcário, agregados de quartzo e argila, agregados de argila e minerais de argila. São geralmente solos finos.

Características:

- considerável poder de retenção para a água;
- difícil penetração da água no solo;
- plástica quando húmida;
- pouco ou nada pegajosa;
- relativamente tenaz quando seca;
- relativamente inerte quimicamente;
- se rica em material calcário e/ou ferruginoso é quimicamente ativa afetando a reação do solo.

2.1.4. Argila

Fração **ARGILOSA** - é constituída por minerais de argila de tamanho menor que 0,002mm (tamanho máximo de um coloide) e óxidos e hidróxidos de Al e Fe. Formam pequenos grãos que lembram a sensação tátil de pó-de-café



Tipos de argila:

TIPO DE ARGILA	RELAÇÕES MOLECULARES	
	SiO_2/Al_3	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$
Sialítica	> 2	> 2
Fersialítica	> 2	<2
Ferralítica	<2	<2

Características:

- grande superfície específica;
- propriedades coloidais;
- muito ativa quimicamente;
- retenção de elementos nutritivos;
- confere poder de agregação;
- elevado poder de retenção para a água;
- muito plástica e pegajosa quando húmida.

2.1.5. Propriedades dos seus constituintes

Grande parte do comportamento dos solos é determinada pela sua textura. Solos argilosos são mais agregados, enquanto que os de textura grosseira apresentam macroporos; os solos arenosos são mais permeáveis e com melhor infiltração, sendo este tipo de solo o que está menos sujeito a erosão.

A estrutura do solo é uma propriedade instável e pode modificar a textura do solo. Associadas, textura e estrutura, resultam na porosidade e permeabilidade; solos com boa porosidade são bastante permeáveis, infiltrando a água de forma abundante e de maneira distribuída.

No que diz respeito à matéria orgânica, sua incorporação com o solo é bastante eficaz na redução da erosão. Há o favorecimento no desenvolvimento de microrganismos do solo e uma melhor penetração das raízes, o que integra as partículas do solo não permitindo o desagregamento das mesmas.



A matéria orgânica do solo é constituída por restos de plantas e outros organismos, em estado mais ou menos avançado de decomposição (devida essencialmente à atividade de microrganismos), incluindo substâncias no estado coloidal. Esta acumula-se principalmente à superfície dos solos, facilitando assim a penetração das raízes, a retenção da água e o arejamento dos solos. É rica em nutrientes, como o azoto e o enxofre, que são fundamentais às plantas. É importante lembrar, que todos os solos sofrem erosão natural, mesmo que suas propriedades estejam em equilíbrio com o meio.

A matéria mineral do solo pode incluir, em proporções variáveis, fragmentos de rocha, minerais primários, em resultado da fragmentação da rocha-mãe, e minerais de origem secundária, estes resultantes da alteração dos primários nomeadamente, os minerais de argila, óxidos e hidróxidos de alumínio (Al) e ferro (Fe) e por vezes, carbonatos de cálcio, magnésio, entre outros. Apresentam-se na forma de fragmentos ou partículas de formas e dimensões muito variáveis desde pedras de cascalho até materiais tão finos que apresentam propriedades coloidais. Alguns desses constituintes são:

- Óxidos de Al:
 - A gibsite - $\text{Al}(\text{OH})_3$ - é o hidróxido de Alumínio mais abundante nos solos;
 - É mais abundante em solos muito evoluídos.
- Óxidos de Fe (responsáveis pela cor avermelhada do solo):
 - Hematite ($\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$) de cor vermelha forte;
 - Goetite ($\alpha - \text{FeOOH}$) de cor amarela ou amarelo-laranja;
 - Lepidocrocite ($\gamma - \text{FeOOH}$) de cor alaranjada;
 - Maghemite ($\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$) de cor vermelho escura ou anegrada;
 - Ferrihidrite óxido de Fe de fraca cristalinidade, cor intermédia entre a goetite e a hematite. Ocorre nos horizontes B dos podzóis associado a compostos orgânicos;
 - Magnetite (Fe_3O_4) ocorre na forma de grãos negros magnéticos mas é herdado da rocha mãe; São muito abundantes nos solos, dispersos ou concentrados;
 - São muito característicos pela coloração forte;
 - Normalmente existem na fração argilosa.



➤ Carbonatos:

- Calcite (CaCO_3) e a dolomite (MgCO_3) são os carbonatos mais comuns nos solos;
- Podem formar-se nos solos ou ser herdados da própria rocha mãe, mas neste caso não é de natureza pedogenética;
- As frações mais ativas no solo são as de dimensão do limo e da argila. Quanto mais finamente dividido mais ativo é quimicamente, dissolvendo-se com facilidade pela ação das águas com maior concentração de CO_2 .

Importância dos minerais de argila no solo:

- Excesso de carga elétrica negativa que permite reter catiões;
- Grande superfície específica que permite uma grande capacidade de retenção de água;
- Expansibilidade com a absorção de água;
- Sujeitos a dispersão e floculação;
- Importantes para a formação da agregação do solo;
- Formam ligações estáveis com a matéria orgânica do solo.

QUADRO RESUMO DAS PROPRIEDADES DAS CLASSES GRANULOMÉTRICAS DOS CONSTITUINTES MINERAIS

CLASSE GRANULOMÉTRICA	RETENÇÃO IÓNICA	RETENÇÃO DE ÁGUA	PERMEABILIDADE	PROPRIEDADES MECÂNICAS
ARGILA	<i>Forte</i>	<i>Forte</i>	<i>Fraca</i>	<i>Seco - tenaz Húmido - plástico e Pegajoso</i>
LIMO	<i>Fraca</i>	<i>Média</i>	<i>Fraca</i>	<i>Seco - pouco tenaz Húmido - plástico e Pegajoso</i>
AREIA FINA	<i>Nula</i>	<i>Fraca</i>	<i>Forte</i>	<i>Seco - pouco tenaz e Solto Húmido - pouco Plástico</i>
AREIA GROSSA	<i>Nula</i>	<i>Nula</i>	<i>Forte</i>	<i>Seco - solto Húmido - solto</i>



As proporções destas partículas no solo permitem definir a textura deste.

A água e o ar do solo ocupam os espaços intersticiais existentes entre as partículas terrosas e entre agregados de partículas cuja forma, dimensões, etc..., caracterizam a estrutura do solo. A água do solo contém uma grande variedade de substâncias dissolvidas, solução à qual é dado o nome de solução do solo.

As proporções de água e ar no solo podem variar consideravelmente num curto espaço de tempo. Sobre a matéria orgânica e fragmentos rochosos erodidos atua uma série de forças combinadas, físicas, químicas e bióticas, para produzirem um solo que possui uma certa porosidade onde podem ser retidos a água (solutos orgânicos e inorgânicos dissolvidos, constituindo a solução do solo) e os gases (sobretudo azoto e oxigénio) (fig. 5). Com a presença de oxigénio no solo ocorrem oxidações que dão origem a um composto de cor vermelha designado por hematite. Se ocorrer hidratação, formar-se-á um composto amarelo - acastanhado designado por limonite.

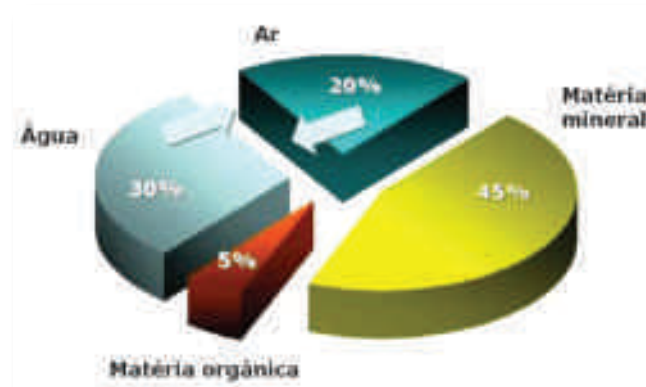


Figura 5 - O solo ideal

2.2. Vida do solo

Os organismos são extremamente importantes na decomposição da matéria orgânica. Podemos chamar de matéria orgânica ao material “morto” que sofrerá ação de outros organismos, numa sequência de eventos que começa com animais maiores até chegar aos microscópicos: formigas são capazes de triturar folhas que caem das árvores e picar frutos que apodrecem; cupins alimentam-se de troncos mortos; besouros alimentam-se de animais mortos; minhocas alimentam-se no interior da terra cavando buracos e misturando diferentes camadas, promovendo a circulação do ar no solo. E finalmente



algumas algas, bactérias e fungos que vivem no solo e alimentam-se daquilo que os animais maiores não conseguiram aproveitar, transformando tudo o que comem em compostos que ficarão no solo durante tempo variável até serem novamente aproveitados, ou seja, o húmus.

2.2.1. Principais espécies

Macrofauna do solo

São organismos que passam uma parte do seu ciclo de vida dentro do solo ou na sua superfície (incluindo o restolho). São invertebrados maiores que 1 cm de comprimento e/ou maiores que 2mm de largura ou diâmetro. São facilmente visíveis a olho nu (fig. 6).

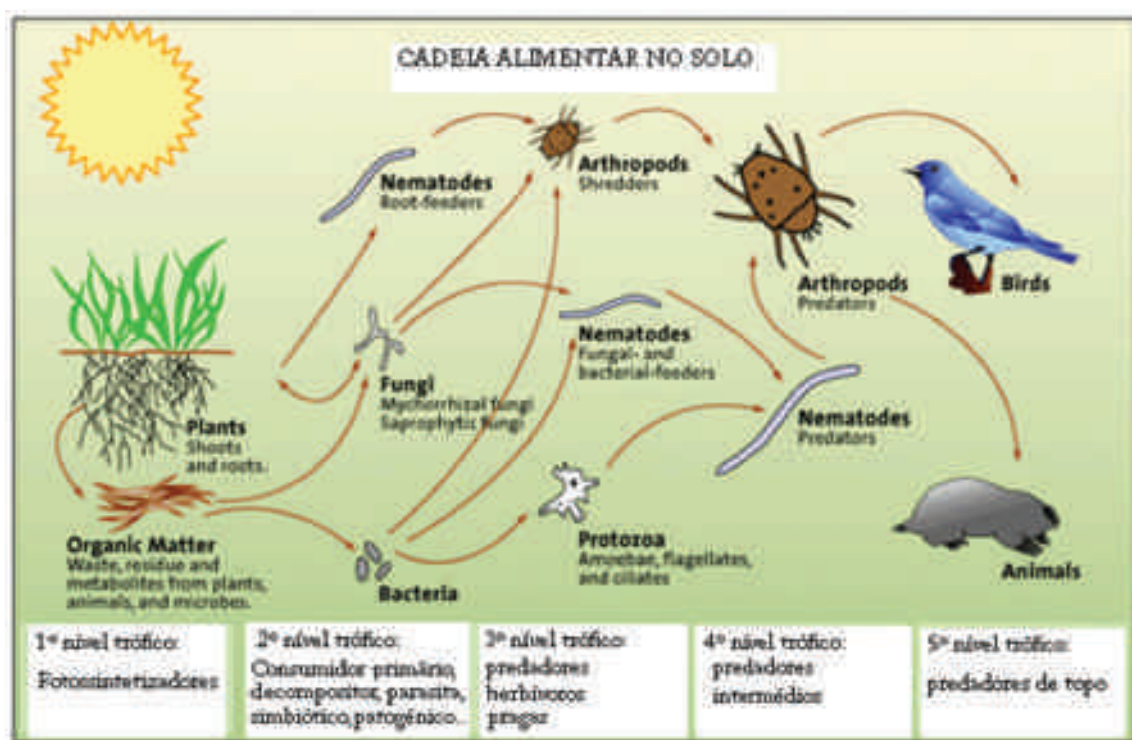


Figura 6 - Cadeia alimentar no sistema edáfico (solo)



2.2.2. Importância de um solo com vida

Estes seres vivos desempenham, no solo, três processos básicos:

- 1- Decomposição, reciclagem dos nutrientes, dinâmica da matéria orgânica através dos hábitos alimentares e processos de digestão;
- 2- Contribuem para as propriedades físicas do solo, como a agregação, porosidade e propriedades hídricas, através da bioturbação;
- 3- Controlo biológico de plantas e animais, pois são predadores podendo também ser pragas (fig. 7a, 7b).

Alguns exemplos de Macrofauna do solo	
	
Diplópode - Milípede	Hemípteros sobre um fruto
	
Larva de Coleoptera	Oligochaeta -Minhoca





Formicidae - Formiga



Orthoptera - Gryllotalpa gryllotalpa ou Ralo



Isopoda - Bicho de conta



Gastropoda- Caracol

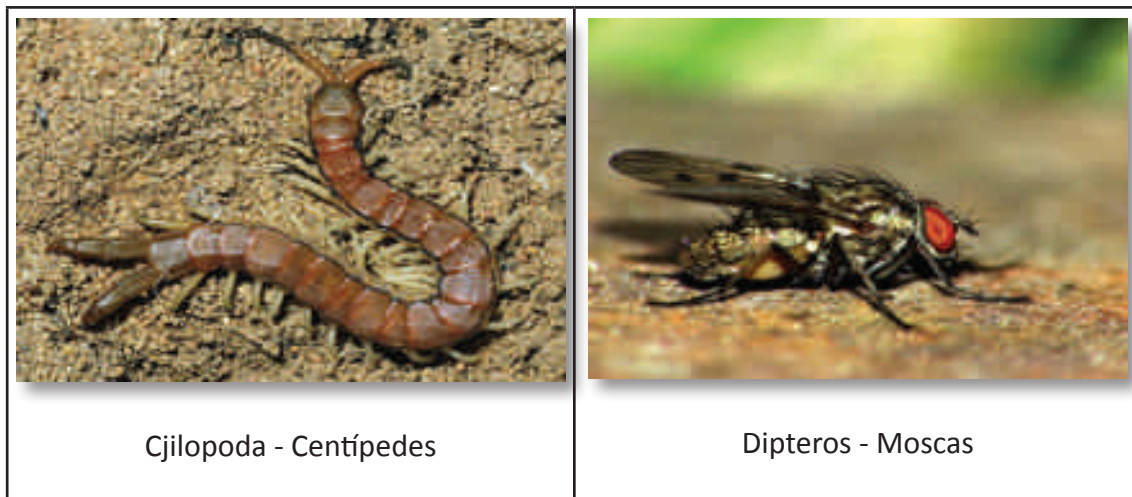


Dictyoptera - Barata da madeira



Dermaptera- Raspelho





Cilopoda - Centípedes

Dipteros - Moscas

Figura 7a - Alguns exemplos da macrofauna do solo

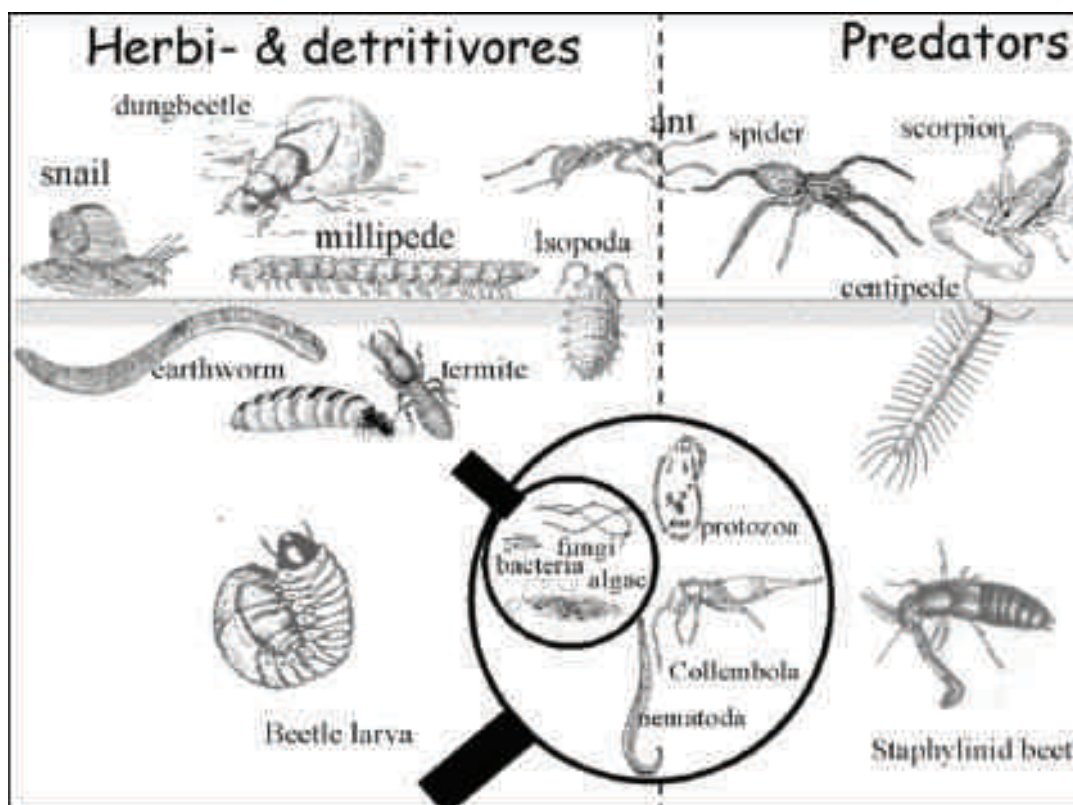


Figura 7b - Níveis tróficos na cadeia alimentar no sistema edáfico

Podemos considerar a macrofauna do sistema edáfico como reguladores edáficos (restolho e solo) porque atuam como transformadores / decompositores do restolho, sendo considerados os engenheiros deste ecossistema (fig.8)

São transformadores do restolho, porque:

- Consomem principalmente a matéria orgânica e muito pouco solo



- Produzem fezes essencialmente orgânicas
- Podem influenciar:
 - A disponibilidade de matéria orgânica
 - A reciclagem de nutrientes.
- Inclui
 - Milípedes
 - Minhocas
 - Ralos
 - Baratas

São engenheiros do ecossistema, porque:

- Afetam de maneira substancial as propriedades físicas do solo
- Afetam a disponibilidade de recursos para outros animais e plantas
- Inclui:
 - Minhocas
 - Larvas
 - Formigas
 - Rospelho

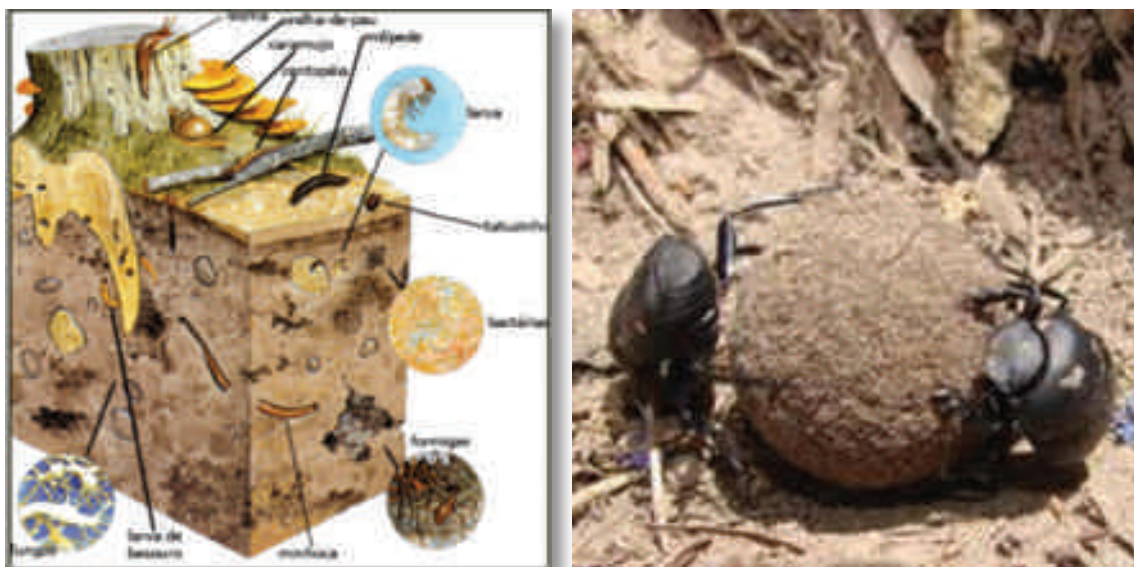


Figura 8 - Seres vivos no solo e carocha (*Scarabaeidae*) com uma “bola” de excrementos



As minhocas são importantes para o solo pois ao escarvarem galerias contribuem para a aeração e troca de gases, infiltração da água e penetração das raízes; com a produção de fezes (coprólitos) assumem também um papel na reciclagem de nutrientes, especialmente de Carbono e Azoto, sendo aquelas foco de atividades de microrganismos, contribuindo para a mudança da estrutura do solo (agregação).

A fauna e a flora do solo desempenham um papel fundamental porque, ao realizarem suas funções vitais, modificam e movimentam enormes quantidades de material mantendo o solo arejado e renovado na sua parte superficial, como explica Teixeira *et al* (2009).

2.3. Matéria orgânica

A fertilidade dos solos sempre foi questão de alta relevância na agricultura. A pesquisa do modo de melhorar a fertilidade natural ou mesmo, a garantia de uma boa fertilização do solo tem motivado os produtores na procura de novos conhecimentos.

Basicamente a matéria orgânica no solo serve para dar vida ao solo. Não havendo nenhuma matéria orgânica quer seja a viva ou a morta, o solo não tem como sustentar uma floresta ou uma cultura agrícola.

A matéria orgânica é formada pelos resíduos orgânicos de origem vegetal, enterrados no solo, como as palhas, restos de culturas e outras espécies (Gros & Vivancos, 1992) e por todo o tipo de detritos orgânicos de origem animal que, no seu conjunto, reagem provocando alterações químicas, físicas e biológicas na estrutura do solo (Gonzalez, 1994). O solo composto de materiais orgânicos (restos de organismos mortos e em decomposição), bem como com areia e argila é o solo que mais favorece o desenvolvimento e a vida das plantas, porém solos orgânicos tropicais, por vezes, possuem baixa fertilidade. O húmus é o resíduo ou composto solúvel originado pela biodegradação da matéria orgânica, que aumenta a disponibilidade dos nutrientes minerais e gasosos como o azoto (N) para as plantas.

2.3.1. Propriedades

O solo orgânico favorece propriedades físicas e químicas do solo; favorece as propriedades físicas pois formam-se grânulos, deixando-o mais leve, menos pegajoso e mais



trabalhável. A formação de grânulos também favorece a humidade e aeração do solo, já que se formam espaços vazios entre os grânulos e estes, por sua vez, são preenchidos por ar e água. Favorece as propriedades químicas, pois pode aumentar a capacidade de troca catiónica (CTC), fixar nutrientes minerais e gasosos através de reações químicas e aumentar ou diminuir o pH. Grandes quantidades de matéria orgânica no solo podem favorecer o aumento da acidez potencial, por libertação de H^+ .

Efeito na estrutura física do solo (porosidade, arejamento e retenção de água)

A matéria orgânica induz uma cor escura aos solos como consequência do seu conteúdo em húmus, melhora a coesão dos agregados (ligação do húmus com as partículas do solo) tornando os solos argilosos mais ligeiros e aumentando a estabilidade aos mais arenosos, o que resulta numa melhoria da porosidade do solo e portanto da circulação de água e ar (Moreno, 1996).

A melhoria da porosidade aumenta a permeabilidade do solo e melhora a atividade da fauna edáfica. Por outro lado as características hidrofílicas dos coloides húmicos da matéria orgânica aumentam a capacidade de retenção de água nos períodos húmidos e reduzem as perdas por evaporação nos meses quentes (Moreno, 1996).

Segundo alguns autores, a porosidade do solo deverá representar metade do seu volume, do qual 50% serão macroporos (desde 0,05mm) e 50% microporos ou poros capilares (Patriquin, 2003).

Por outro lado, a maior estabilidade dos agregados resulta em maior resistência à erosão e à compactação, possibilitando um melhor desenvolvimento radicular (Noon, 2005).

A maior estabilidade estrutural do solo, além de oferecer maior resistência contra os efeitos negativos da precipitação e do vento, facilita o manuseamento do solo e melhora a circulação de calor (Moreno, 1996).

Efeito na estrutura química do solo (pH, capacidade de troca catiónica, disponibilidade de nutrientes etc.)

As propriedades químicas que a matéria orgânica dá ao solo são conferidas pelas substâncias húmicas (vulgarmente chamado “húmus”) que contém (Sole, 1991).

A ação quelatante das substâncias orgânicas torna disponível às plantas uma grande parte dos micronutrientes catiões tais como o ferro, o zinco, manganês e cobre, insolúveis



em solos com pH elevado. O ferro por exemplo fica indisponível às plantas em solos com pH próximo de oito, caso não seja quelatado (McCauley *et al.*, 2003).

Os quelatos¹ formam um anel à volta dos iões metálicos protegendo-os de outras reações com compostos inorgânicos (fig. 9). Este complexo quelato-ião metálico pode desmontar-se e difundir o ião no interior da raiz ou entrar por inteiro lá dentro. A formação de quelatos é muito importante em solos alcalinos onde a insolubilidade de alguns micronutrientes impede a sua absorção pelas plantas, como é o caso do ferro (McCauley *et al.*, 2003).



Figura 9 - Formação de quelato

A elevada capacidade de troca catiónica (CTC) conferida pelos grupos funcionais (COOH⁻ e OH⁻) das substâncias húmicas, ajudam a tornar disponíveis os macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio e azoto), devido ao seu elevado poder de retenção e troca de iões entre os grupos e o solo (Moreno, 1996).

As substâncias húmicas aumentam portanto, a eficiência de absorção do azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, sendo este efeito particularmente importante em solos calcários (Obreza *et al.*, 1989).

Por outro lado, a humificação da matéria orgânica ao aumentar o poder tampão do solo, impede grandes oscilações de pH o que auxilia a vida microbiana e a disponibilidade de diferentes elementos nutritivos para as plantas (Moreno, 1996).

O poder tampão do solo deve-se à grande capacidade que as substâncias húmicas têm para formar complexos e neste caso o complexo argilo-húmico, já que outros complexos podem ser formados como os humifosfatos (Barrera, 1989).

¹ Quelato é um composto químico formado por um ião metálico ligado por várias ligações covalentes a uma estrutura de compostos orgânicos como aminoácidos, peptídeos ou polissacarídeos.



2.3.2. Ciclo da matéria orgânica

O **ciclo da matéria** é um processo fundamental à **Vida na Terra**. É através deste que se **renova** a matéria quer mineral quer orgânica, de modo a que esta exista permanentemente em todas as formas necessárias aos diferentes seres vivos.

O ciclo da matéria orgânica desenvolve-se em **quatro etapas essenciais** (fig. 10):

- 1. Da matéria mineral para orgânica** - a **matéria mineral** existente no subsolo é transformada no processo da **fotossíntese** dos seres **autotróficos** juntamente com os seus outros componentes (água, dióxido de carbono e com recurso à energia solar) em **matéria orgânica** (e energia química). Essa matéria orgânica passa a ser massa desse ser autotrófico (árvores, algas, plâncton, etc.).
- 2. Do ser autotrófico para os consumidores** - no entanto, pode acontecer, esse organismo fazer parte da **cadeia alimentar** de outro indivíduo (**o consumidor ou heterotrófico**). Nesse caso, a matéria orgânica é **transferida total ou parcialmente** para esse organismo, e para os que se sucederem conforme os **níveis** da cadeia alimentar.
- 3. Dos autotróficos/heterotróficos para os decompositores** - quando esse indivíduo **morre**, o seu cadáver sofre uma série de transformações no **solo**, levadas a cabo pelos **decompositores** (fungos e bactérias).
- 4. Da matéria orgânica para mineral** - o organismo entra em **decomposição** e a matéria **renova-se** assim, passando de matéria orgânica para matéria mineral no **solo**, pronta para **iniciar um novo ciclo outra vez**.



Figura 10 - Ciclo da Matéria Orgânica



A matéria orgânica, através de substâncias húmicas, propicia um solo bem estruturado com uma distribuição adequada de partículas sólidas (ex. areia, limo e argila) resultando no aparecimento de poros onde água e ar podem ser armazenados para que plantas e raízes de plantas possam crescer. Alguns componentes alifáticos hidrofóbicos de minhocas e de hifas de fungos propiciam a formação e estabilidade de agregados (pequenos torrões). Os agregados do solo condicionam a infiltração e drenagem de água no solo, a aeração e cria um habitat para a biota do solo (fungos, bactérias e actinomicetes) (fig. 11).

Os ácidos fúlvicos aumentam a capacidade de troca de cátions do solo, propiciando maior capacidade de retenção de nutrientes (ex. cálcio, magnésio e potássio) evitando serem lixiviados e, ao mesmo tempo, podendo abastecer a planta através da água do solo.

A palha que cobre a superfície do solo (“*mulch*”) evita o encrustamento superficial causado pelo impacto da gota de chuva, evitando a formação de enxurrada e, assim, protegendo o solo contra a erosão causada pela chuva. Os túneis, construídos por minhocas e raízes mortas das plantas, possibilitam maior drenagem de água e movimentação de calcário em profundidade.

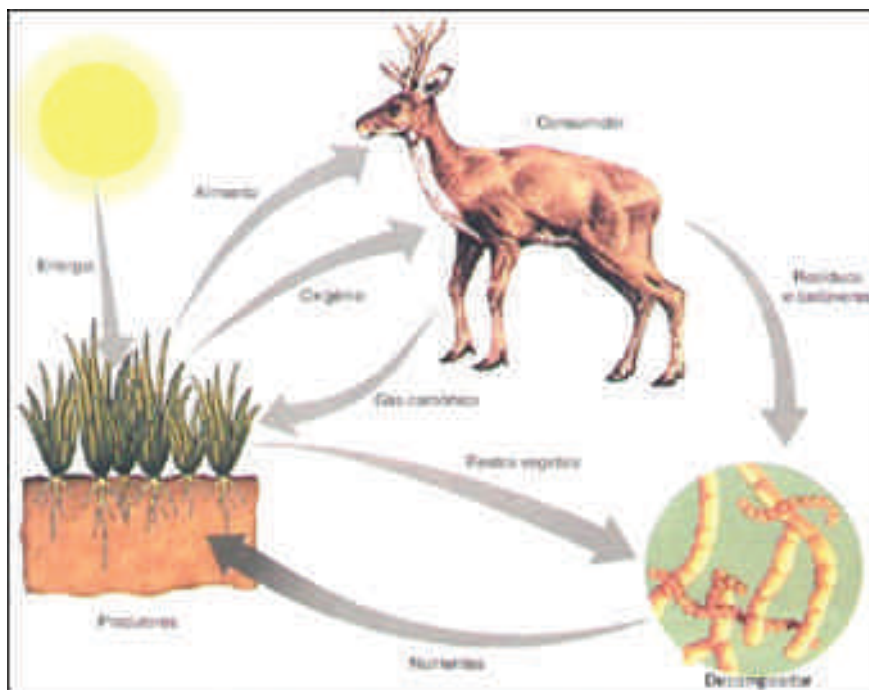


Figura 11 - Ciclo da Matéria Orgânica

A matéria orgânica contém grande quantidade de azoto e enxofre e, através de ácidos húmicos, ácido oxálico e málico, têm comprovada participação na disponibilização de



fósforo para as plantas. Esses ácidos possibilitam diminuição da toxicidade de metais, como o alumínio, para as plantas.

As bactérias que se associam com raízes de plantas cultivadas (ex. soja) abastecem as plantas com azoto diminuindo custos de adubação nitrogenada para o agricultor. Já os fungos que se associam com as raízes de plantas melhoram a eficiência das culturas na absorção do fósforo presente no solo.

Assim, os microrganismos podem transformar diversos pesticidas em substâncias simples, que, ao atingirem águas subterrâneas ou rios e lagos, não causam danos à saúde pública. Raízes agressivas de plantas consideradas adubos verdes (ex. ervilhaca, tremoço) podem romper camadas de solos compactadas aliadas aos outros componentes citados, contribuem para a não ocorrência da mudança climática global ou «efeito estufa».

2.3.3. Húmus: Significado, propriedades, importância e composição

Vallerius definiu pela primeira vez o húmus, em 1761, como sendo o resultado da decomposição da matéria orgânica. No entanto, a ideia sobre a sua natureza química e processo de formação eram totalmente desconhecidos (Senn e Kingman, 1973).

Numa fase inicial, o húmus está misturado na terra sem estar ligado às partículas do solo, constituindo o chamado “húmus jovem”. Este, durante a atividade microbiana, vai libertando produtos transitórios, que desempenham um papel importante na estrutura do solo (Gros e Vivancos, 1992).

O húmus jovem evolui rapidamente (em poucos anos) para o chamado “húmus estável”. O Húmus estável sofre uma ação microbiana lenta originando uma mineralização da ordem de 1 a 2% por ano, e representa a fração orgânica mais firmemente ligada ao solo (Gros e Vivancos, 1992).

Os restos vegetais e animais que compõem a matéria orgânica são transformados no solo pelos microrganismos num processo mais ou menos rápido, conhecido por mineralização primária. Este processo leva à libertação de azoto, fósforo, enxofre e micronutrientes que podem ser absorvidos pelas plantas e também, mas mais lentamente, transformados em novos compostos orgânicos através da humificação dando origem ao húmus (Santos, 1991) (fig. 12).



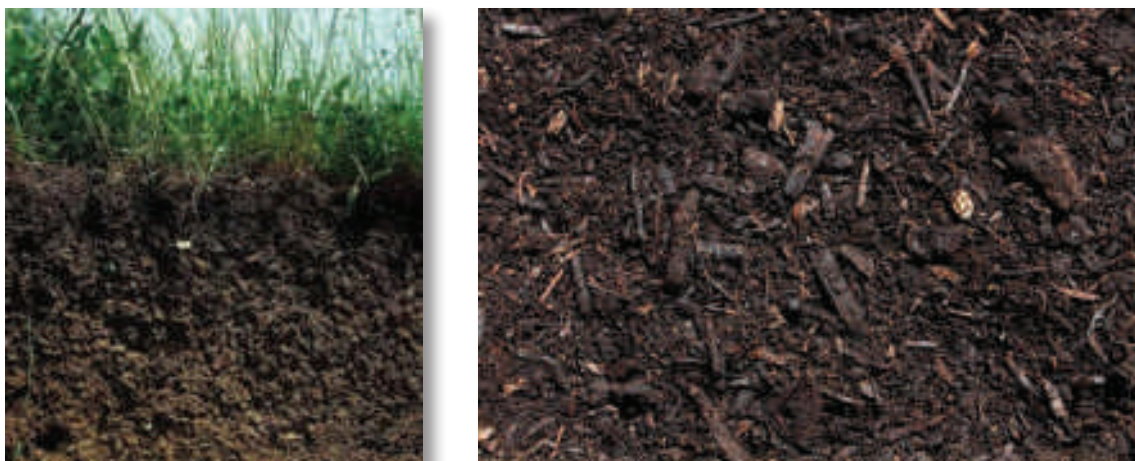


Figura 12 - Húmus na camada superficial do solo e pormenor

O húmus é depois decomposto pela mineralização secundária libertando dióxido de carbono e vários nutrientes num processo muito lento e que origina ácidos húmicos, huminas e ácidos fúlvicos, cuja ação na fertilidade do solo se reflete ao nível da estabilização de agregados (ácidos húmicos) e na quelatização de elementos nutritivos (ácidos fúlvicos) (Santos, 1991).

As substâncias húmicas ou húmus são formadas por ácidos húmicos, fúlvicos e huminas, enquanto que as não húmicas são formadas por hidratos de carbono, proteínas, pigmentos e outras substâncias de baixo peso molecular, que são facilmente degradados por microrganismos do solo, contrariamente às substâncias húmicas que são muito estáveis. (Barrera, 1991).

Os ácidos húmicos têm moderado peso molecular, cor acinzentada, são solúveis em ácidos e insolúveis em meios alcalinos, enquanto que os ácidos fúlvicos apresentam baixo peso molecular, têm uma cor mais clara, são solúveis tanto em meios alcalinos como ácidos e mais susceptíveis ao ataque dos microrganismos que os ácidos húmicos. As huminas são constituídas por substâncias de elevado peso molecular, de cor escura, insolúveis em ambos os meios e muito resistentes ao ataque microbiano (Plank, 2001). Segundo outros autores, a matéria orgânica pode dividir-se em duas categorias bem distintas, consoante a facilidade com que se dá a decomposição. Uma fração estável resistente à decomposição e uma a fração ativa mais suscetível aos microrganismos. A matéria orgânica estabilizada e a fração ativa representam 33% a 50% do total, os



microrganismos são inferiores a 5% e os resíduos orgânicos frescos inferiores a 10% (Lewandowski, 2002).

A primeira parte da decomposição da matéria orgânica dura cerca de 1 a 2 anos. Esta fração da matéria orgânica é designada por “active SOM” por ser rapidamente decomposta. Terminada a primeira fase de decomposição, entra-se na fase intermédia particularmente lenta que pode levar 15 a 100 anos a ser concluída, designada “slow SOM”, a qual é constituída pelos detritos resultantes da primeira fase e muito resistente à decomposição. A última fase pode demorar 500 a 5000 anos por não ser biologicamente ativa, é designada por “passive SOM” ou húmus (McCauley *et al.*, 2003).

A rapidez com que se dá a decomposição da matéria orgânica depende da natureza dos resíduos orgânicos, da idade da planta, da temperatura, humidade, do seu conteúdo em azoto etc. Assim, as celuloses decompõem-se mais rapidamente enquanto que as resinas, os taninos e as lenhinas mais lentamente por serem muito resistentes aos ataques microbianos. Dum modo geral a decomposição é favorecida por temperaturas mais elevadas, baixa precipitação, solos com maior conteúdo em cálcio e material vegetal rico em azoto (Yagüe, 1994).

A relação C/N é outro fator importante na mineralização da matéria orgânica. À medida que a decomposição avança a relação (C/N) diminui e a velocidade também. Quando a relação (C/N) atingir o valor entre 9 a 10 a matéria orgânica terá sido transformada em húmus (Yagüe, 1994).

Numa relação C/N elevada (> 30) a mineralização é muito rápida, originando a imobilização do azoto disponível para as plantas. Os microrganismos consomem todo o azoto, sendo necessário adicionar fertilizantes azotados para compensar este bloqueio e as plantas continuarem a crescer (Jones *et al.*, 2001).

Durante a decomposição da matéria orgânica os compostos de carbono perdem-se sob a forma de água e dióxido de carbono e o azoto fica uma parte no solo outra formando parte dos microrganismos (Yagüe, 1994).

A mineralização é ótima para solos arejados tépidos e cujo pH esteja próximo do neutro (Jones *et al.*, 2001).



2.3.4. Complexo argilo-húmico

O complexo argilo-húmico é um agregado constituído por húmus associado a partículas de argila; este complexo retém elementos químicos dissolvidos na água tornando o solo mais rico em nutrientes.

Um complexo argilo-húmico estável, aumenta a capacidade de retenção de água e melhora o processo de troca catiónica (fig. 13). Assim, a formação estrutural do solo melhora em parâmetros como:

- Formação de agregados;
- Velocidade e circulação da água;
- Penetração de raízes;
- Resistência à erosão;
- Resistência à formação de crosta superficial;
- Arejamento;
- Grande capacidade de retenção de água;
- Fornecimento de nutrientes aos microrganismos do solo, estimulando a sua atividade;
- Aumento da capacidade do solo para reter e armazenar os nutrientes minerais.

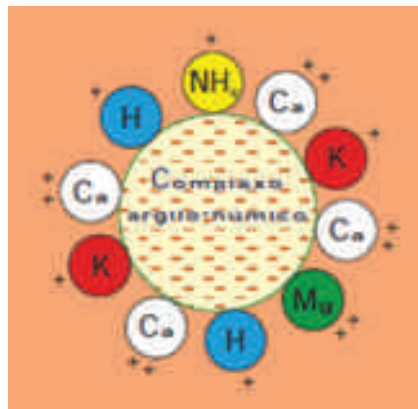


Figura 13 - Complexo argilo-húmico

2.4. Água do solo

A água desempenha uma ação fundamental na formação do solo, e é indispensável à vida das plantas, no entanto a sua quantidade é variável devido à precipitação e irrigação, à



textura, estrutura, relevo e teor em matéria orgânica. A água do solo contém uma grande variedade de substâncias dissolvidas, solução à qual é dado o nome de solução do solo.

A água é o constituinte do solo onde se encontram substâncias dissolvidas. Desempenha uma importante função na formação de um solo e é indispensável às formas de vida dos solos.

A água tem também um papel fundamental na nutrição da planta, pois serve diretamente de alimento aos vegetais, fornecendo-lhes o hidrogénio. Por outro lado, serve de dissolvente aos minerais e de veículo para os transportar da raiz até às folhas, onde ocorre a atividade fotossintética.

2.4.1. Formas de água no solo

A água constitui, através das soluções (coloides) do solo, a base essencial da alimentação da planta. A água e o ar ocupam os espaços que se encontram entre as partículas minerais e de matéria orgânica ou entre os seus agregados (poros). A água é retirada com facilidade pelos poros pequenos e médios, o que já não acontece com os grandes, que permitem a sua infiltração rápida devido a gravidade. Um solo fértil, com água nos poros mais pequenos e ar nos maiores, oferece um bom ambiente para o desenvolvimento das raízes e para a vida dos microrganismos. É um reservatório capaz de suprir as necessidades hídricas das culturas.

Importância da água:

- É solvente e veículo para absorção de nutrientes;
- Para os processos vitais das plantas;
- Na vida dos microrganismos;
- Na regulação térmica;
- Na germinação de sementes.

Quando chove, parte da água penetra no solo pelo processo de infiltração. Esta água pode ficar perto da superfície ou pode penetrar profundamente. A água que penetra profundamente chama-se água subterrânea. O nível a que se encontra a água subterrânea chama-se nível do lençol freático. Se o nível do lençol freático é tão alto que fica acima da superfície do terreno, então forma pântanos, lagos e ribeiros (fig. 14).



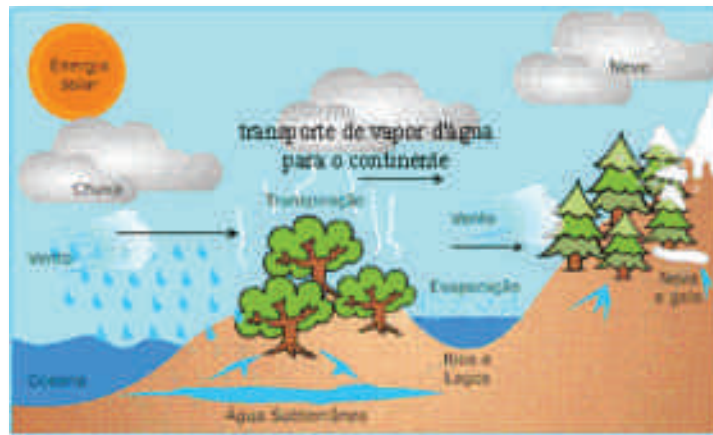


Figura 14 - Ciclo da água

Quando chove, nem toda a água penetra no solo. Parte dela pode ficar à superfície, se o terreno for horizontal, ou correrá ao longo da superfície, se o terreno for de superfície inclinada. Esta água carrega as partículas do solo e dá início à erosão. Outra parte infiltra-se e, dependendo da intensidade da chuva, pode, ou não saturar os solos (fig. 15).

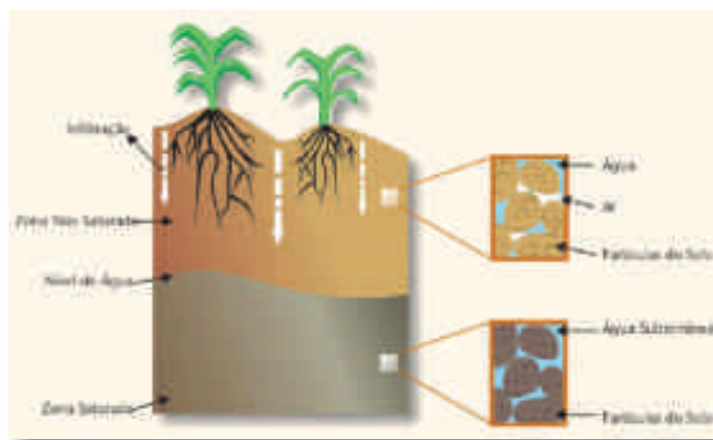


Figura 15 - Zona saturada e não saturada do solo

A quantidade de água que penetra no solo depende:

- Da quantidade de chuva (chuva forte - menos água penetra, mais escorre);
- Do tipo de solo (textura, estrutura);
- Da inclinação do terreno;
- Da quantidade e tipo de plantas.



Na superfície a água evapora-se. O vapor de água eleva-se no ar e vai formar novas nuvens. O vapor de água também é expelido pelas plantas. A isto chama-se transpiração (fig. 16).

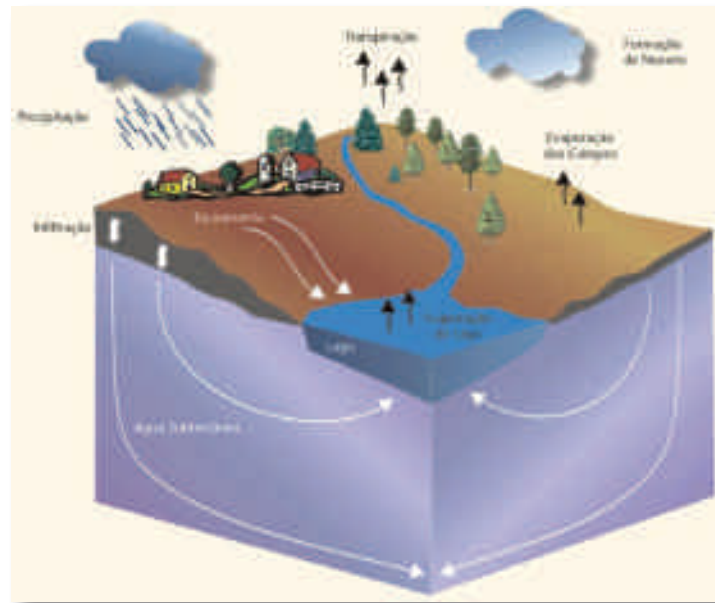


Figura 16 - Ciclo da água

Pouca água fica à superfície de solos arenosos. Mas, como a areia tem uma textura pobre os solos arenosos retêm pouca água. Se o solo tem muita argila, a água não penetra nele rápida e facilmente, mas parte da água fica retida nele, e é usada pelas plantas (fig. 17).

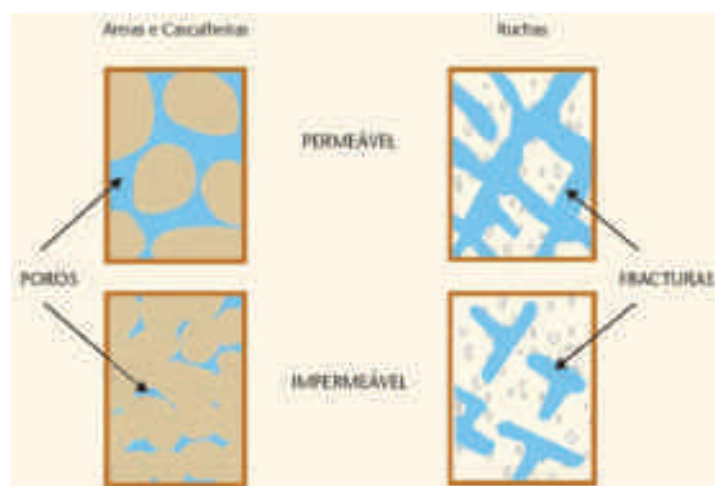


Figura 17 - Porosidade e permeabilidade



A água de um solo pode ser classificada da seguinte maneira:

Água de constituição - é aquela que entra na estrutura química dos minerais. Não está disponível para as plantas.

Água higroscópica - é a que está **adsorvida** à superfície dos minerais, que a retêm mais fortemente que as raízes a podem absorver, pelo que não é utilizável pelas plantas.

Água **de capilaridade** - É aquela que está dentro de canais capilares entre as partículas do solo, aderente às partículas. Pode ser absorvida pelas plantas; forma películas em volta dos minerais. Constitui a principal fonte para as plantas.

Água gravitacional - É aquela que existe quando o solo está encharcado e desaparece ao fim de algum tempo, por infiltração, devido ao seu próprio peso; desloca-se de poro em poro e provoca alagamento do solo se não for drenada.

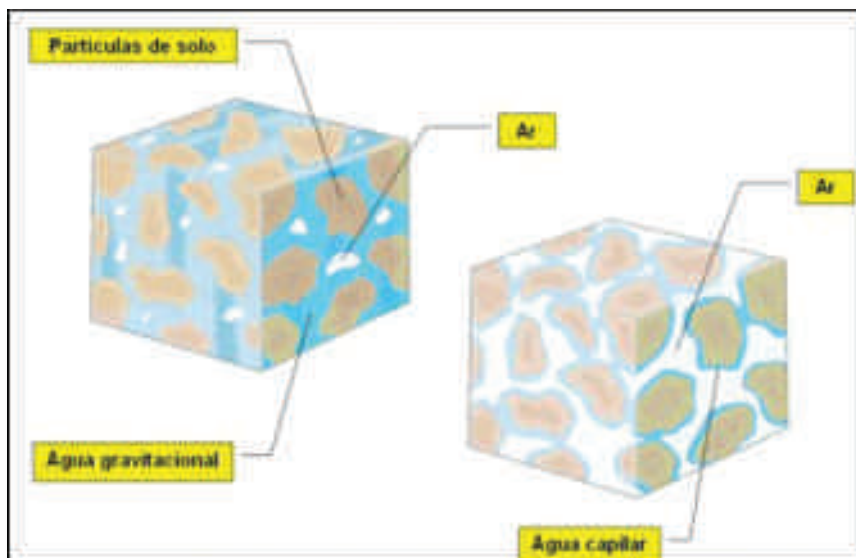


Figura 18 - Água no solo

2.4.2. Estados de humidade do solo

A quantidade de água no solo (humidade) depende de vários fatores como o clima, a textura, estrutura e permeabilidade do solo, a ação dos seres vivos e varia com o tempo e a situação geográfica do solo considerado. A sua percentagem num solo não é constante porque se encontra sempre em movimento; pode infiltrar-se, evaporar-se ou ser absorvida pelas plantas.

Por possuir muitas substâncias dissolvidas, a água existente no solo é também designada por solução do solo.



2.4.3. Constantes de humidade

As **Constantes de humidade** do solo são os valores que representam a % de humidade que um solo contém em determinadas condições; permitem definir relações entre solo-água-planta.

Percentagem a 15 atmosferas: corresponde à percentagem de humidade retida no solo (inicialmente saturado) contra uma pressão extrativa de 15 atmosferas (< 1% em areias, podendo ultrapassar os 25% em solos argilosos, podendo atingir valores bastante mais elevados nos solos orgânicos).

Percentagem a 1/3 de atmosfera: quantidade de água que uma amostra de solo retém, quando depois de saturado é submetido a uma força de 1/3 de atmosfera (retirada a água gravitacional ficando só a higroscópica e a capilar).

- Permite avaliar a capacidade de retenção do solo para água nas condições normais (**medida aproximada da Capacidade de Campo do solo**) (<3% em solos arenosos podendo atingir 45% em solos argilosos e valores muito superiores nos solos orgânicos).

2.4.4. Capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento, capacidade utilizável

Capacidade de campo (field capacity)

- É o teor de humidade que permanece num determinado solo após um longo período de drenagem gravitacional, sem suprimento de água na superfície do terreno (o mesmo que retenção específica; mede a capacidade para um solo reter água). A % a 1/3 de atmosfera constitui uma medida aproximada deste parâmetro (fig. 19).

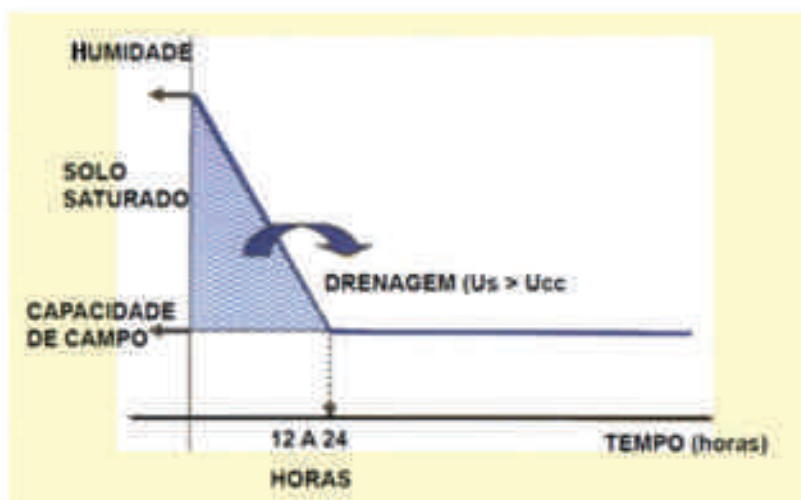


Figura 19 - Constante de humidade



Coefficiente (ponto) de Emurchecimento (permanent wilting point)

- Teor da humidade do solo para o qual as plantas murcham, mantendo-se nesse estado de forma permanente. A % a 15 atmosferas constitui uma medida aproximada deste coeficiente (fig. 20).



Figura 20 - Coeficiente (ponto) de Emurchecimento

A capacidade de Campo e o coeficiente de emurchecimento variam com a textura do solo (fig. 21).

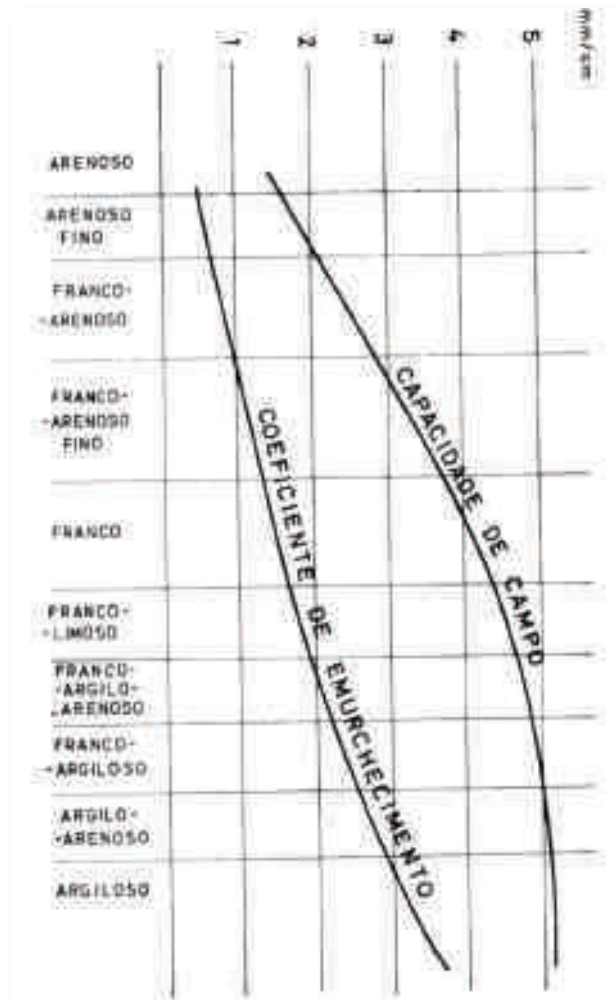


Figura 21 - Variação da capacidade de campo e do coeficiente de emurchecimento com a textura do solo. Adaptado de Etcheverry e Harding, 1933).



Capacidade Utilizável (água disponível)	= Capacidade de campo - Coeficiente de emurchecimento
	= % a 1/3 de atmosfera - % a 15 atmosferas

Solo arenoso:

- Coeficiente de Emurchecimento de 3% e uma capacidade de campo de 20% (peso de água em relação ao peso de terra seca), a sua capacidade utilizável é de 17% (20-3).

Solo argiloso:

- Coeficiente de Emurchecimento de 25% e a capacidade de campo 60%, a sua capacidade utilizável é de 35% (60-25) (fig. 22).

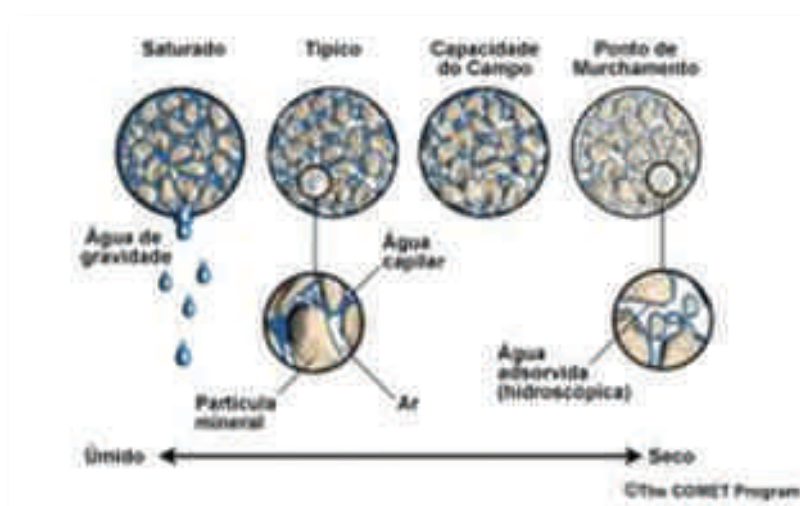


Figura 22 - Condições gerais de Humidade do solo

Capacidade utilizável:

- Culturas de sequeiro (o solo acumula grande reserva de água disponível para as plantas ao longo da sua vida);
 - Em culturas de regadio (a frequência das regas deverá ser maior quando tal capacidade for pequena). **Em solos arenosos para manter as plantas as regas são mais frequentes.**
- O conhecimento da capacidade utilizável permite determinar a oportunidade e a quantidade de rega. Esta deve ser feita quando o teor de água no solo atinge 50% da capacidade utilizável.



2.5. Atmosfera do solo

O ar do solo ocupa os espaços não preenchidos pela água e é constituído por azoto, oxigénio e vapores de água, podendo encontrar-se ainda outros gases em quantidades vestigiais, provenientes do metabolismo microbiano.

O ar apresenta um papel importantíssimo para a manutenção da vitalidade dos solos, que influi sobre a intensidade de reações químicas e biológicas que se processam nos mesmos, sendo também indispensável na respiração das raízes das plantas.

O ar entra na constituição do solo para preencher os espaços existentes entre as partículas sólidas que não são preenchidos pela água. O ar presente nos interstícios entre as partículas de solo resulta da combinação dos gases da atmosfera com os gases libertados durante as atividades biológicas e químicas ocorridas ao nível do solo, daí ser também chamado atmosfera do solo. Um solo pouco arejado é também pouco produtivo pois não oferece oxigénio suficiente para a respiração das raízes.

A presença de ar no solo influencia não só a sua produtividade mas também a sua cor. Assim, a existência de oxigénio na constituição do solo vai permitir oxidações dos compostos de ferro dando origem a um composto vermelho designado por hematite e, no caso de este composto ser hidratado, dá origem a um outro de cor amarelo-acastanhada designada por limonite.

Composição do ar do solo (camadas superficiais)

Constituinte	Ar do solo	Ar atmosférico
	% (V)	% (V)
Oxigénio	15 - 10,5	21
Dióxido de carbono	0,2 - 4,5	0,03
Azoto	79 - 81	79
Vapor de água	Saturado	Variável

Durante os processos respiratórios das raízes e dos microrganismos ocorre libertação de CO_2 e consumo de O_2 . A renovação do ar do solo (trocas gasosas com a atmosfera) ocorre por difusão.

- Ao longo de um perfil: CO_2 aumenta com a profundidade (pode atingir ~ 15%) e O_2 diminui (~ 1%)



- Ao longo do ano (nas camadas superficiais): CO_2 diminui nos meses frios ou secos (atividade biológica reduzida).
- Cultivo do solo (maior densidade de raízes) tende a aumentar a % de CO_2 e a diminuir a de O_2 .

Importância da atmosfera do solo

- É indispensável à vida das plantas: respiração radicular (~ 3% de O_2 para as raízes sobreviverem e mais de 10% de O_2 para o seu crescimento)
- Influencia algumas propriedades do solo: Proporção e tipo de matéria orgânica; pH; forma e quantidade de nutrientes)

Variação da Composição do ar	Influência nas reações químicas e processos biológicos	Consequências
Teor de O_2 Deficiente	Humificação da matéria orgânica é retardada	Acumulação de matéria orgânica
	Redução de alguns constituintes do solo (Fe^{3+} , Mn^{3+} , NO_3^- , SO_4^-)	Deficiência ou excesso de nutrientes
Acumulação de CO_2	Formação de ácido carbônico (H_2CO_3)	Variação do pH: - influi na solubilidade dos nutrientes - influi na evolução do solo



3. Caracterização do solo

Pedologia, do grego *pedon* (solo, terra), é o nome dado ao estudo dos solos no seu ambiente natural. Considera o solo como um corpo natural, um produto sintetizado pela natureza e submetido à ação de intemperismos, enquanto a edafologia imagina o solo como viveiro natural para os vegetais.

A **pedologia** estuda a Pedogénese, a morfologia dos solos e a classificação de solos.

3.1. Perfil de um solo

Perfil de solo é o corte do terreno no qual se observa a sucessão de camadas que formam o solo. Este consiste de uma sobreposição de agregados minerais e de matéria orgânica, misturados pelos processos de erosão e deposição, situados entre a rocha matriz (ou rocha mãe) que os originou e a superfície que fica em contacto com a atmosfera. Esses agregados dispõem-se em três camadas principais, denominados horizontes de solo. As características que podem ser levadas em conta para diferenciação dos horizontes dependem do conhecimento da pessoa que está realizando o trabalho e são baseados em alguns critérios como textura, cor, consistência, estrutura, atividade biológica, tipo de superfície dos agregados, etc.

Normalmente o solo possui três horizontes bem fáceis de distinguir:

- **Horizonte O**, que representa a matéria orgânica presente na superfície;
- **Horizonte A**, que representa a região em que o solo perde material para as camadas mais profundas;
- **Horizonte B**, local em que se acumulam os materiais perdidos pelo horizonte A;

Podemos ainda distinguir o:

- Horizonte C, caracterizado pela rocha matriz decomposta;
- Horizonte R, caracterizado pela rocha matriz não decomposta (fig. 23).



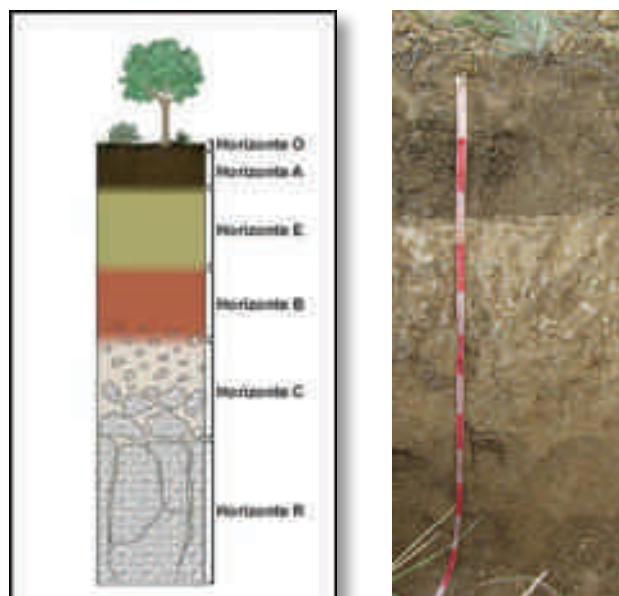


Figura 23 - Perfil de um solo

A diferenciação dos horizontes é tanto mais fácil quanto mais evoluído for um solo. Assim um solo jovem, próximo ainda das características da rocha-mãe, não tem nenhum deles ainda bem definidos.

O horizonte A, ou superior, caracteriza-se pela deposição de matéria orgânica originada da vegetação (folhas e galhos mortos), da vida microbiana e de animais superiores (dejetos de animais e suas carcaças, quando mortos e decompostos), que inicia o processo de fusão com os minerais desagregados pela erosão, para formar o húmus. É a camada mais fértil do solo, por conter grande quantidade de nutrientes e estar protegida da erosão superficial pela camada de vegetais em crescimento.

O horizonte B ou intermediário é caracterizado pelos minerais desagregados que já se consolidaram com as matérias orgânicas de tempos passados. É a camada em que se fixam as raízes dos vegetais de maior porte, para dar sustentação às plantas.

O horizonte C ou inferior, situado junto à rocha matriz, é o que sofre as modificações causadas pelos processos de intemperismo químico e mecânico (erosão).

O perfil de solo pode ser completo, apresentando todas as camadas, ou mostrar a ausência de uma delas. Entre especialistas, é frequente a subdivisão em um número maior de horizontes (como AB ou BC, A1, B1, B2) para estudos mais pormenorizados. A análise de um perfil de solo é uma das ferramentas de trabalho de agrónomos e engenheiros, no primeiro caso para determinar os cultivos possíveis, no segundo para a avaliação do tipo



de alicerces ou sapatas necessários para a sustentação de obras (edifícios ou estradas). No exame do perfil do solo três variáveis são de fácil identificação, podendo ser realizadas no campo e por pessoas sem experiência nesta área.

3.2. Propriedades físicas

As propriedades físicas (textura, estrutura, porosidade, entre outras) estão relacionadas com a **fração mineral do solo** cujo volume é aproximadamente 45 % do volume total do solo, sendo de difícil controlo ou mudança, ao contrário das propriedades químicas (fertilidade, acidez).

Fração Mineral do Solo:

1. **Rocha desintegrada** - existe no solo na forma de pedra, cascalho, areia e silte. A sua influência na capacidade de reter nutrientes no solo é mínima. Mas, pelo processo de constante desintegração se desprendem da rocha vários iões com importância para as plantas (PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.).
2. **Óxidos e hidróxidos** - formam-se através do processo de desintegração química (decomposição). No solo existem sobre tudo óxidos e hidróxidos de ferro (Fe), alumínio (Al) e sílica (Si). Esses compostos têm pequena capacidade de reter nutrientes.
3. **Argila** - a sua importância para fertilidade é elevada, através da alta capacidade para reter nutrientes.

3.3. Textura

Refere-se ao tamanho e proporção das partículas que compõem o solo e à proporção destas no total. É a distribuição percentual da fração mineral do solo. A textura influi na retenção dos nutrientes, na porosidade do solo, na permeabilidade, na temperatura, na humidade, na mecanização, na penetração das raízes e na erosão.

Classificação granulométrica

A parte mineral do solo é constituída por partículas reunidas segundo o seu tamanho, em agrupamentos denominados frações do solo. A classificação granulométrica mais usada é pelo sistema americano (USDA), detalhada assim:



Fração do solo diâmetro em mm	
Pedra	maior que 20 mm
Cascalho	20 a 2 mm
Areia grossa	2 a 0,2 mm
Areia fina	0,2 a 0,02 mm
Limo ou silte	0,02 a 0,002mm
Argila	menor que 0,002mm

Análise da textura

A determinação da classe textural de um solo pode ser feita em laboratório ou no campo. Em laboratório é dada pela percentagem de areia, limo e argila que passam sucessivamente pelo sistema de crivos com orifícios de vários diâmetros. O resultado se deriva dum diagrama textural. A proporção dos diversos elementos revelados pela análise mecânica dá a cada solo características físicas bem distintas e permite classificá-los numa das categorias definidas pela escala internacional (combinações de quatro alternativas - Arenoso, Franco, Argiloso, Limoso) (figs. 24 e 25).

Areia grossa - tamanho maior de 2 mm - o seu papel pode ser algumas vezes benéfico. Por exemplo pode limitar a evaporação à superfície. Mas, em geral, a sua importância para o solo é diminuta e quando a areia grossa ultrapassa 50% diminui a fertilidade.

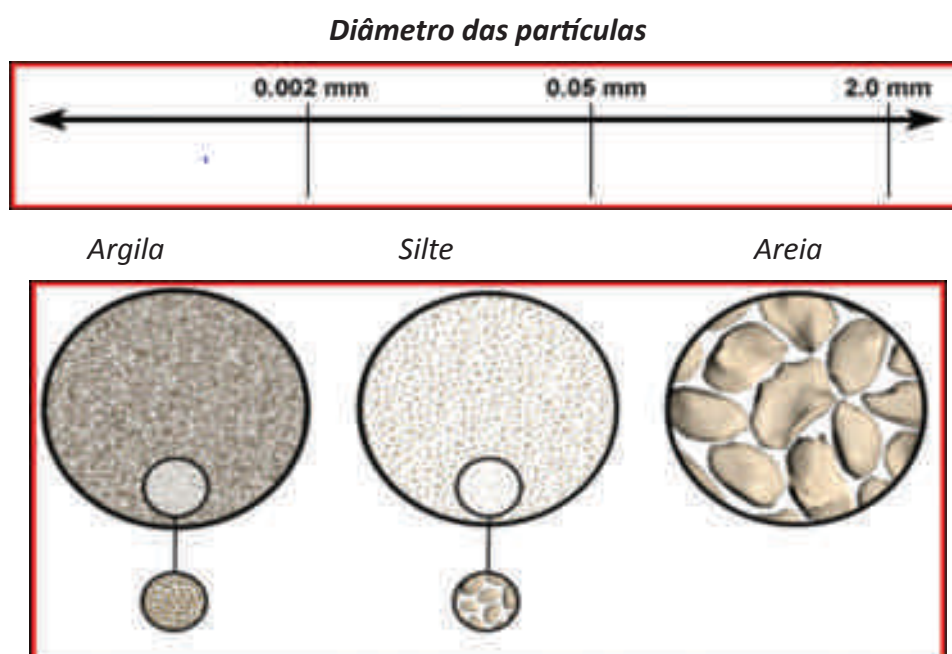


Figura 24 - Diâmetro das partículas (adaptado de *The Comet Program*)



Proporção de terra fina - (de tamanho menor de 2 mm) - cada vez que esta diminui abaixo de 80%, a fertilidade é fraca ou medíocre. Nas terras arenosas a drenagem efetua-se facilmente mas intensifica os efeitos da seca.

Proporção de argila - Quando excede 25%, a terra torna-se húmida, compacta, impermeável e difícil de trabalhar. Disso resulta uma redução considerável da fertilidade. Onde a areia, limo e argila estão mais equilibrados, o solo se chama franco. Solos francos são solos geralmente férteis, arejados e fáceis de trabalhar.

A textura do solo refere-se às proporções dos grupos de grãos que formam o solo, ou seja à proporção de argila, silte (limo) e areia. Na prática o conhecimento da textura é feito mediante a manipulação do solo húmido entre os dedos, o que dará uma ideia, pela manipulação táctil, da predominância das frações granulométricas finas e grosseiras.

A determinação no campo é feita de acordo com o tato. As partículas maiores (areia) dão sensação áspera, as intermediárias (limo) dão a sensação de maciez, as partículas menores (argila) dão sensação dura, quando seca, e plástica e pegajosa, quando húmidas.

A consistência do solo é a última variável de fácil identificação no campo e é dividida em seca, húmida, molhada e cimentada. Estas classes são expressas pelo grau de adesão ou pela resistência à deformação.

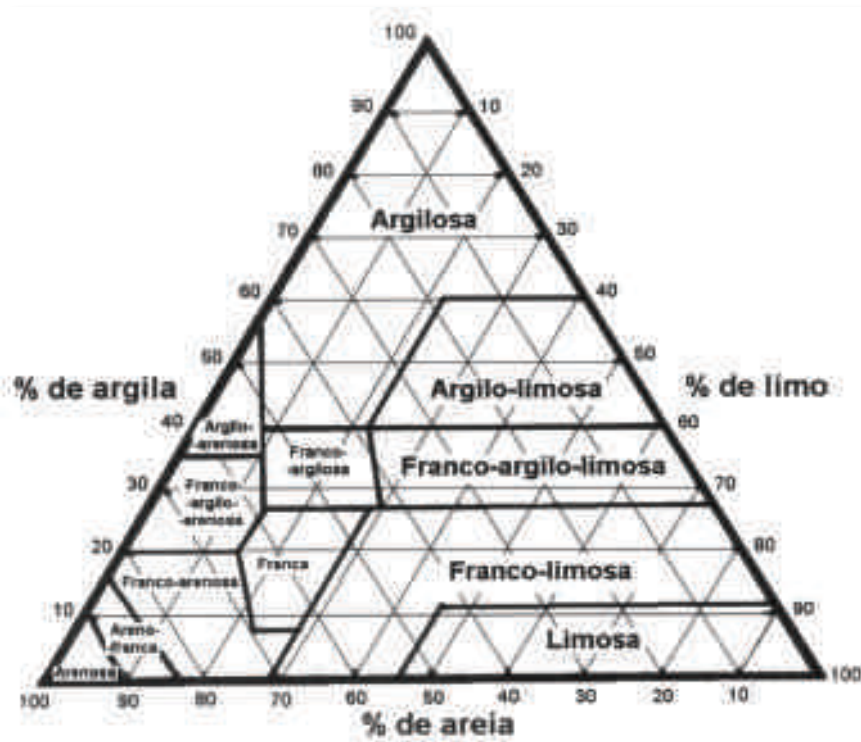


Figura 25 - Diagrama triangular para classificação da textura do solo



3.2.2. Estrutura

A estrutura de um solo é a sua característica física expressa pela forma, dimensão e arranjo das suas partículas sólidas e dos vazios que a elas se associam.

A estrutura do solo está relacionada com a presença no solo de grandes moléculas minerais, como as das argilas, e orgânicas, como as do húmus ou ácidos húmicos e resulta do arranjo das partículas individuais. As partículas do solo devem estar dispostas de tal forma que deixam circular entre si o ar e a água. Quando os espaços são pequenos, próximos, aderentes, o solo apresenta-se calcado, pesado e compacto. A estrutura depende do teor e qualidade dos agregados e grumos.

Agregado - um elemento de pequena dimensão (0,002 - 2 mm) que graças a forças físico-químicas e mecânicas é estável. É constituído essencialmente por várias partículas de areia ligadas entre si pelo cimento dos coloides argilosos e húmicos. O húmus é melhor cimento do que a argila, pois bastam 3,6% de húmus para produzir o mesmo que 10% de argila (fig. 26).

Os agregados juntam-se às estruturas maiores - **os grumos** (0.5 - 50 mm). São formados pela ação dos microrganismos. Sua estabilidade depende da presença de matéria orgânica (fig. 27).

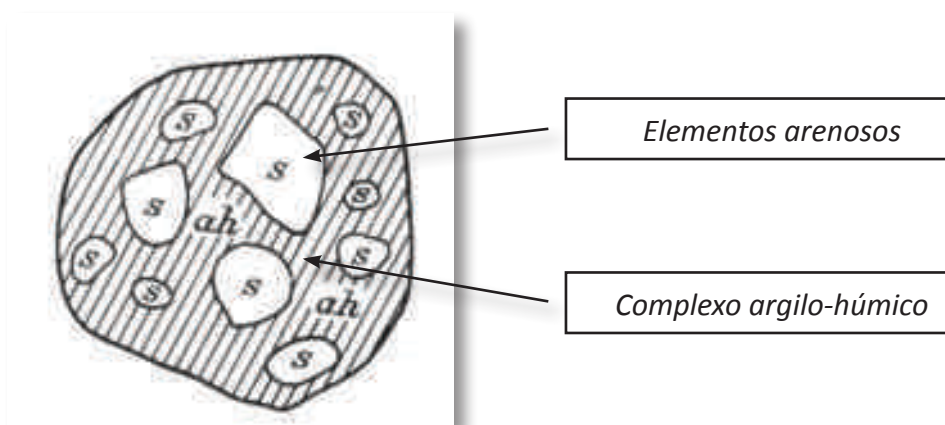


Figura 26 - Estrutura esquemática do solo



Solo compacto

Solo com boa estrutura

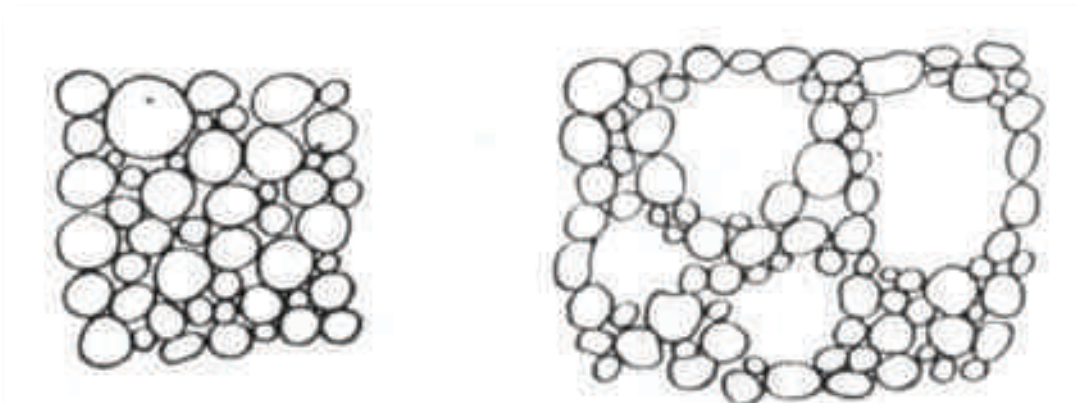


Figura 27 - Estrutura esquemática de um agregado (partículas 0,002 mm - 2mm)

Dos diferentes aspetos estruturais característicos de um solo, uns são observados à vista desarmada (a macroestrutura), e outros só são visíveis ao microscópio (a microestrutura).

A estrutura do solo é importante sob o ponto de vista pedológico e agronómico. Sob o ponto de vista pedológico, é importante para a classificação dos solos; e agronomicamente é importante porque da estrutura depende o movimento e retenção de água, o arejamento, nos trabalhos de mobilização e na suscetibilidade do solo à erosão, etc.

Os solos bem estruturados:

- São fáceis de trabalhar;
- Permitem uma boa infiltração de água, e portanto o armazenamento da mesma para as plantas;
- Facilitam também a retirada da água excedente após chuvas torrenciais;
- Facilitam a circulação do ar;
- Facilitam a penetração das raízes;
- Melhoram o aproveitamento dos nutrientes do solo.

Ao contrário da textura, a estrutura é facilmente modificada pela erosão e pelo manejo do solo. Uma melhoria da estrutura de um solo pode ser conseguida através da incorporação de matéria orgânica. Pelo cultivo sempre ocorre uma degradação da estrutura do solo.



Os grumos tornam-se instáveis na presença de excesso de água e uma camada adensada forma-se no subsolo ou na superfície.

A destruição dos grumos pode ocorrer por:

- Pressão mecânica de máquinas agrícolas - rodas de trator, enxada rotativa, etc., especialmente quando o solo for trabalhado enquanto estiver com umidade elevada;
- Compressão do ar nos microporos dos agregados durante o re-humedecimento de um solo seco, com elevado teor em argila. A argila expande-se, causando a “explosão” do grumo;
- Força cinética da gota de chuva, que é capaz de atirar partículas arrancadas até 1 a 2 metros de distância. Assim forma-se a crosta superficial (fig. 28);
- Pelo arejamento profundo e o abafamento dos grumos;
- Pela falta de matéria orgânica e nutrientes.

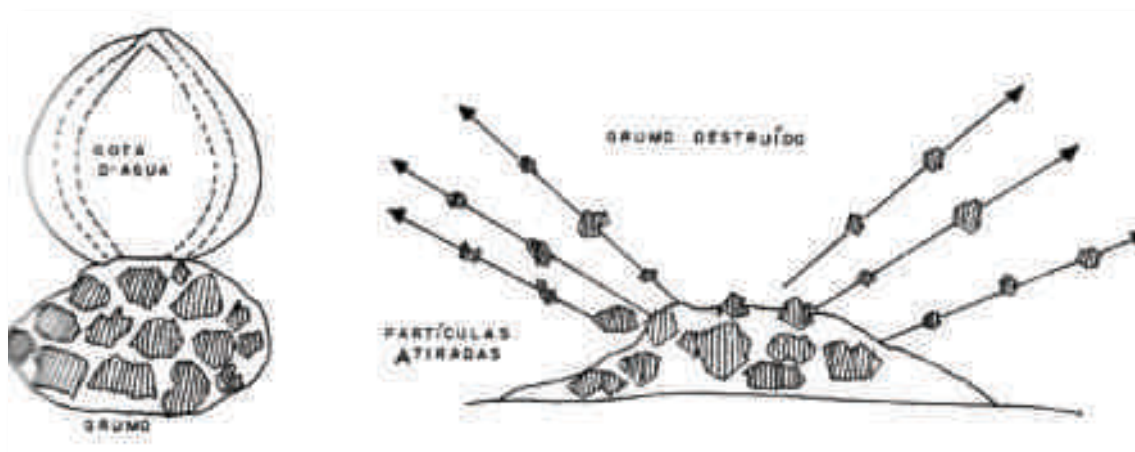


Figura 28 - Destruição do grumo pela chuva

O impacto da chuva sobre os grumos é tanto maior quanto maior for a gota e mais intensa for a chuvada. Esta, com 88 mm de precipitação por hora, é a mais prejudicial. As partículas finas, de argila, penetram com a água para dentro do solo. E onde a força da água se torna menor, sedimentam-se estas partículas, entupindo os poros e causando um adensamento de subsolo a 20 - 40 cm de profundidade.

O problema maior das zonas tropicais, com suas chuvas torrenciais, é a proteção da superfície do solo contra o impacto das gotas de água e a manutenção dos grumos “ativos”, ou seja, da boa estrutura, na superfície do solo!



À medida que o solo se adensa, diminui a infiltração da água e a falta de água torna-se aguda após alguns dias de sol. Não somente porque a infiltração é menor, mas também porque o espaço de solo, explorado pela raiz, é menor, e ainda lhe falta oxigénio para o metabolismo vegetal. Quando chover, grande parte da água escorre causando a erosão.

A conservação da grumosidade e com isso da produtividade do solo faz-se com:

1. A incorporação superficial dos restos orgânicos;
2. A proteção da superfície do solo contra o impacto das chuvas, seja por cobertura morta (*mulch*), seja por espaçamento menor da cultura, ou por uma cultura “protetora”;
3. Pela adubação completa e equilibrada com macro e micronutrientes para conseguir o mais rapidamente possível o “fechamento” do solo;
4. Pelo arejamento pouco profundo ou arejamento mínimo;
5. Pela rotação de culturas para promover a multiplicidade da microfauna e flora;
6. Evitando o fogo.

3.2.3. Porosidade

De acordo com TEIXEIRA *et al* (2009), porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo material. Existem dois tipos fundamentais de porosidade nos materiais terrestres: primária e secundária.

A porosidade primária é gerada juntamente com o sedimento ou rocha, sendo caracterizada nas rochas sedimentares pelos espaços entre clastos ou grãos (porosidade intergranular) ou planos de estratificação. É conveniente sublinhar que nos materiais sedimentares o tamanho e forma das partículas, o seu grau de seleção e a presença de cimentação influenciam a porosidade.

Já a porosidade secundária desenvolve-se após a formação das rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, por fraturação ou falhamento durante a sua deformação (porosidade de fraturas). Um tipo especial de porosidade secundária desenvolve-se em rochas solúveis, como calcários e mármore, através de criação de vazios por dissolução, caracterizando a porosidade cárstica.



Segundo a EMBRAPA (2003), “A porosidade é constituída pelo espaço poroso, após o arranjo dos componentes da parte sólida do solo e que, em condições naturais, é ocupada por água e ar.

As areias retêm pouca água, porque o seu grande espaço poroso permite a drenagem livre da água dos solos. As argilas absorvem relativamente, grandes quantidades de água e os seus menores espaços porosos a retêm contra as forças de gravidade. Apesar dos solos argilosos possuírem maior capacidade de retenção de água que os solos arenosos, esta humidade não está totalmente disponível para as plantas em crescimento. Os solos argilosos (e aqueles com alto teor de matéria orgânica) retêm mais fortemente a água que os solos arenosos. Isto significa mais água não disponível.

Muitos solos das regiões tropicais, apesar de terem altos teores de argila, comportam-se, em termos de retenção de água, como solos arenosos. São solos com argilas de baixa atividade (caulinite e sesquióxidos), em geral altamente porosos. Muitos latossolos sob cerrado apresentam esta característica”.

Em suma, a porosidade consiste na grandeza física dada pelo volume do espaço poroso, construído pelo arranjo dos componentes da parte sólida do solo e que, em condições naturais, é ocupada por água e ar.

É calculada pela fórmula:

$$P = (D - D') \times 100 / D$$

Em que:

- P - representa a porosidade em percentagem,
- D - densidade real do solo seco,
- D' - densidade aparente (volumétrica).

Porosidade total:

Macroporosidade (%): - que totaliza, em geral, os grandes espaços lacunares. Estes estão, em princípio, repletos de ar e permitem a movimentação de água e ar (fig. 29).

- Os macroporos são resultado da disposição dos agregados, da ação da mesofauna e raízes e da expansão e contração da massa do solo.

- Eles estão relacionados com as trocas gasosas de oxigénio e dióxido de carbono e com o fluxo de água por gravidade: infiltração, drenagem e transporte de solutos.



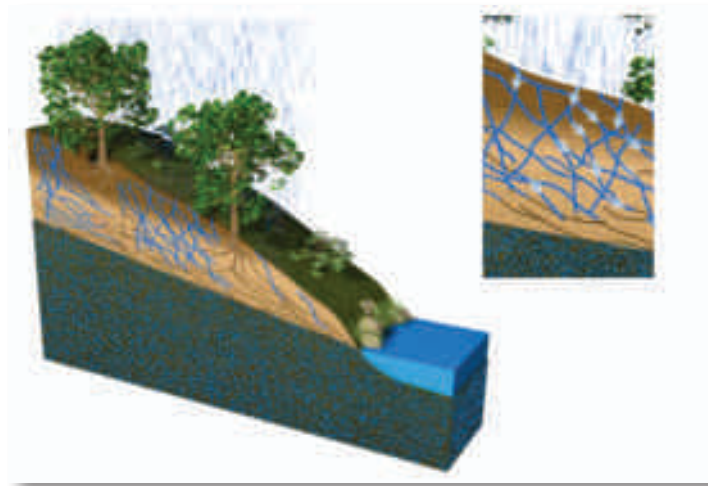


Figura 29 - Infiltração de água através dos macroporos (The Comet Program)

Microporosidade (%): - representada pelos pequenos espaços vazios, capazes de reter a água depois da secagem pelo vácuo.



Figura 30 - Microporos

- Os microporos encontram-se intra-agregados e estão relacionados com a retenção de água devido à adesão molecular que prende gases, vapores ou matérias em solução na superfície de corpos sólidos;
- Por adsorção, eles prendem por afinidade molecular a água a maiores tensões e a torna menos disponível para as plantas;
- Os microporos estimulam o desenvolvimento de pelos absorventes do sistema radicular, a colonização por fungos e bactérias além da difusão de nutrientes. É importante referir que quanto maior a proporção de micro em relação aos macroporos de um solo, menor é a infiltração de água e pior o arejamento (troca gasosa).



A porosidade depende de (fig. 31):


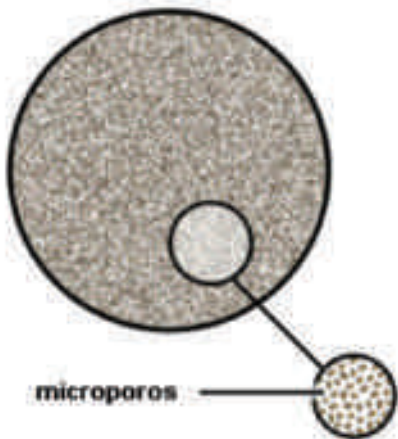
- textura
- grau de compactação
- do teor de matéria orgânica

O valor da porosidade varia muito segundo os solos e o seu estado:

Solo arenoso 39 - 47% - predominando macroporos

Solo franco 52 - 56%

Solo argiloso 40 - 60% - predominando microporos - nestes a porosidade depende principalmente da estrutura.

Solo arenoso	Solo argiloso
	
Menor volume total de poros = Menor porosidade	Maior volume total de poros = Maior porosidade

*Figura 31 - Porosidade em Solo Arenoso vs. Solo Argiloso
(adaptado de The Comet Program)*

Um solo ideal deve apresentar porosidade formada metade por macroporos e metade de microporos. Quando a porosidade diminui abaixo de 30 %, o meio torna-se mau para os organismos vivos e a capacidade de conter o ar é muito fraca.

Importância da Porosidade: A porosidade está diretamente relacionada com a textura e estrutura dos solos (capacidade de drenagem interna e retenção de água de um perfil, condições de arejamento, etc.).



- Solos mais arenosos: menor capacidade de retenção de água;
- Solos mais argilosos: maior microporosidade, ou seja, com maior capacidade de adsorção de grandes quantidades de água (água capilar);
- Solos muito argilosos ou com argilas de alta atividade podem reter tão fortemente a água, excedendo a capacidade das plantas em extraí-la (água higroscópica);
- Latossolo sob Cerrado: alto teor de argila de baixa atividade, sendo altamente porosos.
- Solo de lavoura com estrutura degradada - deficiente em porosidade, com baixa permeabilidade ao ar, água e raízes (fig. 32).



Figura 32 - Solo de lavoura com estrutura degradada - deficiente em porosidade

Fonte: EMATER - RS

- Solo de lavoura com estrutura em recuperação da porosidade, da permeabilidade ao ar e retenção de água (fig. 33).

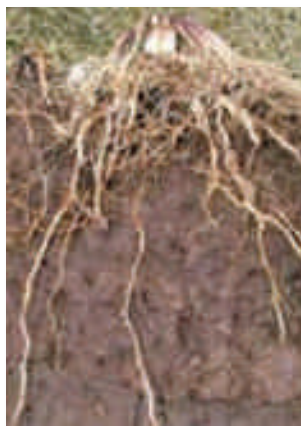


Figura 33 - Solo de lavoura com estrutura em recuperação da porosidade

Fonte: EMATER - RS



- Solo de mata com estrutura preservada - poroso e permeável ao ar, água e raízes (fig. 34).



Figura 34 - Solo de mata com estrutura preservada - Fonte: EMATER - RS

3.2.4. Permeabilidade

A permeabilidade é a medida da capacidade de circulação de um fluido através de uma rocha, sem alterar a sua estrutura interna. Todas as rochas permeáveis podem ser porosas mas nem todas as rochas porosas são permeáveis, em virtude de os poros não comunicarem entre si ou de serem de tamanho tão pequeno que não permitam a passagem do fluido. Por exemplo, o calcário deixa de ser impermeável à água à medida que são maiores e mais numerosos os seus poros.

A permeabilidade dos solos é a propriedade que representa uma maior ou menor dificuldade com que a percolação da água ocorre através dos poros do solo. Nos materiais granulares não coesivos como as areias, por exemplo, há uma grande porosidade o que facilita o fluxo de água através dos solos, enquanto que nos materiais finos e coesivos como as argilas, ocorre o inverso o que torna este tipo de material ideal para barragens por apresentar baixa permeabilidade.

A capacidade máxima da água

A capacidade máxima é o volume máximo de água no solo. Equivale à porosidade.

A capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de um solo determina as suas possibilidades de armazenagem de água. A capacidade de retenção é a quantidade máxima de água que um solo pode reter. É a água retida por forças superiores à da gravidade.



Capacidade de retenção dos diversos tipos de solos (% da terra seca):	
Solo arenoso	18 a 19 %
Solo franco	27 a 29 %
Solo argiloso	56 a 80 %

Grau de saturação

Humidade existente x 100 = Grau de saturação

Capacidade máxima

Embora a água seja indispensável a qualquer processo químico ou biológico no solo, as raízes suportam seu excesso tão mal quanto a escassez. Nenhuma cultura, com exceção de arroz, consegue crescer num solo saturado a 100% de sua capacidade máxima. Os cereais preferem geralmente uma saturação de 60% enquanto ervilhas, soja e outras leguminosas conseguem melhor desenvolvimento com 80% da capacidade.

A disponibilidade da água no solo mede-se em pF ou atmosferas. A pF é medida de humidade do solo alcançada através de sucção total de água por uma coluna de água de altura determinada. Uma coluna de água de 1000 mm corresponde a 1 atmosfera de pressão ou pF 3. Os valores mínimos oscilam entre 0,14 e 0,65 atm., ou seja, pF 2,13 a 2,81. Geralmente estabelece-se como limite de água facilmente disponível a 2,5 pF de tensão, que equivale, mais ou menos, à capacidade de retenção. Os valores maiores significam que a água não está disponível para as plantas.

Os movimentos da água

1. Movimentos descendentes

Penetração da água no solo = infiltração = percolação

2. Movimentos ascendentes

O movimento ascensional da água ocorre devido à evaporação nas camadas superficiais, seguindo as leis da capilaridade. Os movimentos são muito lentos. (1 cm por dia) e estão relacionados com a microporosidade. No solo com macroporos predominantes a água não pode subir. Por isso é necessário apertar o solo ao redor de cada semente depois da sementeira sobretudo para sementes miudas.



A água disponível para a planta depende de:

- Fontes:
 - Volume de água da chuva ou irrigação
 - Volume de água subterrânea
- Perdas:
 - Evaporação (depende principalmente da temperatura)
 - Transpiração da planta (depende principalmente da temperatura)
- Qualidade do solo:
 - Bom desenvolvimento da raiz (depende de crostas e camadas adensadas)
 - Boa infiltração (depende dos macroporos e do adensamento)
 - Capacidade de reter água (depende dos microporos)

3.2.5. Coesão e tenacidade

Por **consistência** entende-se a influência que as **forças de adesão e de coesão** nos constituintes do solo de acordo com o seu estado de humedecimento. Propriedades do solo como **tenacidade** (resistência à rutura), **friabilidade** (facilidade de esboroamento), **plasticidade** (possibilidade de moldagem) e **viscosidade** (capacidade de aderência) são alguns exemplos das várias formas de consistência.

A consistência é resultado da intensidade e natureza das forças de coesão e adesão. Coesão são as forças de atração molecular entre as moléculas de uma mesma substância. Estas forças são tanto maiores quanto mais próximas se encontrarem as moléculas entre si. As mesmas forças de atração moleculares atuando em moléculas de substâncias de diferente natureza recebem o nome de adesão.

Assim no solo seco, as forças de coesão entre as partículas sólidas são elevadas, conseqüentemente o solo se torna duro, oferecendo resistência à rutura.

Solo húmido apresenta as forças de adesão entre as fases sólido-líquida elevadas e as moléculas de água recobrem os sólidos. A partir de um certo momento ocorre força de coesão entre os líquidos que recobrem a fase sólida. A coesão, nestas condições, é proporcional à tensão superficial existente na película de água, variando inversamente com o diâmetro das partículas sólidas. À medida que a película de água se torna mais espessa, o raio de curvatura do menisco diminui, reduzindo a tensão superficial, logo,



a força de coesão que une as partículas de um determinado solo varia inversamente com o conteúdo de humidade. Assim a coesão pode por acréscimo de água, alcançar um máximo e depois diminuir até um mínimo. Nestas condições de mínima coesão as partículas sólidas não mais se atraem: é o estado de aderência. Aderência é pois a atração entre as superfícies sólidas e líquidas e diz-se que o solo está pegajoso. A terra empasta nas alfaías agrícolas. Os solos podem apresentar forças de coesão devidas ainda a efeitos cimentantes da matéria orgânica, dos óxidos de Fe e Al, entre outras de natureza puramente química. A operação cultural do solo que mais atua na consistência é a aplicação de matéria orgânica, pois esta devido à sua alta capacidade de absorção de água evita a formação da película de água à volta das partículas. A água necessária para envolver as partículas e gerar coesão e depois aderência, só estará disponível depois de completada a saturação da matéria orgânica.

O conhecimento do estado de friabilidade é importante para evitar a destruição dos agregados do solo e melhorar o rendimento das máquinas agrícolas. Assim:

- No estado seco - Tenacidade - solto, brando a muito duro - maior ou menor rigidez e aspereza do solo, e tendência para se desfazer.
- No estado húmido - Friabilidade - solto, friável, firme a muito firme - resistência ao esmagamento.
- No estado muito húmido ou molhado - Adesividade e plasticidade.

A consistência tende a aumentar com a % de argila e a diminuir com a % de matéria orgânica (m.o.).

3.2.6. Cor

Pode-se dizer que a cor do solo corresponde a um atributo que serve como referência obrigatória para a descrição morfológica dos perfis e estudos de solos desde o advento da pedologia, sendo comum a utilização de termos referentes a cores em vários sistemas de classificação de solos (Barrô *et al.*, 2000).

Este atributo permite inferir a respeito da natureza constitutiva do solo ou sobre as condições químicas às quais os constituintes estiveram ou ainda estão submetidos, pois se correlaciona com a maioria das características mineralógicas, físicas e químicas do solo.



A cor do solo também é um indicador da presença de óxidos de ferro (Fe), revelando a estimativa quantitativa destes minerais, e ainda, fornece informações a respeito das condições pedogenéticas e de outros importantes atributos do solo (fig. 35).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), a cor tem valor de diagnóstico e configura como classe taxonômica no 2º nível taxonômico (subordem) na distinção de importantes classes de solos, como: Latossolos, Argissolos e Nitossolos.



Figura 35 - Cores dos solos e os horizontes de cada solo

Segundo LEPSCH (2002), a cor é a característica normalmente mais notada. Muitos nomes populares de solos são dados em função das respectivas colorações, como por exemplo, “terra roxa”, “terra preta” e “sangue-de-tatu”. As diversas tonalidades existentes no perfil são muito úteis à identificação e delimitação dos horizontes e, às vezes, ressaltam certas condições de extrema importância. Solos escuros, por exemplo, costumam identificar altos teores de restos orgânicos decompostos. A cor vermelha está relacionada com solos bem drenados e altos teores de óxidos de ferro (Fe). Por outro lado, tons cinza-azulados indicam solos que permanentemente tem excesso de água no perfil, como por exemplo, os situados nos vales húmidos próximos dos rios e riachos.

Determinação da cor do solo

A cor é uma das características que mais chamam a atenção, devido às várias tonalidades de coloração existentes no perfil, permitindo uma rápida delimitação dos horizontes. No campo, a determinação da cor do solo ocorre através da avaliação visual e comparação com uma escala de padrões de cores, utilizando a caderneta de Munsell que consiste de 175 pequenos retângulos com colorações diversas. A anotação da cor do solo é feita comparando-se um torrão, de um determinado horizonte, com estes retângulos.



Na determinação da cor do solo 3 são os fatores predominantes:

- a matéria orgânica, que confere uma cor escura;
- o ferro, que confere um tom avermelhado;
- a quantidade de sílica (quartzo), que clareia o horizonte.

É uma medida indireta da capacidade de drenagem, do arejamento e do conteúdo em matéria orgânica. Resulta da composição mineralógica e do tipo e quantidade de m.o.



Figura 36 - Tabela de Munsell

Exemplo:

- solos bem arejados são mais vermelhos porque o ferro está no estado férrico, enquanto que nos solos com maior quantidade de água são mais acinzentados (ferro ferroso);
- quanto mais escuro (negro) for o solo, mais matéria orgânica possui;
- quanto mais vermelho, mais compostos de ferro e quanto mais claro (branco), mais quartzo terá.

Curiosidade:

Nas palavras de TEIXEIRA *et al* (2009): “Os solos e outros materiais naturais da superfície apresentam cores, que variam em tons de vermelho amarelo, laranja, roxo e cinza, geralmente, podendo também se apresentar pretos ou em tons esverdeados, dependendo da sua composição mineral e conteúdo em matéria orgânica. Os pigmentos desses materiais têm sido usados desde tempos pré-históricos, como atestam as pinturas rupestres em diversas regiões do mundo, documentando diferentes épocas de evolução humana. Hoje ainda, os solos são utilizados em várias formas de arte [...]”.



3.3. Propriedades químicas

Para caracterizar quimicamente um tipo de solo devem ser analisadas diversas características, como: carbono orgânico, azoto total, pH, cloreto de potássio, fósforo assimilável, carbonato de sódio, sílica, sesquióxido de ferro, óxido de titânio, capacidade de troca de cátions, saturação de bases, etc. (Palmieri e Larach, 1996). No entanto, essas análises são feitas em estudos que procuram compreender os solos, sob o ponto de vista pedológico e agronômico.

Os estudos dos solos, sob a perspectiva geomorfológica, levam em conta, na maioria das vezes, os teores de carbono orgânico e o pH, que juntamente com as outras propriedades químicas, também interferem sobre os atributos físicos dos solos, como o teor e estabilidade de agregados, porosidade, densidade aparente, etc., que serão vistos, a seguir. Entre as propriedades químicas que mais afetam a erodibilidade dos solos, destaca-se o teor de carbono orgânico.

Vários investigadores têm utilizado essa variável nos seus trabalhos (Boardman e Robinson, 1985; Davies, 1985; De Ploey e Poesen, 1985; Chaney e Swifl, 1986; Morgan, 1986; Guerra, 1991 a e 1994; Daniels e Hammer, 1992; Prado, 1995), no sentido de demonstrar a sua importância quanto à formação de agregados estáveis e, conseqüentemente, sua maior resistência ao impacto das gotas de chuva. Isso vem contribuir para a menor formação de crostas nos solos e, dessa forma, pode haver um aumento da capacidade de infiltração nos solos, resultando num menor escoamento superficial. Prado (1995) também enfatiza a importância do carbono orgânico nos solos, demonstrando que há uma correlação inversa entre o fator K (fator que estima a erodibilidade dos solos) e o teor de carbono orgânico, em especial quando se excluem os solos de textura argilosa pesada.

3.3.1. Solução do solo

Já foi referido que o espaço vazio do solo é variavelmente ocupado por água ou por ar. E, também, já foi indicada a importância do arejamento do solo, que, para uma boa produção vegetal, não necessita ocupar muito mais do que 50% do volume de poros do solo. Isto porque, há necessidade também de uma boa disponibilidade de água no solo,



em função do destacado papel que a mesma exerce no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Quanto ao suprimento de nutrientes às plantas, não se pode considerar a fase líquida do solo como água pura, mas sim uma solução, na qual estão dissolvidos diversos solutos, principalmente os nutrientes.

A solução do solo representa a fonte imediata de nutrientes para as plantas, ou seja, a absorção pelas raízes ocorre apenas a partir da solução do solo. Alguns nutrientes apresentam-se na solução em formas catiónicas enquanto outros em formas aniónicas, que são as únicas formas absorvidas pelas plantas (fig. 37). As principais formas são as seguintes: NO_3^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- , NPO_4^{2-} , K^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Z^{2+} , Cu^{2+} , Cl^- , MoO_4^{2-} . O boro representa uma exceção pois encontra-se na solução do solo na forma neutra H_3BO_3 .

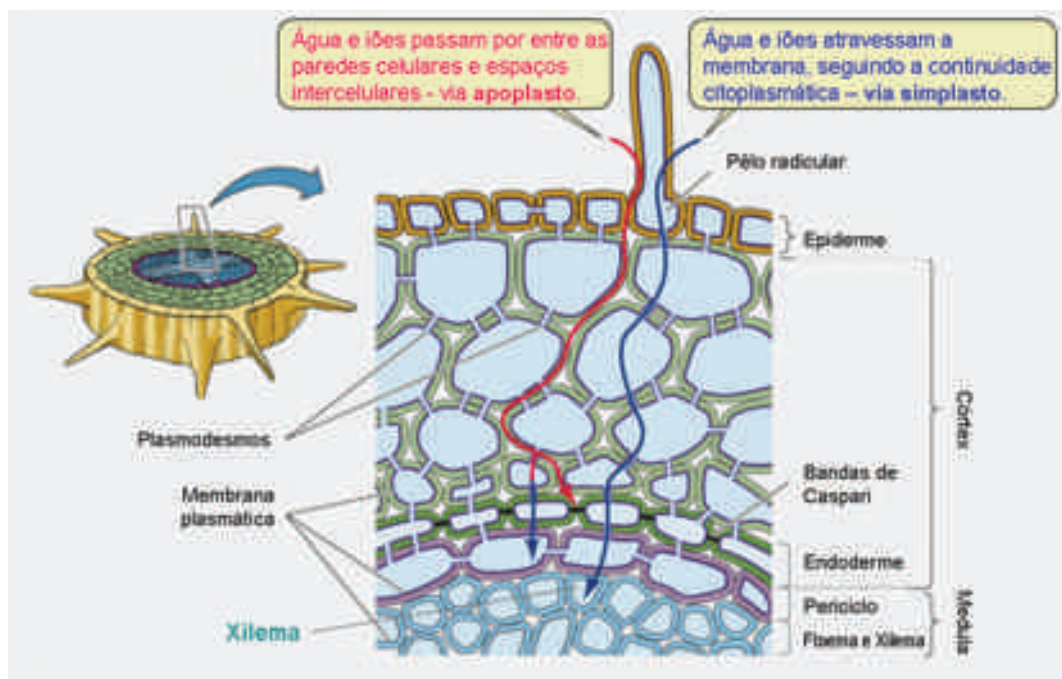


Figura 37 - Absorção de água e sais minerais pela raiz.

Além dos nutrientes, é importante considerar a presença de íons H^+ e OH^- que definem o pH da solução do solo. A acidez da solução do solo é o principal fator a afetar a disponibilidade dos nutrientes, conforme será mostrado no estudo de cada nutriente. Também, é preciso considerar a presença de elementos tóxicos, principalmente do alumínio em solos ácidos. Este elemento, em função do pH da solução, apresenta-se



nas formas solúveis Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$ ou $Al(OH)_2^{1+}$. E, ainda, em solos salinos o sódio pode apresentar-se em elevados teores na solução do solo, na forma Na^+ .

Os micronutrientes catiónicos podem apresentar-se na solução do solo em formas complexadas ou quelatadas com radicais orgânicos. Nestas formas, a solubilidade e, conseqüentemente, o transporte até à superfície radicular, é aumentada sobremaneira. Portanto, nessas formas, a disponibilidade dos mesmos é maior. Os, mais diversos compostos orgânicos, resultantes da atividade microbiana ou da exsudação das raízes, são de grande importância na solução do solo, notadamente para a disponibilidade de nutrientes. Embora a solução do solo seja a fonte imediata de nutrientes para as plantas, o teor dos mesmos na fase líquida é muito baixo, mesmo em solos férteis. No caso do fósforo, por exemplo, o seu teor na solução é quase desprezível. Além do baixo teor de nutrientes, a solução do solo está sujeita a variações de concentração, mesmo a curtas distâncias, e apresenta-se irregularmente distribuída nos poros do solo. Portanto, é muito difícil determinar a real concentração de nutrientes na solução do solo. Devido a isto, e considerando que o suprimento de nutrientes às plantas fica quase exclusivamente dependente da fase sólida do solo, as avaliações de disponibilidade de nutrientes não envolvem análise da solução do solo. A capacidade do solo em suprir nutrientes às plantas está, em termos práticos, ligada ao teor de nutriente disponível na fase sólida. Há necessidade de reposição dos nutrientes da solução, à medida que são absorvidos pelas plantas, através da libertação contínua dos mesmos da fase sólida. Em geral, com o que existe apenas na solução, a planta não consegue adquirir a quantidade de nutrientes necessários para um dia de crescimento.

3.3.2. *Reação do solo*

Como afirma Prado (1995), a saturação das bases de troca, por exemplo, é fundamental para determinar se um solo é eutrófico ou distrófico. Destaca, também, a importância da determinação da capacidade de troca de catiões, na caracterização das argilas de baixa e de alta atividade. O pH é outra propriedade indicada por vários autores na classificação dos diversos tipos de solos e na sua maior ou menor suscetibilidade aos processos erosivos. Allison (1973), por exemplo, enfatiza que os solos ácidos, ou seja, deficientes em cálcio, que é um elemento que contribui para a retenção de carbono, formando



agregados, combinando húmus e cálcio, podem apresentar maior erodibilidade. No entanto, é preciso ter cuidado quando se está trabalhando com solos agrícolas, pois podem apresentar um pH mais alto, devido ao processo de calagem, que é empregado para corrigir a acidez.

Análise química

Quando a análise química nos indica que os solos têm uma percentagem de cálcio inferior a 0,10 por cento, nas terras leves, e a 0,25 por cento nas terras fortes, o pH indica-nos que o solo é ácido.

Todos os solos de cultura que apresentarem alguns destes sintomas, que acabamos de enumerar, têm falta de cálcio, portanto, necessitam de ser corrigidas com corretivos calcários.

Quanta mais pobre em cálcio for o terreno, tanto maior deverá ser a dose do corretivo calcário a empregar e quanto mais argilosa for a terra tanto maior deverá ser a quantidade de corretivos calcários a empregar por hectare (ha).

As várias plantas cultivadas não têm as mesmas exigências relativamente ao cálcio, portanto a quantidade de corretivos calcários a empregar depende da rotação escolhida. Por exemplo, os solos para luzerna exigem maiores quantidades de corretivos calcários que as terras destinadas a outras culturas.

Outro fator que influi na necessidade de cálcio é a profundidade das lavouras. Quanto mais fundas forem, tanto maior deverá ser a dose de corretivos calcários a empregar por hectare.

Também quanto mais elevado for o rendimento das colheitas, maior deverá ser a correção a fazer.

É preciso igualmente atender aos adubos empregados. O sulfato de amónio e os sais de potássio provocam a descalcificação do terreno. Portanto, quando se empregam estes adubos é necessário aplicar maior quantidade de corretivos calcários por ha. Pelo contrário, quando se empregam adubos, como a cianamida cálcica e o fosfato Thomaz, que contém uma certa percentagem de cálcio, pode-se diminuir a dose de corretivos calcários a empregar.

Por último, quanto mais chuvoso for o clima tanto maior será a descalcificação, e portanto, tanto maior deverá ser a quantidade de corretivos calcários a aplicar.



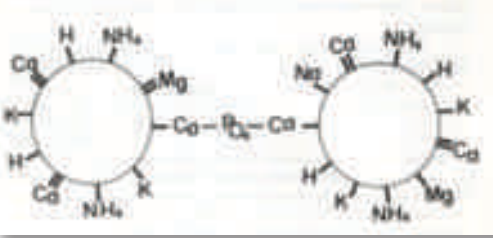
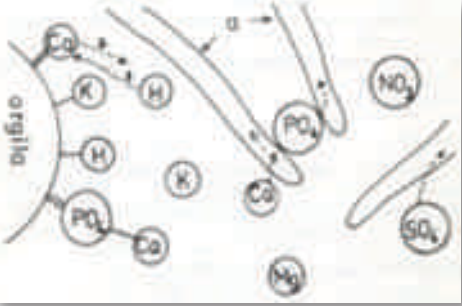
Uma vez determinado o pH, sabe-se qual é a percentagem de saturação. Subtrai-se esta de 95 por cento e divide-se a diferença por 100. Multiplicando pelo valor da CTC, em miliequivalentes, fica-se a saber o número de m.e. de H^+ a neutralizar.

Para saber a equivalência em quilos de $CaCO_3$, por hectare, até à profundidade das lavouras, multiplica-se por 2000.

Como o calcário destinado a esta função não é puro nem totalmente aproveitado pelo solo (em média apenas 60 por cento é eficaz), divide-se por 0,6 o resultado obtido. Será esta a quantidade a aplicar.

Há aspetos principais sobre os quais a alteração brusca do meio, causada por uma calagem, pode trazer desequilíbrios importantes. A matéria orgânica - devido à melhoria das condições de vida das bactérias, a mineralização do húmus é acelerada e pode ultrapassar a humificação acabando por ser decomposto todo o húmus, o que contribui para os inconvenientes, já referidos, como a destruição do complexo-húmico, ainda que, neste caso, a argila se mantenha floculada.

As propriedades químicas dos solos têm influência sobre a sua fertilidade e a sua erodibilidade. A propósito disso, Prado (1995) destaca que o grau de floculação das argilas, é uma das variáveis que tem um papel fundamental nos processos erosivos, pois quanto maior o grau de floculação maior a resistência dos solos à erosão.

	
<p>Partículas de argila com íões adsorvidos</p>	<p>Quando um íão, por exemplo, de cálcio ($n^{\circ}1$), é absorvido por uma raiz (a), é substituído por outro ($n^{\circ}2$) que passa à solução do solo. O $n^{\circ}3$ designa um íão que, agora é adsorvido e toma o lugar do cálcio na partícula argilosa. (Nota: Neste exemplo, como o H^+ é monovalente e o Ca^{++} é bivalente, a argila ainda pode adsorver outro íão monovalente).</p>



4. Erosão e conservação

A erosão é um processo semelhante ao que leva à formação dos solos, mas, quando muito acelerado, principalmente no aspeto de transporte dos detritos das rochas, produz resultados opostos.

A erosão, no sentido agrícola, é a destruição do solo, sob a ação de agentes meteorológicos, particularmente a chuva e o vento. Uma e outra arrastam-no, transportando-o para outros lugares.

Assim, há dois prejuízos, pois o solo transportado vai cobrir o solo formado noutra local e, como o transporte separa os seus vários componentes, perde qualidades, sendo, portanto, uma camada estéril a sobrepor-se ao existente. Nalguns casos, os materiais finos, que são os mais ricos, como sabemos, ao serem arrastados pelos rios em cheia depositam-se sobre os aluviões, fertilizando-os, como sucede nas zonas de sedimentação. Contudo, os inconvenientes trazidos pela cheia são um preço muito elevado para essa fertilização, facilmente substituída pelos adubos, além de ser feita à custa da destruição dos solos arrastados pelas águas. Por isso, em todas as circunstâncias, a erosão, quando mais rápida que a reconstituição natural do solo, é um agente puramente destrutivo, que deve ser controlado (fig. 38).



Figura 38 - Solos com sinais de erosão



4.1. Erosão

A erosão geológica é um processo normal e inerente à natureza, necessário, gradual e lento, em que não se verifica a intervenção humana; nestas condições os processos de formação do solo tendem a equilibrar qualquer ação destrutiva que sobre ele atue. A evolução do conjunto solo / vegetação caminha para a estabilidade, e quando é atingida determinada fase do seu desenvolvimento mantém-se geralmente sob as condições em que foi criado.

A intervenção do homem cada vez mais intensa na exploração da terra, veio alterar o jogo dos processos naturais, rompendo o equilíbrio existente, facilitando e acelerando os processos erosivos e iniciando o que designamos por erosão do solo, um processo intenso e depauperante consequência imediata da atividade humana, mas contudo possível de por ela ser dominado.

Destruindo a camada protetora constituída pela vegetação natural e rasgando o terreno com os instrumentos que o seu engenho criou, originou-se a diminuição gradual da espessura do solo, o cavar dos sulcos e o seu subsequente desenvolvimento em ravinas, a redução da capacidade de retenção para a água, a perda de fertilidade etc., até por vezes, à inutilização completa de uma região, sempre que a agricultura não foi orientada ou condicionada segundo os fatores que o meio ambiente impunha.

Consequência da exploração do solo, a erosão constitui um dos maiores perigos que ameaça o homem nas regiões tropicais e subtropicais. Timor Leste com cerca de 15 000 Km² e cerca de 1.000.000 de habitantes, situada no cruzamento do paralelo 9º S com o meridiano 126º E, um pouco desalinhada em relação às ilhas do arquipélago indonésio que em arco de círculo se estendem desde a península de Malaca à Nova Guiné Ocidental, é infelizmente uma das regiões onde o problema se põe com bastante acuidade.

4.1.1. Origem

Segundo Gonçalves (1993) os principais fatores determinantes da erosão são as condições topográficas

«Um passado geológico turbulento culminado na recente emergência da ilha» (Ormeling, 1956) marca-lhe um carácter fortemente acidentado e heterogéneo com grande diversidade de formas e materiais, como nos é fácil verificar ao percorrê-la.



Ao longo do seu comprimento podemos considerar uma espinha dorsal da qual partem ramificações que na Costa Norte atingem o litoral, terminando abruptamente sobre o mar, como na região do Subão; na costa Sul principalmente na parte média as elevações esbatem-se relativamente longe do litoral, existindo uma larga faixa costeira, plana, de origem aluvionar. Para oeste a cordilheira do Ramelau com a altitude máxima de 2964m oferece uma maior agressividade, esboçando-se o relevo muito enrugado; para leste o relevo adoça-se torna-se menos acidentado com elevações mais dispersas, - Mata-Bia 2 373m, Mundo Perdido 1 769 m; Lagumau 1230m - e regiões planálticas - Baucau e Fuloro. Ormeling (1956) apresenta uma carta de declives que o leva a constatar que, «cerca de 60% da parte indonésia da ilha é constituída por colinas e montanhas nas quais a média dos declives excede 10%, não devendo tais terrenos ser cultivados sem que a defesa contra a erosão seja considerada» (fig. 39).



Figura 39 - Ravinas do Subão e Desflorestação junto ao Ramelau.

Com base num esboço geológico e tomando em atenção a geomorfologia, podemos apresentar os seguintes valores aproximados:

Área	Declive	Média
Aluviões litorais e interiores	12%	0-5%
Planaltos de Baucau e Fuloro	4%	0-5%
Formações geológicas várias	43%	>20%

Supomos que este último valor deve aumentar se uma base for considerada para a sua determinação; nos restantes 41% o declive médio deve exceder 10% na maior parte.



4.1.2. Descrição

A montanha constitui a linha divisória entre os cursos de água que nela nascem, e depois de percorrerem pequena extensão dão água à pouca largura da ilha - não ultrapassam 90 km - atingem o litoral Norte ou Sul. As elevadas altitudes e a pequena distância entre as duas costas, determina para os traçados dos leitos uma acentuada inclinação em grande parte dos seus percursos, e assim, durante parte do ano impetuosa e turbulentas massas da água constituem um ativo agente de destruição; ao cavar das margens mesmo próximo do litoral em que a velocidade é menor, - como sucede em Manatuto - a enorme série de materiais transportados e os assoreamentos dos leitos, são exemplos fáceis de encontrar.

As razões de tais factos devem encontrar-se além do declive dos leitos já apontado, nas características das bacias de receção, que de encostas muito inclinadas e sem revestimento vegetal suficiente provocam um afluxo muito rápido à ribeira das grandes quedas pluviométricas, que o regímen das chuvas a que mais adiante se referirá apresenta, e que contribui para a existência de uma considerável flutuação estacional do volume das águas, como resultado de uma regular alternativa entre a estação seca e a húmida, com desaparecimento quase completo da primeira e aspeto torrencial na segunda.

4.1.3. Tipos de erosão: Eólica e hídrica

Erosão eólica

É a erosão provocada pelo vento. As condições necessárias para se darem são a falta de estrutura, de coesão, de cobertura vegetal e a secura, em regiões planas, ou em vales, onde o vento pode soprar à vontade, adquirindo alta velocidade (fig. 40).

Figura 40 - Erosão gravíssima na zona de Letefoho, Ermera



Erosão hídrica

Para os solos serem arrastados pelas chuvas, além da falta de estrutura e coesão, são necessárias duas condições: chuva intensa e um declive que faça escorrer a água com velocidade suficiente para transportar as partículas dos solos. Quanto maior for cada um desses fatores, mais intensa é a erosão (fig. 41).

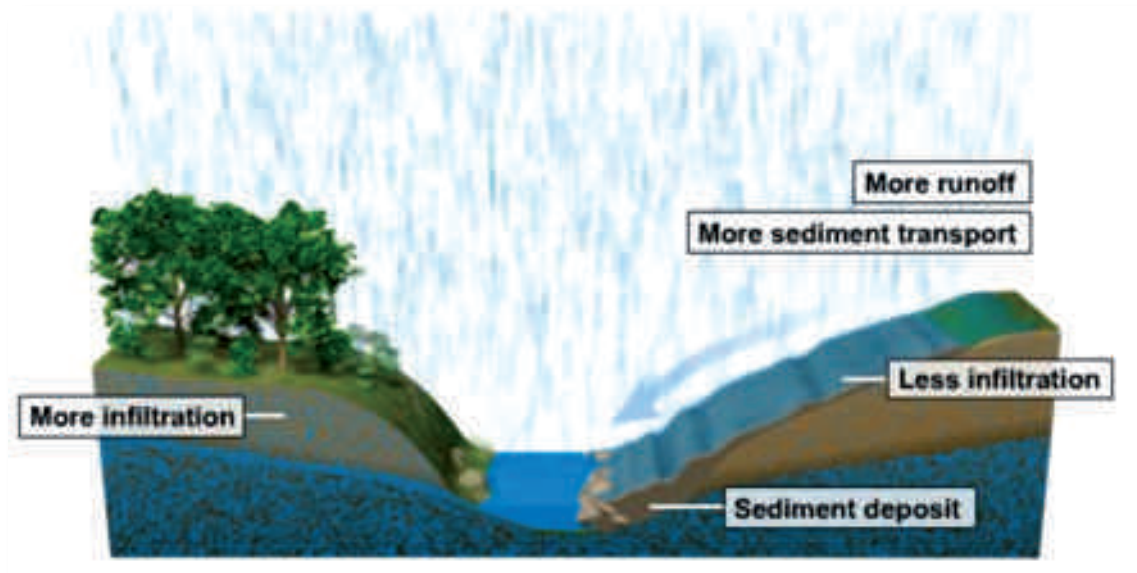


Figura 41 - Influência da desflorestação na escorrência da água da chuva, na água do solo e no transporte de sedimentos (adaptado de The Comet Program)

Na época das chuvas (monção), estas são bastante abundantes, é o fator que mais varia e o declive do solo. Por isso, a intensidade da erosão está relacionada com o declive e a estrutura. A erosão provocada pela chuva apresenta dois tipos principais: laminar e em ravinas (fig. 42).



Figura 42 - Erosão hídrica



4.1.3.1. *Em ravinas*

Nos locais mais baixos acumulam-se as águas provenientes dos pontos altos e, escorrendo pela linha de maior declive, tomam tal velocidade que arrastam o fundo dessas baixas, abrindo valas profundas, chamadas ravinas. Estas, com o tempo, alargam e vão arrastando o terreno das encostas em volta, ramificando-se e abrangendo uma área cada vez maior. Outra forma desta erosão é a que se dá nos vales pequenos e apertados, quando grandes enxurradas saem do leito e arrastam as terras dos campos marginais.

4.1.3.2. *Laminar*

Neste caso, a chuva arrasta o solo em camadas delgadas, desgastando até que, ao fim de alguns anos, os horizontes superficiais desaparecem. Esta erosão é difícil de notar e, por vezes, só depois de o solo estar reduzido a poucos centímetros, quando já não há remédio, ela se torna evidente (fig. 43).



Figura 43 - Erosão laminar

4.1.3.3. *Prejuízos causados pela erosão*

Em todo o mundo se constata grandes perdas de solo, ocasionadas pela erosão, tornando-se este um dos principais problemas relacionados com os recursos naturais (Braun, 1961; Bertoni e Lombardineto, 1985). O convívio com tal problema significa aceitar o



empobrecimento gradativo, a médio e longo prazo, da área cultivada com crescentes prejuízos para o setor agrícola.

As consequências destes desequilíbrios tem levado à redução da produtividade, ao aumento dos custos de produção (adubação, correção de solo, etc.), ao aumento dos custos dos alimentos, à redução da contratação de mão-de-obra no meio rural, ao assoreamento dos rios e barragens, ao êxodo rural, etc. Os solos agrícolas em todo o globo vêm sofrendo com o fenómeno das erosões severas e aceleradas, as quais ameaçam não só áreas agrícolas mas também regiões muito próximas das cidades devido à ação predadora do homem.

Esta situação em Timor Leste é semelhante à do Brasil, à de Moçambique e de outros países que possuem clima tropical.

Vejamos a situação em Timor Leste descrita por Lança (2008):

“Os valores mais elevados das temperaturas e das precipitações degradam rapidamente a matéria orgânica e facilitam a erosão do solo. Os acidentes climáticos são aqui mais frequentes, com o seu cortejo de cheias, secas e outras catástrofes naturais (Ruthenberg, 1971). Tudo isto se agrava nas zonas mais acidentadas, como aquela que aqui analisamos, onde a ação dos elementos se conjuga com a acção do homem na destruição do solo das encostas. Gonçalves e Min (1963) estimam que mais de 43% da área de Timor Leste tenha declives superiores a 20%, limitando-se as zonas planálticas e aluviões interiores e litorais a ocupar apenas 12% da área total. Desarborizadas pelos machados dos agricultores itinerantes indígenas ou dos exploradores de sândalo (*Santalum album*) - estamos no centro de origem desta madeira preciosa - os solos de Timor foram sendo lentamente destruídos ao longo dos últimos séculos. As densas matas originais de sândalo deram lugar a encostas e cabeços pelados, onde o gado agora pasta uma magra erva, por entre ravinas escavadas pelas águas torrenciais. As campanhas promotoras da cafeeicultura dos governadores dos séculos XIX e XX, agravaram ainda mais esta situação em muitos pontos do território, como é o caso das serras de Ossu e Mundo Perdido. Aqui as etapas erosivas sucedem-se inexoravelmente: redução dos coloides orgânicos e minerais, degradação da estrutura, e finalmente o arrastamento do solo mesmo em declives pouco pronunciados, substituindo-se na paisagem o verde exuberante da vegetação pela aridez acompanhada de ravinas (Gonçalves e Min, 1963). Este último aspeto é particularmente impressionante nas



encostas que rodeiam Maubisse. Nestas zonas em que florestas primárias ou secundárias são inexistentes devido à ação humana, instala-se uma magra vegetação de savana com predomínio de gramíneas de muito baixo valor alimentar.

Os solos predominantes em Timor Leste reflectem assim o relevo e a acção humana. Gonçalves e Min (1963) propõem a seguinte classificação:

- Solos Calcários Acinzentados (do complexo argiloso) ocupando larga área, de textura muito argilosa. Erosionam facilmente em ravinas, e estando sujeitos a escorregamentos, são designados localmente quando tais características são mais acentuadas por «terras podres»;
- Solos Calcários Cinzentos (de Calcários pseudoolíticos) : muito delgados; já bastante erosionados e ocupando relevo bastante dobrado;
- Solos Pardos de Materiais não Calcários (de grés micáceo); pouco espessos e com deficiente drenagem interna parecem ter nítida susceptibilidade à erosão;
- Solos Pardos de Materiais não Calcários, de xistos argiloso associados a grés micáceo, de textura acentuadamente argilosa e com sintomas de deficiente drenagem interna;
- Solos derivados de xistos metamórficos ocupando larga área junto de Dili, que pela possível impermeabilidade das camadas inferiores e relevo muito acentuado, são grandemente susceptíveis à erosão

4.2. Conservação do solo

A necessidade de conservação dos solos levou o governo da Republica de Timor Leste, a aprovar em Conselho de Ministros, a 26 de Julho de 2007, a Política Nacional e Estratégias para o Sector Florestal, anexo à presente Resolução e da qual se transcrevem alguns excertos:

“A desflorestação e a degradação das florestas nacionais é um problema grave na maioria das zonas montanhosas e em muitas zonas áridas das terras baixas, que está a causar a erosão do solo e das rochas e a deposição de detritos no leito dos rios. Também afeta negativamente o estado das bacias hidrográficas - que está diretamente associado às reservas de água para irrigação e, conseqüentemente, à segurança alimentar - e diminui a capacidade de produção da madeira e da lenha. Está também na origem da redução da



fertilidade do solo, da degradação da qualidade da água e da sedimentação em estuários e recifes.

A floresta ajuda a manter a fertilidade dos solos, a proteger as bacias hidrográficas e a reduzir os riscos de cheias e deslizamentos de terras. Até à relativamente pouco tempo as comunidades de Timor Leste geriam as suas bacias hidrográficas de modo a permitir a subsistência das populações locais e a produção de uma gama diversificada de produtos valiosos e facilmente comercializáveis. Durante o século XX verificou-se uma depredação generalizada do ecossistemas e uma exploração insustentável e exportação de muitos dos recursos florestais mais valiosos do país, nomeadamente o sândalo, o ébano e o pau-rosa, bem como uma destruição da fauna e da flora.”

4.2.1. Importância

No mesmo documento são definidos objetivos específicos e estratégias.

“Objetivos Específicos

5.1 Protecção das florestas

A protecção das florestas nacionais e seus serviços ecológicos é um especto da gestão da terra que se reveste de importância fundamental porque sem uma protecção efetiva e sustentável das florestas pouco se alcançará no que se refere a outros aspetos do desenvolvimento florestal. A protecção da floresta constitui uma característica essencial da presente política e um desafio do ponto de vista de uma gestão sustentável da terra e da floresta, que afeta diretamente o crescimento económico do país, o alívio da pobreza e da estabilidade, bem como a melhoria da agricultura em numerosos locais. Uma protecção efetiva da floresta contribui para aumentar a auto-suficiência alimentar e manter e reforçar os caudais de muitos rios e cursos de água.

(...)

5.1.1 Estratégias:

1. Proteger todas as florestas contra a degradação ou destruição através de programas que confirmam poderes, promovam a participação e incluam as comunidades na gestão da floresta, através de atividades educativas e relações públicas, de prevenção e controlo físico dos fogos florestais e da redução e regulamentação do pastoreio. Será igualmente necessário reduzir a prática da agricultura itinerante e de outras atividades humanas e



incentivar a restrição de desgaste de florestas para obtenção de lenha. O objetivo é a proteção eficaz da integridade ecológica, da biodiversidade e das funções biológicas de pelo menos 70% da área florestal até 2020.

2. No âmbito da nova legislação florestal, autorizar e promover o direito das comunidades rurais para protegerem, reflorestarem, recuperarem e utilizarem as áreas de floresta, bem como para empreenderem quaisquer outras atividades que contribuam para a proteção e gestão sustentável. “

4.2.2. Métodos e técnicas

O agricultor tem, contudo, vários processos de evitar que a erosão alastre no solo. Estes processos variam com a natureza da erosão, por isso analisaremos em separado.

Combate à erosão eólica

Neste caso, o modo de evitar o avanço das areias e fixar as dunas pode conseguir-se por processos artificiais, como estacaria, sebes mortas, etc., ou por processos naturais, plantando vegetação permanente: cujas raízes seguram as areias. As plantas deverão ser resistentes ao sol, à secura e ao vento. O Balsamo, planta gorda, estolhosa, pode ser muito eficaz mas o pinheiro, quando se adapta, é mais económico, visto poder pagar, com a madeira e a resina, pelo menos parte das despesas.

Combate à erosão pluvial em ravinas

A prevenção das ravinas é feita com os mesmos métodos referidos no número seguinte. O seu controle, quando iniciado, depende da sua extensão. Quando são estreitas e a bacia de receção é pequena, basta entulhar a ravina nalguns pontos, com materiais pesados ou fixos, como pedras, estacaria, etc., e a própria erosão acabará de a encher. Depois, devem-se usar os métodos preventivos.

Se são grandes, é preferível fixá-las, pois representam uma saída, que se pode aproveitar, para os grandes escorrimentos das chuvadas. Então o ideal é regularizar as margens, limpar o leito, não mobilizar o terreno numa faixa com cerca de 1m., ao longo das margens, e deixar a vegetação espontânea segurá-las com as suas raízes. Nalguns pontos, de início, poderão usar-se pedras ou estacas para consolidar as margens. Também é útil



plantar árvores, cujas raízes fortes ajudarão a segurar a terra, além de fornecerem abrigo contra os ventos (fig. 44).



Figura 44 - Albizias a encobrir futuros cafezais em Ermera

Combate à erosão laminar

Neste caso, os métodos são todos preventivos. Pretende-se evitar que o solo continue a ser arrastado. Os métodos são mais ou menos complicados e dispendiosos conforme o declive é maior ou menor. Em certos casos, mesmo, o melhor é deixar de mobilizar o solo, recorrendo a culturas que o cubram permanentemente, como prados e matos. Assim se procede, em geral, para os solos acima de 25 por cento de declive, onde só estes aproveitamentos devem ser seguidos e, até, quando passem de 35 por cento, apenas podem ser submetidos a florestação.

Para declives entre 15 e 20 por cento, pode recorrer-se a várias soluções. Normalmente, deverão ser explorados com pastagens ou matas, podendo ser lavrados com intervalos de alguns anos, para uma cultura de outro tipo, e devem ser usados os processos a descrever na parte referente a solos entre 7 e 15 por cento de declive.

Plantar árvores nas margens de cursos de água para segurarem as terras.

Um processo de lidar com solos destes, se as culturas são suficientemente valiosas, é a instalação de socalcos. São feitos construindo muros, colocados a distâncias e alturas variáveis conforme os casos. O terreno entre os muros é surribado e nivelado



Modernamente, para os muros não serem tantos nem tão altos, usa-se deixar o terreno entre os muros ainda inclinado. Mas com declive muito menor, cerca de 5 a 10 por cento de modo a poder ser cultivado com algumas precauções simples.

Outro processo utilizável nos declives mais próximos de 15 por cento, são os terraços. Faz-se, simplesmente, ao longo de faixas horizontais, a escavação da parte superior, transportando as terras para a parte inferior. O talude deixa-se com a inclinação de 1 para 1, em geral, e é revestido com vegetação. Na sua base há uma vala, para as águas de cima não escorrerem através do terraço.

Este tipo de lavoura deve ser usado sempre que o terreno tenha possibilidade de erosão, portanto em todos os casos anteriormente falados. Nos terrenos menos inclinados pode ser usado ou não conforme a natureza do solo. Se ele for arenoso, convêm usá-lo mesmo em declives de 1 e 2 por cento. Se for argiloso, com boa estrutura, basta recorrer a ele a partir dos 3 ou 4 por cento. Se os declives estão entre 5 ou 7 e 15 por cento pode-se usar a divisão do terreno em faixas de nível, separadas por vala e combro. Esta vala é feita, geralmente por charruas surribadoras que viram a leiva para baixo, formando o combro, e se deslocam acompanhando a curva de nível. A largura das faixas entre valas, tal como a dos terraços, varia com o declive, sendo menor nos declives maiores. Pode recorrer-se a tabelas, que dão a distância entre valas, conforme o declive.

Em terrenos de inclinação suave (menos de 5 ou 7 por cento) basta fazer a lavoura sempre segundo a horizontal (em curvas de nível) para a água ser retida nos regos e não correr pelo terreno, arrastando o solo. Por vezes, é claro, isso pode produzir encharcamento, mas evita-se fugindo um pouco à horizontal.

4.3. Caracterização dos Solos de Timor Leste²

Cardoso *et al.* (2003) descreveram os tipos dos solos indicados para a instalação de cafeeiros em Timor Leste (Gleissolos, Regossolos ou Litossolos, Rankers, Rendzinas, Vertissolos, Solonchaks, Solonetz e Histossolos).

O território de Timor Leste é composto principalmente por três tipos de solos, Cambissolos e Vertissolos no interior ou na zona montanhosa da ilha, e Fluvisolos basicamente na costa sul da ilha (Figura 12). Os Vertissolos são solos de textura pesada (com 30% ou mais de

² Laranjeira, 2006



argila montmorilonítica em todos os horizontes, até pelo menos 50cm de profundidade), sendo deficientes em drenagem natural. Os Vertissolos encontram-se nas zonas de média montanha: Ainaro, Baucau, Bobonaro, Lautem e Viqueque (Cardoso *et al.*, 2003).

Estes solos são encontrados em depressões e zonas ligeiramente ondulantes, principalmente em regiões tropicais, semi-áridas a sub-áridas, climas húmidos com uma alternância de períodos chuvosos e secos. O tipo de vegetação associada pode ser a da savana, pastagem e/ou florestas.

Segundo a classificação da FAO (2006) e Cardoso e Garcia (1976), os fluviolosos são desenvolvidos em depósitos aluviais, principalmente recentes, fluviais lacustres ou depósitos marinhos. São encontrados em áreas periodicamente alagadas das planícies aluviais, nas margens dos rios, vales e pântanos, em todos os continentes e em todas as zonas climáticas. Nos Neossolos Flúvicos são plantadas culturas anuais, árvores nobres e muitos são utilizados para pastagem. Em Timor Leste os fluviolosos são encontrados nas regiões de baixa altitude ou planície a Sul de Ainaro, Covalima, Manufahi, Viqueque e Vale de Maliana na Costa Norte e ao longo da linha de água da ribeira de Loes. Os Fluviolosos também se encontram em todas as linhas de água e nos pântanos ao longo da costa Sul (fig. 45).

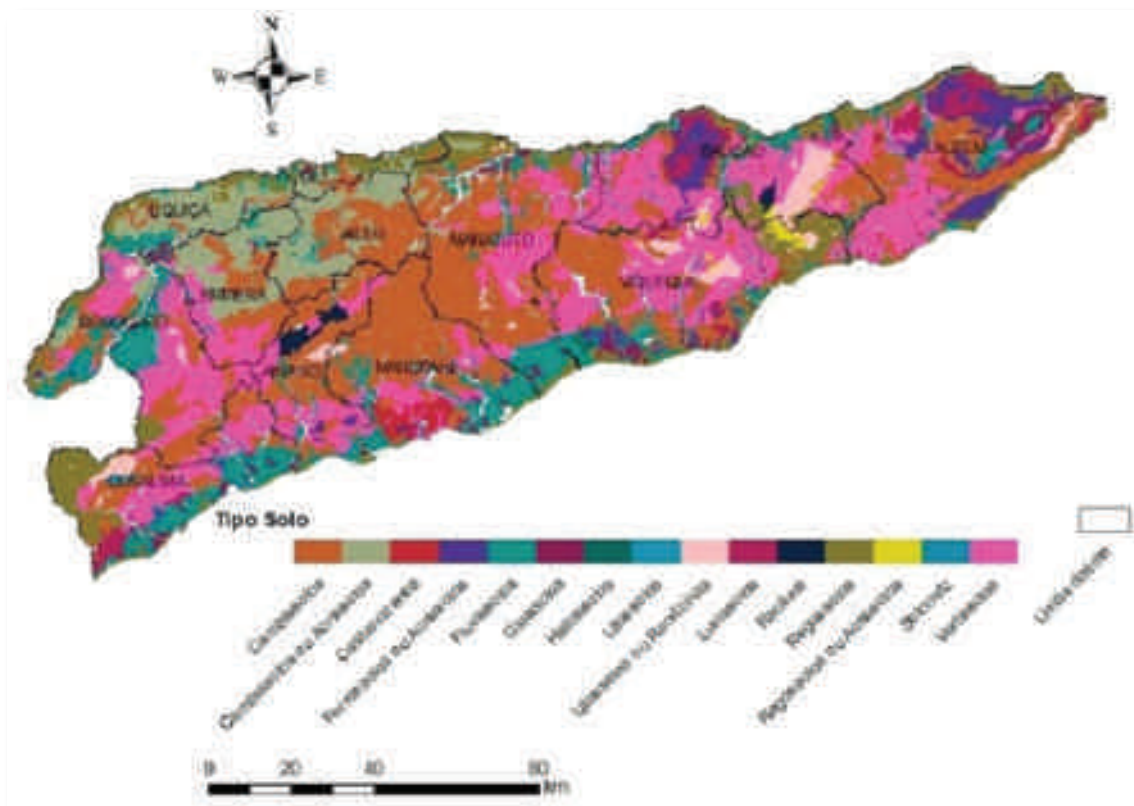


Figura 45 - Distribuição tipo do solo em Timor Leste
 (Fonte: Adaptado de Sacadura Garcia e Cardoso, 1978)



Os mesmos autores também descreveram os Cambissolos como sendo constituídos por materiais de textura fina derivada de uma vasta gama de rochas, principalmente em zonas coluviais e aluviais ou de depósitos eólicos. Estes solos suportam uma grande variedade de usos agrícolas, mas em terras íngremes são utilizados principalmente para pasto, café e ou florestas. Os Cambissolos encontram-se principalmente nos distritos das zonas montanhosas: Aileu, Ainaro, Ermera, Manatuto, Manufahi e Viqueque.



5. Clima

Introdução

O **clima** (do grego para “inclinação”, referindo o ângulo formado pelo eixo de rotação da terra e seu plano de translação) compreende um padrão dos diversos elementos atmosféricos que ocorrem na atmosfera da Terra. Fenómenos como frentes frias, tempestades, furacões e outros estão associados tanto às variações meteorológicas previstas pelas leis físicas determinísticas, assim como a um conjunto de variações aleatórias dos elementos meteorológicos (temperatura, precipitação, vento, humidade, pressão do ar) cuja principal ferramenta de investigação é a estatística. As semelhanças em várias regiões da Terra de tipos específicos caracterizam os diversos tipos de clima, para o que são consideradas as variações médias dos elementos meteorológicos ao longo das estações do ano num período de não menos de 30 anos.

Segundo o IPCC (**Intergovernmental Panel on Climate Change** ou **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas**) estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) *“Clima, num sentido restrito é geralmente definido como ‘tempo meteorológico médio’, ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. O clima num sentido mais amplo é o estado, incluindo as descrições estatísticas do sistema global.”*

O **Clima tropical** é a designação dada aos climas das regiões intertropicais caracterizados por serem megatérmicos, com temperatura média do ar em todos os meses do ano superior a 18 °C, não terem estação invernal e terem precipitação anual superior à evapotranspiração potencial anual.

Nas regiões de clima tropical a amplitude térmica diária é maior que a amplitude térmica anual da temperatura média, isto é, entre o mês mais quente e o mês mais frio do ano.

Os climas tropicais constituem a classe **A** da classificação climática de Köppen-Geiger, a mais conhecida em geografia e ecologia, sendo subdivididos da seguinte maneira:



Af (*clima equatorial, tropical de floresta ou equatorial húmido*) — A precipitação média mensal é superior a 60 mm em todos os meses do ano. Estes climas são típicos de regiões próximas do equador, não tendo estações do ano. As regiões que apresentam este clima têm em geral fraca variabilidade da precipitação ao longo do ano, mas podem ocorrer dois máximos de precipitação, coincidentes com o período em que a Zona de Convergência Intertropical e a célula de Hadley associada estão centradas sobre a região durante a sua oscilação latitudinal anual. São exemplos de cidades sitas em regiões com este clima: Singapura, Belém do Pará e Cabinda.

Aw/As (*clima tropical de estações húmida e seca, tropical de savana, tropical com estação seca ou equatorial seco*) — Grupo de climas megatérmicos com uma estação seca em que a precipitação média mensal é inferior a 60 mm em pelo menos um mês por ano. São exemplos de cidades sitas em regiões com este clima: Honolulu, Veracruz (no México) e Townsville (na Austrália). Estes climas subdividem-se em dois grupos:

Aw — a estação seca ocorre durante a época de Sol mais baixo e dias mais curtos (daí Aw, em que w é de *winter, Inverno* em inglês).

As — a estação seca ocorre durante a época de Sol mais alto e dias mais longos (daí As, em que s é de *summer, Verão* em inglês).

Am (*clima tropical de monção ou clima monçónico*) — *Climas com pelo menos um mês com precipitação inferior a 60 mm, caracterizados pela existência de monções às quais se associa o período de máxima precipitação. Nalguns casos, a quase totalidade da precipitação anual está concentrada no período em que sopra a monção. Este tipo de clima, mais comum no sul da Ásia e leste da África, resulta dos ventos de monções que mudam de direção de acordo com a estação do ano. São exemplos de cidades sitas em regiões com este clima: Bangalore (na Índia), Mombaça (no Quênia) e Colombo (no Sri Lanka) e Díli (Timor - Leste).*

Deve-se acentuar que os principais fatores, do ponto de vista agrícola, são a precipitação e a temperatura.

A precipitação deve ser analisada sob dois aspetos: precipitação total e a sua distribuição. Este é um dos mais importantes, pois as plantas, em geral, exigem água durante todo o seu ciclo de vida vegetativa, embora com intensidade variável.

Em regiões de clima tropical e altas temperaturas, a exposição do substrato ao calor do sol pode ter efeitos contrários ao pretendido, com excessiva perda de humidade e extinção



da microfauna biológica que ajuda a decomposição e o aproveitamento dos nutrientes. A lavoura com equipamentos de mobilização também facilita a erosão, o que pode ser um grande problema em regiões de chuvas intensas. Por isso, a prática agrícola moderna preconiza uma mínima movimentação do solo, a utilização da chamada plantação direta em local definitivo, onde apenas uma estreita faixa é revolvida, mantendo-se a cobertura de restos culturais sobre o terreno, o que ajuda na manutenção da humidade.

O IPCC define a mudança climática como uma variação estatisticamente significativa em um parâmetro climático médio ou na sua variabilidade, persistindo um período extenso (tipicamente décadas ou por mais tempo). A mudança climática pode ser devida a processos naturais ou forças externas ou devido a mudanças persistentes causadas pela ação do homem na composição da atmosfera ou do uso da terra.

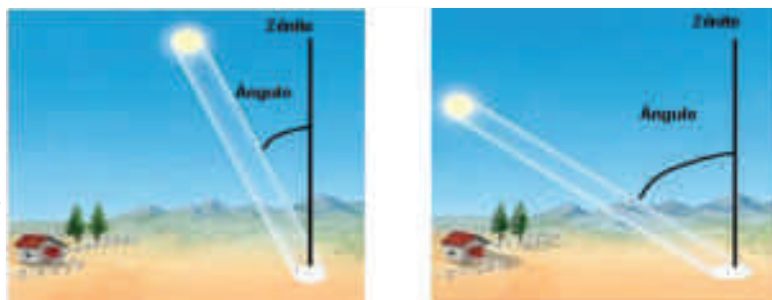
5.1. Fatores e elementos do clima

Elementos do clima - São todos os elementos que permitem caracterizar o clima de uma determinada região. De entre os principais elementos do clima referem-se: a **temperatura**, a **humidade atmosférica**, a **precipitação**, **nebulosidade**, a **insolação**, a **pressão atmosférica** e o **vento**.

Todos estes elementos variam com os **fatores do clima** que influenciam as condições climáticas. Os fatores do clima são a **latitude**, a **proximidade do mar**, a **continentalidade**, a **exposição geográfica das vertentes**, as **correntes marítimas** e a **altitude**.

A **insolação** é a quantidade de energia solar que atinge uma unidade de área da Terra, ou seja, o número de horas de sol descoberto acima do horizonte, varia conforme a região. Exprime-se em horas por dia, mês ou ano. Assim, podemos concluir que quanto maior for a duração da insolação, maior será a quantidade de energia recebida à superfície terrestre) (fig. 46).

Figura 46 - Diferentes ângulos de incidência dos raios solares, e diferente massa atmosférica por eles atravessada.



O Sol emite uma grande quantidade de energia sob a forma de radiação (radiação solar - Energia emitida pelo sol). A insolação é a quantidade dessa radiação solar direta que incide num elemento com uma determinada área colocado numa posição horizontal e a um nível conhecido. A quantidade de radiação solar recebida num dado lugar varia com a latitude e a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de órbita. É devido à inclinação do eixo da Terra em relação ao seu plano de órbita que se deve a diferença entre os dias e as noites e as estações do ano.

A duração da insolação é determinante na variação da radiação solar à superfície da Terra. Como as nuvens absorvem, refletem e difundem uma grande parte da radiação solar, quanto maior for a duração da insolação, menor será a quantidade de radiação solar perdida na atmosfera e maior será, portanto, a quantidade de energia recebida na superfície terrestre.

A Temperatura é o grau de aquecimento do ar num dado momento. Traduz a sensação de calor ou frio, sentida pelo corpo humano, e baseia-se no princípio de que muitas substâncias se dilatam quando submetidas a uma elevação da temperatura. Estas indicam a quantidade de calor ou frio que faz numa região. Está intimamente relacionada com a radiação solar que alcança a superfície terrestre. O número de horas de Sol e a quantidade de energia solar recebida em cada região ou local influencia, diretamente, a temperatura. **A temperatura encontra-se desigualmente distribuída à superfície da Terra, pois os valores de temperatura variam de lugar para lugar e ao longo do dia e do ano**, num mesmo lugar devido à forma redonda da terra, à inclinação do eixo terrestre, ao movimento de rotação da Terra e ao movimento de translação que o nosso planeta executa em torno do Sol. No Equador, mais calor, menor atmosfera. Nos polos, menos calor, maior atmosfera.

A temperatura mede-se com termómetros, os quais expressam a temperatura em graus centígrados ou Celsius ($^{\circ}\text{C}$). No caso da água pura o seu ponto de congelação é atingido a 0°C e o ponto de ebulição ao 100°C . Também existe a escala de Fahrenheit em que o ponto de congelação da água é a 32°F e o de ebulição a 212°F . Distinguem-se assim os climas frios dos quentes.

Evaporação da água é fundamental para o clima, pois ela está diretamente relacionada com a formação das chuvas. A evaporação ocorre quando um líquido é aquecido através da ação do Sol ou de outro fator como, por exemplo, o aquecimento de água num fogão



doméstico. A água que evapora dos rios, lagos, oceanos e até do nosso corpo, ao atingir determinada temperatura, que varia de acordo com o líquido, ocorre a transformação em vapor de água. Este vapor de água, que é invisível, mistura-se com o ar da atmosfera. Quando a temperatura baixa, o vapor de água volta ao formato líquido (condensação) e cai através de chuvas (fig. 47).

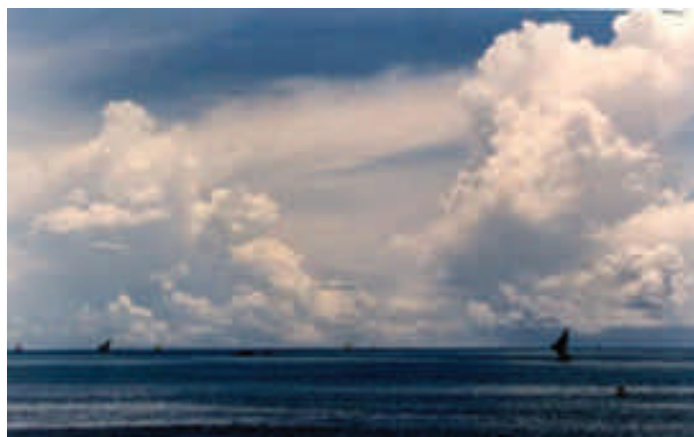


Figura 47 - Nuvens

Evapotranspiração é a quantidade de água que se evapora diretamente de seu estado líquido ou sólido mais a que se evapora dos seres vivos, das plantas especialmente. A energia disponível para produzir a evapotranspiração não é constante, pois varia de acordo com as horas do dia e com as estações do ano (fig. 48).



Figura 48 - Evapotranspiração

Deve-se ter em conta que a evaporação depende de dois fatores: por um lado da energia disponível para evaporar água e por outro da quantidade de água disponível. Desta



maneira é possível que a energia seja maior que a quantidade de água, produzindo-se uma diferença entre a evapotranspiração real (a que efetivamente se produz) e a evapotranspiração potencial (a que se poderia produzir se existisse água suficiente para toda a energia disponível).

Nebulosidade - Concentração de nuvens que tem um efeito de barreira sobre a luz solar, ou seja, o número de dias por ano em que o céu está cheio de nuvens. A nebulosidade está interrelacionada com a evaporação, Esta é importante para a formação das chuvas. A nebulosidade é também um fator do clima pois a nuvens não deixam passar todos os raios solares refletidos pela superfície da terra e diminui a quantidade de calor que a crosta terrestre perde por irradiações. É por este motivo que nos dias de muita nebulosidade não faz tanto frio como nos dias com luz do sol (fig. 49).



Figura 49 - Dia nebulado

Humidade atmosférica é a quantidade de vapor de água que existe na atmosfera.

Humidade do ar - quantidade de vapor de água existente numa dada unidade de volume de ar, varia de um lugar para outro e até num mesmo lugar, dependendo do dia, do mês ou da estação do ano. Quanto mais elevada for a temperatura, maior será a humidade do ar e vice-versa. A sua medição é muito importante, devido à sua ação sobre a temperatura do ar e sobre a velocidade da evaporação da água à superfície do solo. Por outro lado, a condensação do vapor de água existente na atmosfera pode dar origem a diversos fenómenos meteorológicos como, por exemplo: o nevoeiro, a chuva, o granizo, etc.



Constituindo importante variável meteorológica, ao lado da temperatura, pode ser considerada em números absolutos (g/m^3) ou relativamente ao seu ponto de saturação, ou seja, à capacidade máxima da atmosfera em reter a humidade.

Precipitação - quantidade de água que cai num determinado lugar da superfície da Terra, no estado líquido ou sólido e resulta da condensação do vapor de água que existe na atmosfera. A precipitação pode ter a forma de: chuva, chuvisco, neve, granizo, saraiva, nevoeiro, neblina, orvalho, geada ou sincelo. A abundância ou escassez de precipitações distingue climas húmidos, secos e áridos.

Quando as gotículas de água das nuvens se juntam umas às outras, aumentam de volume e peso, vencem a resistência do ar e caem sob a forma de **chuva**.

Quando a condensação do vapor de água ocorre a temperaturas inferiores a zero e mais ou menos lentamente, formam-se cristais de gelo, que ao caírem para o solo, se vão juntando uns aos outros, formando flocos aveludados que é a **neve** (temperaturas negativas em todo o seu trajeto). Por vezes, as gotas de água são arrastadas por correntes de ar ascendentes, para níveis altos da atmosfera, onde a temperatura é negativa; essas gotas solidificam rapidamente, transformando-se em grãos de gelo que é o **granizo**.

Para se medir a quantidade de precipitação caída por unidade de superfície, durante um certo intervalo de tempo, utiliza-se um **pluviómetro**, que também é designado udometro. Cada litro por metro quadrado corresponde a um milímetro de altura de precipitação.

A precipitação mensal obtém-se a partir da soma do volume de água caída durante todos os dias de um mês. Do mesmo modo, a precipitação total anual resulta da soma do volume de água caída ao longo dos meses do ano.

A pressão atmosférica é a força exercida pela atmosfera sobre a superfície da Terra. **O seu valor expressa-se em milibar (mb) ou em hectopascal (hp)** e varia em sentido inverso ao da altitude, temperatura e humidade (fig. 50).



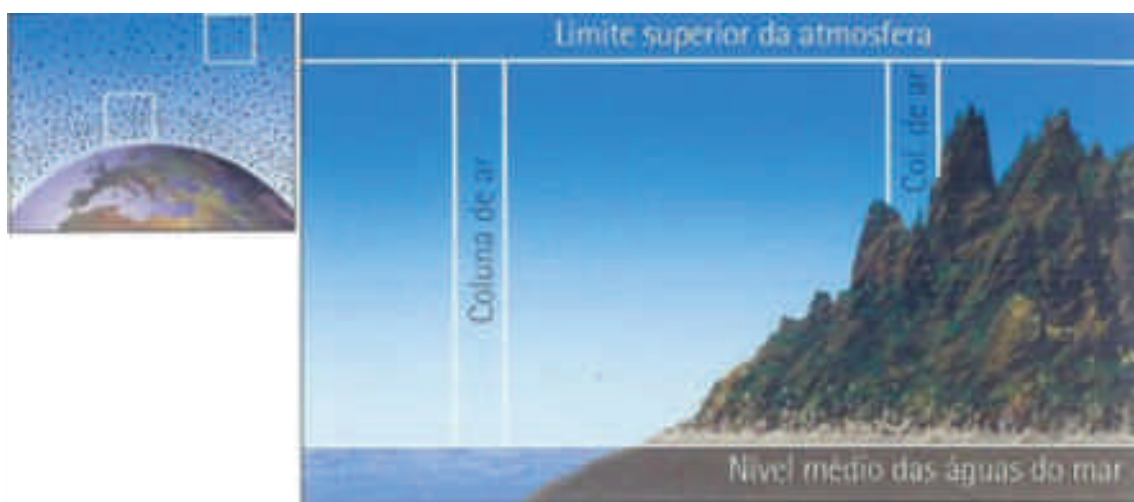


Figura 50 - Variação da pressão atmosférica em altitude

O valor normal da pressão atmosférica é de **1013 mb** ou 1013 hp. No entanto o valor da pressão varia por influência de dois fatores principais: a temperatura e a altitude

A **temperatura** constitui um dos principais fatores de variação da pressão atmosférica. Quando o ar arrefece, a pressão atmosférica é mais elevada. Quando a temperatura aumenta, a pressão atmosférica é menor (o ar quente é mais leve e sobe, diminuindo a pressão; o ar frio é mais pesado e desce, aumentando a pressão) (fig. 51).

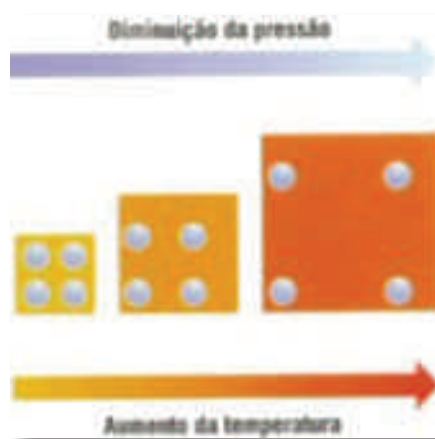


Figura 51 - Variação da pressão em função da temperatura

A pressão atmosférica também varia com a **altitude** (a pressão diminui com a altitude pois diminui a coluna de ar atmosférico sobre um lugar). Assim, quando a altitude é baixa, a pressão do ar é elevada. Por outro lado, quando a altitude é elevada, a pressão atmosférica é mais baixa. Por isto, costuma-se dizer que na montanha o ar é mais “rarefeito” ou mais “leve” (densidade é menor).



5.2. Registo e medida

Para se fazerem as leituras e as previsões dos estados do tempo, recolhem-se, diariamente, dados nas estações meteorológicas através de aparelhos como os **termómetros** para medir a temperatura, os **pluviómetros** ou udómetros para medir a pluviosidade, os **barómetros** para medir a pressão atmosférica, **higrómetros** para medir a humidade, **cata-ventos** para medir a direção do vento, **anemómetros** para medir a intensidade (velocidade em Km/h) do vento e outros. Tanto o cata-vento, como o anemómetro são hoje em dia substituídos, com vantagem, por **anemógrafos**, que registam a direção e velocidade do vento em simultâneo. Também são captados dados através de **balões-sonda**, aviões ou **satélites meteorológicos**, (aparelhos e sistemas cada vez mais sofisticados e precisos). Estes dados são tratados informaticamente, sendo parte deles divulgados diariamente na televisão, na rádio, nos jornais e na Internet.

5.2.1. Aparelhos

Os aparelhos em meteorologia têm por norma a designação de instrumentos e neste manual procuraremos dar uma explicação simples de cada um, mas que defina com rigor a sua utilidade na compreensão para a agricultura.

Instrumentos Meteorológicos

A aquisição de conhecimentos relativos ao tempo é um objetivo do ramo da ciência denominada **Meteorologia**. Os fenómenos meteorológicos são estudados a partir das observações, experiências e métodos científicos de análise. A observação meteorológica é uma avaliação ou uma medida de um ou vários parâmetros meteorológicos. As observações são sensoriais quando são adquiridas por um observador sem ajuda de instrumentos de medição, e instrumentais, em geral chamadas medições meteorológicas, quando são realizadas com instrumentos meteorológicos.

Portanto, os instrumentos meteorológicos são equipamentos utilizados para registar dados meteorológicos (termómetro / temperatura do ar, pressão atmosférica / barómetro, higrómetro / humidade relativa do ar, etc.).

A reunião desses instrumentos, num mesmo local, é denominada estação meteorológica (fig. 52).





Figura 52 - Abrigo meteorológico

E o conjunto dessas estações, distribuídas por uma região, é denominado rede de estações meteorológicas.

Anemógrafo - Regista continuamente a direção (em graus) e a velocidade instantânea do vento (em m/s), a distância total (em km) percorrida pelo vento com relação ao instrumento e às rajadas (em m/s) (fig. 53).

Anemómetro - Mede a velocidade do vento (em m/s) e, em alguns tipos, também a direção (em graus) (fig. 53).



Figura 53 - Anemógrafo e Anemómetro

Barógrafo - Regista continuamente a pressão atmosférica em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em milibares (mb) (fig. 54).



Barômetro de Mercúrio - Mede a pressão atmosférica em coluna de milímetros de mercúrio (mm Hg) e em hectopascal (hPa) (figs. 54 e 55).



Figura 54 - Barógrafo e Barômetro de Mercúrio

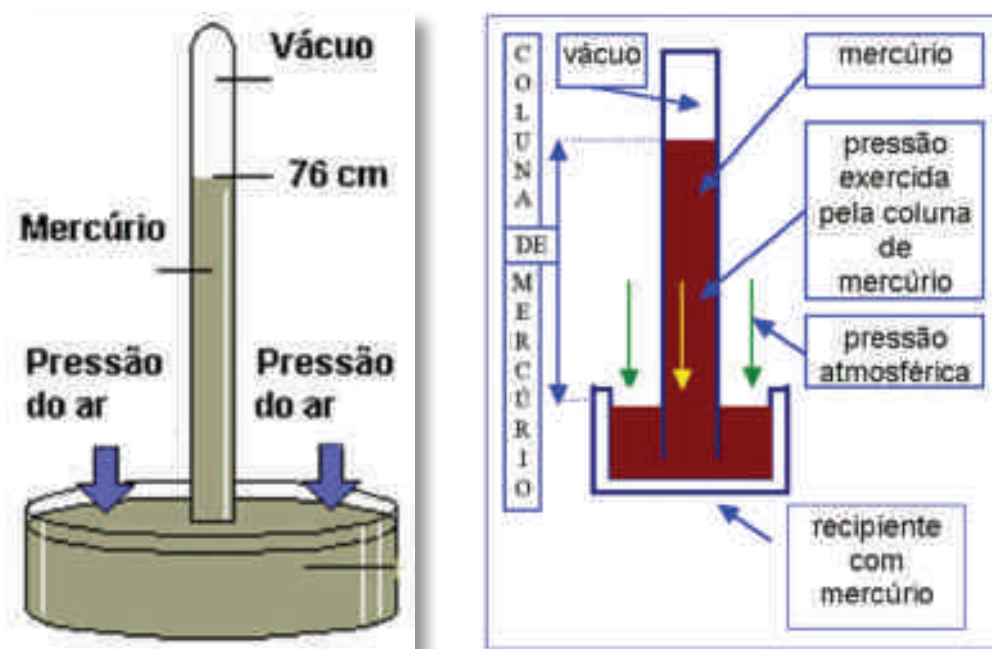


Figura 55 - Barômetro de mercúrio

Evaporímetro de Piche - Mede a evaporação - em mililitros (ml) ou em milímetros de água evaporada - a partir de uma superfície porosa, mantida permanentemente humedecida por água (fig. 56).

Heliógrafo - Regista a insolação ou a duração do brilho solar, em horas e décimos (fig. 56).





Figura 56 - Evaporímetro de Piche e Heliógrafo

Higrógrafo - Regista a humidade do ar, em valores relativos, expressos em percentagem (%) (fig. 57).

Pluviógrafo - Também conhecido como udógrafo - Regista a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm) (fig. 57).



Figura 57 - Higrógrafo e Pluviógrafo

Pluviómetro - Mede a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm) (fig. 58).

Psicrómetro - Mede a humidade relativa do ar - de modo indireto - em percentagem (%). Compõe-se de dois termómetros idênticos, um denominado termómetro de bulbo seco, e outro com o bulbo envolvido em gaze ou algodão cardado mantido constantemente molhado, denominado termómetro de bulbo húmido (fig. 58).





Figura 58 - Pluviómetro e Psicómetro

Tanque Evaporimétrico - Mede a evaporação - em milímetros (mm) - numa superfície livre de água (fig. 59).

Termógrafo - Regista a temperatura do ar, em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) (fig. 59).

Termohigrógrafo - Regista, simultaneamente, a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e a humidade relativa do ar (%) (fig. 59).



Figura 59 - Tanque Evaporimétrico, Termógrafo e Termohigrógrafo

Termómetros de Máxima e Mínima - Indicam as temperaturas máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), ocorridas no dia (fig. 60).



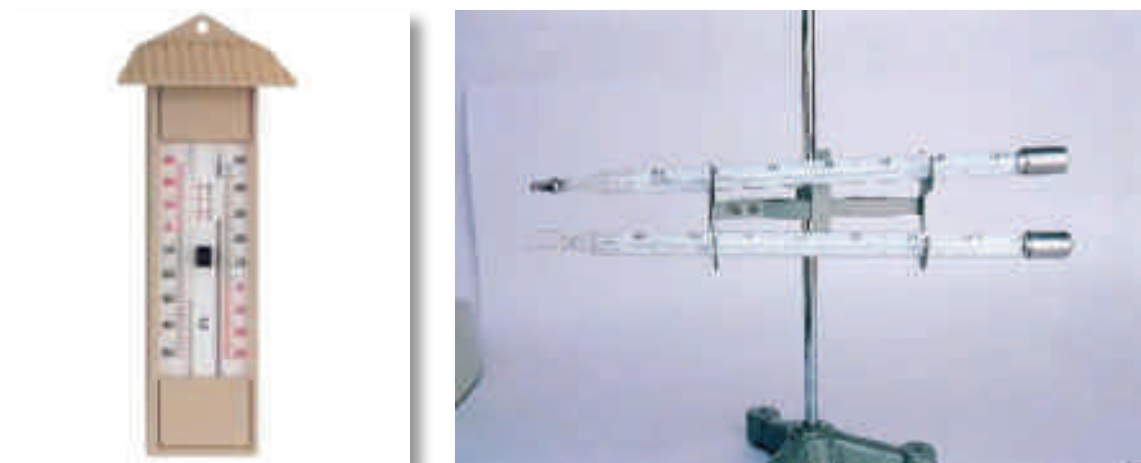


Figura 60 - Termómetros de Máxima e Mínima

Termómetros de Solo - Indicam as temperaturas do solo, a diversas profundidades, em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) (fig. 61).

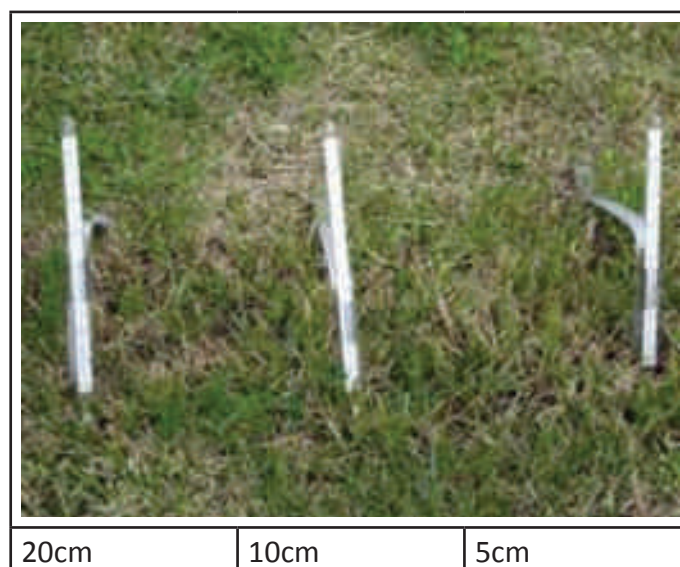


Figura 61 - Termómetros de solo (Os valores referem-se à profundidade a que é medida a temperatura)

5.2.2. Importância do registo de dados climáticos

A agricultura distingue-se das restantes atividades económicas por, entre outras características, se desenvolver maioritariamente ao ar livre. Desta característica resulta uma extrema dependência face às condições meteorológicas. Desta forma, os regimes termo-pluviométricos de cada região devem ser amplamente conhecidos e considerados



quando se planeia um sistema de produção. Por outro lado, as condições meteorológicas de cada ano em particular devem ser conhecidas e, se possível, previstas num curto prazo, de forma a permitir a gestão de cada exploração da forma mais eficiente possível. O clima é um dos elementos mais importantes dentro do grupo dos fatores de ordem física, pois este “influencia diretamente as plantas, os animais (incluindo o homem) e o solo. Ele influencia as rochas através do intemperismo; [...]” (Ayoade, 1986). Desta forma, é possível afirmar que o clima é um fator determinante dentro da dinâmica espacial de distribuição e disseminação dos seres vivos, inclusive os seres humanos. Até há uma ou duas décadas atrás era plausível considerar que os tais regimes termo-pluviométricos, caracterizadores do clima de cada região, eram estáticos, i.e., geralmente obtidos com médias de registos de 30 ou 40 anos, poderiam ser considerados como válidos para um futuro mais ou menos longínquo.

Porém, no início dos anos 90 do século passado começaram a registar-se evidências que punham em questão tal pressuposto. Deste modo, passou a assumir-se que o clima está em mudança, i.e., estão a ocorrer alterações climáticas. E desde então foram estudados não só a forma como a mudança se estava a dar, mas também as suas causas e possíveis consequências para as diversas atividades económicas designadas por “impactos das alterações climáticas”. A partir do momento em que foram conhecidas estas consequências, iniciaram-se estudos para avaliar diferentes formas de adaptar cada atividade às mudanças projetadas designadas por “medidas de adaptação”.

O sector agrícola tem vários papéis distintos e, em certo sentido, de valências opostas na questão das alterações climáticas. Por um lado, contribui para as próprias alterações climáticas, ainda que com responsabilidade menor face a outras causas. Por outro lado, dependendo das práticas utilizadas, pode dar um contributo para abrandar o ritmo a que as alterações climáticas estão a acontecer, razão pela qual se fala de “medidas de mitigação”. Finalmente, o setor agrícola é também vítima das alterações climáticas pelo que tem de se adaptar proativamente se não quiser assistir à degradação dos seus rendimentos já no final deste século.

Estações Climatológicas: São destinadas à obtenção de dados meteorológicos para caracterização do clima.



Estações Agrometeorológicas: Tem por objetivo obter informações necessárias à atividade agrícolas ou biológicas. Além das observações atmosféricas, são também realizadas observações fenológicas.

Os elementos meteorológicos monitorados são: precipitação, velocidade e direção do vento, radiação, insolação, evaporação, temperatura do solo, temperatura e humidade do ar a diferentes alturas até 10 m.

Os elementos fenológicos são: crescimento e desenvolvimento da cultura, ocorrência de pragas e doenças, danos causados por condições adversas de tempo.

O conhecimento de dados climatológicos é de fundamental importância no desenvolvimento de projetos agrícolas.

5.3. Influência dos fatores e elementos do clima nas plantas

O efeito de elementos do clima nas plantas pode ser abordado do seguinte modo: a temperatura do ar afeta a maioria dos processos físicos e químicos das plantas e considera-se que cada espécie exige um ótimo de amplitude térmica e temperaturas máximas e mínimas, além das quais a planta não se desenvolve satisfatoriamente. A insolação, como reflexo da radiação solar incidente, é considerada elemento climático de extrema importância na produção agrícola, visto que insolação e radiação solar estão associadas à produtividade das plantas pelo processo da fotossíntese, transpiração, floração e maturação.

A importância da humidade do ar deve-se principalmente ao facto de estar relacionada pela influência da evaporação atmosférica e assim pode-se dizer que quando muito baixa ou muito elevada torna-se prejudicial para a maioria das plantas. Humidade relativa abaixo de 60% pode ser prejudicial por aumentar a taxa de transpiração e acima de 90% reduz a absorção de nutrientes, devido a redução da transpiração, além de favorecer a propagação de doenças fúngicas.

A chuva é um elemento climático fundamental para as plantas, pois a água é elemento essencial para o crescimento e desempenha importante papel na fotossíntese e portanto na produção. Essa importância torna-se maior nas regiões tropicais húmidas onde o cronograma agrícola é determinado pela temperatura e o elemento regulador da agricultura é a chuva dada a sua função na disponibilidade de água para as plantas durante o ano.



5.3.1. *Relação solo-planta-meio*

O solo é o substrato básico de toda vida terrestre. O solo serve não somente como um meio para o crescimento das plantas e para a atividade microbiana “per si”, mas também como fator de drenagem e reciclagem para numerosos grupos de resíduos que podem acumular-se e poluir o ambiente. No entanto, o solo suporta nossas construções e fornece material para a edificação de estruturas tais como represas e estradas.

A tentativa para entender quais e como os constituintes do solo operam dentro da biosfera, que é o papel essencial da Ciência do Solo, advém tanto da curiosidade como da necessidade do homem. Solo e água são os dois recursos fundamentais da agricultura. A crescente pressão populacional tem tornado esses recursos escassos ou tem abusado destes em muitas partes do mundo. A necessidade de se manejar esses recursos eficientemente numa base sustentável, é uma responsabilidade de todos. Em muitas regiões são encontrados exemplos chocantes onde áreas outrora produtivas foram completamente degradadas pela erosão ou salinização induzidas pelo manejo inadequado do sistema solo-água.

O solo por si é de extrema complexidade. Ele consiste de numerosos componentes sólidos (minerais e orgânicos) arranjados em um padrão geométrico complexo, quase indefinível. Alguns dos materiais sólidos consistem de partículas cristalinas, enquanto outros consistem de matéria amorfa que ao revestir os cristais, modificam seus comportamentos

A fase sólida interage com os fluidos, água e ar, os quais penetram nos poros do solo. O sistema como um todo raramente se encontra em estado de equilíbrio, pois se encontra alternadamente húmido e seco; expandido e contraído; disperso e floculado; compacto e quebrado; trocas iônicas precipita e dissolve sais e ocasionalmente congela e degela.

Para servir como um meio favorável ao crescimento das plantas, o solo precisa armazenar e suprir de água e ainda estar livre de elevadas concentrações de fatores tóxicos. O sistema solo-água-planta torna-se ainda mais complicado pelo facto de que as raízes das plantas precisarem de respirar constantemente e que a maioria das plantas terrestres não conseguem transferir o oxigénio das suas partes aéreas para as raízes a uma taxa suficiente à respiração das raízes. Portanto, o solo deve ser bem arejado, para a troca de oxigénio e dióxido de carbono entre os poros cheios de ar e a atmosfera externa. Um



solo excessivamente húmido pode sufocar as raízes, assim como excessivamente seco pode dissecá-las.

Esses são alguns dos problemas que desafiam a relativamente nova ciência Física do Solo. Definível como o estudo do estado e transporte de todas as formas de matéria e energia no solo, a Física do Solo constitui-se num assunto complexo, facto esse que tem contribuído para seu lento desenvolvimento.

O solo como sistema trifásico disperso

Sistemas naturais podem consistir de uma ou mais substâncias e de uma ou mais fases. Um sistema constituído de uma simples substância é também monofásico se suas propriedades físicas são uniformes. Um exemplo de tal sistema seria um volume de água consistindo completamente de gelo. Tal sistema é chamado de homogéneo. Um sistema constituído de um único composto químico pode também ser heterogéneo se tal composto exhibir diferentes propriedades em diferentes regiões do sistema. Uma região dentro do sistema fisicamente uniforme é chamada fase. Uma mistura de água e gelo, por exemplo, é quimicamente uniforme, mas, fisicamente é heterogénea e inclui duas fases. As três fases comuns na natureza são a sólida, a líquida e a gasosa. Um sistema contendo várias substâncias pode ser também monofásico. Por exemplo, uma solução de água e sal constitui-se em um líquido homogéneo. Um sistema de várias substâncias obviamente pode ser também heterogéneo. Em sistemas heterogéneos as propriedades diferem não somente entre uma fase e outra, mas também dentro de cada fase e no contorno entre fases vizinhas. Interfaces entre fases exibem fenómenos específicos resultantes da interação das fases. A importância desses fenómenos, que incluem adsorção, tensão superficial e fricção, depende da magnitude das áreas interfacial por unidade de volume do sistema. Sistemas nos quais pelo menos uma das fases é subdividida em numerosas partículas pequenas que juntas exibem grande área interfacial por unidade de volume, são chamados sistemas dispersos.

O solo é um sistema heterogéneo, particulado, disperso e poroso, onde a área interfacial por unidade de volume pode ser muito grande. A natureza dispersa do solo e sua conseqüente atividade interfacial dá lugar a fenómenos tais como adsorção de água e químicos, troca iônica, adesão, expansão e contração, dispersão e floculação e capilaridade.



As três fases são representadas no solo da seguinte maneira: a fase sólida constitui a matriz do solo; a fase líquida consiste na água do solo, na qual existem substâncias dissolvidas, devendo ser chamada então de solução de solo e a fase gasosa é a atmosfera do solo. A matriz do solo inclui partículas que variam em composição química e mineralógica, bem como em tamanho, forma e orientação. Ela contém também substâncias amorfas, particularmente matéria orgânica que se une aos grãos minerais e muitas vezes servem de ponte entre eles para formar os agregados. A organização dos componentes sólidos determina as características geométricas do espaço poroso onde a água e ar são retidos e transmitidos. Finalmente tem-se que tanto a água quanto o ar do solo variam em composição tanto no tempo quanto no espaço.

As proporções relativas das três fases no solo variam continuamente e dependem de variáveis como condições climáticas, vegetação e sobretudo com o seu uso.

5.3.2. Valores críticos

Radiação Solar

É de vital importância, pois é essa energia que vai acionar o sistema agrícola, como qualquer outro ecossistema, determinando as características térmicas do ambiente, principalmente as temperaturas do ar e do solo, a duração do dia ou fotoperíodo; a fotossíntese (processo básico de produção de alimentos na natureza), e o fotoperiodismo, resposta dos vegetais à luminosidade.

Na fotossíntese os raios visíveis são os mais eficientes, apesar de que os raios ultravioletas influenciam a germinação, a energia e a qualidade das sementes.

Algumas plantas são indiferentes à duração do dia, enquanto outras são muito sensíveis. As culturas podem ser classificadas de culturas de dias curto ou longos, dependendo do período em que alcançam seu crescimento ótimo ou a maturação.

São culturas de dias curtos (10 horas de radiação ou de sol) o feijão, milho, algodão, pepino e painço, e de dias longos, (aproximadamente 14 horas de luz por dia), a mostarda, trevos, aveia, trigo e centeio. O tomateiro e o girassol são plantas indiferentes (florescem sob qualquer período de iluminação).

Portanto, as plantas tropicais são geralmente do tipo de dia curto, enquanto as plantas que se originam nas latitudes médias são do tipo do dia longo.



Assim como os efeitos podem ser retardados caso uma dessas plantas forem cultivadas em climas que não lhes ofereçam boa adaptação.

Temperatura

A temperatura do ar e do solo afeta os processos de crescimento das plantas; todas têm um limite térmico mínimo, ótimo e máximos para cada um dos estágios de crescimento. As culturas tropicais exigem altas temperaturas o ano todo como o café, banana e cana-de-açúcar, que são sensíveis às geadas. Por outro lado, o centeio tem necessidade de baixa temperatura e pode até suportar as temperaturas de congelamento, durante um longo tempo hibernar de dormência. Temperaturas de 6 °C podem ser letais para a maioria das plantas. O resfriamento prolongado das plantas, com temperaturas acima do ponto de congelamento, retarda o crescimento vegetal e pode até matar as plantas adaptadas somente a condições quentes. Apesar de que o arrefecimento possa não matar diretamente as células vegetais, ele reduz o fluxo de água das raízes e então interfere na transpiração e na nutrição do vegetal. Quando a temperatura está abaixo do ponto de congelação, a matéria viva das células pode congelar e pode acontecer a rotura das paredes celulares, com a consequente desidratação da célula, matando-a.

Geralmente, as altas temperaturas não são tão destrutivas para as plantas como as baixas temperaturas, desde que o suprimento de humidade seja suficiente para evitar a murchidão e que a planta esteja adaptada a determinada região climática.

O abacaxi por exemplo e coco crescem com a temperatura mínima de 21 °C, pelo menos durante uma parte da estação de crescimento.

As frutas cítricas, o algodão, a cana e o arroz, não crescem bem se a temperatura estiver abaixo de 15 °C.

A época de crescimento nas regiões temperadas é determinada pelas condições térmicas. Ao contrário dos trópicos em que são determinadas pelas precipitações. As temperaturas do solo são mais importantes, do que as do ar, porque as do solo influenciam diretamente na germinação das sementes. Por exemplo a batata desenvolve-se entre 8 °C e 28 °C, sendo a temperatura ótima do solo 18 °C. As sementes do algodão em germinação requerem pelo menos 10 °C, mas sempre abaixo de 18 °C.



Humidade

A água desempenha um papel vital no crescimento dos vegetais e na produção de todas as culturas. Ela leva os nutrientes químicos até e através das plantas. É o principal constituinte do tecido fisiológico, e um reagente na fotossíntese. A humidade do solo é a humidade significativa para a lavoura, e é controlada pela precipitação, taxa de evaporação e pelas características do solo. O suprimento de humidade pode variar desde o ponto de emurchecimento, quando não há água disponível para o uso dos vegetais, até à capacidade de campo, quando os solos ficam com seus poros preenchidos, predominando o encharcamento.

No caso de condições de seca, quantidade exigida de água pela evapotranspiração excede a quantidade de água disponível no solo (deficit hídrico), podendo ocasionar a morte da planta.

Então nem as temperaturas extremamente altas ou baixas, nem a água insuficientes ou em excesso, constituem favoráveis condições para um bom desempenho da agricultura.

Vento

Ar em movimento é um outro parâmetro climático que afeta a agricultura. Positivamente constitui-se como um agente eficiente na dispersão das plantas. Negativamente pode causar danos físicos, secura devido à transpiração, transporte de pólen e sementes, o vento transporta plantas indesejáveis como as ervas daninhas. O vento pode causar erosão nas terras boas e retirar a camada fina do solo. Portanto, onde predominam condições climáticas ótimas e solo bom, haverá uma alta produtividade.

5.4. Circulação geral da atmosfera

Aristóteles foi o primeiro a atribuir ao aquecimento do sol os ventos globais, cerca de 2000 anos atrás, na sua “Meteorológica”.

O Sol aquece toda a Terra mas verifica-se uma distribuição desigual de energia à superfície do globo: as regiões equatoriais e tropicais recebem mais energia solar que as latitudes médias e as regiões polares.

A energia radiante recebida nos trópicos é superior à que essa região é capaz de emitir enquanto as regiões polares emitem mais do que recebem. Se não se verificasse um



transporte de energia dos trópicos para as regiões polares, a temperatura da região tropical aumentaria indefinidamente enquanto as regiões polares ficariam com uma temperatura cada vez menor. É este desequilíbrio térmico que induz a circulação da Atmosfera e dos Oceanos. A energia é redistribuída pela circulação atmosférica (60%) e pelas correntes oceânicas (40%) das regiões onde há excesso para aquelas em que há *deficit*.

Esta transferência de energia é efetuada de várias formas. Cada uma delas varia em importância com a latitude:

- Trocas de calor sensível com a atmosfera pelo deslocamento de massas de ar;
- Transferências de calor latente, libertado durante o processo de condensação;
- Correntes oceânicas que transferem calor para os polos.

A taxa de transferência máxima, da ordem de 5×10^{27} kW ocorre nas latitudes de 30° e 40° , e está associada à circulação em grande escala ou circulação planetária, distinta das circulações regionais (monções), das circulações características dos sistemas sinópticos transientes (escala ~ 1.000 km) e das circulações locais.

A estrutura média da circulação geral é de grande importância para a necessária transferência meridional de energia.

Um dos primeiros modelos clássicos da circulação geral é devido a George Hadley, que em 1735, sugeriu que sobre a Terra sem rotação, o movimento do ar teria a forma de uma grande célula de convecção em cada hemisfério, conforme esquematizado na figura 62.

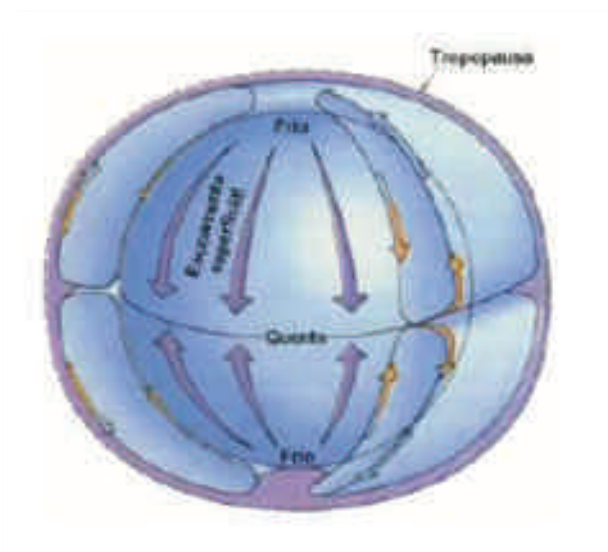


Figura 62 - Circulação Geral numa terra sem rotação (Hadley, 1735)



A transferência de energia do equador para os polos poderia, de acordo com Hadley, ser efetuada por uma célula convectiva, com movimento ascendente nos trópicos, e movimentos na direção dos polos em altitude, movimento descendente sobre os polos e em direção ao equador à superfície.

5.4.1. Distribuição da pressão atmosférica no globo

Como a Terra tem movimento de rotação em torno de si própria, o eixo de rotação é inclinado sobre o plano da órbita, e a percentagem da superfície coberta por continentes é maior no hemisfério norte do que no hemisfério sul, o padrão de circulação é muito mais complicado. Em 1856, o professor do ensino secundário William Ferrel, aperfeiçoou o modelo de Hadley, introduzindo o primeiro modelo tricelular, que foi melhorado por Tor Bergeron em 1928 e por Carl-Gustav Rossby em 1941. No modelo proposto por C.G.Rossby, admite-se que a pressão à superfície do globo distribui-se zonadamente, i.e. ao longo dos paralelos, havendo faixas alternadas de baixas e altas pressões, aproximadamente simétricas em relação ao equador térmico.

Associadas a esta distribuição de pressão, existem três células convectivas de circulação meridional em ambos os hemisférios (fig. 63). Estas três células são a célula tropical, célula de média altitude e célula polar.

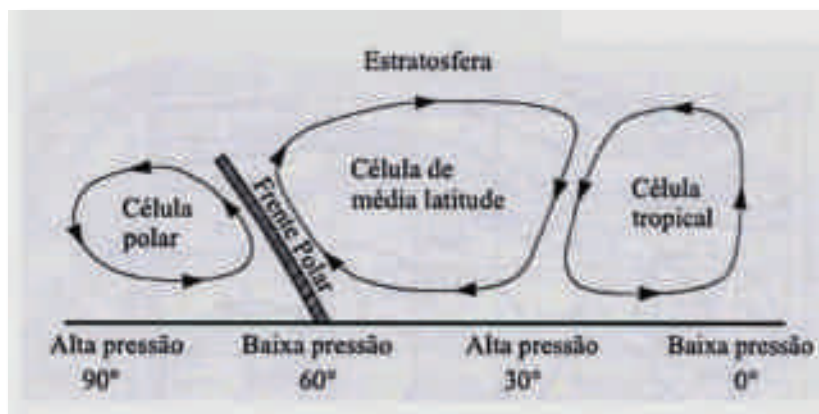


Figura 63 - Circulação Geral idealizada no modelo de três células

Circulações Locais:

1. Célula Tropical (célula de Hadley) - Nas latitudes baixas, o movimento do ar é, devido ao aquecimento, ascendente sobre o Equador, dirigindo-se no sentido dos polos nos



níveis superiores da atmosfera; sobre as latitudes subtropicais o ar arrefecido sofre subsidência, retornando para o Equador à superfície. Esta circulação forma a célula convectiva que domina os climas tropical e subtropical. O ramo descendente da célula de Hadley está associado aos grandes centros permanentes de altas pressões subtropicais (anticlones subtropicais), de que são exemplo o anticiclone dos Açores e o anticiclone do Pacífico. Nesta célula, a rotação do globo determina ventos de oeste em altitude e ventos de leste à superfície (ventos alísios).

2. Célula das latitudes médias (célula de Ferrel) - É uma célula de circulação atmosférica média nas latitudes extratropicais, reconhecida por Ferrel no século XIX. Nesta célula, o ar move-se para os polos e para leste junto à superfície, e no sentido do Equador e para oeste em altitude, fechando-se a circulação por subsidência nos subtrópicos.
3. Célula Polar - Nesta célula, o ar sobe, diverge, e desloca-se em altitude para os polos. Uma vez sobre os polos, o ar arrefecido desce, dando origem a altas pressões à superfície nas regiões polares; nestas regiões, o ar diverge para fora dos centros de altas pressões e retorna para sul, fechando a circulação celular. Na célula polar, à superfície, os ventos estão dirigidos para Oeste e em altitude para Leste.

Depressões Equatoriais - Uma cintura de baixas pressões associada à ascensão do ar na ZCIT. A ascensão do ar quente aquecido no equador dá origem a uma região de baixas pressões denominada de Vale Equatorial. À medida que o ar sobe formam-se nuvens e ocorre precipitação.

Anticlones Subtropicais - Uma cintura de altas pressões associada à subsidência do ar nas latitudes do cavalo, i.e. nas zonas de ventos muito fracos ou calmarias. Nas latitudes subtropicais o ar arrefece e desce criando áreas de altas pressões com céu limpo e pouca precipitação, denominadas de Anticlones Subtropicais. A subsidência do ar seco (após precipitação na ZCIT) e quente (devido à própria subsidência, que provoca aquecimento adiabático) está na origem dos desertos nestas latitudes.

Depressões Subpolares - Uma cintura de baixas pressões associadas à frente polar.

Anticlones Polares - Sistemas de altas pressões associados ao ar polar frio e denso.

O modelo descrito de três células é útil, mas é muito simplificado e idealizado, pois descreve apenas a circulação atmosférica, simétrica em relação ao eixo de rotação, ou axialmente simétrica, i.e. independente da longitude. No entanto, o modelo fornece



um bom ponto de partida para descrever as características principais da circulação atmosférica de larga escala. Como acabado de referir, o modelo das três células é uma idealização; na realidade os ventos não são estacionários, e as regiões de altas/baixas pressões não são contínuas (fig. 64), implicando variações importantes da circulação atmosférica com a longitude.

A Terra real contém descontinuidades no padrão zonal dos ventos/pressão causados pelas grandes massas continentais.

Estes condicionalismos rompem as cinturas de pressão em regiões de baixas e altas pressões semipermanentes.

Existem três razões fundamentais para a diferença entre a distribuição “ideal” e a “real”:

- A superfície da Terra não é uniforme, ou alisada. Verifica-se um aquecimento diferenciado devido aos contrastes solo/oceano (mar).
- A circulação pode desenvolver vórtices ou turbilhões.
- O Sol não “permanece sobre o Equador” mas move-se entre 23.5N e 23.5S ao longo do ano.

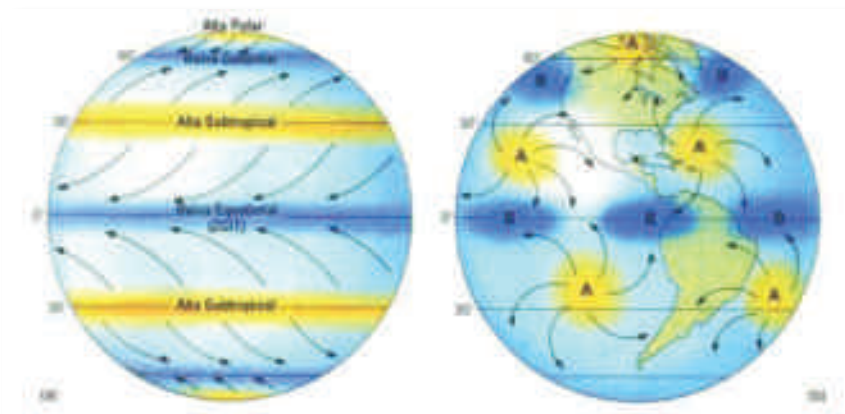


Figura 64 - Modelo de altas e baixas pressões

Em vez da situação idealizada observam-se sistemas de baixas e altas pressões semipermanentes. Classificam-se de semipermanentes pois variam em intensidade e localização ao longo do ano (i.e. no decurso do tempo).

No Inverno:

- Anticiclones Polares sobre a Sibéria e Canadá;
- Anticiclones no Pacífico e no Atlântico (Açores);
- Depressões sobre as Aleutas e a Islândia;



No Verão

- O anticiclone dos Açores intensifica-se sobre todo o Atlântico Norte;
- O anticiclone do Pacífico também se intensifica sobre todo o Pacífico Norte;
- Os anticiclones polares são substituídos por depressões;

Devido ao efeito da força de Coriolis, que desvia o movimento para a direita (esquerda) no hemisfério Norte (no hemisfério Sul), a circulação meridional nas três células é alterada. Surgem então, três ventos característicos à superfície (fig. 65):

- Os ventos alísios nos Trópicos
- Os ventos predominantes de Oeste nas latitudes médias
- Os ventos polares de Este.

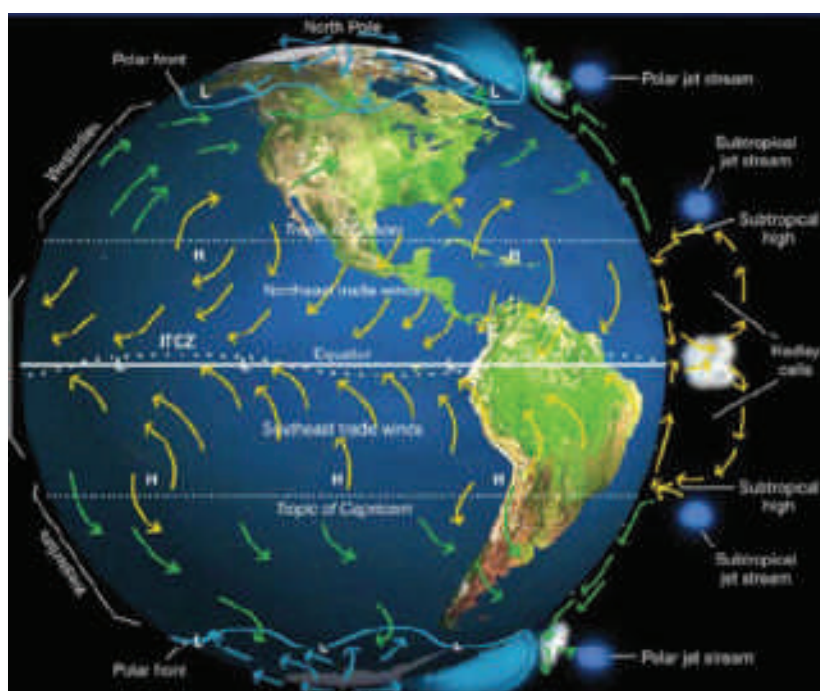


Figura 65 - Circulação Geral da Atmosfera e os grandes sistemas de vento

De acordo com este modelo (Fig. 65), que incorpora o efeito da rotação da Terra, para a zona equatorial de baixa pressão devem convergir ventos provenientes das cinturas subtropicais de altas pressões (em torno de 30°N e 30°S), impulsionados pela força de gradiente de pressão (dirigida para as pressões mais baixas) e deflectidos por efeito da rotação da Terra (força Coriolis). Os ramos inferiores das células de Hadley justificam, portanto, a existência dos ventos alísios de nordeste no Hemisfério Norte e dos alísios de



sudeste no Hemisfério Sul. Os ventos alísios (trade winds) estendem-se entre as latitudes 10°-25°N e 5°-20°S, são particularmente bem desenvolvidos nos meses de Inverno sobre o lado oriental dos maiores oceanos.

A faixa de encontro dos alísios de nordeste (procedentes do H.N.) com os de sudeste (procedentes do H.S.) é conhecida como Zona de Convergência Intertropical ou ZCIT (ou Zona Intertropical de Convergência, ZITC). A ZCIT é uma região de pressões relativamente baixas, localizada entre 10°N e 5°S, caracterizada por uma acentuada instabilidade atmosférica que favorece o desenvolvimento de intensas correntes ascendentes, com formação de grandes nuvens convetivas, geradoras de precipitação abundante.

Os três grandes centros anticiclônicos subtropicais, semipermanentes, que se situam sobre o oceano austral, em torno de 30°S (Fig.65), e no Hemisfério Norte sobre os oceanos e continentes, formam a cintura subtropical de altas pressões que praticamente circunda o planeta, seriam os ramos descendentes das células de Hadley (e Ferrel) de cada hemisfério. A subsidência neles observada provoca divergência à superfície gerando ventos direcionados tanto para o equador (alísios) como para os polos, desviando-se estes últimos para leste, por ação da força de Coriolis, atingindo latitudes próximas a 50° ou 60°, como ventos predominantes de Oeste.

A circulação atmosférica nas latitudes elevadas é menos bem definida. Acredita-se que a subsidência nas proximidades dos polos produz uma corrente superficial em direção ao equador que é desviada, formando os ventos polares de leste, em ambos hemisférios. O ar frio proveniente da região circumpolar encontra-se com o ar quente dos subtrópicos; como a rotação da Terra impede a mistura das duas massas de ar, a região de encontro entre as massas de ar polar de Este (frias) e as massas de ar provenientes de Oeste (quentes) é uma região de descontinuidade, conhecida como “Superfície Frontal Polar”; a intersecção desta “superfície” (na realidade uma camada pouco espessa) com o globo é a “frente polar”. No hemisfério Sul, sobre o Oceano Atlântico, a superfície frontal polar é também conhecida como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (fig. 66).





Figura 66 - Correntes de ar

5.4.2. Vento

Os ventos são causados por diferenças de pressão atmosférica que resultam do aquecimento desigual da superfície terrestre e da atmosfera. O ar, aquecido na base quando se desloca sobre superfícies quentes, torna-se menos denso, implicando descida de pressão e o estabelecimento de diferenças na distribuição da pressão à superfície, i.e., de gradientes de pressão. Estes gradientes constituem uma força, a força do gradiente de pressão, que põe o ar em movimento. Assim, à superfície, o ar flui das pressões mais altas para as pressões mais baixas, forçando a convergência de ar e movimento vertical ascendente nas regiões em que a pressão é mais baixa e divergência, com movimento vertical descendente (subsistência) nas regiões em que a pressão é mais alta. Gradientes de pressão levam ao movimento do ar. Este movimento verifica-se a diferentes escalas: à escala global (circulação global), à escala regional (depressão térmica de Verão sobre a Península Ibérica) e à escala local (tornados, ventos de vale e de montanha, brisas, etc.). Ventos à escala global consistem nos movimentos ondulatórios de grande comprimento de onda, nas correntes de jato, enquanto os ventos locais envolvem gradientes de escala local, afetando áreas de pequena dimensão.

Em certas regiões da Terra, particularmente no sul do continente asiático e no norte da Austrália, há uma inversão sazonal, brusca, da direção do vento à superfície.



No verão do Hemisfério Norte (abril a setembro), a terra aquece consideravelmente na Ásia Central e origina um centro de baixas pressões muito cavado, que se contrapõe aos núcleos de altas pressões sobre os oceanos Índico e Pacífico, cuja temperatura da superfície é relativamente menor, originando uma circulação típica, com ventos soprando do oceano para o continente. No inverno, a circulação inverte-se, pois a superfície do oceano mantém-se mais aquecida que a do continente. Os ventos passam a soprar do continente para o mar. Estes ventos alternantes em sentido são chamados de Monção (do árabe, *mausin*, que significa estação) e fazem-se sentir no Oceano Índico e no Mar da China nos seguintes períodos (fig. 67):

- Monção de SW, de verão ou marítima: de abril a setembro
- Monção de NE, de inverno ou continental: de outubro a março.



Figura 67 - Monções no Continente Asiático

Ainda que a palavra monção seja especificamente utilizada para designar os ventos sazonais do sul e sudeste da Ásia, existem outros locais onde se desenvolvem sistemas de circulação análogos.

Nas latitudes baixas podem ser encontrados outros ventos, tipo monção, tais como:

- Monção do Golfo da Guiné: devido ao sobreaquecimento das planícies centrais de África, o alísio de SE do Atlântico Sul é desviado para a direita no Golfo da Guiné, ao cruzar o Equador, produzindo nesta região, um vento S ou SW permanente, conhecido por monção Africana ou monção do Golfo da Guiné;



- Monção do Mar Vermelho: o vento predominante do Mar Vermelho é de NNW, porém de outubro a maio, prevalece na parte sul a monção de SSE, causada pelo desvio, no Golfo de Áden, da monção de NE vinda do Oceano Índico. Na parte norte do Mar Vermelho mantém-se o vento NNW e na parte central forma-se uma zona de calmaria ou de ventos fracos;
- Monção do Brasil: durante o Verão, no Hemisfério sul, forma-se na parte central do Brasil uma zona de baixas pressões que origina, em setembro e março, a monção de NE ao longo da costa, até ao Rio da Prata. Nos restantes meses do ano, prevalece o vento do quadrante sul (fig. 68).



Figura 68 - Monções

Os ventos desempenham um papel muito importante na vida dos seres vivos, pois são eles que levam para longe o ar viciado que nós respiramos e trazem até nós o ar puro, com bastante oxigênio, tão importante para o nosso organismo.

Os ventos podem ser constantes, ou regulares, periódicos, variáveis, ou irregulares, e locais.

Ventos constantes:

Alísio - São ventos que sopram constantemente dos trópicos para o Equador e que por serem muito húmidos, provocam chuvas nesses arredores onde ocorre o encontro desses ventos. Por isso, a zona equatorial é a região das calmarias equatoriais chuvosas.

Contra-alísios - São ventos secos, responsáveis pelas calmarias tropicais secas. Sopram do Equador para os trópicos, em altitudes elevadas.



Ventos Periódicos:

Monções - São os ventos que, durante o verão, sopram do Índico para a Ásia Meridional e durante o inverno, sopram da Ásia Meridional Para o oceano Índico.

As monções são classificadas da seguinte forma:

Monções Marítimas: Sopram do oceano Índico para o continente e provocam fortes chuvas na Ásia Meridional, causando enchentes e inundações.

Monções Continentais: Sopram do continente para o oceano Índico provocando secas no sul da Ásia.

Brisas - São ventos repetitivos que sopram do mar para o continente durante o dia e do continente para o mar durante a noite.

Ventos locais e variáveis

O vento local se desloca numa certa região em determinadas épocas. No Brasil, um bom exemplo de vento local é o noroeste, massa de ar que, saindo do Amazonas, alcança o Estado de São Paulo entre agosto e outubro. No deserto do Saara, ocorre um vento extremamente forte conhecido como simum, que provoca enormes tempestades de areia. Já os ventos variáveis, são massas de ar irregulares que varrem uma determinada área de maneira inesperada.

As diferenças das zonas anticiclônica e ciclônica determinam a velocidade do vento.

A velocidade do vento é medida em metros por segundo, por um aparelho chamado anemômetro. Para indicar a direção e o sentido do vento utiliza-se o anemoscópio.

O tipo de vento mais perigoso é o ciclone, que consiste numa combinação de ventos e nuvens formadas nos oceanos das regiões tropicais.

Ventos Perigosos

Ciclone: é o nome genérico para ventos circulares, como tufão, furacão, tornado e willy-willy. Caracteriza-se por uma tempestade violenta que ocorre em regiões tropicais ou subtropicais, produzida por grandes massas de ar em alta velocidade de rotação. Os ventos superam os 50 km/h (fig. 69).



Figura 69 -Ciclone



Furacão: vento circular forte, com velocidade igual ou superior a 108 km/h. Os furacões são os ciclones que surgem no mar do Caribe (oceano Atlântico) ou nos EUA. Os ventos precisam ter mais de 119 km/h para uma tempestade ser considerada um furacão. Giram no sentido horário (no hemisfério Sul) ou anti-horário (no hemisfério Norte) e medem de 200 km a 400 km de diâmetro. A sua curvatura assemelha-se a uma parabólica (fig. 70).



Figura 70 - Furacão

Tufão: é o nome que se dá aos ciclones formados no sul da Ásia e na parte ocidental do oceano Índico, entre julho e outubro. É o mesmo que furacão, só que na região equatorial do Oceano Pacífico. Os tufões surgem no mar da China e atingem o leste asiático (fig. 71).

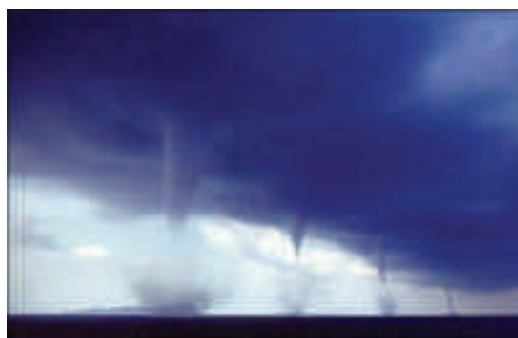


Figura 71 - Tufão

Tornado: é o mais forte dos fenômenos meteorológicos, menor e mais intenso que os demais tipos de ciclone. Com alto poder de destruição, atinge até 490 km/h de velocidade no centro do cone. Produz fortes remoinhos e eleva poeira. Forma-se entre 10 e 30 minutos e tem, no máximo, 10 km de diâmetro. O tornado é menor e em geral mais breve do que o furacão, e ocorre em zonas temperadas do Hemisfério Norte (fig. 72).





Figura 72 - Tornado

Vendaval: vento forte com um grande poder de destruição, que chega a atingir até 150 km/h. Ocorre geralmente de madrugada e a sua duração pode durar até cinco horas (fig. 73).



Figura 73 - Vendaval

Willy-willy: nome que os ciclones recebem na Austrália e demais países do sul da Oceânia (fig. 74).



Figura 74 - Willy-Willy



5.4.3. Movimento do ar nas superfícies frontais

Quando duas massas de ar de características termodinâmicas diferentes se aproximam, elas conservam suas características particulares nas vizinhanças, já que elas tendem a não se misturar, mantendo sua individualidade. Mas entre essas duas massas de ar há uma **camada de transição** com alguns quilômetros de espessura onde elas se misturam. Essa camada é chamada **superfície frontal** (fig. 75).

Quando uma massa de ar se move de encontro à outra, há uma mistura ao longo de toda a superfície frontal. Na maioria das vezes, as massas não perdem suas identidades quando uma é sobreposta à outra. Em qualquer massa que avança, é sempre um ar mais quente e menos denso que é forçado a subir, ao passo que o ar mais fresco e mais denso atua como uma cunha, provocando o levantamento.

As superfícies frontais, também chamadas simplesmente frentes, são zonas de transição entre massas de ar com diferentes características, geralmente quanto a temperatura e humidade relativa

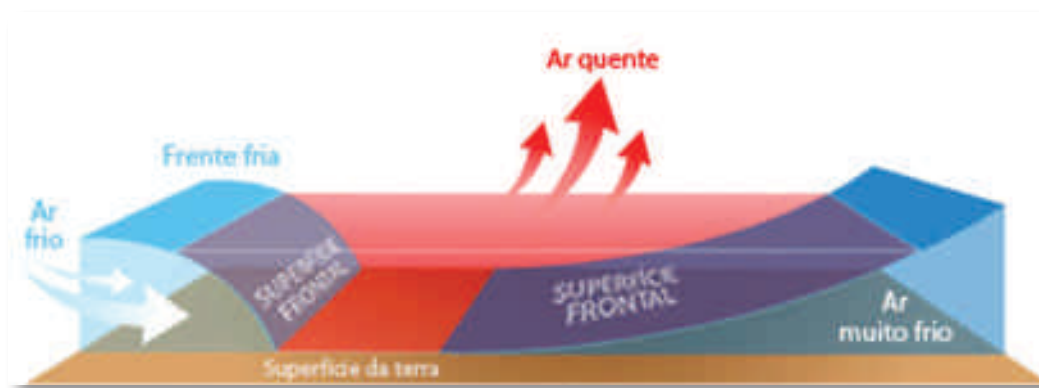


Figura 75 - Superfícies frontais: regiões de transição entre duas ou mais massas de ar diferentes. As setas indicam o deslocamento do sistema, o ar frio empurrando o ar quente

As diferenças de temperatura, como originam diferenças de densidade, levam as massas de ar a tomar diferentes posições, para o que também contribui a direção do seu movimento.

Quando uma massa de ar quente avança contra uma massa de ar frio, tende a sobrepor-se a esta, devido a ser mais leve, e fica a cobri-la numa grande extensão, por vezes mais de 1.500 km (fig. 76).





Figura 76 - Corte de uma frente quente perpendicularmente à superfície frontal

O ar quente, geralmente com maior humidade absoluta, arrefece na zona de contacto com o ar frio. Em consequência deste arrefecimento, a humidade relativa aumenta, até acabar por se atingir a saturação. Por isso, ao longo de toda a superfície frontal, formam-se nuvens, de diverso tipo, conforme a altitude. Na região mais alta e mais avançada da frente aparecem cirros, por vezes ao longo de 1.500 km. A frente do ponto onde a zona de transição encontra a superfície terrestre. A cerca de 500 km deste ponto já podem aparecer estratos e nimbos, e chove. A esta superfície frontal chama-se frente quente.

Uma **frente quente** é uma zona de transição onde uma massa de ar quente e húmido está a substituir uma massa de ar fria. As frentes quentes deslocam-se do equador para os polos. Como o ar quente é menos denso que o ar frio, a massa de ar quente sobe por cima da massa de ar mais frio e geralmente ocorre precipitação. Uma frente quente é representada simbolicamente por uma linha sólida com semicírculos que apontam para o ar frio e na direção do movimento (fig. 77).



Figura 77 - Frente quente

As frentes frias formam-se quando se dá o inverso, isto é, quando o ar frio avança contra o ar quente. Neste caso, também o ar quente tende a sobrepor-se ao ar frio, mas



como o movimento é contrariado pela direção da deslocação da superfície frontal, essa sobreposição é menor e a região da superfície terrestre coberta por ela é menor. As nuvens formadas são cúmulos-nimbos (fig. 78).

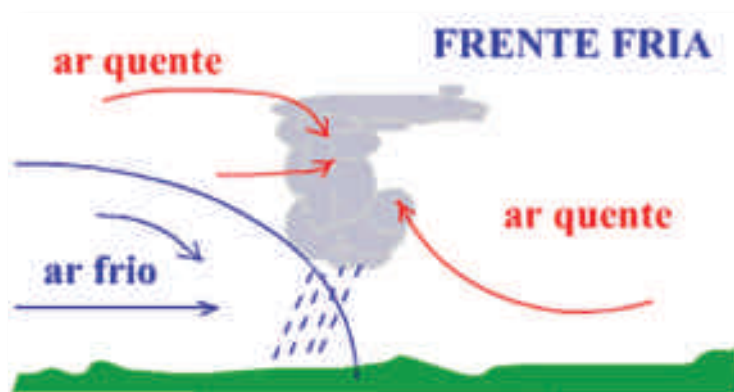


Figura 78 - Frente fria

Uma **frente fria** é uma zona de transição onde uma massa de ar frio (polar, movendo-se para o equador) está a substituir uma massa de ar mais quente e húmido (tropical, movendo-se para o polo). As frentes frias deslocam-se dos polos para o equador. Predominante de Noroeste, no Hemisfério Norte, e de Sudoeste no Hemisfério Sul. Não estão associadas a um processo suave: as frentes frias movem-se rapidamente e forçam o ar quente a subir. Quando uma frente fria passa, a temperatura pode baixar mais de 5 °C só durante a primeira hora. Uma frente fria é representada simbolicamente por uma linha sólida com triângulos que apontam para o ar quente e na direção do movimento. Este tipo de frente ocorre quando uma frente fria se une a uma frente quente, resultando na elevação da massa de ar quente que deixa de tocar no chão. Como é que isto acontece? Bom, já vimos que as frentes frias são mais rápidas do que as quentes. Assim, quando uma massa de ar quente se encontra junto a uma massa de ar frio e, por alguma razão, as duas massas começam a «empurrar-se» mutuamente, formam-se duas frentes que avançam a velocidades diferentes: uma frente quente e uma frente fria. À medida que a frente fria se vai unindo à frente quente, o ar quente vai sendo elevado até deixar de tocar o chão - o processo de oclusão (fig. 79).



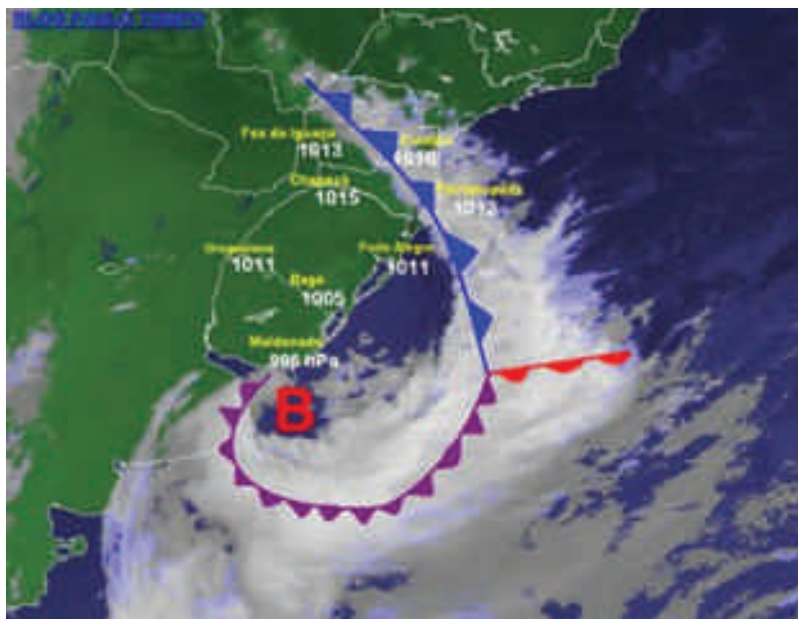


Figura 79 - Frente oclusa

Se quisermos, podemos perceber a frente oclusa de um outro modo. Imaginem uma parede - a fronteira entre as duas massas de ar - que, normalmente por causa de uma baixa pressão, é empurrada igualmente pelas duas massas de ar levando a que a parede seja repuxada em direção ao ponto onde existe uma menor pressão. O resultado é a formação de um canto que une duas paredes - a frente fria e a frente quente. A parede da frente fria avança mais depressa do que a da quente e, no canto, as duas paredes começam a unir-se. Isto leva a que (por exemplo) a baixa pressão que iniciara este processo se acentue e continue a alimentar a frente oclusa. Como o ar frio é mais denso, quando as duas paredes se unem o ar frio empurra a massa de ar quente elevando-a completamente acima do chão - forma-se uma ilha de ar quente em altitude. Quando as duas paredes se unem completamente, o canto que havia sido formado (devido, por exemplo, à baixa pressão) desaparece e volta a haver uma parede entre as massas de ar quente e frio.

As consequências, em termos práticos, são óbvias: por um lado temos todas as nuvens e precipitação associadas a uma frente quente e, pelo outro, as associadas a uma frente fria. Enquanto as duas frentes não se unem, entre as duas o céu fica normalmente limpo numa demonstração de bom tempo. Quando as frentes se unem, deixa de existir o intervalo de bom tempo entre as duas: à chuva contínua da frente quente seguem-se



imediatamente cúmulo-nimbos da frente fria. A ocorrência de trovoadas é especialmente provável num limite entre a frente fria e a quente, antes das duas se unirem, quando acontece um choque entre a existência de pouca e muita humidade no ar.

Resta a questão: quais os motivos que levam a esta frente oclusa? Como apontámos por exemplo, uma frente oclusa pode acontecer devido a uma baixa pressão, causando ventos que “repuxam” parte de uma massa de ar quente que entra no território de uma massa de ar frio - esta secção “repuxada” pelo ciclone forma um canto que une duas paredes, uma que avança contra a massa de ar frio (frente quente) e outra que é elevada pela massa de ar frio (frente fria). Para além da ocorrência de um centro de baixas pressões, podem também acontecer a formação de uma crista ou canal nas linhas barométricas (que marcam as pressões atmosféricas), ou seja, uma ondulação na pressão atmosférica que causa instabilidade. Estas ondulações estão muitas vezes associadas aos ventos de altitude, nomeadamente às ondas de *Rossby*, assim como às frentes polares.

Assim, as frentes quentes originam chuvas abundantes e prolongadas nas regiões que atravessam enquanto as frentes frias causam chuvas mais passageiras embora, por vezes, acompanhadas de trovoadas (fig. 80).



Figura 80 - Corte de uma superfície fria perpendicularmente à superfície frontal

O ar quente, ao subir, devido a diversos fatores, como a rotação terrestre, gira no sentido contrário ao dos ponteiros de um relógio (no hemisfério norte), e também dá origem a condensação, devido ao arrefecimento.



Depressões

Por estas razões, o movimento do ar em altitude e junto ao solo, tem o aspeto esquematizado na figura seguinte.

Uma depressão é uma região muito extensa da atmosfera (com algumas centenas de Km. de diâmetro) em cujo centro a pressão atmosférica é inferior à da periferia. As isóbaras dispõem-se em curvas fechadas, concêntricas, diminuindo o seu valor para o centro.

As depressões também se chamam ciclones, mas este nome é reservado, geralmente, para depressões tropicais muito intensas.

As depressões podem ser de dois tipos.

As chamadas depressões térmicas são originadas (principalmente nas regiões muito quentes) pelo excessivo aquecimento duma certa zona da superfície terrestre. O ar quente, mais leve sobe e, ao atingir grandes altitudes, arrefece devido à expansão e, tomando-se mais denso, desce, por fora da zona ascendente. Trata-se de um fenómeno de convecção, como se passa no líquido contido (fig. 81).

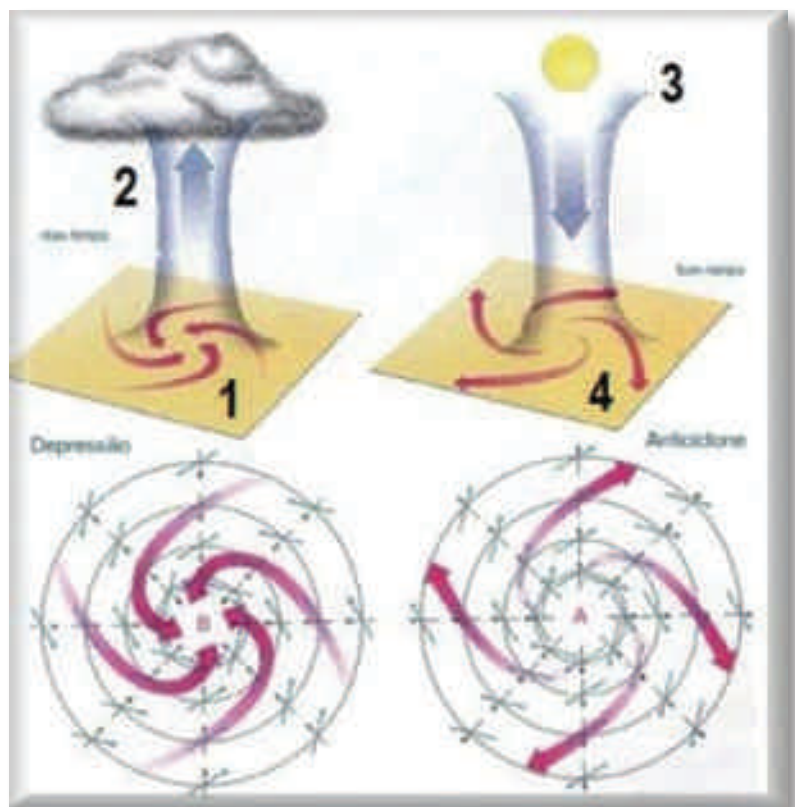


Figura 81 - Depressão e anticiclone: **DEPRESSÃO:** 1 - Ar na superfície: convergente (aproxima-se) no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio; 2 - Ar em altitude: ascendente (sobe); arrefece; formam-se nuvens; chove.

ANTICICLONE: 3 - Ar em altitude: descendente (desce); aquece; não se formam nuvens; 4 - Ar na superfície: divergente (afasta-se) no sentido dos ponteiros do relógio.



5.5. Caracterização Climática Nacional e Regional

A ilha de TIMOR é a maior das pequenas ilhas de Sonda e situa-se entre a Indonésia e a Austrália. Alonga-se no sentido SO-SE, entre os 8°17' e os 10° 22' de latitude Sul e 123° 25' e 127° 19' de longitude Leste de Greenwich.

Mede cerca de 470 Km de comprimento e 100 Km de largura máxima, sendo a área total de 32300 Km² cerca de 15.000 pertencem a Timor Leste. É banhada a Sul pelo MAR DE TIMOR, que a separa da Austrália, a Noroeste pelo Mar de Savu, que a separa das ilhas de Sumba, Flores e Solor, e a Norte pelo Mar de Wetar, separando-a da ilha com o mesmo nome (Wetar) (fig. 83).

TIMOR LESTE, é portanto, a parte ORIENTAL da ILHA DE TIMOR, o território de OÉCUSSI AMBENO, situado na costa norte da parte ocidental, a ILHA DE ATAÚRO, a 23 Km ao Norte de DÍLI (capital de TIMOR LESTE) e o Ilhéu JACO, na ponta leste da ilha.

A cidade de DÍLI dista cerca de 430 Km de Darwin, 2400 Km de Singapura, 3200 Km de Macau e 11500 Km de Maputo.



Figura 82 - Mapa Geográfico de Timor - Leste



A parte principal da província mede 17900 Km quadrados, o território de OÉCUSSI 850, a ilha de ATÚRO 144 e o ilhéu JACO 5, totalizando 18899 Km quadrados de superfície. O máximo comprimento médio em território Timorense é de 270 Km, e a máxima largura de 75 Km. As fronteiras terrestres têm 202 Km e o desenvolvimento da costa tem 638 Km.

5.5.1. Clima de Timor Leste

Clima

Com uma temperatura média anual superior a 21 °C, TIMOR, pode incluir-se nas zonas de climas quentes do tipo intertropical, com monções.

No entanto, o clima varia de região para região, devido à influência preponderante das diferentes altitudes.

No litoral é quente e húmido, não se registando temperaturas muito altas e oscilando as médias dos mínimos e dos máximos entre os 19 e os 31 °C.

Na zona central, o clima é frio, com temperaturas agrestes nas altas montanhas, como por exemplo em MAUBISSE E HALO- BUILICO, onde se registam temperaturas mínimas na ordem dos 4 °C. Nesta zona as médias dos mínimos e dos máximos são de 17 e 29 °C. As temperaturas médias mensais mais elevadas verificam-se nos meses de novembro a janeiro, e as mais baixas nos meses de julho e agosto.

A humidade relativa é elevada durante todo o ano e oscila entre os 70% e 90%.

Precipitação

Os fatores particulares inerentes à ilha de TIMOR fazem com que a uniformidade normal da pluviosidade da região onde se situa seja alterada.

A norte da cordilheira central, há só uma época de chuvas, que vai de outubro a maio.

A sul desta cordilheira há duas épocas de chuvas: uma de dezembro a fins de março e outra de maio até fins de julho ou meados de agosto.

A precipitação anual apresenta valores muito díspares, oscilando entre os 500 e os 3000 mm anuais, sendo de 500 a 1000 mm no litoral NORTE, entre 1000 a 2000 mm principalmente no litoral SUL e superior a 2000 mm nas zonas altas na região central e na vertente meridional da ilha.



Há trovoadas em todos os meses do ano nas regiões do litoral. Mas nas regiões do interior não há trovoadas entre junho e setembro nos locais mais próximos da costa norte, nem em agosto nos locais mais próximos da costa sul. A maior frequência de trovoadas corresponde aos meses de novembro a fevereiro, com predominância em dezembro.

Vento

TIMOR está situada numa região sujeita à influência das monções asiáticas e australiana. De dezembro a fevereiro a monção asiática sopra de noroeste para sueste; de abril a outubro, sopra a monção australiana, de sueste para noroeste.

É eventualmente atingido por tufões, que ocorrem, em regra, entre dezembro e abril e predominantemente, no trimestre de janeiro a março, atingindo o vento rajadas de 150 Km/h, e o rumo depende da posição do centro do tufão em relação a TIMOR, a chuva é muito forte nestas ocasiões.

Em suma, a monção é o próprio vento alísio que ocorre na ascensão orográfica vinculada à presença de uma cordilheira montanhosa, o que obriga aos ventos alísios a subirem as montanhas.

5.5.2. Caracterização do Clima da Região³

Podem considerar-se três zonas climáticas: a situada mais a norte é a menos chuvosa (menos de 1500 mm anuais) e a mais acidentada, com uma estação seca que dura cerca de cinco meses. A montanhosa zona central regista precipitação elevada e um período seco de quatro meses. Por fim, a zona menos acidentada do Sul, com planícies de grande extensão expostas aos ventos australianos, é bastante mais chuvosa do que o norte da ilha e tem um período seco de apenas três meses.

A temperatura média mensal em Timor Leste varia, consoante o local observado, entre 19 °C e 30° C, tomando os dois extremos térmicos observados. Contudo, localmente, as amplitudes térmicas são de apenas 2 °C a 4 °C anuais, característica comum dos climas tropicais. Ainda que as diferenças climáticas globais em Timor sejam pequenas, nomeadamente no que diz respeito às variações térmicas regionais, a precipitação

³ <http://www2.ilch.uminho.pt/portaldealunos/LLE/MajorP/1ano/TCH/P1/Brigida/textos/clima.html>



apresenta variações consideráveis no território, permitindo diferenciar diversas zonas do país e classificá-las com base neste parâmetro.

Consideram-se secos todos os meses com precipitações inferiores a 60 mm e meses húmidos os que apresentam valores superiores a 100 mm, correspondendo os valores intermédios aos meses de transição. Utilizando a classificação de Schmidt e Ferguson, que tem por base a relação entre o número de meses secos e meses húmidos num determinado local (valor de O), existem oito tipos de climas, classificados com letras de A a H. Esta classificação é particularmente útil na análise de territórios com climas isotérmicos, como é o caso de Timor Leste, uma vez que se fundamenta apenas nos valores da precipitação num determinado local, que é o parâmetro climático mais heterogéneo em regiões tropicais.

Em Timor Leste apenas se observam os tipos de clima de C a O, o que é um sinal evidente da relativa homogeneidade climática do território. De uma forma global, toda a zona sul do território apresenta climas húmidos dos tipos C e D. O clima do tipo E, que já pode ser considerado seco pois nele o número de meses secos é superior ou idêntico ao número de meses húmidos, caracteriza a maioria do território norte do país, o enclave de Oecússi e a ilha de Ataúro. Os climas dos tipos F e G (mais secos) apenas podem ser encontrados em pequenas áreas próximas da linha de costa norte, mas correspondem a climas locais sem expressão suficiente para constituírem uma característica marcante do clima de Timor Leste (fig. 83).

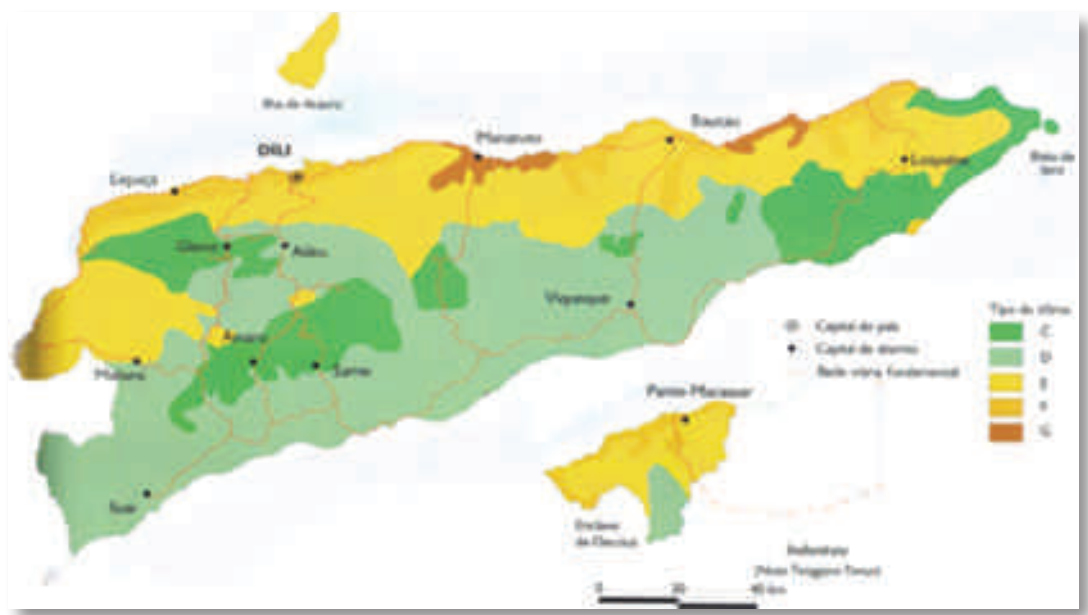


Figura 83 - Distribuição dos tipos de clima em Timor Leste



É assim possível estabelecer uma distinção entre duas realidades climáticas relativamente distintas, delimitadas grosseiramente pela crista montanhosa existente no centro do território: a zona norte, mais seca, onde os meses secos são em maior número que os meses húmidos; e a zona sul, mais húmida, onde os meses húmidos são em maior número que os meses secos.

O clima do tipo C é o mais húmido de Timor Leste, classificando os locais onde se registam os valores mais elevados de precipitação média mensal, que podem ultrapassar 400mm entre Dezembro e Fevereiro. Entre Junho e Setembro a precipitação é inferior a 60 mm, verificando-se quatro meses secos. As temperaturas médias mensais oscilam muito pouco ao longo do ano, variando entre os 19 °C e os 21 °C (fig. 84).

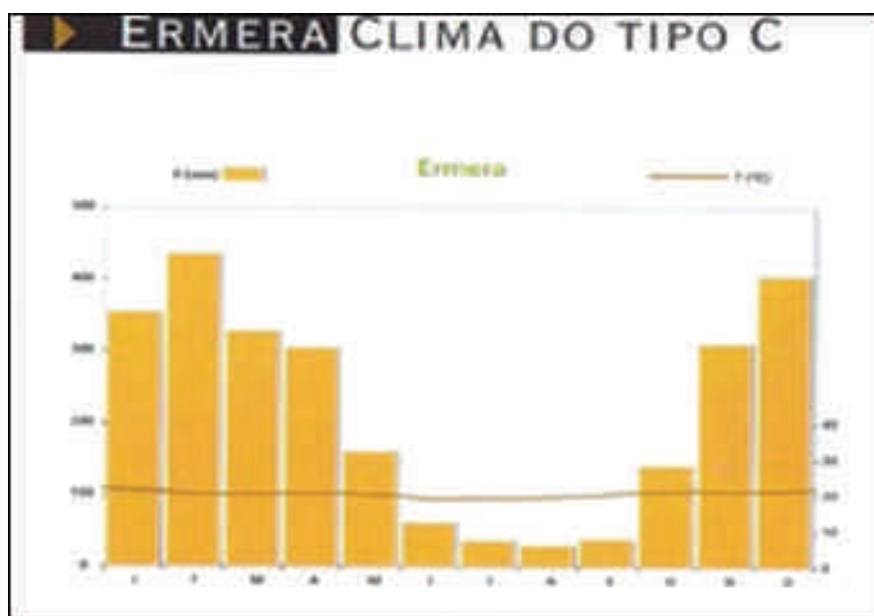


Figura 84 - Clima tipo C - Ermera

O clima do tipo E já é considerado um clima seco, com valores de precipitação média mensal inferiores a 200 mm durante quase todo o ano. Apenas se identificam 5 meses húmidos, com valores de precipitação média mensal superior a 100 mm. As temperaturas oscilam entre os 23 °C e os 26 °C, demonstrando, uma vez mais, uma baixa amplitude térmica anual (fig. 85).



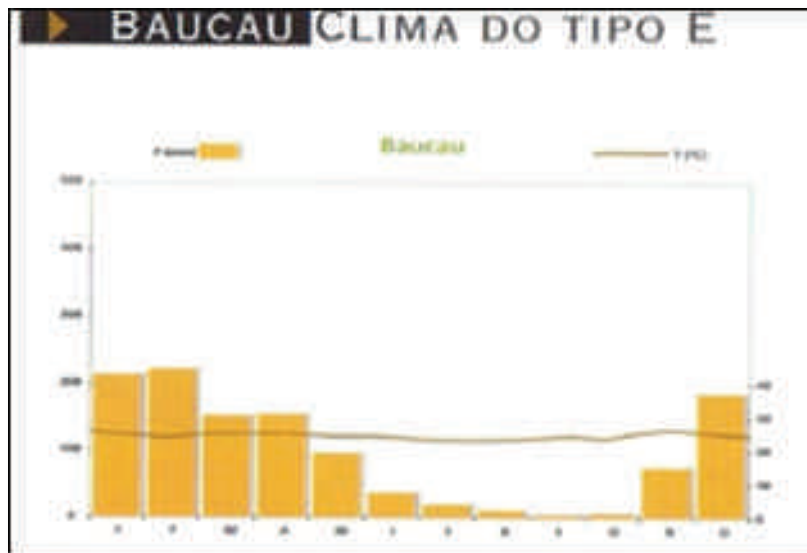


Figura 85 - Clima tipo E - Baucau

Considerado já um clima seco, o tipo de clima F caracteriza-se por valores máximos mensais de precipitação que não ultrapassam 150 mm. Na sua maioria, a precipitação é inferior a 100 mm, o que traduz um baixo teor de humidade e um elevado número de meses secos (oito). As temperaturas médias mensais são elevadas ao longo de todo o ano, variando entre 27 °C em julho e 30 °C em novembro (fig. 86).

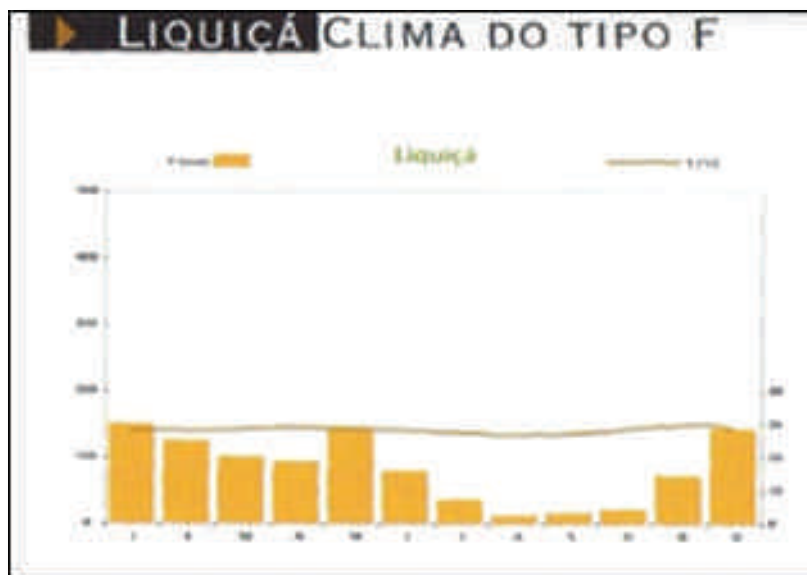


Figura 86 - Clima tipo F - Liquiçá

O clima do tipo D é considerado um clima húmido, no entanto, os valores médios mensais nunca ultrapassam 260 mm, verificando-se a maior ocorrência de precipitação



entre dezembro e março. Identificam-se cinco meses secos, entre junho e novembro, em que os valores de precipitação são inferiores a 100 mm. Os valores de temperatura apresentam uma amplitude baixa, variando entre 22 °C em julho e agosto e 26 °C em março (fig. 87).

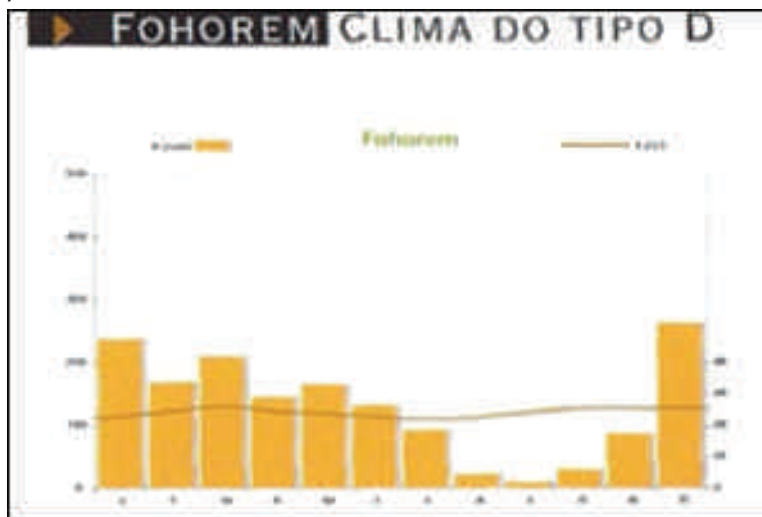


Figura 87 - Clima tipo D - Fohorem

O tipo de clima G é o clima mais seco de Timor Leste, registando-se em poucos locais da costa norte. Praticamente todos os meses registam valores de precipitação inferiores 100 mm e mais de metade inferiores a 60 mm. Os 10 meses secos identificáveis são considerados um número bastante elevado. As temperaturas médias são igualmente elevadas, variando muito pouco ao longo do ano, entre os 27 °C e os 28 °C (fig. 88).

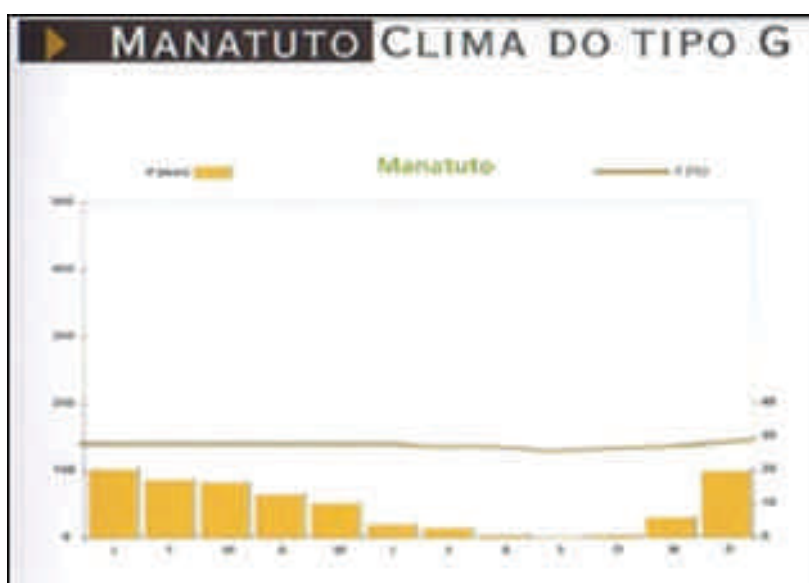


Figura 88 - Clima tipo G - Manatuto



5.5.3. Caracterização Agroclimática de Timor Leste

Segundo um estudo do ARPAPET (1996) citado por Benevides (2003) e Fox (2003) Timor Leste foi dividido em 6 zonas agroclimáticas baseadas na combinação da altitude com a precipitação (fig. 89):

1. Zona A: Zona baixa da costa norte - costa e vales abaixo de 100m de altitude com precipitação média anual inferior a 1.000mm, com quatro a cinco meses de chuva entre novembro e março;
2. Zona B: Zona baixa montanhosa - na costa norte entre os 100 e os 500m de altitude, com precipitação média anual entre 1.000 e 1.500mm, com cinco a seis meses de chuva entre outubro e março;
3. Zona C: Zonas montanhosas - costa norte e montanhas acima dos 500 m de altitude com precipitação média anual superior a 1.500 mm, de seis a sete meses com chuva entre outubro e abril;
4. Zona D: Zona montanhosa sul - costa sul e montanhas acima dos 500m de altitude com precipitação média anual superior a 2.000 mm, nove meses de chuva entre novembro e abril e também de maio a julho;
5. Zona E: Zona de baixa montanha sul - costa sul entre os 100 e os 500m de altitude com precipitação média anual entre os 1.500 e os 2.000 mm, de oito meses com chuva entre novembro e abril e ainda de maio a julho;
6. Zona F: Zona baixa da costa sul - costa sul e vales planos abaixo dos 100m de altitude com precipitação média anual de 1.500 mm, de sete a oito meses chuvosos entre novembro e março e de maio a julho.



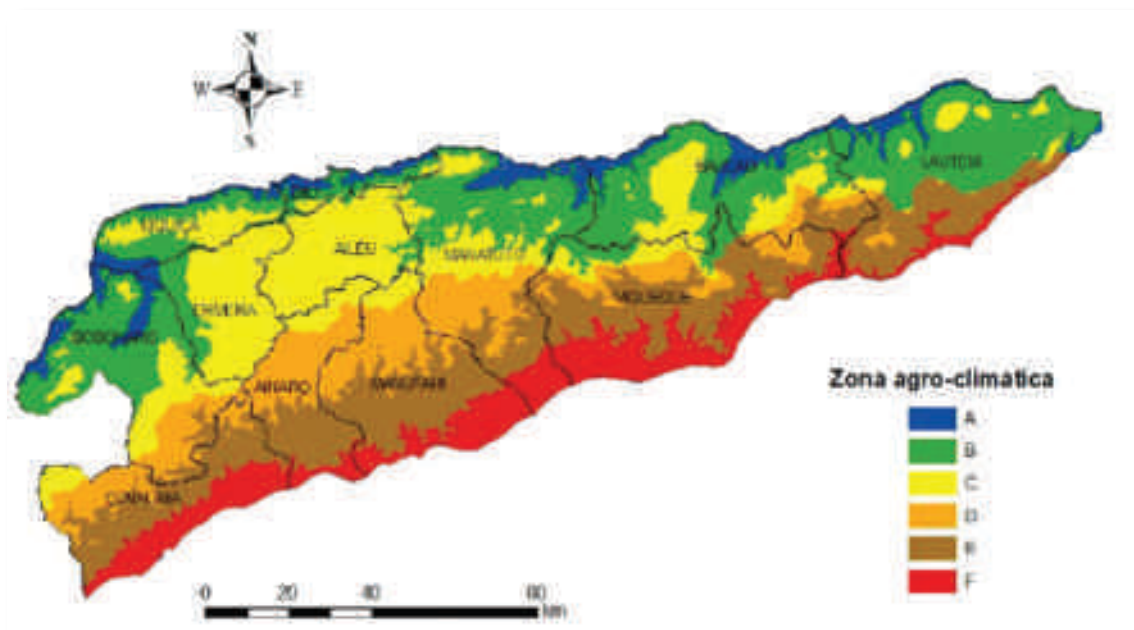


Figura 89 - Classificação agroclimática, de acordo com relatório ARPAPET

(Fonte: Lindsay, 1996 e Piggitt, 2002)

Segundo Benevides (2003), os padrões típicos de cultivo envolvendo as diversas culturas alimentares são as seguintes:

1. Zona A: Arroz irrigado depende de água do rio e milho:
 - a. Arroz irrigado;
 - b. Arroz irrigado por fontes subterrâneas, agricultura em terra seca (milho) em seguida pousio;
 - c. Milho seguido de mandioca, feijão, ervilha, batata-doce, abóbora ou de milho e amendoim depois de pousio;
 - d. Milho amendoim seguido pelo milho e abóbora.

2. Zona B:
 - a. Arroz em áreas irrigadas, por exemplo, Baucau. Milho seguido pela mandioca, batata-doce ou abóbora;
 - b. Consociação milho, mandioca, feijão de comprimento, amendoim, batata-doce e abóbora;
 - c. Amendoim, em seguida pousio.



3. Zona C:

- a. Arroz ou arroz depois pousio dependendo da fonte de água;
- b. Milho, em seguida e pousio;
- c. Consociação milho e mandioca ou batata-doce;
- d. Consociação milho 3 mandioca, batata-doce, inhame, feijão, abóbora;
- e. Feijão vermelho e feijão branco depois de pousio;
- f. Amendoim em seguida pousio.

4. Zona D:

- a. Milho, em seguida pousio;
- b. Feijão vermelho e feijão branco depois de pousio;
- c. Milho seguido de feijão vermelho e feijão branco;
- d. Feijão vermelho e feijão branco, seguido por outra cultura de feijão, de milho e mandioca ou de milho e batata-doce e batata.

5. Zona E:

- a. Milho, em seguida pousio;
- b. Feijão vermelho e feijão branco e em seguida pousio;
- c. Milho seguido de feijão vermelho e feijão branco;
- d. Milho ou feijão, seguido pelo arroz de terras altas;
- e. Milho e mandioca ou de milho e batata-doce.

6. Zona F

- a. Arroz irrigado, em seguida pousio;
- b. Arroz irrigado seguido de arroz seco;
- c. Milho em seguida feijão mungo;
- d. Arroz de sequeiro, em seguida pousio;
- e. Consociação de milho, mandioca, batata-doce, inhame, feijão-frade e feijão mungo.



Exercícios

ATIVIDADES PRÁTICAS / LABORATORIAIS

São propostas atividades práticas / laboratoriais para facilitar a compreensão de alguns conceitos deste capítulo. É importante que todos na escola se envolvam, uma vez que a saída ao campo sempre permite uma troca de experiências e oportunidade de trabalhar vários conteúdos de uma forma diferente.

Atividade prática nº 1 - Horizontes do solo

Procurar um perfil de solo e distinguir os horizontes. O perfil pode ser visto através de um corte vertical e profundo do solo, geralmente nas bermas de estradas ou barrancos. Se não encontrar, pode ser feito um buraco amplo de 1,50 m de profundidade, aproximadamente.

Objetivo - Identificar os horizontes do solo

Material:

- Pá
- Fita métrica
- Sacos de plástico
- Etiquetas
- Caderno de registo

Modo de proceder:

1. Identifique quantas camadas podem ser distinguidas (de cima para baixo).
2. Identifique e descreva a composição de cada uma.
3. Observe e registre a cor e a espessura de cada camada
4. Recolha amostras de cada horizonte
5. Identifique cada amostra com etiquetas, para mais tarde serem analisadas nas aulas.



Atividade prática nº 2 - Observação do solo

Um solo caracteriza-se por apresentar determinadas propriedades quanto à sua composição, cor, textura, presença de microrganismos, entre outras.

Objetivo - Observar propriedades do solo

Material:

- Amostras de diferentes solos
- Vidro de relógio
- Lupa de mão ou lupa binocular
- Pinças
- Material de limpeza

Modo de proceder:

1. Colocar um pouco das amostras recolhidas na atividade anterior* num vidro de relógio (ou pires ou prato de papel em alternativa).
2. Observe o solo (poderá utilizar uma lupa de mão ou binocular para o auxiliar na sua observação)
3. Observe e registe as semelhanças e diferenças entre as amostras de solo quanto a:
 - a. Cor;
 - b. Textura;
 - c. Consistência;
 - d. Presença de organismos

* **Nota:** Caso não se tenha realizado a atividade nº 1 pode recolher amostras em diferentes locais, como por exemplo, na escola, num terreno baldio, num terreno agrícola, numa horta, etc.)



Atividade Laboratorial nº 3 - Separação dos constituintes sólidos de um solo por sedimentação na água

Uma das características do solo é dada pelos seus constituintes, e pela sua granulometria.

Objetivo: Separação dos constituintes químicos de um solo

Material:

- Amostras de diferentes solos (20 cm³)
- 100 cm³ de água por amostra
- Provetas graduadas de 20 ml
- Espátulas
- Material de limpeza

Modo de Proceder

- A 100 cm³ de água contida numa proveta, adicione uma amostra de solo.
- Agite cuidadosamente, e, em seguida, deixe repousar.
- Repita os passos anteriores com as outras amostras de solo.
- Relacione as diferentes camadas com a densidade e ordem de grandeza dos seus constituintes.
- Meça a espessura das várias camadas.
- Elabore uma análise dos resultados (consulte o manual do aluno - Ponto 3.)



Atividade laboratorial nº 4 - teor de água numa amostra de solo

À água avaliada experimentalmente dá-se a designação de água capilar, pois esta é sujeita a fenómenos de capilaridade, constituindo películas contínuas em torno das partículas do solo e é esta água que é absorvida pelas plantas. No entanto, no solo encontra-se ainda a água de constituição, integrante da estrutura química da fração sólida do solo, a água higroscópica, absorvida à superfície dos colóides e, por fim, a água gravitacional, que se desloca sob a ação da gravidade e não é absorvida pelo solo.

Objetivo - Teor de água num solo

Material:

- Amostras diferentes de solos (20 cm³)
- Placas de Petri
- Estufa
- Balança
- Material de limpeza

Procedimento:

1. Pese uma placa de Petri (ou outro recipiente)
2. Coloque na placa de Petri cerca de 20g de solo.
3. Registe o valor.
4. Repita os pontos o procedimento para as outras amostras de solo
5. Coloque as amostras na estufa a 100 °C, até à aula seguinte.

Na aula seguinte:

6. Retire as amostras de solo da estufa e deixe arrefecer.
7. Pese cada uma das amostras e registe os resultados
8. Repita os procedimentos 5, 6 e 7 até obter duas pesagens iguais.
9. Determine o teor de água do solo utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ de água no solo} = \frac{\text{Peso solo} - \text{peso solo seco}}{\text{Peso do solo}} \times 100$$

10. Relacione os diferentes valores obtidos com outras características do solo.



Atividade laboratorial nº 5 - Teor de Matéria Orgânica no Solo

A matéria orgânica que sofreu intensa decomposição através de processos químicos - biológicos e atingiu um certo grau de estabilidade é designada por húmus, uma camada de cor escura e heterogênea com propriedades coloidais.

O teor em matéria orgânica de um solo pode determinar-se através do processo de calcinação que consiste em queimar o solo seco a altas temperaturas.

Objetivo - Determinar o teor de matéria orgânica no solo

Material:

- Amostras de solo secas
- Balança (de precisão)
- Mufla (ou forno)
- Cadinhos
- Espátulas
- Material de limpeza

Modo de proceder

1. Colocar em cadinhos 20 gramas de solo seco (deve-se utilizar o solo da experiência nº 4) e identificar.
2. Proceder de igual modo para as diferentes amostras.
3. Colocar os cadinhos numa mufla (ou forno) a 500 °C durante 8 horas.
4. Retirar da mufla, deixar a arrefecer e pesar.
5. Determine o teor de matéria orgânica do solo utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ de matéria orgânica no solo} = \frac{\text{Peso seco} - \text{peso solo calcinado}}{\text{Peso do solo}} \times 100$$

6. Registe os valores obtidos.
7. Relacione os diferentes valores obtidos com outras características do solo.



Atividade laboratorial nº 6 - Determinação do volume de ar do solo

O ar do solo ocupa os espaços não preenchidos pela água e é constituído por azoto, oxigénio e vapores de água, podendo encontrar-se ainda outros gases em quantidades vestigiais, provenientes do metabolismo microbiano.

O ar apresenta um papel importantíssimo para a manutenção da vitalidade dos solos, que influi sobre a intensidade das reações químicas e biológicas que se processam nos mesmos, sendo também indispensável na respiração das raízes das plantas.

Objetivo - Determinar o volume de ar no solo

Material:

- Amostras de solo
- água
- gobelé de 50 cm³
- Vareta
- Proveta graduada de 100 ml
- Espátulas
- Material de limpeza

Modo de proceder

1. Coloque 50 cm³ de uma amostra de solo numa proveta de 100 ml
2. Verta com cuidado, 50 ml de água para a proveta, evitando que as partículas entrem em suspensão e aguarde até que a água atinja a base da proveta. Para facilitar a deslocação da água remexa o solo com uma vareta.
3. Verifique o volume final lido na proveta quando deixar de observar a libertação de bolhas de ar.
4. Repita os procedimentos anteriores para as outras amostras de solo.
5. Registe os valores obtidos
6. Determine o teor de ar do solo utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ de ar no solo} = \frac{(V \text{ solo} + V \text{ de água}) - V_{\text{final}}}{V \text{ de solo}} \times 100$$

7. Relacione os diferentes valores obtidos com outras características do solo.



Atividade laboratorial nº 7 - Determinação da permeabilidade e da capacidade de retenção de água do solo

A permeabilidade é a medida da capacidade de circulação de um fluido através de uma rocha, sem alterar a sua estrutura interna. Todas as rochas permeáveis podem ser porosas mas nem todas as rochas porosas são permeáveis, em virtude de os poros não comunicarem entre si ou de serem de tamanho tão pequeno que não permitam a passagem do fluido.

Objetivo - Determinar a permeabilidade e a capacidade de retenção de água do solo

Material:

- Amostras de solo (50 cm³)
- Garrafa de água de 1,5 l vazia
- Garrafa de água pequena
- Papel de filtro
- Relógio
- Proveta graduada
- Material de limpeza

Modo de proceder

1. Para executar esta experiência proceda de acordo com as figuras





2. Meça o tempo que demorou a água a desaparecer da superfície do solo.
3. Meça o volume de água recolhida numa proveta graduada.
4. Registe os resultados.

Resultados



5. Repita a experiência para as diferentes amostras de solo.
6. Calcule a velocidade de filtração da água nos diferentes solos, através da fórmula:

$$\text{Permeabilidade do solo} = \frac{\text{Volume inicial de água}}{\text{Tempo inicial} - \text{Tempo final}}$$

7. Calcule a capacidade de retenção de água nos diferentes solos, através da fórmula:
8. Compare os valores obtidos para as diferentes amostras de solo.

$$\text{Capacidade de retenção do solo} = \text{Volume inicial} - \text{Volume final (de água)}$$



Atividade laboratorial nº 8 - Determinação do pH dos solos

Esta experiência foi adaptada de NEICIM. Núcleo de Ensino Integrado de Ciências e Matemática. Química Experimental com material (equipamentos e reagentes alternativos de baixo custo e fácil aquisição).

ATENÇÃO: Nesta experiência existem procedimentos potencialmente perigosos, como o uso do fogo e utilização de alguns materiais que se ingeridos acidentalmente podem causar danos ao organismo como a água sanitária e o produto de limpeza com amoníaco.

Objetivos:

- Determinar o pH do solo em diferentes amostras;
- Observar pH ácido, básico e neutro;
- Discutir a importância do conhecimento do pH do solo para as práticas agrossilvipastoris, bem como a sua correção.

Material

- A. Para a preparação do indicador de repolho roxo:
- Folhas de repolho roxo;
 - Faca de cozinha;
 - Água de torneira;
 - Fonte de calor (fogão, fogareiro, ou bico de bunsen). Deve-se tomar cuidado para evitar algum acidente com os alunos;
 - Panela;
 - Peneira pequena;
 - Garrafa plástica (água mineral) vazia.
- B. Para a preparação da escala e determinação do pH do solo:
- Vinagre de álcool incolor;
 - Fermento em pó químico;
 - Sabão em pó;
 - Água sanitária;
 - Produto de limpeza (tipo Veja ou Ajax) que contenha amoníaco;



- Leite;
- Água com sabonete;
- Água de torneira;
- Copinhos descartáveis de 200 ml ou copos de vidro;
- Seringa de 20 ml sem a agulha (encontra-se em qualquer farmácia). Usar somente seringas novas para evitar qualquer tipo de contaminação. Nesta experiência não se recomenda utilizar pipetas para evitar que algum aluno possa ingerir acidentalmente algum produto;
- Seringa de 5 ml sem a agulha:
- Um copo de Becker de 100 ml; (se não tiver o copo de Becker: pode-se utilizar a seringa de 20 ml, e colocar 100 ml de água - 5 vezes com a seringa, colocar num copo limpo e fazer uma marca com uma caneta, à prova de água, obtendo assim, um copo com uma medida de 100 ml),
- Colher de chá;
- Colher de sopa;
- Funil;
- Filtro de café (pequeno).
- Amostra de solo com muita matéria orgânica (escuro);
- Amostra de solo adubado ou com calcário;
- Amostra de solo qualquer (do quintal, de parques ou praças ou da escola);
- Panela pequena e velha;
- Fonte de calor (fogão, fogareiro, ou bico de bunsen). Deve-se tomar cuidado para evitar algum acidente com os alunos.

Procedimento:

A. Preparação do indicador de repolho roxo

1. Pegar duas ou três folhas de repolho roxo e cortar com a faca de cozinha (as mais externas);
2. Colocar essas folhas numa panela, cobrir com água e levar ao fogão;



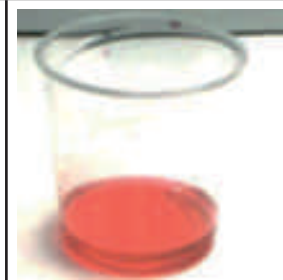


3. Deixar ferver por alguns minutos (2 ou 3) e desligar;
4. Deixar arrefecer completamente;
5. Retirar as folhas cozidas manualmente e com o auxílio da peneira;
6. Guardar o líquido do repolho cozido na garrafa plástica;
7. Conservar no frigorífico.

B. Preparação da escala de pH





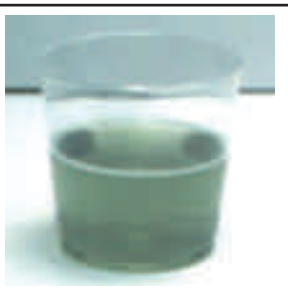
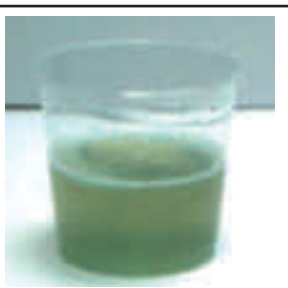
(Observações: sempre que utilizar a seringa de 20 ml, lave-a bem para evitar contaminações e alterações no resultado)

1. Medir 20 ml de vinagre com o auxílio da seringa de 20 ml e colocar num copo; Recolher 5 ml do indicador de repolho roxo com o auxílio da seringa de 5 ml e misturar com o vinagre. Observar e anotar a cor formada;



2. Medir 100 ml de água com o copo medida e colocar num outro copo. Misturar com 10 ml de vinagre recolhido com a seringa de 20 ml (lavada e limpa). Recolher 5 ml do indicador com o auxílio da seringa de 5 ml e misturar com a solução diluída. Observar e anotar a cor formada;



<p>3. Medir 100 ml de água com o copo medida e colocar num outro copo. Misturar com 5 ml de indicador recolhido com o auxílio da seringa de 5 ml. Observar e anotar a cor formada;</p>	
<p>4. Medir 100 ml de água com o copo medida e colocar nouro copo. Misturar com 10 ml de leite medido com a seringa (sempre lavada e limpa) de 20 ml. Recolher 5 ml de indicador com o auxílio da seringa de 5 ml e colocar na solução. Observar e anotar a cor formada;</p>	
<p>5. Medir 100 ml de água com o copo medida e colocar nouro copo. Pegar uma colher de chá de fermento em pó e misturar com a água. Recolher 5 ml de indicador com o auxílio da seringa de 5 ml e colocar na solução. Observar e anotar a cor formada;</p>	
<p>6. Medir 100 ml de água de sabonete e colocar 5 ml do indicador recolhido com o auxílio da seringa de 5 ml. Observar e anotar a cor formada;</p>	
<p>7. Medir 100 ml de água e misturar com 10 ml de produto de limpeza medido com o auxílio da seringa de 20 ml (sempre limpo e lavado). Colocar 5 ml do indicador recolhido com o auxílio da seringa de 5 ml. Observar e anotar a cor formada;</p>	
<p>8. Medir 100 ml de água e misturar com uma colher de chá de sabão em pó. Colocar 5 ml de indicador recolhido com o auxílio da seringa de 5 ml. Observar e anotar a cor formada.</p>	



9. Medir 100 ml de água e misturar com 10 ml de água sanitária recolhida com o auxílio da seringa de 20 ml (sempre limpo e lavado) Colocar 5 ml do indicador recolhido com o auxílio da seringa de 5 ml. Observar e anotar a cor formada.



10. Sugerir aos alunos que preencham o quadro abaixo com as cores obtidas de cada solução e concluírem se a solução é ácida ou básica.

Solução	Cor Observada	Conclusão
Vinagre puro		
Vinagre diluído		
Água		
Leite		
Fermento em pó		
Água com sabonete		
Produto de limpeza		
Sabão em pó		
Água sanitária		

C. Determinação do pH do solo

1. Coloque a mostra de solo num recipiente e misture com duas medidas de água destilada.
2. Misture até homogeneizar e deixe repousar durante duas ou três horas
3. Quando tiver passado um tempo e notar que a solução decantou, passe o líquido para outro recipiente.
4. Acrescente o caldo de repolho e misture delicadamente.
5. Se a mistura ficar vermelha, o solo é ácido. Se ficar verde, ele é alcalino.



Importante

- Esta técnica caseira não indica o valor exato do pH, mas é uma boa aproximação.
- Para determinar o pH exato, repita a técnica do passo 3 ao 6 e, depois, coloque um pouco de papel indicador de pH, e compare a cor obtida com a escala.



Atividade laboratorial nº 9 - Erosão do solo

A erosão é um processo semelhante ao que leva à formação dos solos, mas, quando muito acelerado, principalmente no aspecto de transporte dos detritos das rochas, produz resultados opostos.

A erosão, no sentido agrícola, é a destruição do solo, sob a ação de agentes meteorológicos, particularmente a chuva e o vento. Uma e outra arrastam-no, transportando-o para outros lugares.

Objetivo - Observar o efeito da “chuva” na erosão do solo

Material:

- Amostra de solo
- Duas caixas de papelão

Procedimento

1. Usar duas caixas grandes, porém rasas, de madeira ou papelão duro.
2. Fazer um corte em V no centro de um dos lados de cada caixa.
3. Colocar um pouco de solo em cada uma, e cobrir com palha apenas uma delas.
4. Deixar as caixas um pouco inclinadas, usando um suporte por baixo das caixas
5. Verter água lentamente em um dos lados.
6. Observar em qual das caixas a água flui mais rapidamente.

Nota: Para evitar que a água escorra por baixo, forre as caixas com um saco de plástico e coloque um prato debaixo de cada corte. Se for possível repita a atividade usando um ventilador para observar o efeito do vento.



Atividade prática nº 10 - Seres vivos no solo

Para se poder fazer o estudo da constituição do solo é preciso examinar-se uma vala ou um corte recente de terreno, feito aquando da construção de uma estrada ou das fundações de um grande edifício. Nestas valas e cortes podem observar-se os diferentes horizontes, acima descritos, e recolher, em sacos de plástico devidamente identificados, o material relativo a cada horizonte, para posteriormente ser estudado no laboratório. Se não for viável estudar a constituição do solo na sua totalidade, é pelo menos possível, investigar a composição da manta morta e do horizonte A fazendo a recolha dos materiais num bosque ou numa floresta dos arredores da escola ou, em último caso, no jardim da própria escola, escolhendo, preferencialmente, um local onde haja grande acumulação de folhas.

Material:

- Candeeiro com uma lâmpada de 60W
- Uma folha de papel branco (no mínimo uma folha A4)
- Pinças
- Lupas de mão
- Frascos de boca larga contendo álcool a 60%.

Procedimento:

1. Delimitar o espaço onde vai colher os materiais usando, por exemplo, cordas e estacas.
2. “Rapar”, com uma pá, toda a manta morta da camada A_0 e introduzi-la dentro de um saco plástico devidamente etiquetado e fechado.
3. Abrir, nesse mesmo local, um buraco de cerca de 20 cm de profundidade e colher os materiais, correspondentes ao horizonte A_1 , para sacos de plástico devidamente etiquetados e fechados.
4. Transportar para a sala os materiais a fim de serem estudados em diversas sessões de trabalho.
5. Inicia-se o trabalho colocando e espalhando convenientemente a amostra da manta morta sobre a folha de papel. Ilumina-se, o conjunto, com o candeeiro



e, à medida que se vão distinguindo os diferentes organismos presentes na manta morta, vão-se retirando com a pinça e colocando dentro de um dos frascos com álcool a 60%.

(Note: este trabalho é moroso e requer muita atenção.)

1. Posteriormente e a partir do frasco onde se introduziram todos os organismos que retirou da manta morta faz-se a sua separação atendendo às semelhanças estruturais dos organismos, de modo a que, os organismos semelhantes entre si fiquem num mesmo frasco contendo álcool a 60%.
2. Finalmente deve identificá-los, na medida do possível, mas deve ter em atenção que só especialistas nestes assuntos, o poderão fazer com total correção.

Algumas notas para ajudar na triagem e identificação dos organismos do solo:

Os Nemátodos são vermes não segmentados, de corpo cilíndrico, alongado e cutícula externa resistente o que lhes confere muita resistência às condições ambientais adversas. Muitos são de vida livre no solo ou na água e muitos outros são parasitas de animais ou de plantas. São geralmente organismos pequenos mas, alguns podem atingir 1 (um) metro de comprimento. A cutícula de muitas espécies de vida livre contém cerdas diminutas, espinhos ou séries transversais de escamas, que auxiliam no seu deslocamento no solo. Alguns Nemátodos predadores têm boca grande com placas cortantes “dentes” projeções marginais que os fazem parecer “pequenos dragões.”

Os Anelídeos têm o corpo composto por muitos segmentos, todos semelhantes entre si, e em forma de anel. Esta segmentação mostra-se não só externamente como também nos órgãos internos (músculos, nervos, aparelhos excretor e reprodutor).

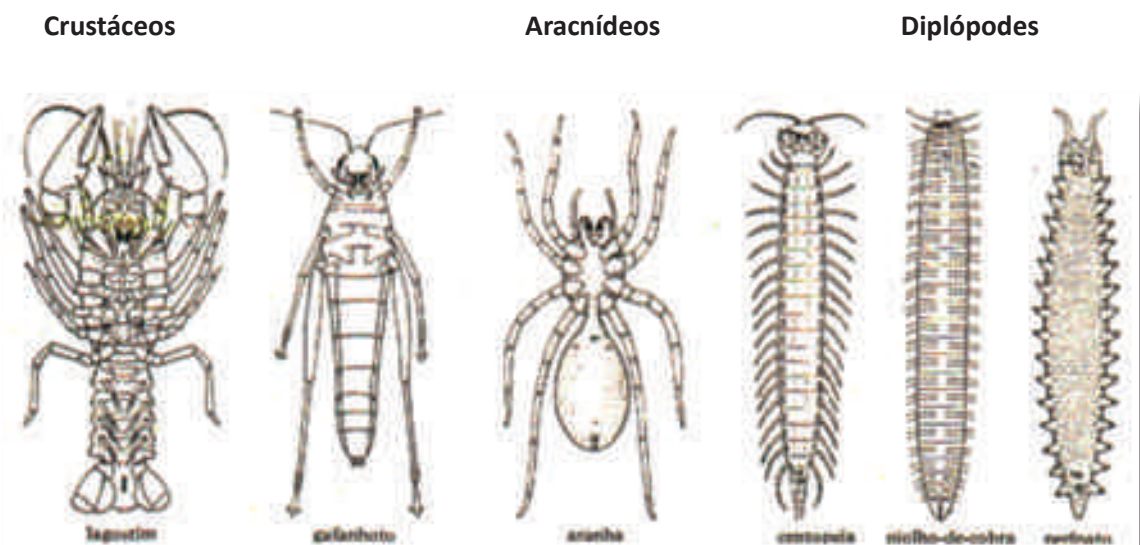
Alguns anelídeos têm vida livre, outros habitam em galerias no solo e muitos parasitam animais. A maioria das minhocas e seus afins habita no solo húmido, rico em húmus, e alimenta-se de folhas em decomposição e de carne putrefacta. As minhocas vivem em galerias construídas no solo para se protegerem dos inimigos e das condições ambientais desfavoráveis. Quando uma minhoca, sobretudo durante a noite, escava a sua galeria, introduz no tubo digestivo a terra que encontra no caminho, mistura-a no intestino com os seus restos alimentares e expele-a pelo ânus sob a forma de pequenas “bolinhas de terra e húmus” que deposita à superfície do solo. Essas pequenas



“bolinhas” permitem identificar e localizar as galerias das minhocas. As minhocas evitam a luz, exceto se fraquíssima, mas gostam da chuva, aparecendo então à superfície do solo. São extremamente úteis à agricultura pois contribuem significativamente para o arejamento do solo e para o tornar menos pesado e compacto favorecendo, deste modo, o enraizamento das plantas.

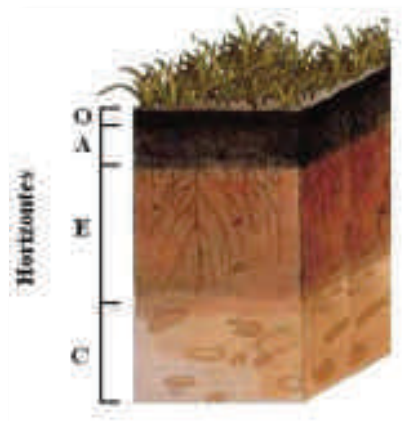
Os Artrópodes apresentam o corpo externamente segmentado, em graus diversos, e extremidades aos pares e articuladas. Todas as superfícies externas são revestidas por um exoesqueleto orgânico contendo quitina. O sistema nervoso, olhos e outros órgãos dos sentidos são bem desenvolvidos, próprios para respostas rápidas aos estímulos. Muitos dos seus grupos estão bem adaptados à vida terrestre livre mas só os insetos são capazes de voar; alguns são parasitas de plantas ou de outros animais.

Os Artrópodes repartem-se em seis grandes grupos que a seguir se representam:



Exercícios

1. Indique os Fatores de formação do solo.
2. Explique a relação solo / planta.
3. Identifique e caracterize os horizontes do solo representado na figura seguinte.



4. Indique os constituintes da fração mineral do solo.
5. Indique a % da fração limosa argilosa e arenosa de um solo franco-argiloso-limoso (consulte o diagrama triangular para classificação do solo).



6. Utilizando o diagrama classifique um solo que apresente:
 - a. 10% areia; 20% limo; 70 % argila
 - b. 50% areia, 40 %limo; 10 % argila
7. Indique qual o solo com melhores características agrícolas.
8. Refira a importância dos solos possuírem macro e microflora.
9. A existência de formas de vida no solo enriquece-o em matéria orgânica. Refira as propriedades físicas e químicas que a matéria orgânica confere aos solos.
10. Diga o que entende por ciclo da matéria orgânica.
11. Como define húmus em termos simples.
12. O que entende por complexo argilo-húmico.
13. Explique de que modo os complexos argilo-húmicos melhoram um solo.
14. Faça um desenho simples que represente as formas de água no solo.
 - 14.1. Defina cada uma delas.
15. Relacione os três conceitos capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento, capacidade utilizável.
16. Comente a foto quanto à erosão.



17. Caracterize os solos de Timor Leste.



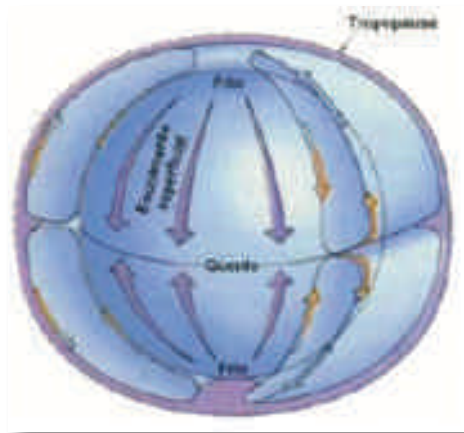
18. Indique os elementos do clima.

19. Indique à sua escolha 4 aparelhos de registo e medição.

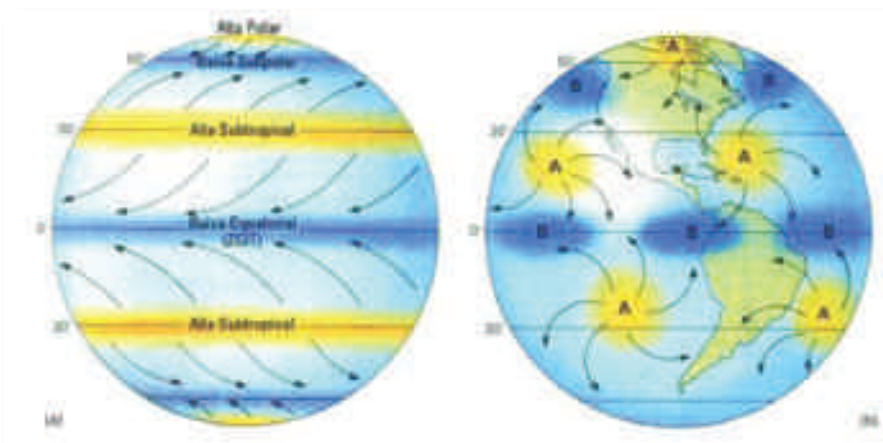
19.1. Indique qual o interesse agrícola de cada um.

20. Comente a afirmação. “A chuva é um elemento climatérico primordial para a vida das plantas”.

21. Descreva a diferença entre as duas imagens



A

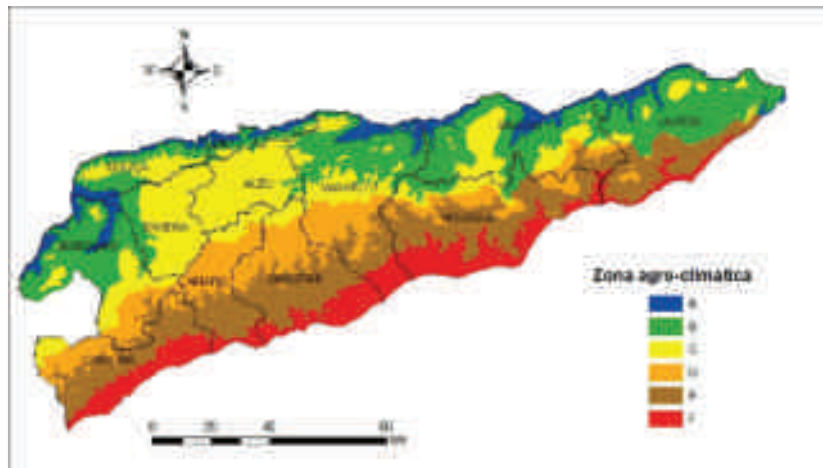


B

22. Caracterize o clima de Timor Leste.



23. Analise a figura e indique as diferenças dos climas das 6 regiões em Timor Leste.



Bibliografia

Cerqueira, J. M. C., *Agricultura Geral*, Coleção Agros, nº 14. Lisboa: Francisco Franco, 1982.

Cerqueira, J. M. C., *Solos e Clima em Portugal*, Coleção Nova Agricultura Moderna, nº 1. c Clássica Editora, 1992.

Costa, A. S. V., *Elementos sobre Fertilidade do Solo e Fertilização*. Lisboa: Edição da Direcção Geral de Planeamento e Agricultura, 1988.

Costa, J. B., *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1973.

Éliard, J. L., *Manual Geral de Agricultura*. 2.ª ed. Coleção Euroagro, n.º 9. Mem Martins: Publicações Europa América, 1979.

Feio, M., *Clima e Agricultura*. Lisboa: Edição do Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, 1991.

Gonçalves, M. (1993). O problema da erosão em Timor, Missão de Estudos Agronómicos do Ultramar, Lisboa Published by: Unpublished: presented at the exposition “Timor: the year of the sandalwood”,

(in <http://www.gov.east-Timor.org/MAFF/ta000/TA092.pdf> e

<http://www.gov.east-Timor.org/MAFF/ta000/TA017.pdf>)

Jornal da Replública, REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DE TIMOR LESTE, RESOLUÇÃO DO GOVERNO9/2007 (in <http://www.jornal.gov.tl/?mod=artigo&id=506>, consultado em 27/05/2012)

Laranjeira, P. (2010). *Sistema de informação geográfica para Timor Leste, Caso de estudo nos distritos de Bobonaro e de Covalima*, Dissertação de mestrado em sistemas de informação geográfica, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real (in <http://pt.scribd.com/doc/39640410/Dissertacao-pedro-Laranjeira>)

Samouco, R. (1998); *Dicionário de Agronomia*; Lisboa; Plátano Editora

Sampaio, E. (2006). Mineralogia do solo, Departamento de Geociências, Universidade de Évora (in <http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-03.pdf>, consultado em 20/5/2012)



SEMEDO, C. M. B., *A Intensificação da Produção Hortícola*. 4.^a ed. Mem Martins: Publicações Europa-América, 1990.

VARENNE, A., *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Lisboa: Escolar Editora, 2003.

Sousa, R. (2007/08). *A matéria orgânica do solo* - Universidade do Algarve (in <http://www.algarvecitrinos.com/pt/acompanhamento.php?id=21>)

VELOSO, J. C. S.; GARRIDO, J.; BETTENCOURT, J. M., *Factores da Produção Agrícola*. Coleção Rústica, n.º 1. Lisboa: Editorial Notícias, 1982.

Sites Consultados:

Timor Agrícola - http://Timor-agricola.blogspot.pt/2006_05_04_archive.html

<http://www.fao.org/docrep/007/x3996p/x3996p0k.htm>

http://www.projects.its.czu.cz/angola/ke_stazeni/Brozura_Solos.pdf

http://www.cesnors.ufsm.br/professores/vanderlei/elementos-da-ciencia-do-solo/5_morfologia_solo.pdf

<http://educar.sc.usp.br/ciencias/recursos/solo.html#vida>

<http://marianaplorenzo.com/page/12/>

http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/texto

http://stream2.cma.gov.cn/pub/comet/HydrologyFlooding/RunoffProcessesInternationalEdition/comet/hydro/basic_int/runoff/print.htm#page_4.0.0



