

# ***Génese e classificação de rochas sedimentares***

## ***Génese das rochas sedimentares***

A Terra apresenta uma dinâmica externa e interna que permite a formação de rochas sedimentares, magmáticas e metamórficas, que se inter-relacionam de forma dinâmica originando o **ciclo das rochas** (modelo teórico relativo à constante reciclagem das rochas, à medida que elas se formam, destroem e transformam).

As **rochas sedimentares**:

- constituem o principal grupo de rochas aflorantes, apesar de corresponderem a um pequeno volume da crosta;
- formam-se na superfície terrestre ou na sua proximidade, resultando da deposição de materiais provenientes de rochas pré-existentes (**detríticas**), da precipitação química de substâncias dissolvidas em água (**quimiogénicas**) ou da transformação de materiais provenientes de seres vivos (**biogénicas**);
- formam-se ao longo do **ciclo sedimentar** que integra a **sedimentogénese** (meteorização, erosão, transporte, sedimentação) e a **diagénese** (compactação, desidratação, cimentação) - ver fig.1 pág11.

**Nota:** As rochas sedimentares são consequência de um conjunto de circunstâncias únicas na superfície da Terra, como a existência de uma atmosfera oxidante (com dióxido de carbono e vapor de água), a existência de uma hidrosfera (intervém na sedimentogénese) e a existência de uma biosfera (promove a meteorização e erosão).

### ***Meteorização***

As rochas e os minerais são estáveis nas condições de pressão e temperatura em que se formam. Contudo, quando as rochas afloram ficam expostas a condições diferentes das da sua formação (diminuição da pressão e da temperatura), conseqüentemente, elas tornam-se progressivamente mais instáveis e sofrem **meteorização** (alteração físico-química das rochas à superfície ou na sua proximidade), podendo esta ser **física ou química**.

**Nota:** Os processos de meteorização física e química podem ocorrer em simultâneo, dependendo das condições climáticas, que fazem com que predomine um dos dois tipos de meteorização

**Meteorização física ou mecânica:** (fraturação das rochas) Conjunto de processos que, através de fissuras, fragmenta as rochas em pedaços cada vez menores, sem que ocorram transformações químicas que alterem a sua composição (química/mineralógica). O aumento progressivo da área de exposição da rocha intensifica sua meteorização.

### Hidroclastia (água)

A alternância de períodos secos com períodos de forte humidade, resultantes da variação cíclica dos teores de água nas rochas, originam aumentos de volume e retrações, que geram tensões e conduzem à fraturação das rochas.

### Crioclastia (gelo)

Devido à diminuição da temperatura, a água infiltrada nas fraturas e poros das rochas pode congelar. Ao mudar de estado físico, a água expande-se e exerce forças que aumentam as fissuras existentes ou originam novas. → + frequente em regiões de elevada altitude e latitude

### Termoclastia (temperatura)

As rochas à superfície estão sujeitas a constantes variações térmicas e por serem más condutoras de calor, a parte exposta ao sol aquece e expande mais do que o seu interior. Para além disso, os minerais que as constituem têm diferentes coeficientes de dilatação, de acordo com propriedades como a cor. Assim, devido ao aumento da temperatura os minerais escuros, que absorvem mais calor, expandem-se mais do que os claros, criando tensões diferenciais que podem fragmentar a rocha. → + frequente em regiões desérticas ou afetadas por incêndios

### Haloclastia (sais minerais)

A água existente nas fraturas e poros das rochas contém sais dissolvidos, que podem precipitar e iniciar o seu crescimento, exercendo uma força expansiva nos minerais envolventes, que contribui para o seu afastamento e para uma maior desagregação das rochas. → + frequente em áreas costeiras ou em territórios quentes e áridos, sujeitos a elevada evaporação

### Bioclastia (seres vivos)

As rochas estão sujeitas a processos de alteração física causados pela ação dos seres vivos. P.e.: o crescimento das raízes de árvores nas fraturas das rochas provoca o seu alargamento e a ação de animais sobre as rochas, através da escavação ou da deslocação também contribui para a sua meteorização física.

## Ação/alívio da pressão

A redução da pressão sobre uma massa rochosa pode causar a sua expansão e fragmentação. As rochas formadas em profundidade, sob grande pressão, quando aliviadas do peso das rochas suprajacentes, expandem e originam diáclases. Por vezes, este alívio de pressão, associado a outros fatores, pode provocar a formação de lajes de exfoliação, disjunções esferoidais ou pseudoestratificações (falsa estratificação).

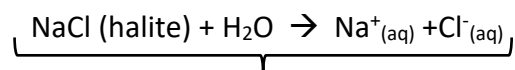
**Diáclases:** tipo de fraturação frequente, que resulta do alívio da pressão ou de tensões internas da crosta. São particularmente visíveis em maciços graníticos.

**Meteorização química:** (alteração da composição química/mineralógica das rochas)

Resulta da exposição das rochas aos agentes de geodinâmica externa (água e vento p.e.), com os quais reagem quimicamente. Nestas reações alguns minerais, como feldspatos e micas, são convertidos noutros minerais mais estáveis nas novas condições ambientais – **minerais singenéticos ou de neoformação.** Outros minerais, como calcite ou halite, são dissolvidos dando origem a soluções e posteriormente precipitam formando os mesmos minerais. → + intensa em regiões quentes e húmidas ( ↑ temperatura → ↑ velocidade das reações)

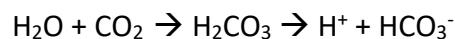
## Dissolução

Na dissolução ocorre a reação dos minerais com água ou com um ácido. As ligações entre os iões são quebradas e os iões livres ficam dissolvidos numa solução.

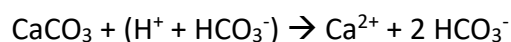


Ao colocar halite na água obtemos água salgada com iões de sódio e cloro dissolvidos

**Nota:** a maioria dos minerais é praticamente insolúvel em água. Para que a dissolução ocorra, é necessária a presença de ácidos que, libertando iões  $\text{H}^+$ , aumentam o poder solvente da água, ***intensificando a dissolução.*** P.e.: a água da chuva reage com o  $\text{CO}_2$  atmosférico, formando **ácido carbónico** que depois se dissocia no ião hidrogénio e no ião bicarbonato (a água da chuva é ácida/acidificada).

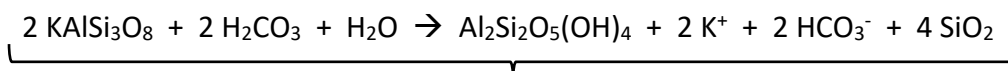


A reação da água acidificada com a calcite (mineral), constituída por carbonato de cálcio, é um processo de dissolução designado por **carbonatação** (forma relevante de meteorização no calcário – rocha sedimentar que contém calcite).



## Hidrólise

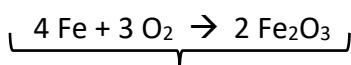
A hidrólise é a reação de substâncias com iões  $H^+$  ou  $OH^-$ , resultantes da dissociação da água. Nestas reações ocorre substituição de catiões da estrutura de um mineral por iões  $H^+$ , provenientes da dissociação de água ou de um ácido, como o ácido carbónico. Estas reações de substituição iónica podem levar à formação de minerais de neoformação, à completa desintegração do mineral original ou à formação de substâncias solúveis em água.



Minerais como os feldspatos são hidrolisados parcialmente dando origem a sílica e a minerais de argila. Já minerais como os grupos da olivina e da piroxena são totalmente desintegrados (ver exemplo no PPT). No granito, o ião  $H^+$  substitui o ião  $K^+$  do feldspato potássico originando caulinite (mineral de argila) → **caulinização**.

## Oxidação/ redução

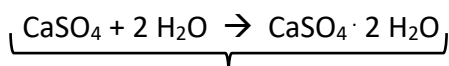
Os processos de oxidação e redução estão ligados entre si: a oxidação não ocorre sem redução e vice-versa. A oxidação é o processo através do qual um átomo ou ião perde eletrões. A redução é processo através do qual um átomo ou ião ganha eletrões



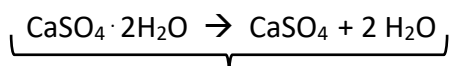
Nalguns minerais, como a pirite, que origina hematite, e a piroxena, que origina limonite, o ferro, em contacto com o ar, cede eletrões ao oxigénio, ficando oxidado e originando óxidos de ferro, como a hematite. Estas reações são intensificadas na presença de água.

## Hidratação/ desidratação

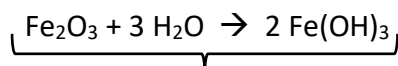
Envolve a combinação química de minerais com água (hidratação – incorporação de moléculas de água diretamente na estrutura cristalina de um novo mineral) ou a remoção de água de outros minerais (desidratação). No caso da hidratação ocorre um aumento de volume que facilita a desintegração das rochas por ação da hidrólise.



Hidratação da anidrite para formar gesso



Desidratação do gesso para formar anidrite



Hidratação da hematite para formar limonite

**Nota:** os quatro processos de meteorização química podem ocorrer em simultâneo.

**Nota:** nos dois tipos de meteorização, rochas mais porosas e fissuradas degradam-se com mais facilidade e rapidez. Assim, quanto maior a degradação física das rochas mais intensa a sua meteorização química.

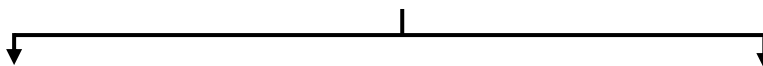
PRINCIPAIS FATORES QUE CONTROLAM A TAXA DE ALTERAÇÃO DAS ROCHAS			
	LENTA	RÁPIDA	
<b>Propriedades da rocha original</b>			
• Solubilidade dos minerais na água	Baixa	Moderada	Alta
• Estrutura da rocha	Maciça	Alguma fraturação	Intensamente fraturada
<b>Clima</b>			
• Precipitação	Baixa	Moderada	Alta
• Temperatura	Baixa	Moderada	Alta
<b>Presença ou ausência no solo de vegetação</b>			
• Conteúdo orgânico	Baixo	Moderado	Alto
<b>Tempo de exposição</b>	Curto	Moderado	Elevado

Granito			
Minerais	Composição química	Meteorização	Composição química
Quartzo	SiO <sub>4</sub>	Grãos Quartzo	-----
Feldspato	(K, Na, Ca) (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	Argila (p.e.: caulinite)	Si <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>
Biotite	K (Mg, Fe) <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ) (OH) <sub>2</sub>	Óxidos de ferro	-----
Moscovite	KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH, F) <sub>2</sub>	-----	-----

## Erosão



Processo de remoção de fragmentos e de solutos da rocha originária/mãe, causado por agentes como a água ou o vento.



A água da chuva é responsável pela formação de sulcos profundos nos solos (ravinas), principalmente quando os solos não têm vegetação.



Ravinamentos



Chaminés de fada



Vales fluviais



Caos de blocos

O vento remove partículas sedimentares (deixando a descoberto a rocha sã que, desta forma, fica sujeita à meteorização) e em conjunto com as partículas que transporta, desgasta as rochas por abrasão, pois age como uma lixa → ação menos intensa do que a da água



Blocos pedunculados

As chaminés de fada formam-se devido a processos de **erosão diferencial**, que ocorrem quando a porção de rocha que se mantém é mais resistente do que a restante rocha, ou estava coberta por um outro tipo de rocha mais resistente.

## Transporte

O transporte corresponde ao deslocamento dos materiais resultantes da erosão. A água (no estado líquido ou sólido – glaciares) e o vento são os principais agentes de transporte. A gravidade e a energia solar também têm um papel fundamental no transporte, pois são as causas energéticas do movimento dos sedimentos, uma vez que animam o ciclo da água e o movimento do ar.

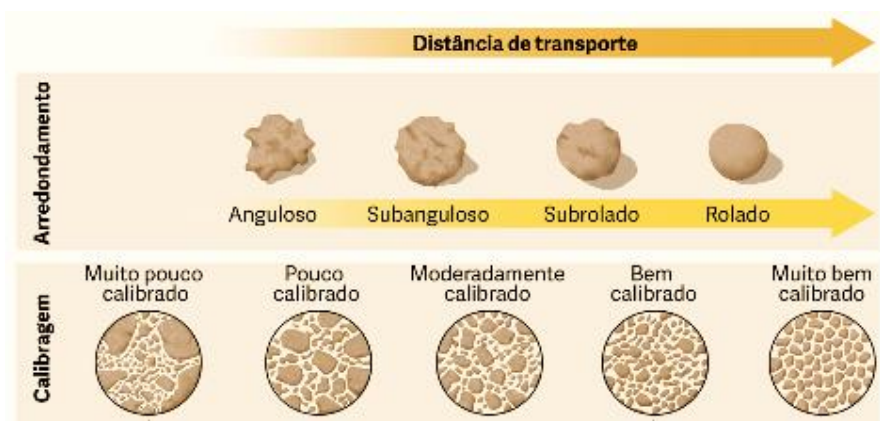
**Rios:** os materiais, consoante o tamanho, podem ser transportados através de rolamento, saltação, suspensão ou solução.

**Glaciares:** deslocam-se lentamente desde zonas de elevada altitude, arrancando fragmentos de rochas e transportando detritos ao longo de vales glaciares. Tanto transportam pequenas partículas como blocos de toneladas (são geralmente sedimentos angulosos).

**Vento:** por ser um fluído transporta clastos de forma semelhante à que ocorre rios, mas como é menos energético o tamanho dos materiais deslocados é menor, sendo estes angulosos e baços. A ação do vento é notória em regiões áridas e sem vegetação, onde as partículas são mais facilmente levantadas e transportadas.

**Gravidade:** permite o deslizamento e a queda de sedimentos ou blocos ao longo de vertentes (transporta sedimentos de dimensão variada e arestas angulosas).

**Nota:** ao longo do transporte (sobretudo nos rios), o processo de abrasão entre as partículas conduz ao seu arredondamento, e à medida que a energia do agente de transporte vai variando, ocorre também uma granotriagem/ granosseleção (seleção e distribuição dos detritos ao longo do rio em função do seu peso e tamanho). Assim, quanto mais prolongada a ação do agente de transporte, maior será a calibragem dos detritos (maior homogeneidade nas suas dimensões).



## ***Sedimentação***

A sedimentação ocorre sempre que o agente de transporte perde energia, o que leva à deposição de partículas, que passam a constituir os sedimentos (as partículas sólidas mais pesadas são as primeiras a ser depositadas). A deposição de sedimentos origina **estratos**.

### **Estratos:**

- camadas de sedimentos com características litológicas distintas e de espessura variável;
- cada extrato distingue-se pela cor, composição ou textura dos sedimentos;
- os estratos são delimitados por **superfícies de estratificação**, correspondendo a superfície superior ao **teto** do estrato e a inferior ao **muro**;
- as variações nas características dos estratos devem-se a mudanças no ambiente de sedimentação, sobretudo no que diz respeito à energia dos agentes de transporte, ao clima e à atividade biológica.

**Nota:** por vezes pode verificar-se a formação de estratos entrecruzados. A estratificação entrecruzada, ou oblíqua, está associada a dunas eólicas ou praias (ambientes instáveis com elevado hidrodinamismo ou eleodinamismo) e forma-se quando os sedimentos se depositam num ângulo em relação à superfície na qual assentam. Assim originam-se folhetos de estratificação oblíqua relativamente aos planos de estratificação quase horizontais e paralelos entre si (ver pág.28 fig.32).

**Nota:** No caso do transporte pelos glaciares, a sedimentação de sedimentos grandes e pequenos é simultânea e ocorre quando o gelo funde, formando-se depósitos mal calibrados.

**Nota:** A deposição pode ocorrer em ambientes terrestres, mas é mais frequente em ambientes aquáticos, como lagos, lagoas, rios e oceanos → **bacias de sedimentação**. Para além dos detritos rochosos, os sedimentos podem resultar da precipitação de substâncias dissolvidas na água ou da deposição de organismos (conchas, ossos, plantas...)

## Diagéne

A continuidade da sedimentação faz com que os sedimentos mais antigos sejam cobertos pelos mais recentes e sofram **afundamento**. Deste modo, os sedimentos ficam sujeitos a um aumento ligeiro da pressão e da temperatura, o que possibilita a **litificação ou diagéne** do depósito sedimentar.

**Litificação ou diagéne**: conjunto de processos físicos e químicos que permite a conversão de sedimentos soltos em rochas sedimentares consolidadas. Assim, a diagéne integra processos como a *compactação*, a *desidratação* e *cimentação*.

Durante a **compactação**, a pressão exercida pelos estratos suprajacentes comprime os sedimentos, permitindo: a **redução** do espaço intersticial entre os sedimentos (**porosidade**); a **diminuição do volume do estrato**; e o **aumento da compactação/densidade** dos sedimentos.

A **desidratação** consiste na libertação de parte da água existente entre os sedimentos devido à sua compactação.

A redução do teor de água entre os sedimentos, após a desidratação, favorece a **cimentação**, ou seja, a precipitação de substâncias em solução nos interstícios do depósito sedimentar. Estas substâncias, como a **sílica**, o **carbonato de cálcio** e o **óxido de ferro**, atuam como um cimento natural e ligam os sedimentos, originando rochas sedimentares consolidadas

**Nota:** Durante a diagéne também pode ocorrer **metassomatose** (troca de substâncias químicas, em qualquer fase da diagéne, realizada entre os componentes iniciais da rocha e eventuais soluções que nela circulam. Estas alterações podem ocorrer ao nível do próprio cimento (calcite substituída por sílica ou dolomite) ou através da substituição de matéria orgânica por sílica) e/ou **recristalização** (alteração da estrutura cristalina de alguns minerais, devido a alterações das condições de pressão e temperatura, ou devido à circulação de água e outros fluidos com iões dissolvidos; exemplos, a calcite pode passar a dolomite, a aragonite (mineral presente nalgumas conchas) pode passar a calcite).

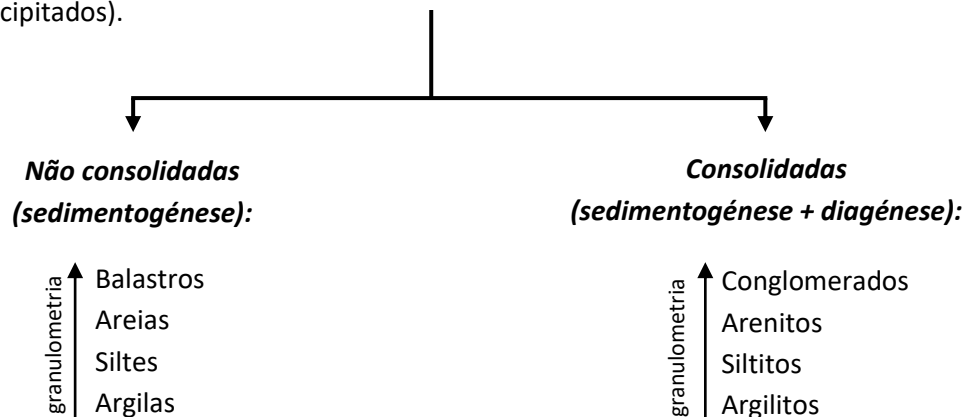


# Classificação de rochas sedimentares

Apesar da grande diversidade de rochas sedimentares é possível classificá-las em três grupos, consoante a origem: **detríticas, quimiogénicas e biogénicas (bioquimiogénicas)**.

## **Rochas sedimentares detríticas:**

Rochas formadas essencialmente a partir de fragmentos físicos (clastos/detritos) resultantes da meteorização e erosão de outras rochas → (além de clastos, estas rochas podem também integrar pequenas quantidades de outros materiais como restos de seres vivos ou minerais precipitados).



### **Balastros:**

- ✓ Granulometria superior a 2mm;
- ✓ Predominam em ambientes fluviais e depositam-se em ambientes instáveis (+ energia);
- ✓ Originam **conglomerados** (detritos + arredondados) e **brechas** (detritos + angulosos)

*Maior angulosidade indica um transporte mais reduzido* ←

**Nota:** os conglomerados e as brechas são, normalmente, constituídos por detritos mal calibrados, pois entre os detritos mais grosseiros encontram-se outros de menores dimensões, como areia. Esta má calibração resulta da deposição simultânea de sedimentos grosseiros e finos ou da deposição posterior de sedimentos pequenos que se introduziram nos espaços vazios entre os balastros.

### **Areias:**

- ✓ Granulometria entre 0,0063 e 2mm;
- ✓ Quando consolidado origina arenitos;
- ✓ Predominam em vários ambientes sedimentares, como praias, rios ou desertos;
- ✓ A maioria das areias são constituídas essencialmente por quartzo (mineral resistente ao transporte), mas também há areias calcárias (calcite) e areias negras (minerais ricos em ferro e magnésio), sobretudo nas situações em que o transporte é reduzido, uma vez que minerais como o feldspato e os ferromagnesianos são pouco resistentes ao transporte.

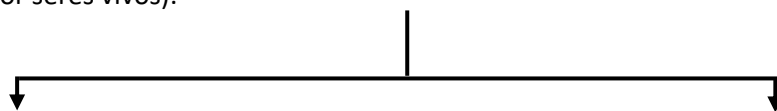
### **Siltes e Argilas:**

- ✓ Baixa granulometria (<0,0063);
- ✓ Por serem os mais pequenos e leves são transportados a longas distâncias;
- ✓ Podem depositar-se em vários ambientes de sedimentação, desde que ocorre uma diminuição significativa da energia do agente de transporte;
- ✓ Durante diagénese verifica-se uma enorme redução do volume das rochas, devido à saída de H<sub>2</sub>O;
- ✓ Após a diagénese as argilas originam argilitos e as siltes originam siltitos;

**Nota:** os argilitos e siltitos são *suaves* ao toque e *friáveis* (desagregam-se com facilidade). Nas rochas onde a fração argilosa é predominante verifica-se uma elevada *impermeabilidade* à água (que resulta em paisagens com pouca vegetação) e um forte *cheiro a barro* após o humedecimento.

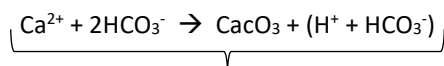
### **Rochas sedimentares quimiogénicas:**

Durante a meteorização vários compostos e iões são libertados para a água, sendo depois transportados em solução para lagos, lagunas, mares e oceanos. Em determinadas condições ambientais, estas substâncias dissolvidas reagem entre si e precipitam, originando minerais que irão constituir rochas sedimentares quimiogénicas (este processo pode ser influenciado por seres vivos).



#### **Rochas carbonatadas**

Constituídas, essencialmente, por minerais com o ião carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), que resultam de reações de vários iões com o ião bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), em meio aquoso, formando-se um precipitado que se deposita no fundo da bacia de sedimentação.



Precipitação de carbonato de cálcio



**Calcários:** rochas carbonatadas de origem exclusivamente química e inorgânica, constituídos por calcite e formados, essencialmente, em ambientes cársicos e em nascentes termais.

**Travertino, estalactites e estalagmites:** resultam da precipitação de carbonato de cálcio.

#### **Evaporitos/precipitados**

Resultam da precipitação de sais minerais em ambientes aquáticos de água salgada ou salobra, que se encontram em áreas quentes e áridas, de intensa evaporação. Na formação de evaporitos, os primeiros minerais a precipitar são os menos solúveis, seguindo-se os mais solúveis, se a precipitação continuar.



O **sulfato de cálcio hidratado** (origina **gesso**) e o **cloreto de sódio** (origina **halite**) são os precipitados mais comuns.



Durante a diagénese, os sedimentos quimiogénicos sofrem modificações importantes (exemplo: abaixo dos 100m de profundidade, os sedimentos carbonatados, sofrem uma redução da sua espessura para metade (compactação) e podem iniciar-se reações associadas à cimentação).

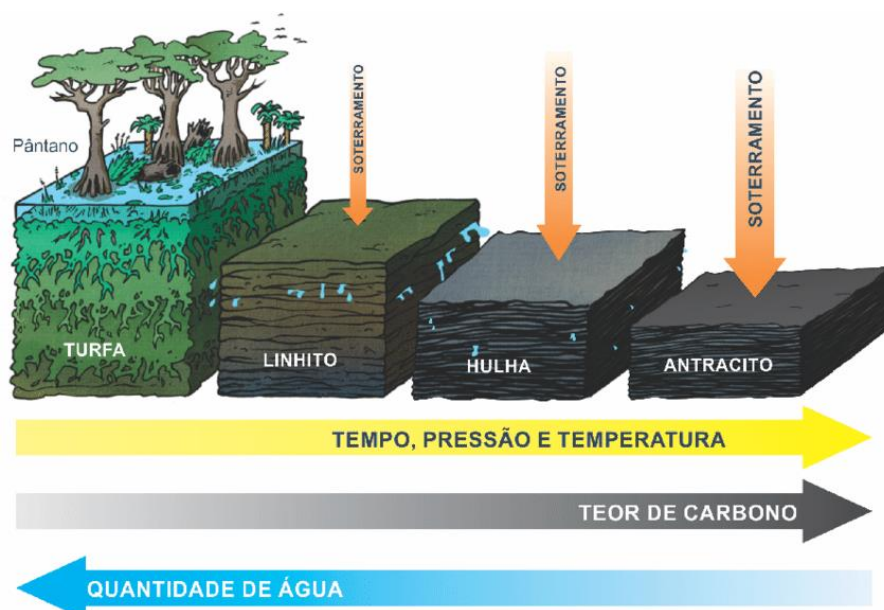
### Notas (rochas carbonatadas):

- ✓ A reação de precipitação de carbonato de cálcio (anteriormente referida) pode ocorrer no sentido inverso. O sentido da reação depende de condições ambientais, como a temperatura, a pressão e o pH da água. Assim podem ocorrer ciclos de **precipitação (formação de calcários)** e **dissolução (formação de grutas)**.
- ✓ Nas áreas calcárias, a água infiltra-se com facilidade pelas fraturas da rocha, provocando a dissolução que está na origem do modelo cársico. Esta água, rica no ião bicarbonato, circula nas grutas, permitindo a precipitação de carbonato de cálcio (formação de travertino, estalactites e estalagmites).
- ✓ Os calcários quimiogénicos também se podem formar nos oceanos. Neste caso, a precipitação de carbonato de cálcio ocorre devido a variações ambientais, como a diminuição da concentração de CO<sub>2</sub> na água (a água torna-se menos ácida) ou o aumento da temperatura, que podem ocorrer devido à atividade biológica, p.e.

### Notas (precipitados/evaporitos):

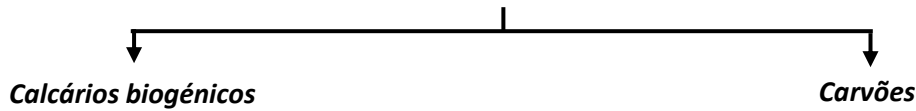
- ✓ Durante a diagénese do gesso, a compactação origina uma saída de água tão significativa que se considera a formação de um novo mineral, a **anidrite**.
- ✓ As rochas ricas em halite que sofreram diagénese designam-se por sal-gema. O aumento da pressão sobre depósitos de sal-gema conduz à sua ascensão em áreas de fraqueza da crosta terrestre, originando **domos salinos** ou **diápiros**.
- ✓ Quando as rochas evaporíticas se encontram perto da superfície, ocorre a sua **dissolução**, formando-se depressões, como o vale tifónico (Caldas da Rainha).

### Nota (rochas sedimentares biogénicas – carvão):



## ***Rochas sedimentares biogénicas:***

A maior parte dos sedimentos que constituem as rochas sedimentares biogénicas provêm de restos de seres vivos ou resultaram da sua atividade.



Resultam da acumulação de restos de seres vivos e distinguem-se de acordo como os vestígios neles dominantes.



**Calcário recifal:** resulta da acumulação e diagénese das estruturas rígidas dos corais.

**Calcário conquífero:** resulta da sedimentação e diagénese de conchas que incorporam o ião bicarbonato e o ião cálcio.

**Nota:** os calcários biogénicos também podem resultar da fossilização de outras estruturas além das conchas, como os esqueletos calcários de alguns micro-organismos.

Resultam da acumulação e evolução de sedimentos orgânicos constituídos, essencialmente por restos de plantas.



A deposição de restos de plantas em ambientes lacustres/lagunares e pouco oxigenados, possibilita a decomposição parcial da matéria orgânica pela ação de seres vivos **decompositores anaeróbios**, formando-se um sedimento designado por **turfa** (não é carvão).



O aumento gradual da pressão e da temperatura, devido à sobreposição de sedimentos, permite a ocorrência da diagénese, que inclui a **incarbonização** (enriquecimento progressivo em carbono e redução da quantidade de água e de materiais voláteis).

**Nota:** as particularidades de cada carvão dependem de fatores como o conjunto de plantas que estão na origem dos sedimentos, as características do ambiente de sedimentação e a evolução termodinâmica dos sedimentos.

**Nota:** o petróleo também é uma rocha sedimentar biogénica (armadilha petrolífera):

