





AGÊNCIA NACIONAL  
PARA A CULTURA  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



## Índice

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>O CICLO VARISCO E A FORMAÇÃO DA PANGEIA .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>METAMORFISMO E MAGMATISMO; UM CHEIRINHO DO CICLO DAS ROCHAS .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>DINÂMICA FLUVIAL; UMA VISÃO SOBRE A RIBEIRA DE TÊRA .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>ÁREA DE TRABALHO PARA A REALIZAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA .....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>MATERIAL .....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>- 11 -</b>

# Descobre o CIENTISTA que há em ti... Cartografia Geológica

## Introdução

A Península Ibérica abrange, na sua área continental, testemunhos de uma actividade geológica bastante complexa que se inicia no Pré-câmbrico (anteriores a 547 Milhões de anos) e que continua nos dias de Hoje (Fig. 1). “Viram-se” formar e destruir gigantescas cadeias de montanhas, fechar e abrir oceanos, sendo que a perspectiva humana imutável do mundo, resulta apenas da incapacidade dos nossos sentidos captarem algo mais vasto que é a visão geológica de um planeta constantemente em mudança.

Desta forma, a saída em causa, que está inserida no projecto “Descobre o **CIENTISTA** que há em ti...” – Cartografia Geológica, onde se pretende dar a conhecer aos alunos do ensino secundário o que vê e faz um geólogo ao ser confrontado com um afloramento e como a partir da análise dos dados recolhidos no terreno produz a cartografia geológica e conta a história da geodinâmica de uma determinada região, neste caso a complexa história geológica da região de Pavia.

## O ciclo Varisco e a formação da Pangeia

No Maciço Ibérico ou Hespérico, surgem testemunhos bastante contínuos do soco Varisco (ou Hercínico) europeu. Nele afloram materiais Paleozóicos (547 a 251 Milhões de anos) e Pré-Cambrios (anteriores a 547 Milhões de anos), estes últimos com menor expressão geográfica.

A cadeia Varisca resultou da colisão entre dois megacontinentes durante os tempos devónicos e carbónicos (≈416-299 Ma): a Gondwana a sul e a Laurásia a norte. De forma muito resumida, no Devónico inicia-se a fase pré-colisional com o fecho

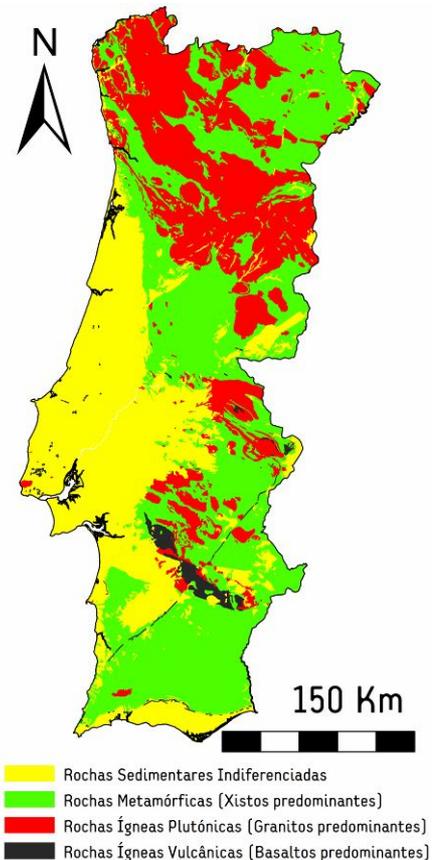


Fig. 1 – Mapa geológico simplificado de Portugal, mostrando geograficamente a disposição dos diversos tipos de rochas.

do Oceano Rheic, isto é o principal Oceano Varisco que separava os dois megacontinente e posteriormente à sua colisão forma-se a cadeia de montanhas anteriormente referida. Da colisão entre estes dois blocos litosféricos formou-se a célebre Pangeia de Wegener (último grande supercontinente).

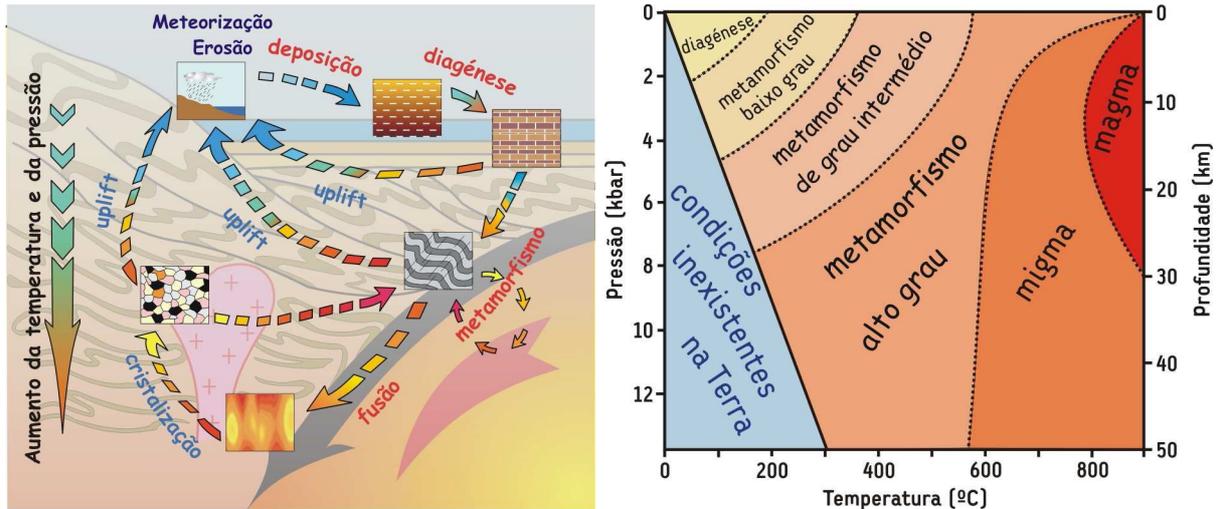
No entanto a cadeia Varisca não se confina apenas à Península Ibérica havendo vestígios desta cadeia desde os Urais (Rússia) até aos Apalaches (Costa leste dos EUA).

## **Metamorfismo e Magmatismo; Um cheirinho do ciclo das Rochas**

O ciclo das rochas pode definir-se como sendo o conjunto de transformações que podem transformar uma rocha em outra (Fig. 2A). No entanto, para que tal aconteça, para além da sua posição espacial é essencial ter em conta também o factor tempo. Todas as transformações nas rochas são induzidas pela mobilização contínua da litosfera, controlada pelo ciclo hidrológico e pelo ciclo tectónico. O ciclo das rochas torna-se assim o resultado das complexas interações entre estes dois ciclos.

Durante o processo de colisão litosférica, que é controlado pelo ciclo tectónico, é induzido um encurtamento e consequentemente uma profunda deformação às rochas, concentrada principalmente junto às margens que colidem, o que induz um espessamento litosférico. Este espessamento é possível devido à distorção dos materiais litosféricos, por dobramento e falhamento. Esta deformação sofrida pelos materiais induzida pela orogénese (formação de uma cadeia de montanhas) induz uma mudança nas suas posições iniciais; a temperatura e a pressão crescem inevitavelmente se o espessamento for também ele crescente.

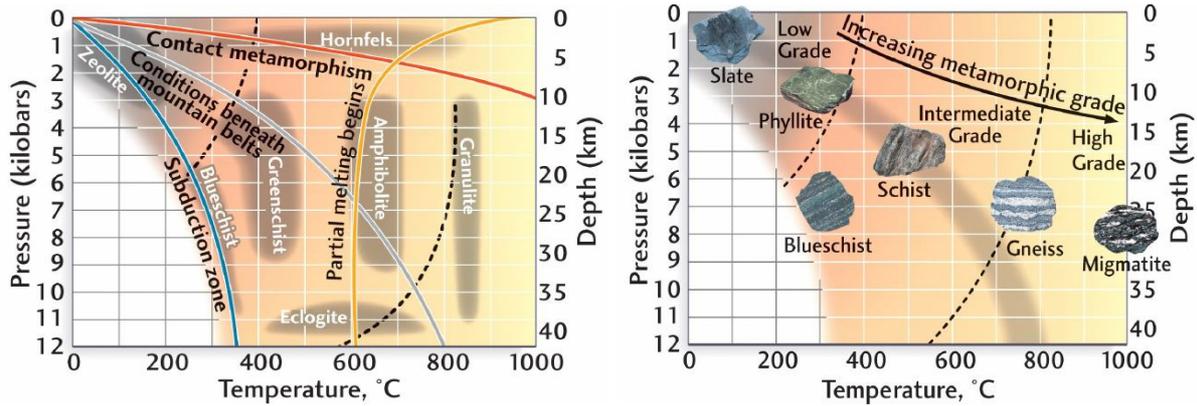
Esta transformação dos parâmetros físicos torna os minerais constituintes das rochas instáveis, sendo que estes iniciam um processo de transformação, o que consequentemente pode levar a uma mudança significativa no tipo de rocha que existe. Inicialmente esta transformação dá-se no estado sólido, e falamos então de metamorfismo, mas se continuarmos a incrementar a temperatura e pressão, a rocha inicia um processo de fusão passando-se ao campo das rochas magmáticas (Fig. 2A). Esta situação é clara quando se projecta os limites de estabilidade dos principais tipos de rocha (Fig. 2B); diferentes tipos de rochas aparecem associados a campos específicos de pressão e temperatura.



**Fig. 2 – A** – Diagrama esquemático sobre o ciclo das rochas; **B** – Diagrama mostrando os campos específicos de pressão e temperatura típicos para cada tipo de rochas.

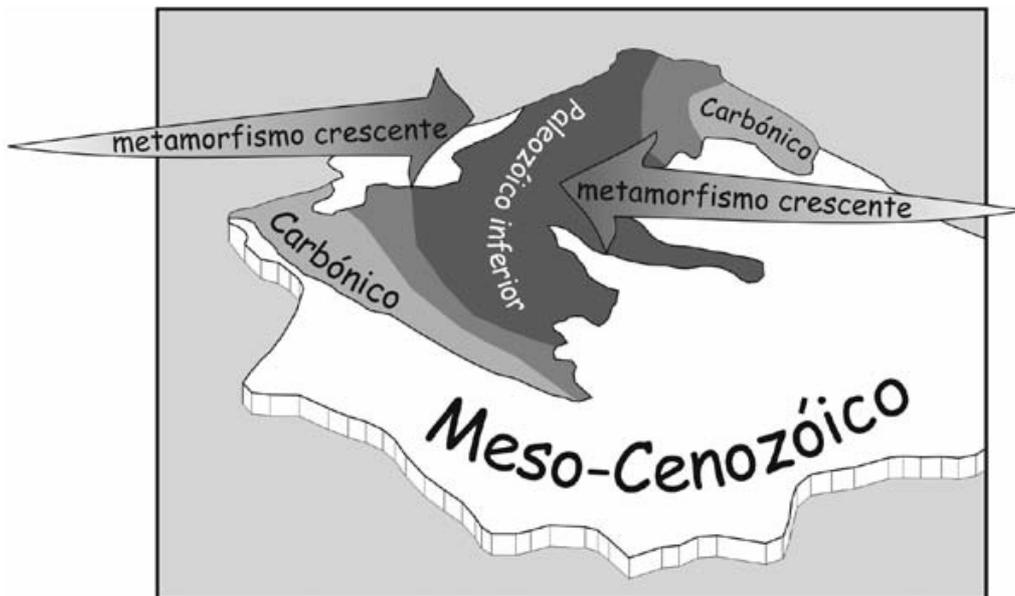
Apesar de tudo os limites não são estanques, nem naturalmente representáveis por linhas, servindo estas apenas para representar de forma diagramática uma série de processos complexos e contíguos, que devem ser vistos do ponto de vista dinâmico.

Convém também referir que o processo de fusão de uma determinada rocha não é imediato, iniciando-se em núcleos que se vão “alastrando” e fazendo com que a percentagem de rocha fundida seja cada vez maior (Fig. 2B). Muitas vezes mesmo após a fusão total de uma rocha, sobram pequenos vestígios das rochas iniciais (protólito) que deram origem aquele corpo magmático. Se tais vestígios da rocha inicial não estiverem presentes, torna-se então difícil saber qual a rocha precursora do resultado final observado, ou seja, uma mesma rocha magmática pode ter diferentes protólitos. Um exemplo clássico disso pode ser dado com uma rocha metamórfica: o gneisse que pode ter origem quer no metamorfismo de rochas magmáticas (granito) quer no metamorfismo de rochas sedimentares (conglomerado) e que por continuação do incremento da temperatura pode fundir e o liquido magmático formado tem uma constituição química muito semelhante.



**Fig. 3** – Diagramas representando os limites entre as principais fácies metamórficas, com a referência ao tipo de rochas passíveis de formar em cada um dos campos.

Posteriormente por acção do processo de erosão, e o consequente desmantelamento da cadeia de montanhas, surge a possibilidade de observação de uma janela do interior de uma cadeia de montanhas. Ao considerarmos a Península Ibérica, ou mais precisamente o Maciço Ibérico, pode observar-se que surgem duas zonas externas mais recentes, uma a norte e uma a sul, que apresentam graus metamórficos menores, e que à medida que se caminha para o interior da península pode observar-se rochas de idade mais antigas que exibem um grau metamórfico superior, sendo possível observar também uma série de rochas ígneas plutónicas, das quais predomina o granito (Fig. 1). Este padrão de justaposição lateral de materiais rochosos altamente contrastante é uma clara evidência da presença de uma cadeia de montanhas antiga, erodida, correspondendo as zonas internas da cadeia às zonas onde o metamorfismo é muito mais acentuado e as zonas externas aos afloramentos de rochas mais recentes menos deformadas e com um grau metamórfico inferior.



**Fig. 4** – Planta esquemática representativa do Maciço Ibérico, evidenciando o claro zonamento metamórfico e de idades entre as zonas externas e internas da Cadeia Varisca.

## Dinâmica fluvial; Uma visão sobre a ribeira de Têra

Neste capítulo pretende-se apresentar algumas noções básicas de dinâmica fluvial, tentando correlacionar os conceitos teóricos com aquilo que é possível observar na Ribeira de Têra.

Os rios constituem um dos agentes erosivos e de transporte mais importantes, sendo que estes realizam uma acção constante sobre o meio, tentando colmatar as superfícies deprimidas com deposição dos materiais resultantes da erosão das áreas mais elevadas. O material resultante da erosão pode ser transportados pelos rios de cinco formas distintas: suspensão, saltação, rolamento e arraste no caso de os sedimentos serem fragmentos desagregados de uma rocha, ou em solução no caso de os sedimentos serem compostos iónicos provindo da erosão.

A deposição dos sedimentos em solução na água vai depender essencialmente da saturação desses elementos na água; por outro lado a deposição dos sedimentos detríticos transportados vai depender essencialmente da competência do rio (designa-se por competência de um rio a capacidade desse rio em transportar detritos sólidos de dimensões variadas, o que depende essencialmente do caudal, do pendor e da velocidade): os sedimentos são transportados pelo rio, enquanto a velocidade for suficiente, ou seja, quando atinge um limite crítico de velocidade, as partículas depositam-se. A dimensão das partículas transportadas pelo rio é geralmente tanto maior quanto maior a energia do mesmo. As partículas de menores

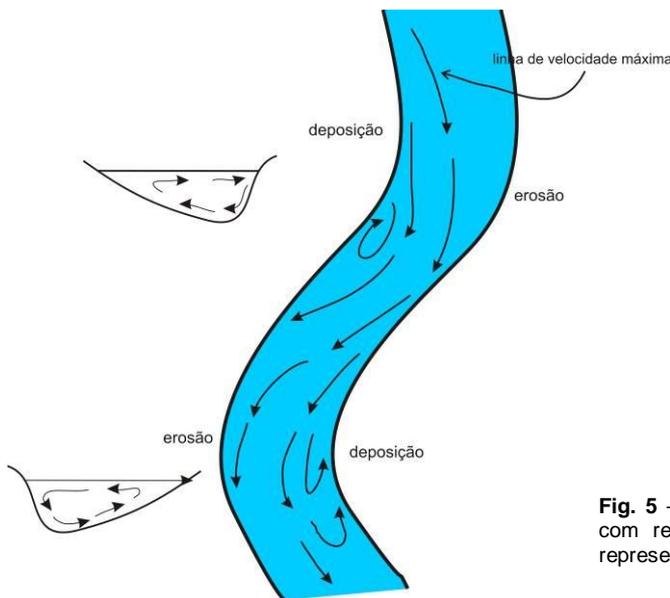
dimensões são transportadas em suspensão, sendo que as de maiores dimensões são geralmente transportadas por arraste.

No que respeita à erosão, esta é realizada em ambiente fluvial essencialmente por dois processos principais:

- Corrosão – engloba todos os processos químicos que se realizam entre a água e as rochas;
- Corrasão – é o desgaste pelo atrito mecânico existente entre as partículas transportadas no canal e o meio rochoso envolvente;

No que respeita à forma da ribeira de Têra, no troço fluvial da saída esta apresenta um traçado essencialmente meandriforme, ou seja descreve curvas sinuosas, muito embora com um traçado alterado pela actuação do homem, pela construção de uma pequena “barragem”. A construção deste tipo de obras altera o fluxo fluvial natural dos rios, o que induz geralmente uma alteração da forma do canal e a capacidade de transporte do mesmo a montante, uma deposição intensa junto à barragem por perda energética do rio e a jusante do reservatório geralmente entalhe do leito e erosão das margens, com posterior deposição.

Nos troços meandriformes os processos de erosão e deposição acontecem lado a lado, dependendo da forma da margem. Nas margens côncavas dá-se um



processo de deposição contínuo, enquanto que nas margens convexas o processo de erosão é claramente predominantes. Tal acontece devido ao traçado da linha de velocidade máxima do canal (Fig. 5).

**Fig. 5** – Representação esquemática de um canal meandriforme com referência aos processos dominantes nas margens e a representação linha de velocidade máxima.

## Área de trabalho para a realização da cartografia geológica

### Área de trabalho – margem direita da ribeira de Têra



**Fig. 6** – Margem direita da ribeira de Têra e local de realização da actividade. (fonte de imagem: Google Earth).

## Material

- Bússola
- Lupa
- Martelo
- Material de escrita
- Máquina fotográfica (opcional)
- GPS (opcional)

No decorrer dos trabalhos de campo é necessário ter atenção alguns pontos:

- Localizar no mapa a estação onde se vai efectuar o levantamento de dados de campo;
- Realizar uma observação do afloramento a uma distância adequada, de modo a aferir se existem alguns aspectos que possam ser registados logo à partida (exemplo: um eventual dobramento, observação do  $S_0^1$ , etc.);
- Em cada estação descrever o melhor possível o que se observa (litologia, estruturas, etc.);
- Tirar sempre que possível todos os dados referentes às atitudes<sup>2</sup> das estruturas geológicas (planares e/ou lineares);
- Fazer TODO O REGISTO das observações efectuadas no caderno de campo (descrição litológica, registo das atitudes das estruturas, realizar esboços, elaborar cortes geológicos expeditos, etc.)
- Realizar um registo fotográfico da estação e alguns aspectos de interesse em particular, caso seja possível.

1)  $S_0$  – referência à estratificação, a denominação S é sempre referente a uma estrutura planar onde que poderá existir  $S_n$  ou  $S_{n+1}$  de planos. No caso de linhas opta-se pela denominação L onde pode ser que existe  $L_n$  ou  $L_{n+1}$  de lineações.

2) Ver Anexo IV.



## **Anexos**

**Anexo I – Mapa da área de trabalho**

**Anexo II – Excertos da Carta Topográfica (folha 409) e Carta Geológica (folha 36A)**

**Anexo III – Classificação de dobras**

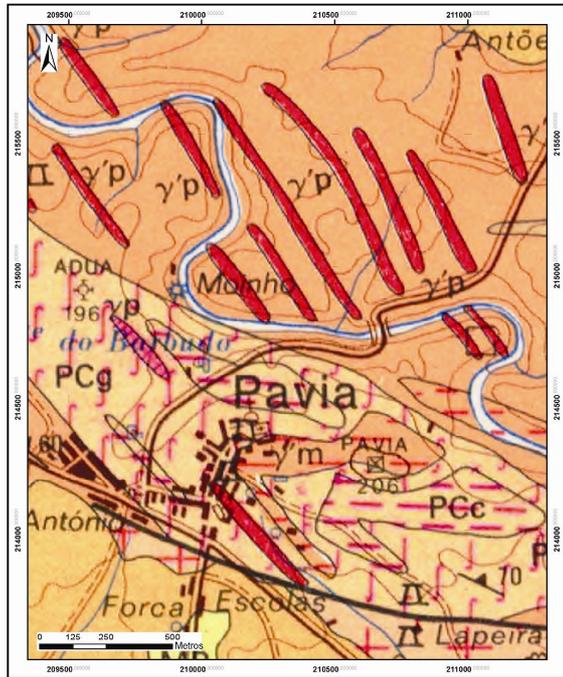
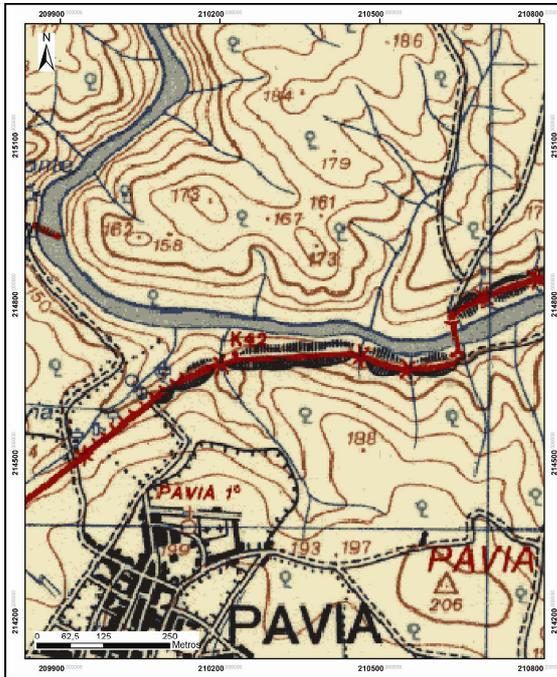
**Anexo IV – Como medir um plano com a Bússola??!! – Estruturas Planares e Lineares**

**Anexo V – Tabela Cronostratigráfica simplificada**

## Anexo I – Mapa da área de trabalho



## Anexo II – Excertos da Carta Topográfica (folha 409) e Carta Geológica (folha 36A)

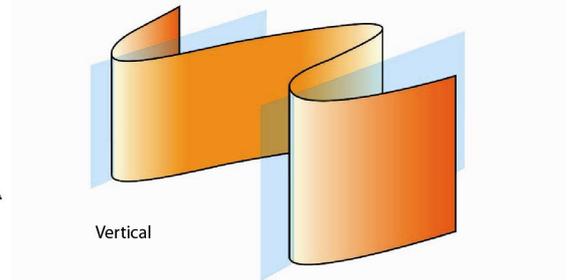
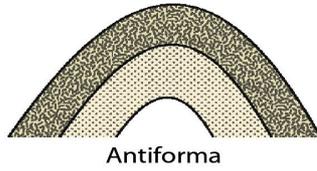
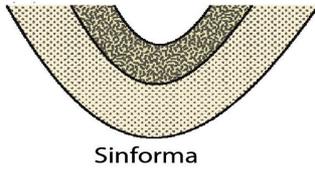


Precâmbrico provável	Micaxistos	PC	
	Calcários e dolomitos cristalinos	PCc	
	Anfibolitos	PCa	
	Gnaisses leptiniticos	PCg	
Rochas hercynicas	Quartzito	q	
	Microgranito	μg	
	Microdiorito	μd	
	Granito porfido de grão grosseiro a médio, biotítico; pegmatites associadas (*) γp	γp	
	Granito de grão médio, biotítico	γ	
	Quartzodiorito de textura orientada	qd	
	Gabro e Diorito, de textura orientada	gd	
Granitos acídicos	Granito gnaissico de grão médio, a grosseiro, de duas micas, com frequência pegmatítica (*) γp	γp	
	Calcários graníticos de duas micas, em parte, blastomielíticos; incluem, às vezes, micaxistos e megacristos	γ?	

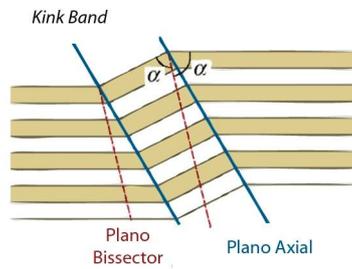
## Anexo III – Classificação de dobras

### Quanto à forma

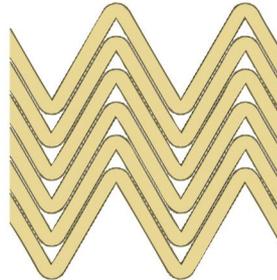
#### Convexidade e mergulho



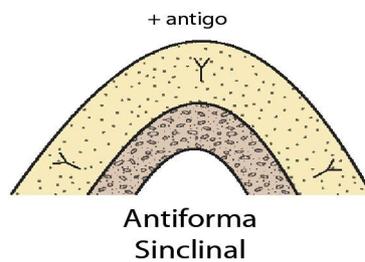
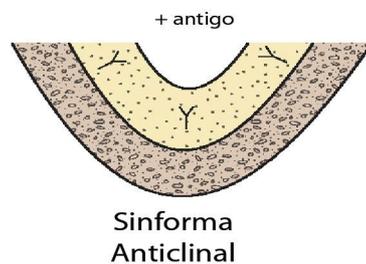
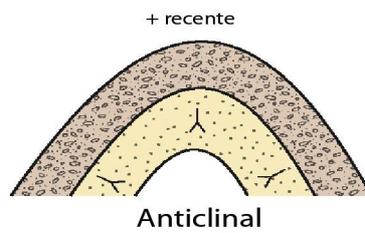
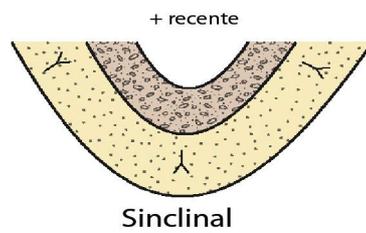
#### Dobras angulosas



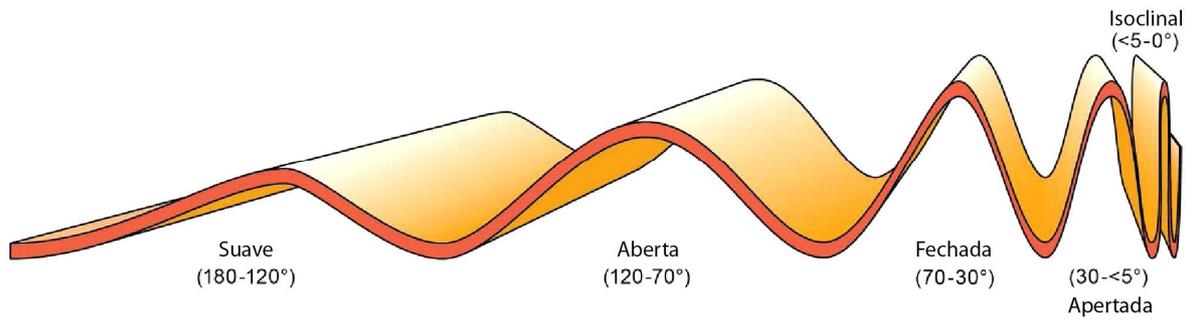
#### Dobras em chevron



### Quanto à sequência estratigráfica



## Quanto ao ângulo de abertura entre flancos



## Anexo IV – Como medir um plano com a Bússola??!! – Estruturas Planares e Lineares

Em termos puramente geométricos, as estruturas geológicas básicas podem ser classificadas como planos ou linhas:

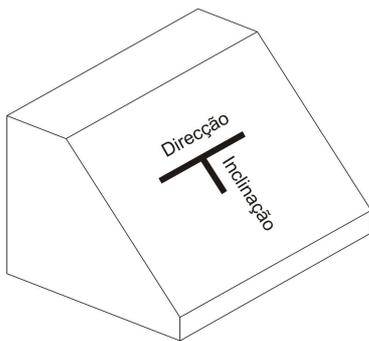
- planos – estratificação, falhas, foliações, contactos geológicos, etc.
- linhas – direcções de corrente ou de transporte de sedimentos, lineações de estiramento, estrias de atrito, etc.

Neste capítulo vamos apenas referir-nos à medição de planos.

A orientação espacial das estruturas é tirada tendo em conta o norte geográfico e o plano horizontal. Para tal é necessário uma bússola e um clinómetro (instrumento que medem a inclinação com relação à horizontal), que muitas vezes está incorporado no primeiro. Com destes instrumentos determina-se assim a atitude de uma estrutura geológica.

A atitude de um plano incorpora dois termos (Fig. 1):

- direcção - a orientação da linha horizontal, resultante da intercepção do plano que se pretende medir com o plano horizontal (imaginário). Esta linha é perpendicular ao sentido de máxima inclinação do plano a medir;

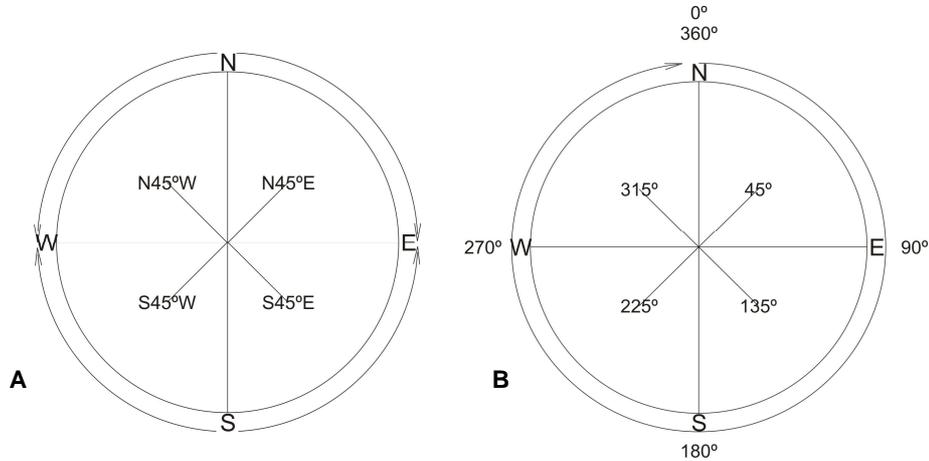


**Fig. 1** – A imagem tenta representar de forma esquemática os dois termos que incorporam a atitude de um plano, nomeadamente a inclinação e direcção.

Para fazer referência à direcção usam-se comumente dois sistemas: o de quadrantes e o azimutal (fig. 2).

No sistema de quadrantes a direcção é referenciada a partir dos pontos cardeais N e S. A partir do norte, os rumos crescem no sentido horário para E, e no anti-horário para W. A partir do sul, crescem no sentido anti-horário para E, e horário para W.

No sistema azimutal o N representa os  $0^{\circ}$  e o valor é crescente em sentido horário sendo que o ponto cardinal E é representado pelos  $90^{\circ}$ , o S pelos  $180^{\circ}$  e o W pelos  $270^{\circ}$ .



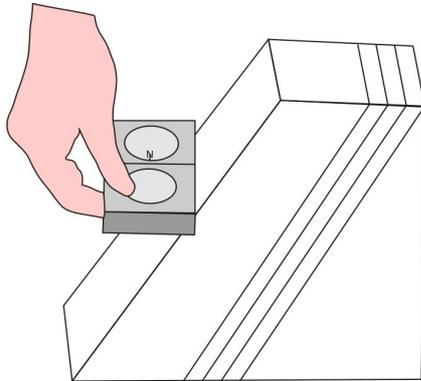
**Fig. 2** – Notação para fazer referência à direcção de um plano: A – Notação em Quadrantes; B – Notação azimutal.

- inclinação (ou mergulho) – é o valor da máxima inclinação do plano a medir, que é perpendicular à direcção. A inclinação pode variar entre  $0^{\circ}$  (plano horizontal) e  $90^{\circ}$  (plano vertical).

O valor da inclinação deve ser seguido pelo ponto cardinal do quadrante para onde o plano mergulha.

Este sistema permite ao geólogo uma rápida visualização da disposição no espaço de um plano.

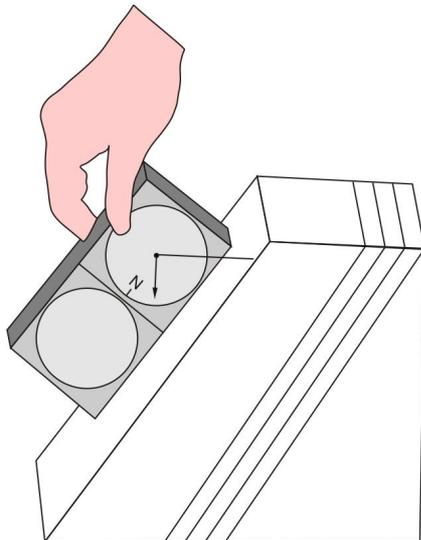
Seguidamente, apresentar-se-ão duas imagens e respectiva explicação que tentarão esquematizar a utilização da bússola e a medição da atitude do plano.



### Medir a direcção

- 1 – coloca-se a bússola no plano horizontal que contem a direcção do plano a medir;
- 2 – regista-se o valor da direcção.

NOTA: a bússola tem de estar na horizontal (algumas bússolas apresentam um nível para auxiliar a colocação da bússola no plano horizontal).



### Medir a inclinação

- 1 – coloca-se a bússola no plano que contém a linha de maior inclinação do plano, que é perpendicular à direcção do plano;
- 2 – regista-se o valor;
- 3 – colocando a bússola na horizontal, regista-se o quadrante para o qual o plano mergulha.

NOTA: como referido anteriormente, o valor da inclinação varia entre 0° e 90°.

Neste sistema tradicional, a atitude de um plano é registada da seguinte forma: a direcção do plano (em quadrante ou em azimutal), seguida do valor da inclinação e do quadrante do rumo do mergulho. Os dois valores devem ser separados por uma vírgula ou ponto e vírgula.

Exemplos: N40°E, 55° NW

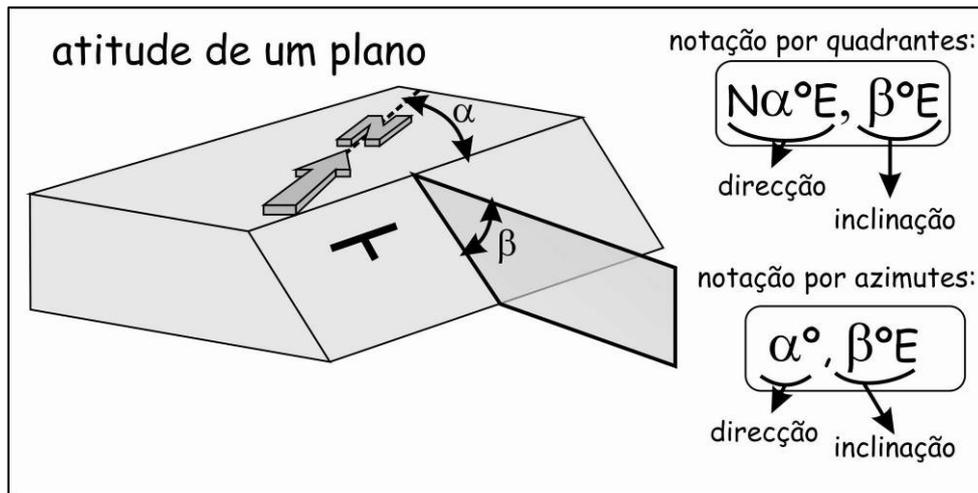
S30°W, 40°SE

Quadrantes

40°, 55°NW

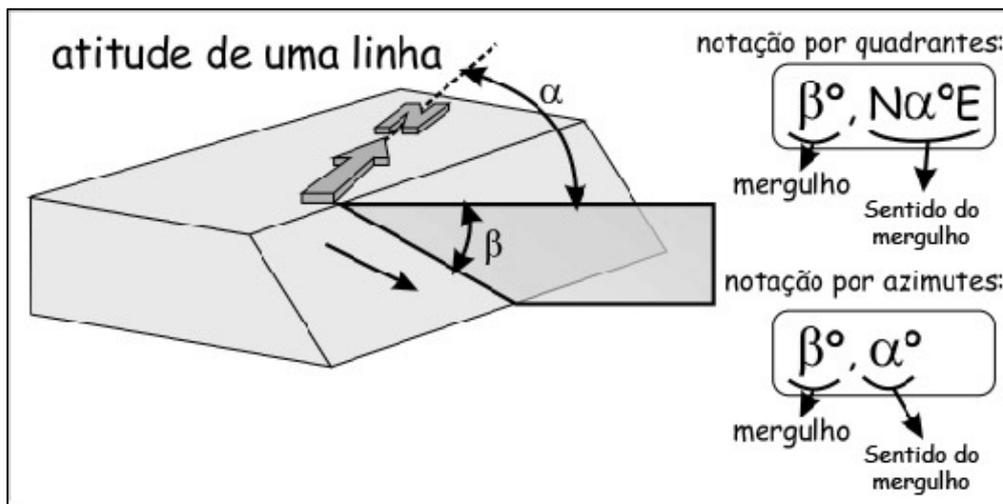
210°, 40°SE

Azimutes



**Fig. 3** – Esquema representativo dos parâmetros da atitude de um plano e notações (quadrantes e azimutes).

A atitude de uma linha incorpora dois termos, mergulho e sentido do mergulho. Neste caso o registo no livro de campo é diferente, ou seja, no caso das atitudes de planos a direcção destes vem descrita em primeiro lugar em relação à inclinação (exemplo: 40°, 55°NW em azimutes), no caso das linhas o valor do mergulho surge em primeiro lugar seguido do valor do sentido do mergulho (exemplo: 30°, 68° em azimutes) (Fig. 4):



**Fig. 4** – Esquema representativo dos parâmetros da atitude de uma linha e notações (quadrantes e azimutes).



No caso de estruturas lineares, o valor do sentido de mergulho corresponde ao sentido exacto para onde a linha mergulha, como demonstra a figura anterior, e não o valor correspondente a uma direcção. A título de exemplo uma camada tem uma direcção N-S, contudo uma linha ou mergulha para Norte ou para Sul.

## Anexo V – Tabela Cronostratigráfica simplificada

Éon	Era	Idade M.a.*	Era	Sistema	Idade M.a.*	
Fanerozóico	Cenozóico	542	Cenozóico	Quaternário	2,6	
	Mesozóico			Terciário		Neogénico
	Paleozóico					Paleogénico
Pré-Câmbrico	Proterozóico	2500	Mesozóico	Cretácico	65,5	
				Jurássico	146	
				Triássico	200	
				Pérmico	251	
				Carbónico	299	
	Hádiano	Arcaico	4000	Paleozóico	Devónico	359
					Silúrico	416
					Ordovícico	444
					Câmbrico	488
						~4600

\* Milhões de anos  
Valores arredondados à unidade, tendo em conta o valor do erro  
Adaptado de International Stratigraphic Chart (2009)