

A fotografia é de um afloramento e uma pequena baía perto da praia do Telheiro junto a Sagres; é sem dúvida o afloramento mais conhecido de Portugal, sendo famoso mesmo a nível internacional. As rochas da série inferior são uma alternância de ardósias e de grauvaques do Carbonífero; as da série superior são arenitos continentais do Triásico.

Faz o esquema do afloramento realçando os aspectos com interesse geológico e conta a história geológica da região a partir dos dados que observas na imagem.

1. TELHEIRO (1)

A altura da arriba é de cerca de 40 metros



NNE

SSW

CCV Estremoz resolve:

Não foi por acaso que o primeiro exercício é sobre o afloramento da praia do Telheiro. Para além de, como se disse, ser sem dúvida o afloramento mais famoso de Portugal, a sua riqueza em termos de informação geológica permite-nos exemplificar uma série de técnicas básicas em geologia de campo. Além do mais, a sua história geológica é bastante variada permitindo-nos abordar uma série de conceitos geológicos importantes.

Porque fazer esquemas?

Quando um geólogo no campo se depara com um afloramento variado como este, necessita de registar no livro de campo o que está a ver para mais tarde poder ter acesso às observações de campo e elaborar os seus modelos. Por isso, os registos que faz devem ser os mais completos possíveis para evitar, sempre que possível, ter que voltar ao afloramento. De salientar que este "voltar ao afloramento" nem sempre é fácil ou mesmo possível... além de que implica custos. Por exemplo, este afloramento só pode ser visitado na maré-baixa depois de um percurso demorado a pé e com alguma dificuldade e... se nos distrairmos e ficarmos tempo de mais... só saímos de lá na maré baixa seguinte...

Em situações como a deste exercício, é inevitável que seja feito um esquema do afloramento, pois as palavras muito dificilmente conseguiriam transmitir a sua complexidade. Evidentemente que a facilidade com que actualmente se podem tirar fotografias digitais, torna possível registar uma imagem do afloramento mas, estas dificilmente substituem um esquema geológico. Com efeito, os esquemas geológicos permitem realçar alguns aspectos particularmente importantes ou sobrepor anotações.

Algumas regras básicas...

Como vamos ver existem diversas maneiras de fazer esquemas geológicos dos afloramentos e nem é preciso ter dotes artísticos para conseguir fazer um bom esquema geológico. Mas, existem algumas regras básicas que nunca podem ser esquecidas em qualquer esquema.

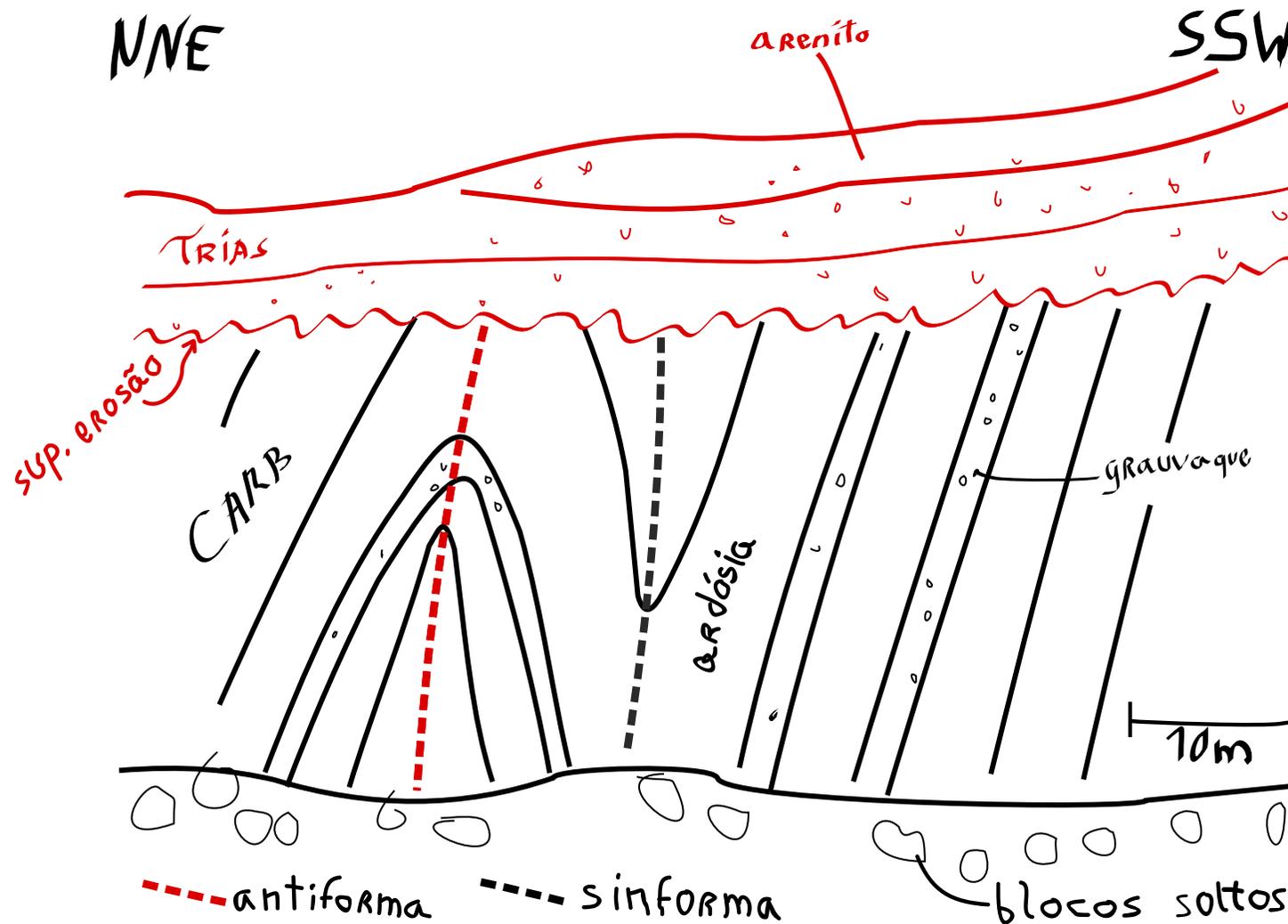
Em primeiro lugar os esquemas geológicos têm que ser autosuficientes. Isto significa que qualquer pessoa tem de conseguir perceber o que está representado sem necessidade de fazer perguntas suplementares. Nunca se deve pensar que os esquemas de campo são pessoais e por isso podemos simplificar pois facilmente nos lembramos do que vimos. Embora a nossa memória seja normalmente boa... se formos olhar para o tínhamos desenhado 15 anos antes, podemos estar certos que vamos ter dificuldade em nos lembrar de todos os detalhes.

Para além disso, todos os esquemas geológicos **têm de ter** escala e orientação...

Estamos agora em condições de começar a representar o afloramento do Telheiro.

Os cortes geológicos...

Começemos por um esquema simples e rápido de fazer no campo no qual se marcaram os aspectos essenciais:



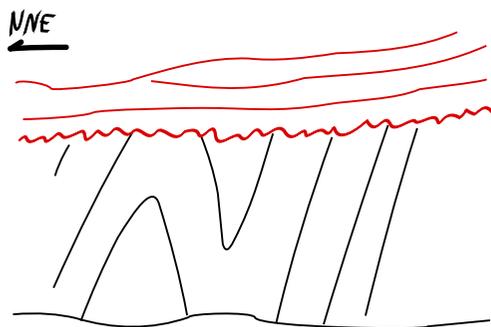
Repare-se que no esquema anterior se marcaram os aspectos geológicos mais relevantes mas houve alguma liberdade em não representar "exactamente" o que lá estava. Por exemplo, as espessuras das camadas e a sua constituição foram representadas de um modo muito aproximado. Com efeito, a sequência inferior é uma alternância monótona de grauvaques e ardósias e, apenas se indicou algumas camadas de grauvaque mais importantes e, mesmo nessas as espessuras são muito aproximadas. No que diz respeito às ardósias apenas se fizeram alguns traços para ajudar a definir a estrutura. Evidentemente, que se este esquema se destinasse a um estudo de pormenor da sequência estratigráfica ele não servia e seria necessário algo muito mais detalhado... nessa situação seria inevitável utilizar uma fita métrica para medir todas as camadas que seriam depois descritas e representadas individualmente, recorrendo a esquemas de pormenor.

Quanto à **escala**, utilizou-se uma escala gráfica bastando para isso graduar-se uma barra com o valor aproximado em metros (mas, consoante o esquema, podiam ser centímetros... decímetros... ou quilómetros...). Este valor é aproximado e, baseou-se na informação de que a altura da arriba era de 40 metros.

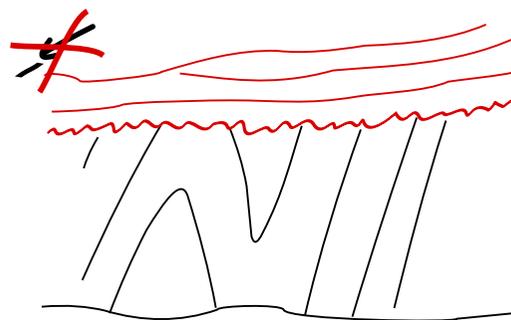
Também no que diz respeito à escala, o maior ou menor rigor que utilizamos depende do objectivo do trabalho. Para quase todas as situações basta uma escala aproximada... se for preciso um levantamento de pormenor então teremos que utilizar uma fita métrica mas... os geólogos de campo não costumam andar com uma fita métrica na mochila...

No que diz respeito à **orientação**, como se trata de um esquema de uma arriba vertical utilizou-se a mesma técnica que já tinha sido utilizada na fotografia, ou seja, marcaram-se os pontos "cardeais" (na realidade neste caso foram os pontos intermédios) de cada extremo do esquema.

Também poderíamos ter utilizado uma seta com apenas um dos pontos intermédios:



Mas caso se utilize uma seta para a orientação **NUNCA** utilizar uma seta para apontar o Norte como se faz nos mapas pois não faz sentido:



Todos os pontos cardeais existem num plano horizontal, isto é, paralelo à superfície da Terra e, neste caso a seta estaria a apontar para o chão.

No esquema do afloramento realizado, marcaram-se algumas coisas que não se vêem e são interpretações, como por exemplo os planos axiais das dobras ou uma simbologia especial para a superfície de discordância que separa a série inferior da superior.

O poder-se marcar coisas que não são visíveis no afloramento mas que o geólogo está a interpretar é uma das enormes vantagens dos esquemas geológicos sobre as fotografias.

No entanto, deve haver o enorme cuidado de **NUNCA MISTURAR** o que se vê com interpretações.

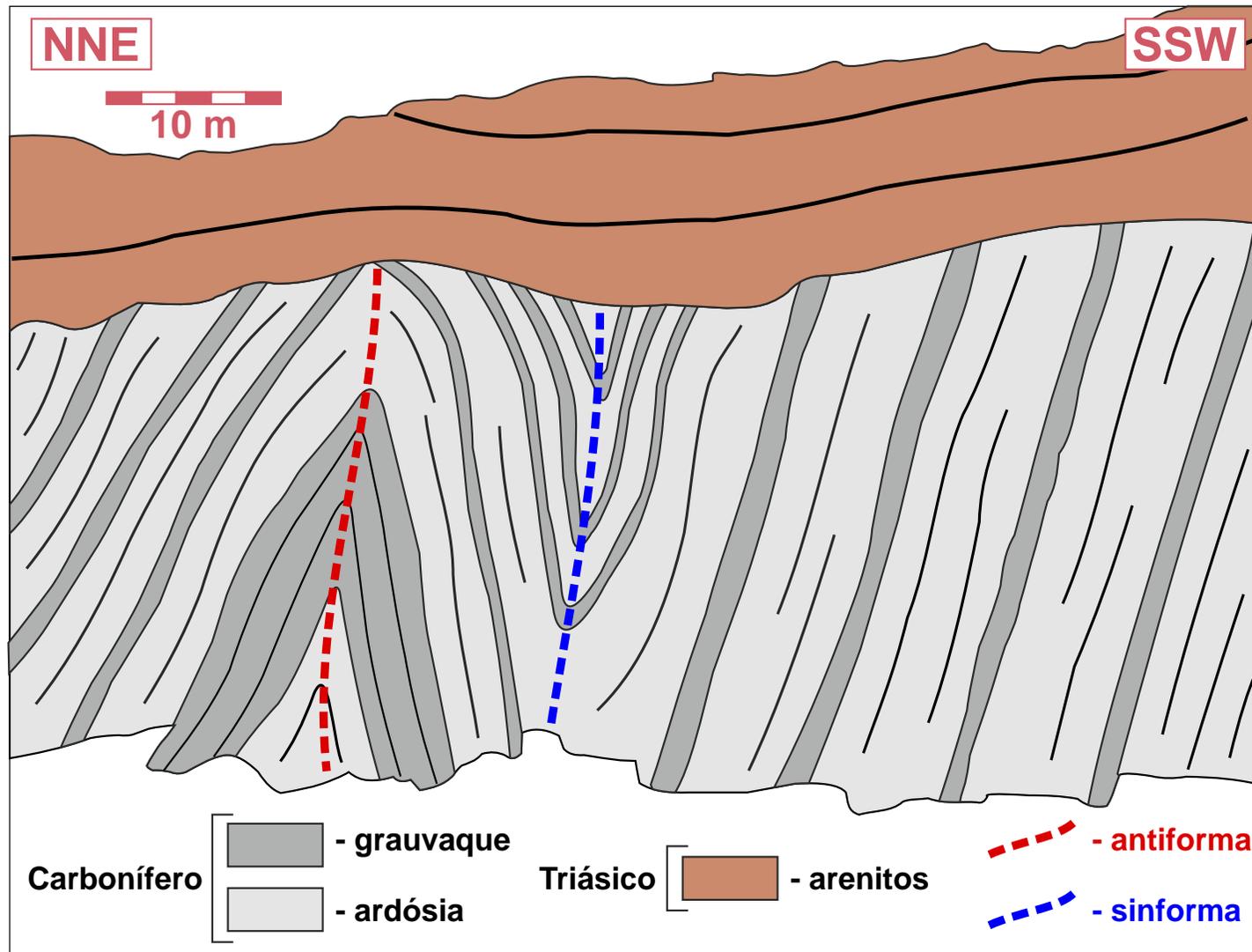
As interpretações dependem da experiência de cada um e... por isso, muitas vezes variam ao longo do tempo com a evolução natural dos conhecimentos do geólogo. Os esquemas devem ser intemporais. Logo, quem olhar para um esquema tem que ser capaz de distinguir o que realmente se vê no campo do que foi interpretado, ou seja, de separar os factos dos modelos interpretativos.

No que diz respeito à **legenda** neste caso optou-se por fazer algo misto, pois nuns casos escreveu-se directamente em cima do esquema (por exemplo grauvaque ou Trias - para Triásico) e noutros optou-se por utilizar no desenho uma simbologia e depois à parte para não sobrecarregar o desenho, explicar o que representa a simbologia (foi esta a técnica utilizada para indicar o tipo de dobras). Nos esquemas de campo isto é frequentemente feito, embora nos esquemas que depois publicamos normalmente evita-se escrever em cima do desenho (a não ser símbolos) e a informação é colocada à parte como se fez com as dobras.

O esquema de campo anterior foi feito a duas cores o que facilita bastante a sua realização, isto mostra que é útil levar para o campo alguns lápis ou canetas de cores.

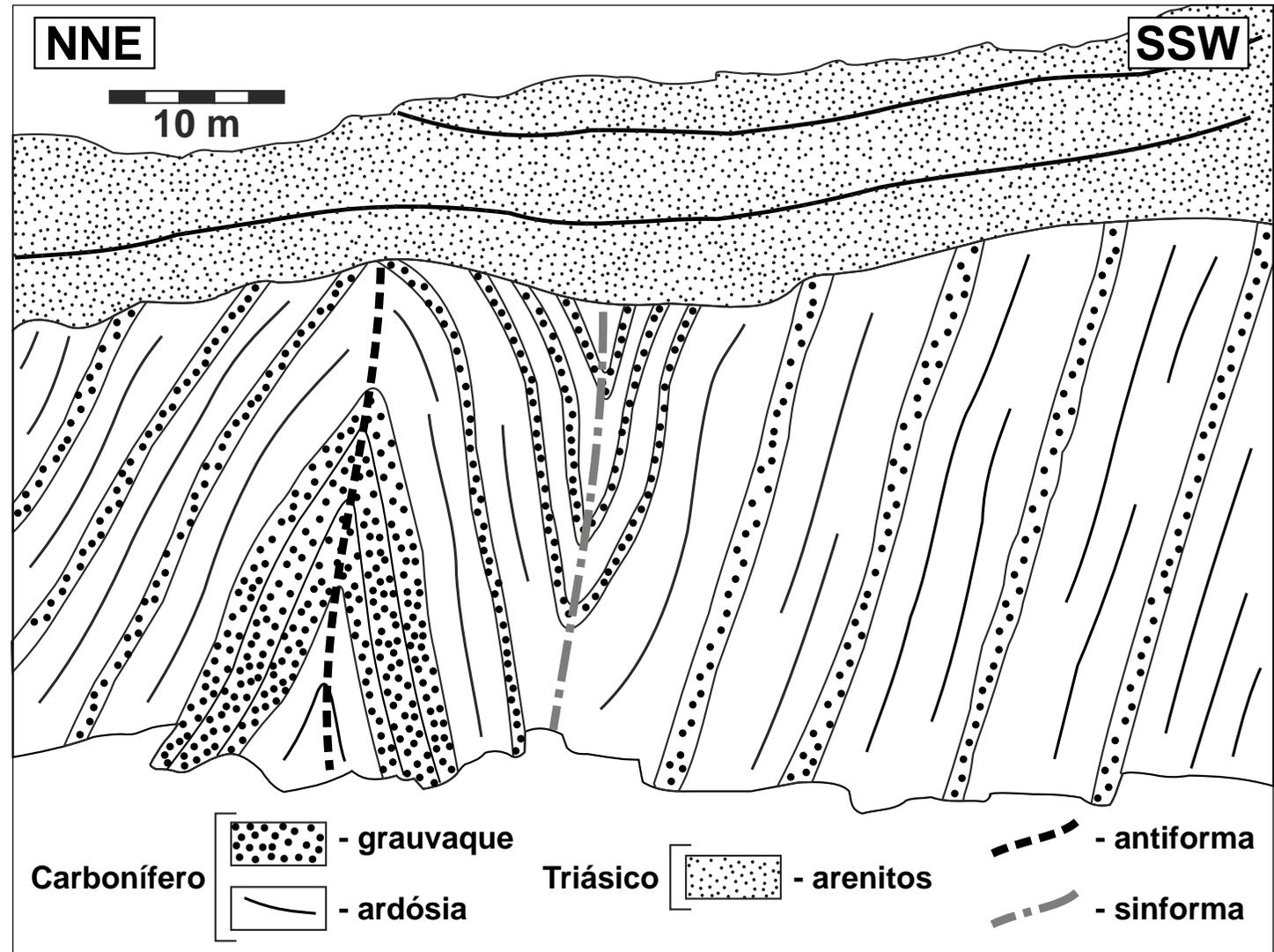
Posteriormente os esquemas de campo podem ser passados a limpo no gabinete, utilizando as vantagens dos programas de desenho.

Um das maneiras de o fazer é utilizando cores para representar as diferentes unidades geológicas/litologias/estruturas existentes:

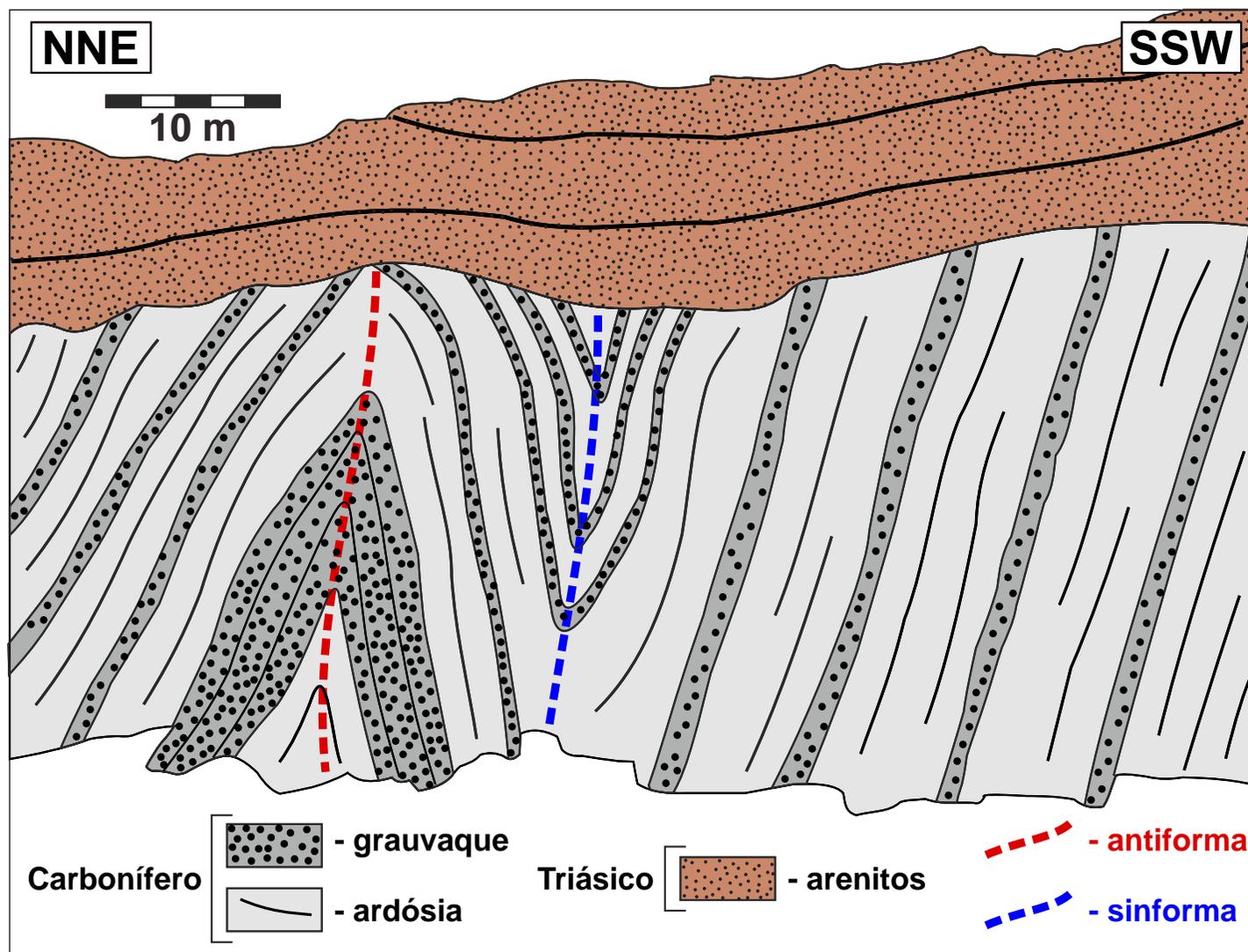


Os esquemas a cores são muito bonitos mas têm a desvantagem da sua reprodução ser mais cara. Além disso, antigamente as revistas só publicavam esquemas a preto e branco e, mesmo hoje a maior parte delas podem publicar esquemas a cores mas mediante pagamento. Por isso, frequentemente os esquemas são feitos utilizando tramas para identificar as diferentes unidades.

Mais uma vez se chama a atenção que, quer se utilizem cores ou tramas, a informação geológica (que é o que interessa) é exactamente a mesma... é só uma questão de estética e...



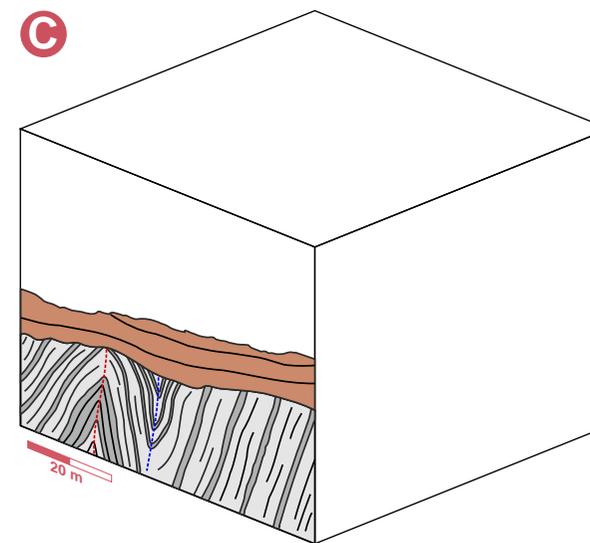
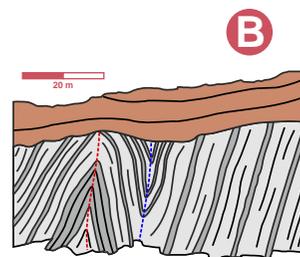
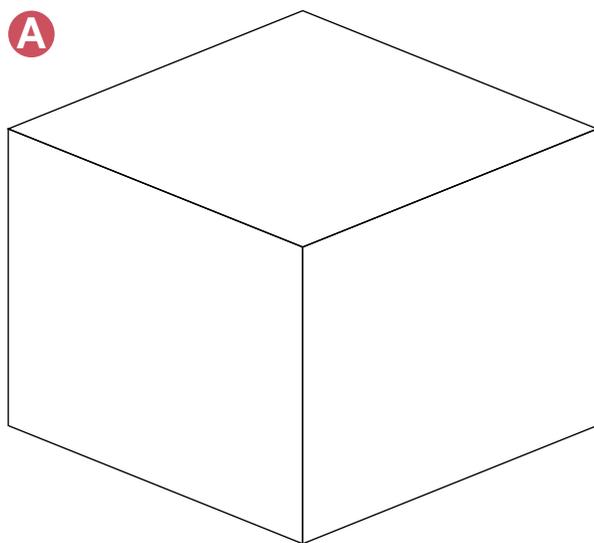
... por falar de estética... nada impede de se utilizarem cores e tramas...



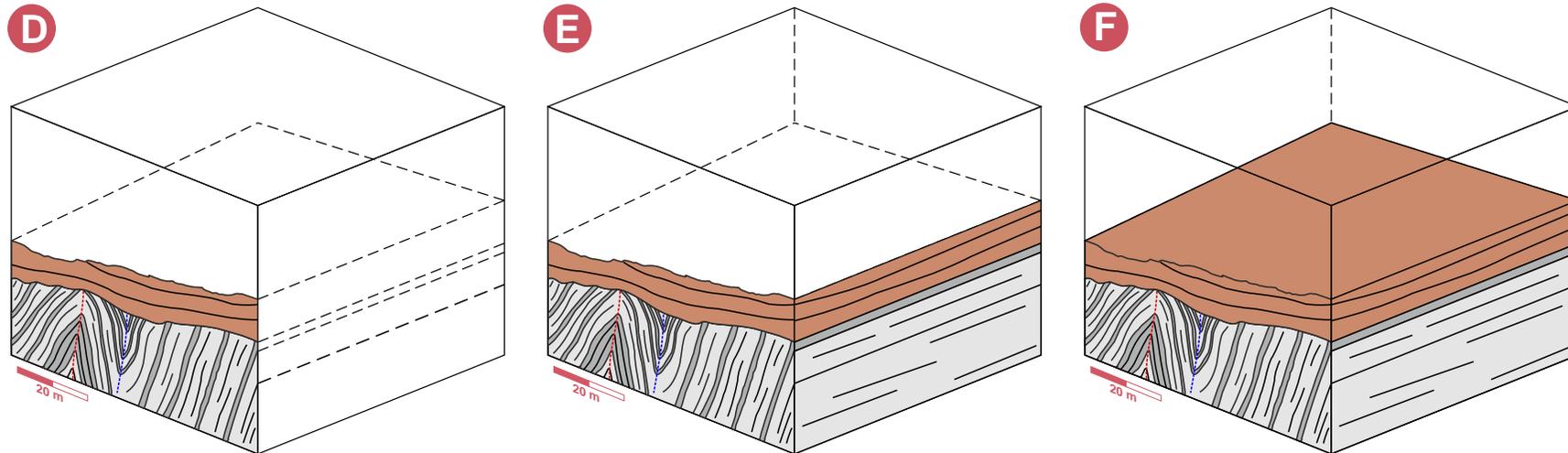
Os blocos diagramas 3D...

Evidentemente que os cortes geológicos são muito mais simples de fazer que blocos diagrama e, na generalidade das situações que observamos no campo servem perfeitamente para representar o que se vê. Este é o caso do afloramento do Telheiro em que, como os eixos das dobras são subhorizontais (em geologia utilizamos frequentemente o prefixo sub, em subhorizontal ou subvertical, para dizer que está muito próximo da horizontal ou da vertical) e a série superior também o está, a 3ª dimensão não acrescenta nada ao que observamos. No entanto, vamos utilizar este primeiro exercício para exemplificar como é simples a realização de blocos diagrama.

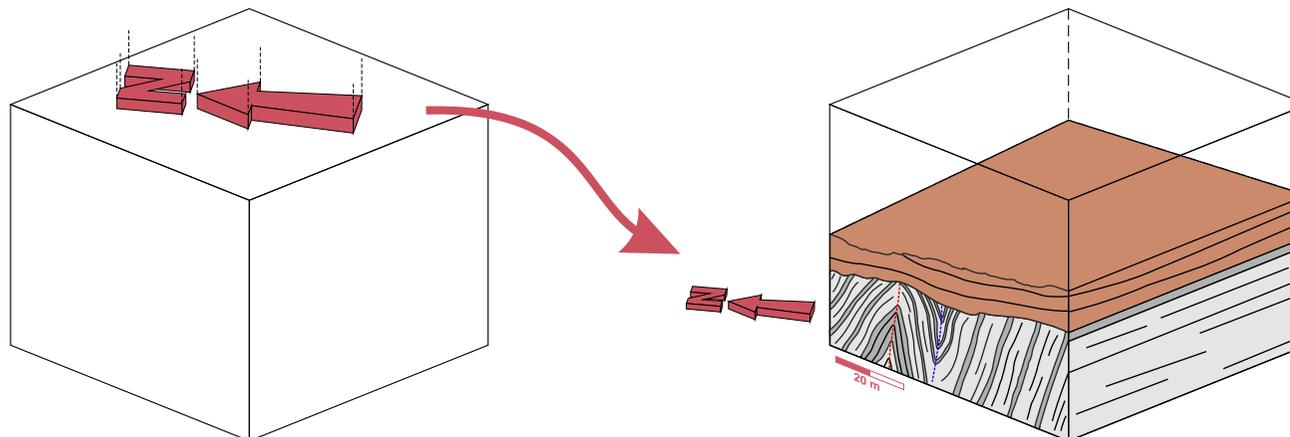
Na realidade fazer um bloco diagrama corresponde essencialmente em representar o que se vê nas três faces de um cubo. Por isso, para fazer um bloco diagrama do afloramento do Telheiro começamos por desenhar um cubo em perspectiva; o rigor da perspectiva vai depender de estarmos a utilizar ou não pontos de fuga mas, isso não vai afectar substancialmente o resultado final. Para não complicar vamos desenhar um cubo sem pontos de fuga **(A)**. Depois agarramos no corte efectuado **(B)** e adaptamos o mesmo a uma das faces verticais do cubo **(C)**.



Em seguida na outra face vertical traçamos linhas guia horizontais (pois tanto a série superior como os eixos da série inferior são horizontais) passando pelos limites das unidades existentes no corte **(D)**. Utilizando estas linhas como auxiliar, extrapolamos para a face vertical perpendicular ao corte as unidades geológicas **(E)**. Depois, falta apenas marcar a face superior utilizando a informação das duas faces verticais e adaptando-a à face superior do cubo **(F)**.

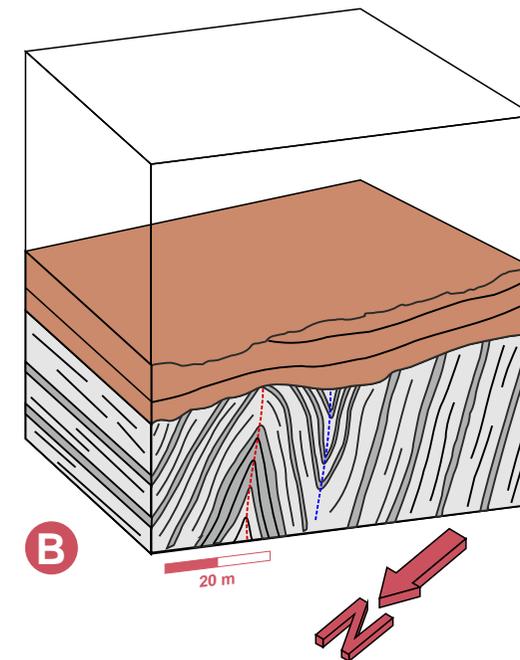
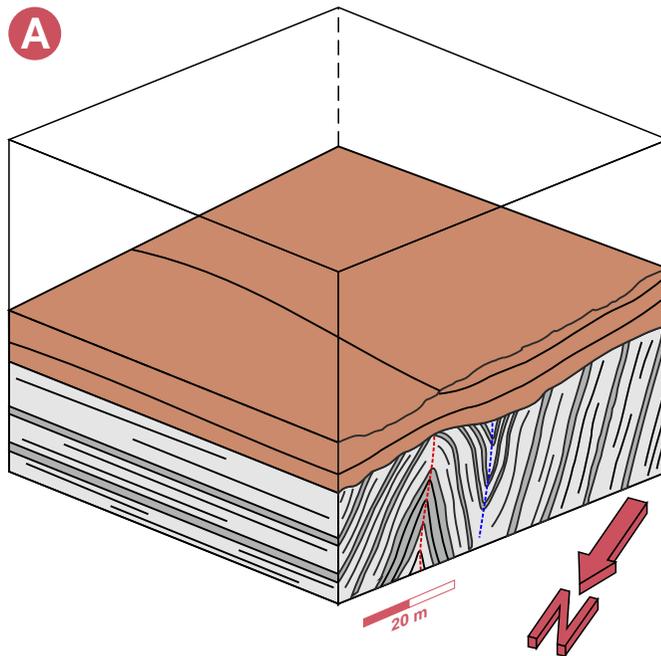


Neste momento falta-nos apenas marcar a orientação do bloco diagrama e, embora fosse possível utilizar pontos cardeais nas faces verticais, fica melhor desenhar uma seta **3D** na face horizontal utilizando o mesmo truque do cubo 3D como auxiliar. Começamos por desenhar apenas a parte superior da seta com a orientação pretendida na face superior do cubo e depois extrapolamos para fora dessa face utilizando essencialmente linhas verticais de apoio.



A face vertical na qual se escolhe colocar o corte é irrelevante e vai depender do que for mais vantajoso em termos de representação da estrutura tridimensional. Só em termos de exemplo, podemos facilmente desenhar um bloco diagrama da estrutura do Telheiro rodado 90°, bastando para isso desenhar o corte na outra face vertical **(A)**.

Por outro lado, embora até agora tenhamos desenhado os blocos diagramas dando igual importância às duas faces verticais, isso não é necessário e podemos desenhar os blocos diagramas partindo de cubos com qualquer orientação... A escolha depende apenas de qual a, ou as faces, a que queremos dar relevo... o bloco da figura **(B)** é apenas um exemplo.



História Geológica

Para começar a contar a história geológica de uma região como esta convém começar por enumerar os aspectos principais.

- Existem duas sequências distintas. A série inferior é constituída por uma alternância de ardósias e grauvaques e a superior por arenitos. Vários elementos indicam a relação temporal entre as duas séries. Em primeiro lugar, é-nos dada a idade das séries. A inferior é do Carbonífero (isto é, um dos períodos mais recentes do Paleozóico Superior) e a superior é do Triásico (isto é, o primeiro período do Mesozóico). Para além disso, a primeira camada do Triásico trunca as camadas do Carbonífero o que, pelo **princípio da intersecção**, significa que é mais recente. Um outro aspecto que sugere que a série inferior é mais antiga, é ela ser formada por rochas metamórficas de baixo grau (*i.e.* as ardósias), enquanto que a superior é formada por rochas sedimentares. Para além disso, a série inferior está dobrada e estas dobras não afectam a série superior que está subhorizontal, ou seja, na posição em que se depositou de acordo com o **princípio da horizontalidade original**.
- Como as camadas das duas séries não são paralelas falamos na existência de uma **discordância angular**.
- Como não sabemos a polaridade das camadas da série inferior, apenas podemos dizer que existe um antiforma e um sinforma, não podendo falar em anticlinais e sinclinais.

Neste momento estamos em condições de contar a história geológica que esteve na origem da estrutura que agora observamos.

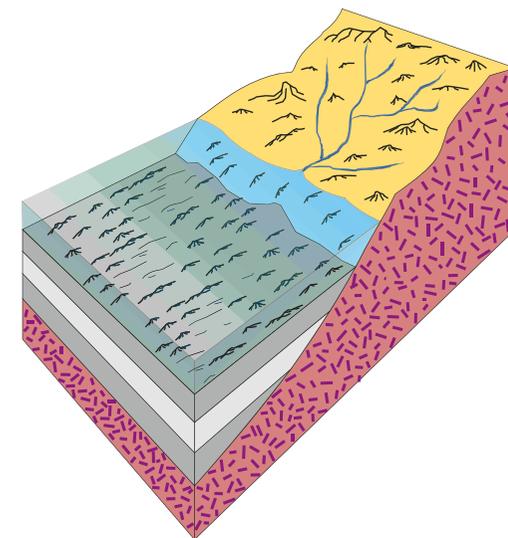
A existência de uma sucessão de ardósias intercaladas com camadas de grauvaques indica um ambiente de sedimentação muito particular.

Com efeito, as ardósias derivam de argilitos, ou seja, de sedimentos muito finos depositados em ambiente de muita baixa energia (são extremamente frequentes em ambientes marinhos longe do litoral), enquanto os grauvaques são arenitos impuros associados a ambientes de mais alta energia. Por isto, a transição entre ardósias e grauvaques sugere a existência de variações acentuadas da energia do meio de deposição.

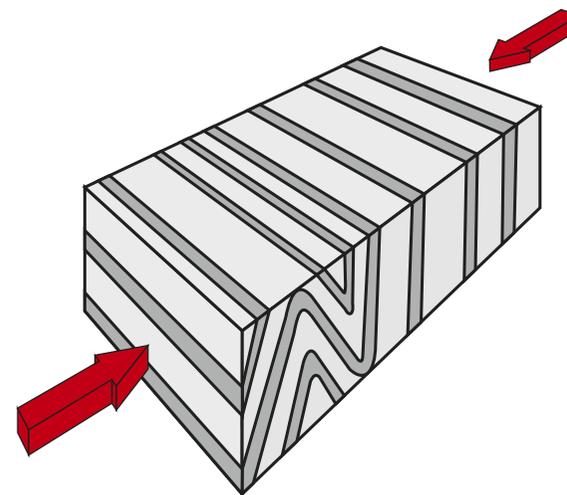
A repetição destas transições bruscas de energia ao longo de toda a sucessão do Carbonífero, indica uma situação muito particular de sedimentação que é típica das zonas de talude e a que chamados sequências **turbidíticas**, falando-se muitas vezes em fácies do tipo *flysch*.

Nestas sequências os materiais finos correspondem à sedimentação lenta típica da deposição marinha em águas calmas distantes da zona litoral, enquanto a sedimentação mais grosseira dos grauvaques representa a sedimentação muito rápida associada a depósitos de avalanches que caem pelo talude.

Isto indica que os materiais que constituem o Carbonífero são sedimentos marinhos depositados numa zona de talude continental.



Posteriormente, terá havido um episódio compressivo que provocou o dobramento da sequência de argilitos e de grauvaques dando origem ao antiforma e sinforma visível na imagem.

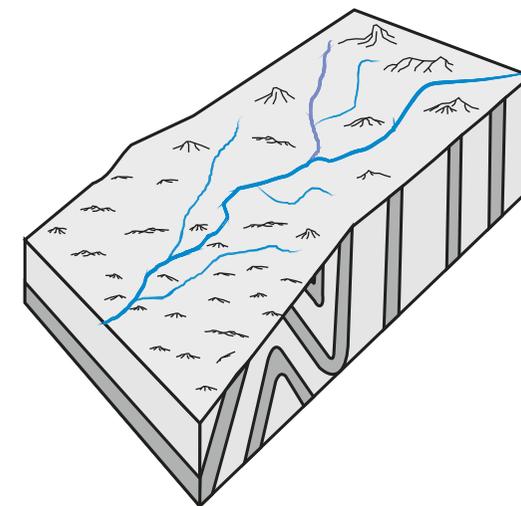


Como estes materiais estão afectados por um metamorfismo de baixo grau que transformou os argilitos em ardósias (e provavelmente os grauvaques em metagrauvaques) e este metamorfismo não afecta a sequência superior do Triásico, é provável que este episódio metamórfico seja contemporâneo do dobramento.

Com efeito, o metamorfismo ocorre muitas vezes associado ao espessamento induzido pelos processos orogénicos, que são também responsáveis pela formação de dobras.

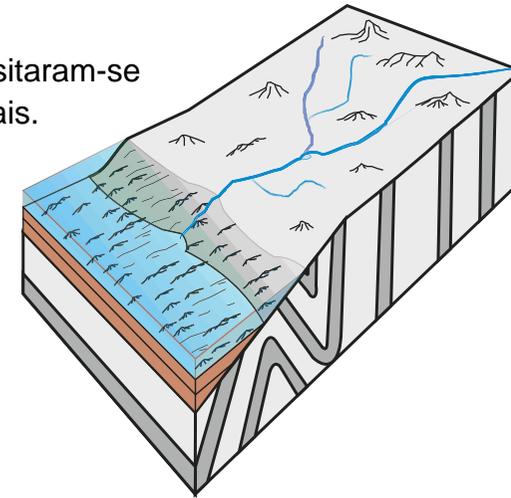
Em seguida, houve uma fase erosiva importante que provocou a génese da superfície erosiva subhorizontal que trunca as camadas do Carbonífero. Como os processos de sedimentação predominam nos ambientes marinhos e os erosivos nos continentais, teve que haver uma transição do ambiente marinho que existiu no Carbonífero para o continental onde ocorreu a erosão. O mais lógico é admitir que o espessamento induzido pelo dobramento (pois o encurtamento das camadas na horizontal está quase sempre associado a uma expansão na vertical), levou a que os materiais saíssem fora de água (este é o processo principal responsável pela formação de cadeias de montanhas).

Uma vez fora de água, os materiais rochosos começam a sofrer a acção eficiente do processo erosivo, que vai desgastando as camadas e provocando a sua truncatura.



A idade deste processo erosivo teve que ser posterior ao Carbonífero (pois as camadas dessa idade estão truncadas) e anterior ao Triásico cujas camadas se depositaram sobre a superfície erosiva. Assim sendo, esta fase erosiva pode ter ocorrido no Carbonífero superior (posteriormente às camadas mais recentes, que existam, deste período), no Pérmico ou no Triásico (desde que seja antes das camadas mais antigas, deste período, que se possam encontrar).

Posteriormente terá havido um episódio transgressivo, pois os arenitos do Triásico depositaram-se em ambientes litorais de alta energia, possivelmente na dependência de ambientes fluviais.



Finalmente terá havido um processo regressivo responsável pela descida do nível do mar, que possibilitou a erosão de todo o conjunto fazendo aflorar à superfície a magnífica estrutura que conseguimos observar actualmente no extremo SW de Portugal, um pouco a Norte do Cabo de S. Vicente.

Embora os esquemas utilizados para ilustrar a história geológica sejam blocos diagramas, isto não é necessário e, podiam ter sido utilizados cortes geológicos esquemáticos sem que se tivesse perdido informação:

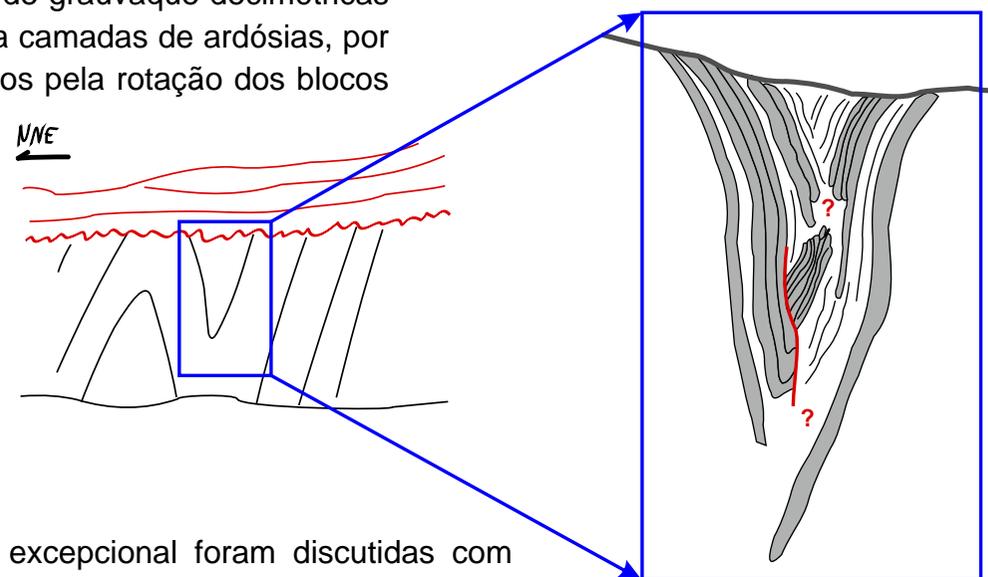


Mas...

Se a descrição e a história geológica anterior reflectem os principais eventos que afectaram a região, evidentemente que quando começamos a olhar com mais cuidado podemos sempre ver novos pormenores que nos levam a detalhar os processos geológicos que estiveram activos.

Estes pormenores dependem da formação e experiência de quem olha para os afloramentos; um especialista em geologia estrutural não vai ver as mesmas coisas que um estratígrafo... um paleontólogo.... um sedimentologista... ou um petrólogo... Embora não seja objectivo destes exercícios entrar em grandes pormenores, não resistimos a chamar atenção para um destes pequenos detalhes. Na descrição que fizemos anteriormente da estrutura, chamou-se a atenção para a existência de um antiforma e de um sinforma mas, se olharmos com mais atenção para a charneira do sinforma verificamos que o dobramento apresenta vários problemas de desarmonias com falhas paralelas a algumas camadas a provocar a truncatura de camadas.

O facto destas anomalias de dobramento só acontecerem na zona de charneira, sugere que estas complicações resultam de problemas de espaço em virtude das camadas de grauvaque decimétricas serem pouco plásticas e sofrerem algum comportamento frágil, enquanto a camadas de ardósias, por serem mais plásticas, se adaptam melhor, preenchendo os espaços criados pela rotação dos blocos das camadas grauvaçóides mais competentes.



As implicações geodinâmicas (e até históricas) deste afloramento excepcional foram discutidas com pormenor no primeiro volume da trilogia Portugal de Antes da História (Da Dinâmica Global aos Processos Geológicos) da autoria de Rui Dias, editado em 2019 pelo Centro Ciência Viva de Estremoz.

Mais informações em: <https://ccvestremoz.wixsite.com/portugalanteshistori>