Todas as Ciências são estruturadas e evoluem essencialmente em torno de conceitos que, pela sua simplicidade, parecem óbvios. No entanto, frequentemente temos verificado que existe alguma confusão sobre estes conceitos. Com efeito, por parecerem tão óbvios, muitas vezes acabam por ser explicados de uma forma mais superficial, o que lhes retira a clareza.
Além disso, o que parecia óbvio, muitas vezes vai revelando uma complexidade não prevista; quantas vezes depois da explicação de um conceito tantas vezes repetido, uma dúvida de um aluno, ou até a utilização de uma frase ligeiramente diferente revela uma maior riqueza dos conceitos ligados às Ciências da Terra...

Conversas em torno da Terra é uma coleção de textos sobre os processos naturais que ocorrem no nosso planeta; escritos ao sabor das circunstâncias pretendem abordar o que... é óbvio... Embora tenhamos já planeado uma série de temas das próximas conversas estamos disponíveis para, na medida do possível, abordar temas que nos venham a ser sugeridos.
Apesar da sua simplicidade, estes pequenos textos talvez possam vir a ajudar a compreender melhor a maravilhosa diversidade da Natureza, contribuindo para desfazer alguns mal-entendidos e até erros que por vezes surgem em alguns manuais escolares.

Se pretender outro material didático, visite a página do Centro Ciência Viva de Estremoz em: www.ccvestremoz.com/ccvestremoz-recursos

Centro Ciência Viva de Estremoz
setembro de 2014

cofinanciamento
Centro Ciência Viva Estremoz · Universidade de Évora Escola de Ciências e Tecnologia · LIRIO Laboratório de Investigação de Rochas Industriais e Ornamentais · ICT Instituto de Ciências da Terra · ZOM-3D Modelos Metalogénicos 3D da Zona de Ossa Morena: valorização dos recursos minerais do Alentejo · Alentejo 2020 · Portugal 2020 · União Europeia FEEI

1 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...

O princípio da horizontalidade inicial das camadas, que corresponde à primeira das três leis fundamentais da estratigrafia estabelecidas por Nicholas Steno (1638-1686), afirma que os sedimentos depositados em água originam camadas horizontais (ou quase horizontais), devido à influência que a gravidade tem no processo de sedimentação. Por isso, quando observamos camadas subhorizontais (fig. 1A) tendemos a concluir que não existem evidências de ter ocorrido deformação após a sedimentação. Pelo mesmo motivo, quando observamos uma dobra (fig. 1B) podemos afirmar que a actuação de forças levou à distorção da forma original das camadas. Neste pequeno texto não iremos abordar nem a génese dessas forças, nem das dobras (talvez num próximo texto...), mas apenas os principais processos de classificação das dobras.

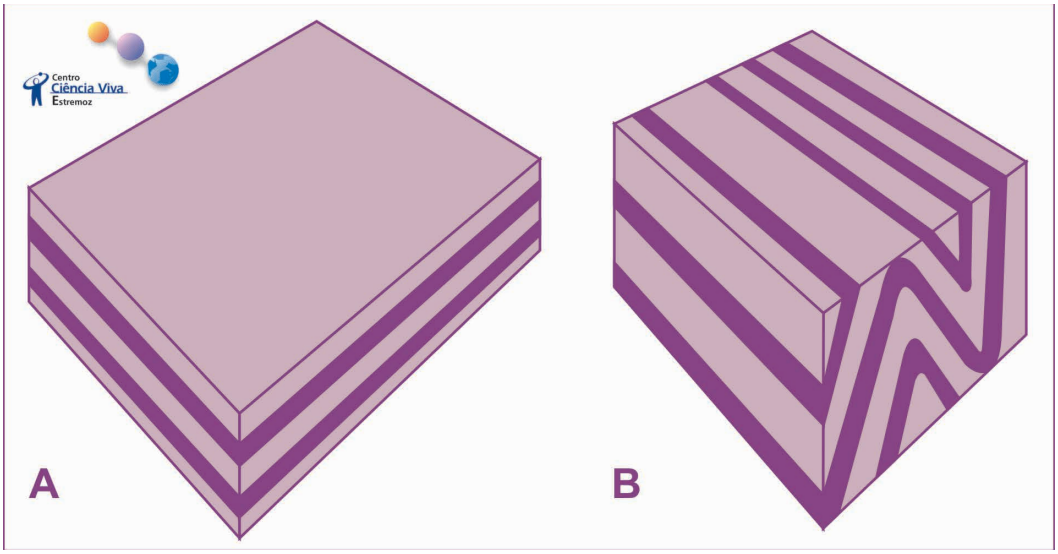


Figura 1- As dobras são o resultado da distorção de camadas originalmente horizontais:
A - Situação inicial;
B - Situação após a deformação.

// ANTIFORMAS & SINFORMAS

As placas litosféricas, de uma forma aproximada, podem ser consideradas como enormes corpos tabulares subparalelos à superfície topográfica e que se deslocam umas em relação às outras. Numa Terra esférica estes movimentos incluem quase sempre uma componente de aproximação ou de afastamento. A maioria das dobras são geradas pelos movimentos de aproximação entre as placas e surgem devido ao encurtamento que estes movimentos provocam. Como as forças compressivas induzidas pela convergência de placas tendem a ser subhorizontais e as camadas quando não estão deformadas também o são, o seu dobramento origina dobras cujas zonas de charneira também são horizontais.

cofinanciamento

2 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...

Podemos ter uma ideia do que se acabou de dizer com uma experiência muito simples... Se esticarmos um pedaço de tecido em cima de uma mesa horizontal, colocarmos as mãos nas suas extremidades e as aproximarmos, formam-se uma série de rugas (fig. 2); estas pregas do tecido não são mais do que dobras e, embora possa existir alguma ligeira ondulação das zonas de charneira, elas são predominantemente horizontais.

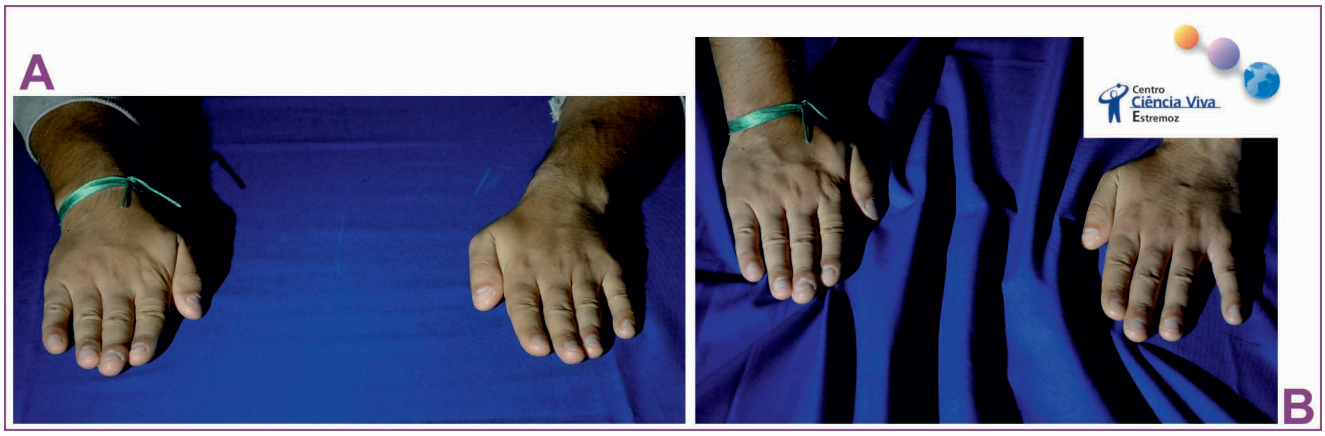


Figura 2 - Dobras em tecido provocadas pelo movimento horizontal de aproximação entre as suas extremidades:
A - Situação inicial;
B - Situação após aproximação das mãos o que provoca a deformação do tecido e a formação inevitável de rugas que não são mais do que antiformas e sinformas, com charneiras subhorizontais.

Pelo que se acabou de referir, é fácil de perceber que o dobramento de camadas sedimentares subhorizontais tende sempre a originar dobras cujos flancos convergem para cima ou para baixo (fig. 3); às primeiras chamamos antiformas e às segundas sinformas.

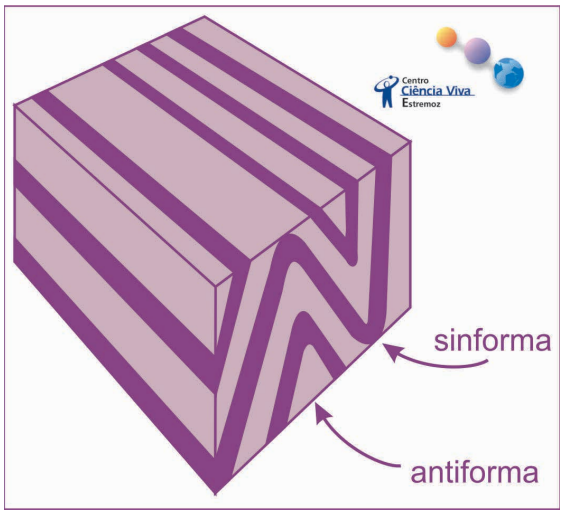
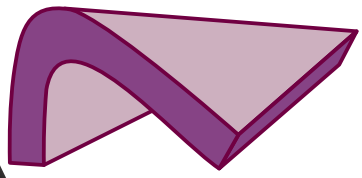


Figura 3- Sequência de dobras mostrando alternância entre antiformas e sinformas

cofinanciamento

3 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...



No entanto, por vezes a deformação é mais complexa e podem gerar-se dobras que não podem ser classificadas nem como antiformas nem como sinformas, sendo por vezes designadas como dobras neutras. Uma abordagem completa das possíveis complexidades que conduzem a estas situações ultrapassa os objectivos deste pequeno texto que apenas aborda os processos sistemáticos das dobras. Por isso, limitamo-nos a referir duas situações que conduzem a dobras que não podem ser classificadas em nenhum dos tipos abordados.

As dobras associadas à movimentação ao longo de cavalgamentos tendem por vezes a apresentar planos axiais que, devido à deformação associada a essa movimentação rodam tendendo a paralelizar-se com o plano de cavalgamento (fig. 4). Nesta situação as dobras podem apresentar planos axiais subhorizontais e charneiras também subhorizontais. Se os planos axiais estão próximos da horizontal, isto significa que os flancos da dobra não convergem nem para cima nem para baixo, mas sim para o lado; deste modo, estas dobras não podem ser classificadas nem como antiformas nem como sinformas, sendo classificadas como dobras deitadas.

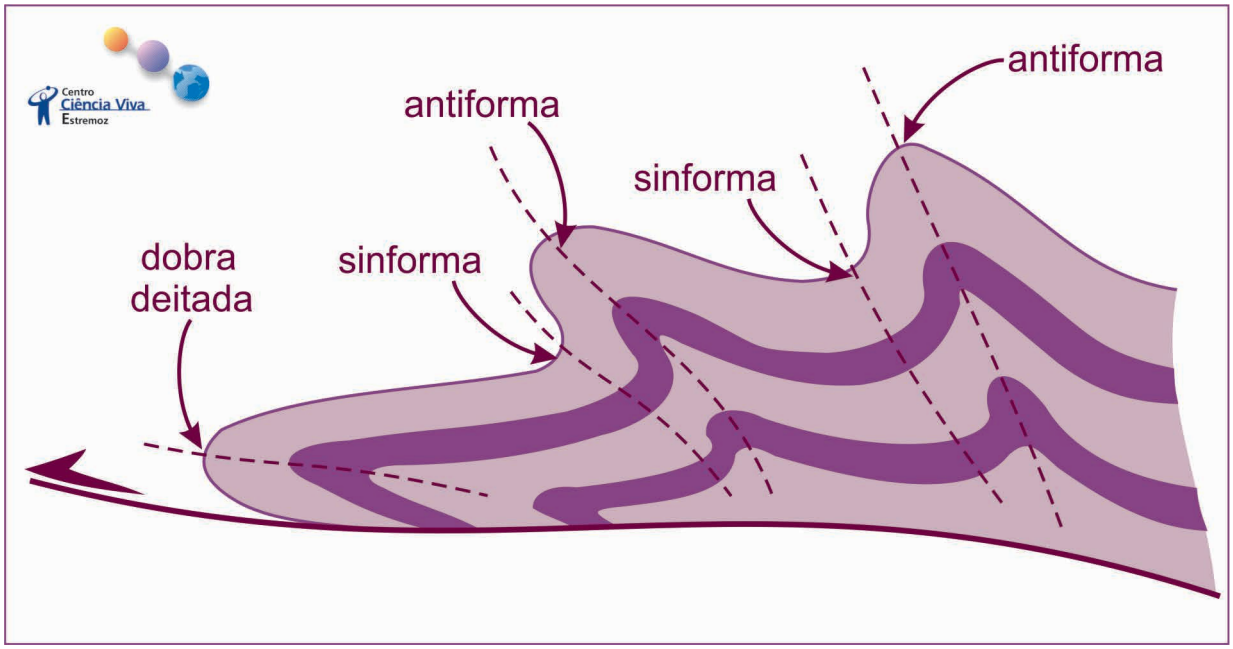


Figura 4- Possível relação geométrica entre dobras e cavalgamentos, coexistindo antiformas, sinformas e dobras deitadas

4 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...

Uma outra situação que gera também dobras que não seguem o esquema simplificado de classificação em antiformas e sinformas, resulta de uma sequência de camadas que já tinham sido deformadas anteriormente. Por exemplo, imaginemos uma região onde a atuação de uma primeira fase de deformação tenha originado dobras muito apertadas com flancos subverticais (fig. 5A). Se uma segunda fase de dobramento afectar esta região, embora a direção de encurtamento máximo possa continuar a ser subhorizontal, como as camadas já estavam verticais as dobras de segunda fase vão ter localmente planos axiais e charneiras verticais (fig. 5B); nestas últimas situações também aqui não faz sentido falar em antiformas e sinformas, pois os flancos não convergem nem para cima nem para baixo mas, sim para o lado.

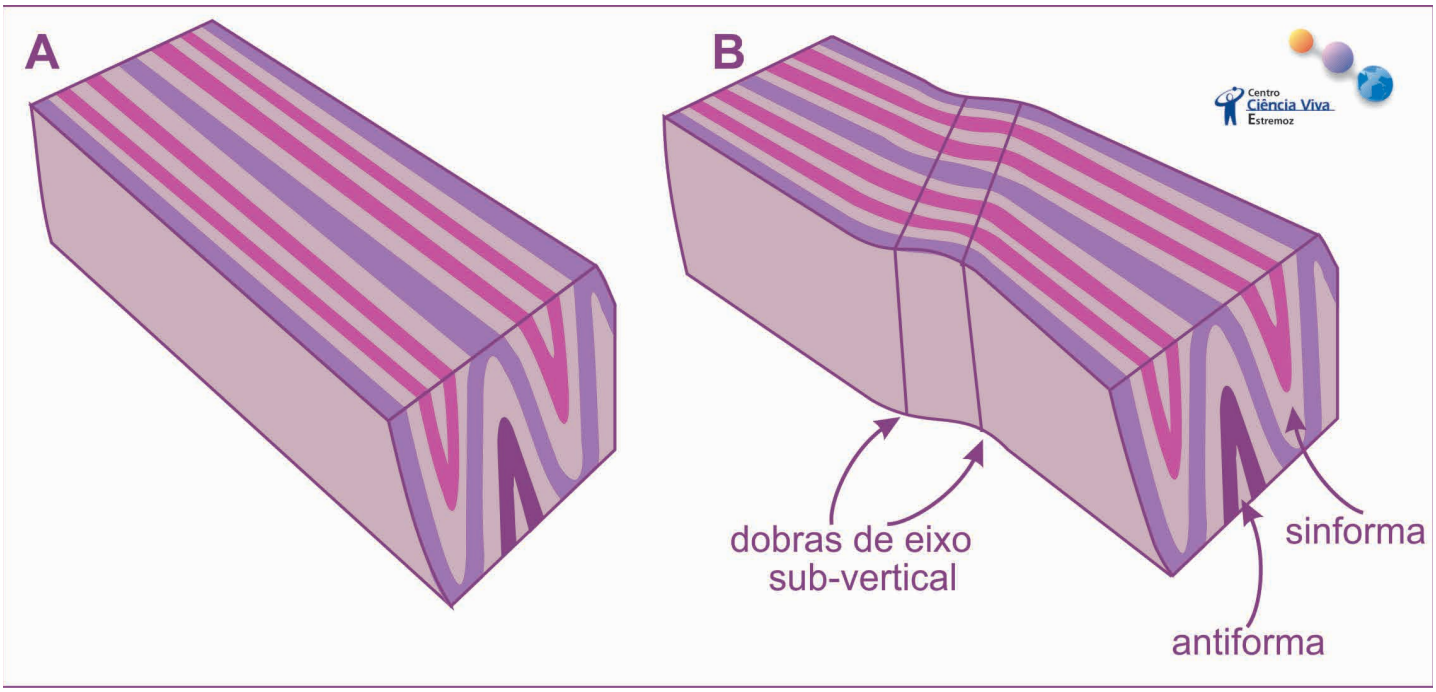


Figura 5- Exemplo de um padrão de dobramento complexo resultado da sobreposição de duas fases de dobramento:
A- Situação inicial;
B- Situação após a deformação, coexistindo antiformas, sinformas e dobras com charneiras verticais.

cofinanciamento

5 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...

//ANTICLINAIS & SINCLINAIS

A segunda lei de Steno, normalmente conhecida como princípio da sobreposição das camadas, afirma que numa sequência de camadas não deformadas as que estão por cima são mais recentes (fig. 6A). Quando esta sequência é dobrada, nos núcleos dos antiformas estão as camadas mais antigas e nos núcleos dos sinformas as mais recentes (fig. 6B). Esta relação de idades entre as camadas de uma dobra levou à proposta de uma sistemática que considera que as dobras que têm as camadas mais antigas no núcleo se chamam anticlinais e as que têm no núcleo as mais recentes se chamam sinclinais (fig. 6B).

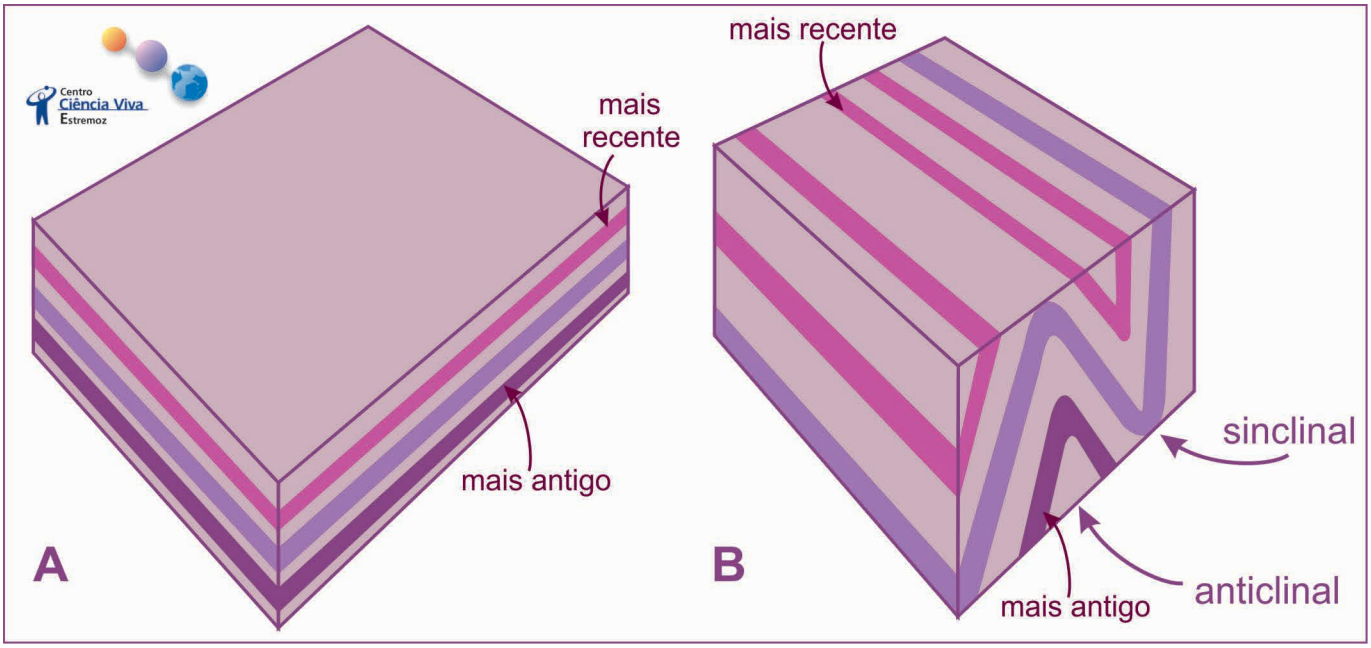
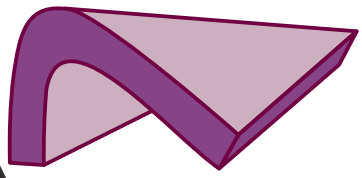


Figura 6- Relação de idades entre as várias camadas de dobras afectando uma sequência de camadas não deformadas anteriormente:
A- Situação inicial;
B- Situação após o dobramento.

Repare-se que os conceitos de antiformas e sinformas dizem apenas respeito à forma das dobras, enquanto os termos anticlinais e sinclinais são conceitos que apenas consideram a idade relativa das camadas. Por isso se não se conhecer a idade relativa entre as camadas de uma dobra não é possível classificar uma dobra como sendo anticlinal ou sinclinal. No entanto, por vezes a deformação de uma região é complexa o que se traduz por estruturas mais complicadas do que as representadas na figura 6B.

6 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...



Tal como já foi referido, neste curto texto não se pretende descrever e sistematizar a generalidade das situações resultantes de histórias de deformação complexas; no entanto, é possível exemplificar algumas implicações estas podem ter na sistemática das dobras.

Mais uma vez comecemos por considerar o caso de uma dobra deitada associada a um cavalgamento subhorizontal (fig. 7A), que por corresponder à primeira deformação da região são consideradas como estruturas de primeira fase (D1). Apesar de esta dobra não poder ser classificada nem como antiforma nem como sinforma (porque fecha para o lado) ela pode ser facilmente classificada como anticlinal pois as camadas mais antigas afloram no seu núcleo e neste caso conhece-se a idade relativa das camadas. Aliás, é importante salientar que, todas as dobras são sempre anticlinais ou sinclinais (não havendo situações "neutras"), e o máximo que pode acontecer é que não seja possível classificá-las como tal por desconhecimento dessas idades.

Se a estrutura anterior for de novo encurtada, pode ocorrer a formação de novas dobras (neste caso um antiforma), que podemos considerar de segunda fase (D2), que redobram as estruturas geradas durante a primeira fase de deformação (fig. 7B). Apesar da complexidade da estrutura final, esta situação não coloca qualquer problema do ponto de vista da classificação das dobras D1 como anticlinais ou sinclinais, visto que qualquer que sejam as rotações posteriores que venham a afectar um anticlinal (ou sinclinal) ele continuará a ser sempre anticlinal (ou sinclinal).

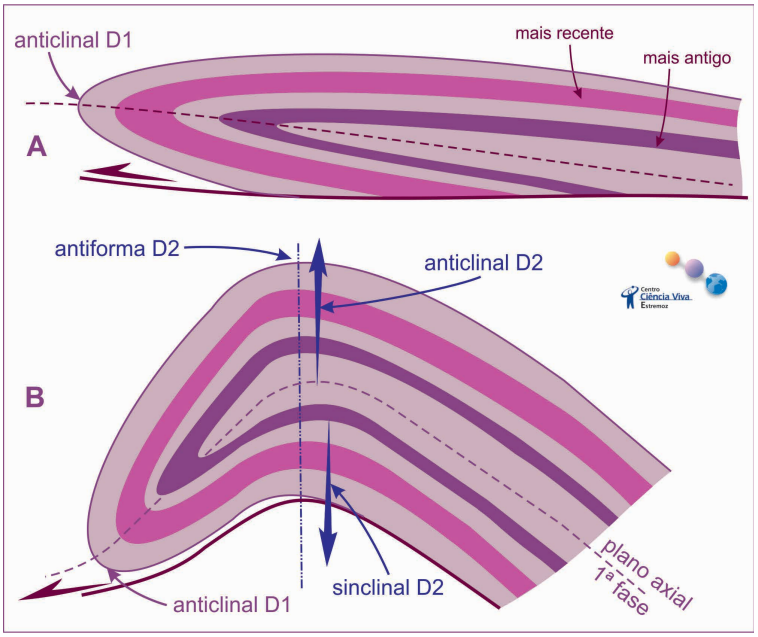
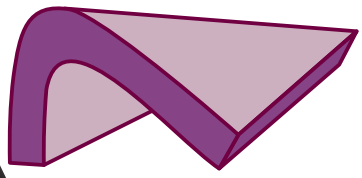


Figura 7- Exemplo de um padrão de dobramento complexo resultado da sobreposição de duas fases de dobramento:
A- Estruturas D1 resultantes da deformação de uma sequência horizontal de camadas;
B- Redobramento das estruturas D1 por um antiforma D2.

cofinanciamento

7 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...



Contudo, os efeitos das deformações mais recentes podem alterar a classificação das dobras D1 no que diz respeito à sua forma; no caso representado a dobra neutra inicial passou a um sinforma. No entanto, no que diz respeito às dobras D2 a sua classificação é muito mais complexa. Com efeito, embora no caso representado a dobra D2 possa ser classificada sem problemas como sendo um antiforma (pois os flancos convergem para cima), quando se tenta classificá-la tendo em consideração a idade relativa das camadas, verifica-se que a situação varia de um lado e de outro do plano axial da dobra D1; acima do plano axial as camadas tornam-se mais recentes quando nos afastamos do núcleo (e por isso seria um anticlinal D2), enquanto na parte inferior elas são mais recentes em direção ao núcleo (e por isso será um sinclinal D2). Verifica-se assim que, no caso de dobramentos sobrepostos classificar uma dobra como anticlinal ou sinclinal é de pouco interesse visto que vai depender da posição na estrutura D1 (fig. 7B).

Uma outra situação que pode gerar alguma confusão na aplicação dos conceitos de anticlinal e de sinclinal resulta da existência de processos de metamorfismo. Consideremos (fig. 8A) uma sequência de rochas sedimentares não deformadas onde a uma camada de calcários cristalinos depositados aos 489 milhões de anos (*i.e.* no Ordovícico inferior) se sobrepõe uma camada de arenito silicioso depositada aos 465 milhões de anos (*i.e.* no Ordovícico médio).

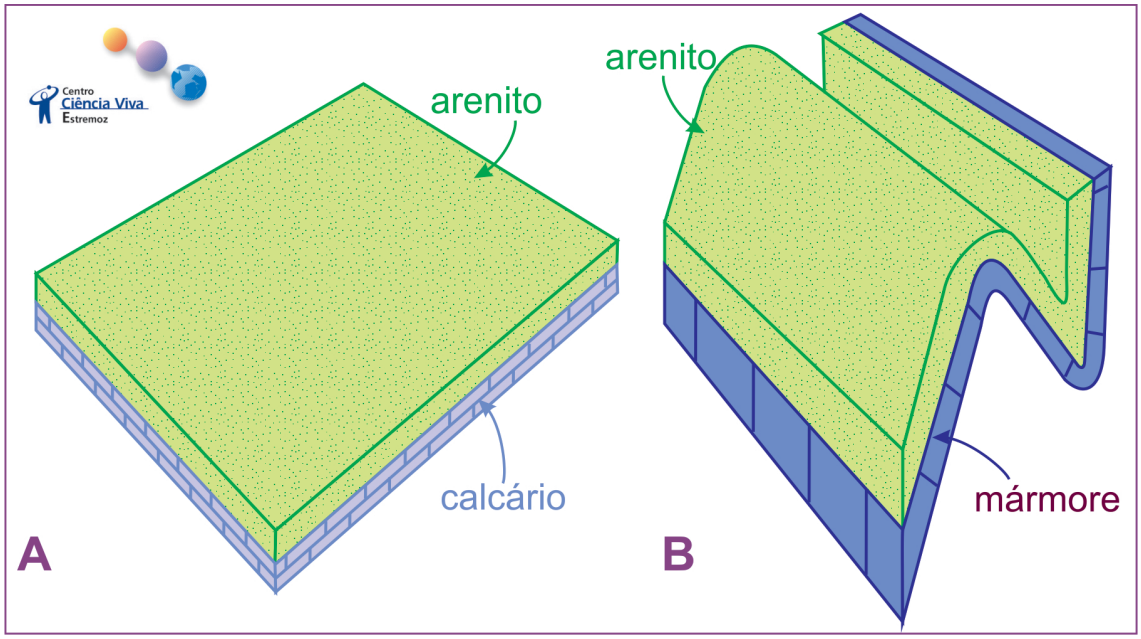


Figura 8- Relação entre processos de dobramento e de metamorfismo:
A- Situação inicial;
B- Situação final.

8 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...

Algo semelhante acontece quando temos uma intrusão ígnea. Imaginemos (fig. 9A) uma sequência de rochas sedimentares com camadas do Cretácico inferior (*i.e.* depositadas entre os 145,5 e os 99,6 milhões de anos) sobrepostas a camadas do Jurássico superior (*i.e.* depositadas entre os 161,1 e os 145,5 milhões de anos). No Cretácico superior (*i.e.* entre os 99,6 e os 65,5 milhões de anos) ocorre a ascensão de um magma ácido que provoca o dobramento em antiforma da sequência sedimentar anterior, ao mesmo tempo que cristalização origina um batólito de granito no núcleo desta dobra (fig. 9B). Também neste caso, apesar da rocha mais recente (*i.e.* o granito) estar no núcleo do grande antiforma, esta dobra deve ser considerado um anticlinal, pois neste tipo de classificação o que interessa é a idade relativa das camadas que constituem a sequência sedimentar e as rochas intrusivas que a intersectam não devem ser consideradas

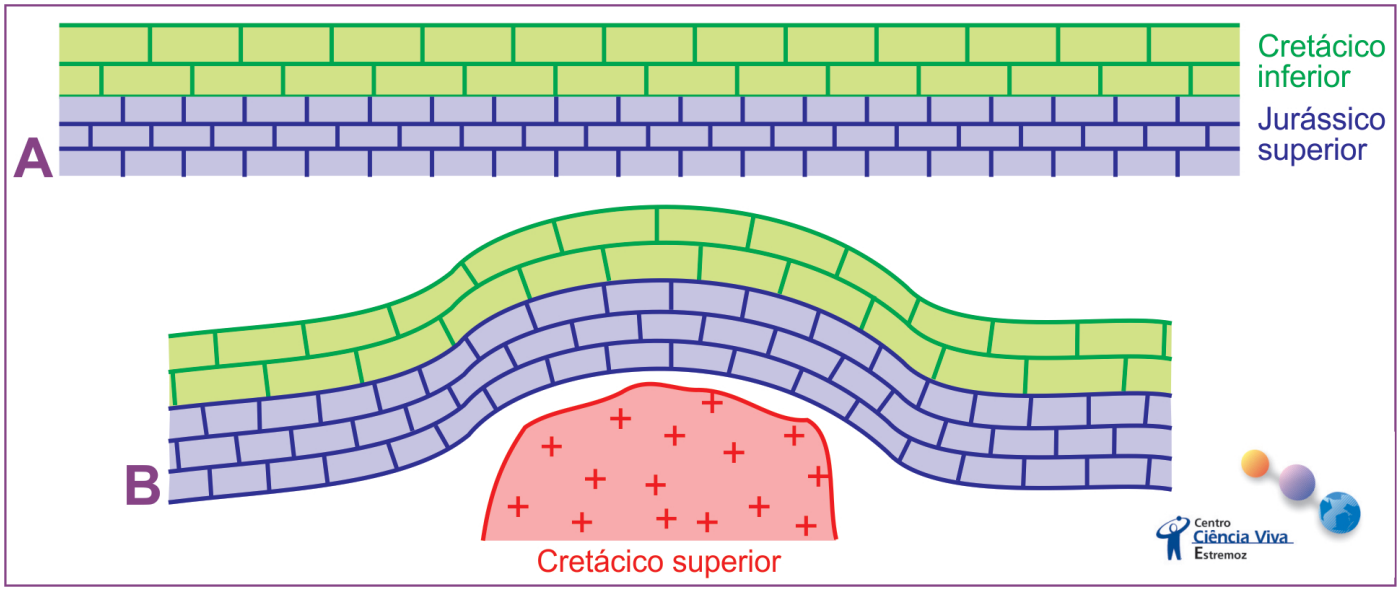


Figura 9- Exemplo de um padrão de dobramento complexo resultado da sobreposição de duas fases de dobramento:
A- Situação inicial;
B- Situação final após a actuação dos processos de dobramento e metamorfismo.

cofinanciamento
Centro Ciência Viva Estremoz · UNIVERSIDADE DE ÉVORA ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA · LIRIO Laboratório de Investigação de Rochas Industriais e Ornamentais · ICT Instituto de Ciências da Terra · ZOM-3D Modelos Metalogénicos 3D da Zona de Ossa Morena: valorização dos recursos minerais do Alentejo · ALENTEJO 2020 · PORTUGAL 2020 · UNIÃO EUROPEIA FEEI

9 ANTICLINAIS, SINCLINAIS & OUTRAS COISAS MAIS...

EM JEITO DE CONCLUSÃO

Deste modo, importa salientar que os conceitos de antiformas, sinformas, anticlinais e sinclinais não são sinónimos e que, embora os antiformas sejam frequentemente anticlinais e os sinformas sinclinais, é possível todas as combinações (fig. 10).

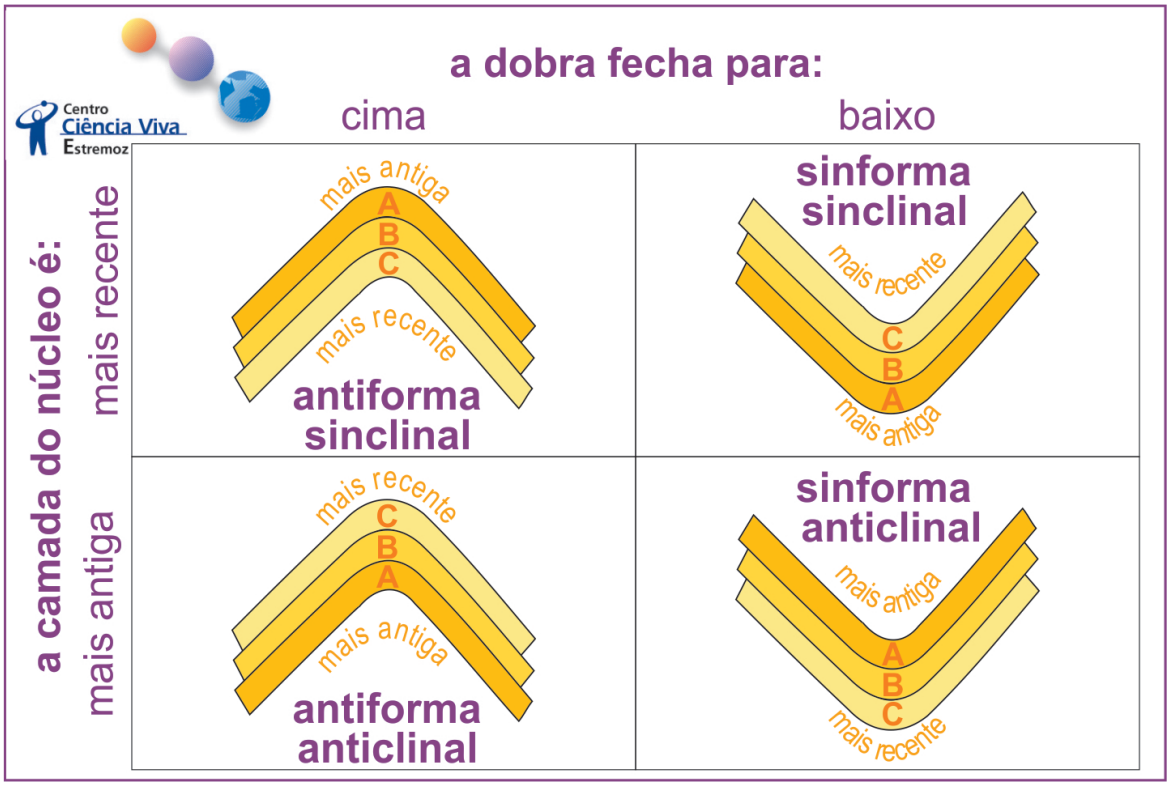


Figura 10- Síntese das relações entre os principais tipos de dobras.

Centro Ciência Viva de Estremoz
setembro de 2014

cofinanciamento