

As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento

Autor: José Almeida Rebelo



Edição: Instituto Geológico e Mineiro, com o apoio do PEDIP (1999)

ÍNDICE

Capítulo 1 - Introdução

Capítulo 2 - Resumo Histórico da Cartografia Geológica de Portugal

Capítulo 3 - O que é uma Carta Geológica

Capítulo 4 - Como se faz uma Carta Geológica

Capítulo 5 - Para que Servem as Cartas Geológicas

Capítulo 6 - A Leitura das Cartas Geológicas

Glossário



COMO CITAR ESTA PUBLICAÇÃO (HOW TO CITE THIS PUBLICATION):

José Almeida Rebelo (1999). *As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento*. Instituto Geológico e Mineiro Versão *Online* no site do INETI:

http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/cartas/indice.htm

1. Introdução

Esta publicação destina-se a divulgar junto de potenciais utilizadores (organismos da administração central, autarquias, empresas e público em geral), os conhecimentos que se podem extrair das Cartas Geológicas e as suas múltiplas aplicações.

Tem, pois, como objectivo, dar resposta às questões seguintes:

- o que são as Cartas Geológicas ?
- como se fazem ?
- para que servem ?

Pretende-se, ainda, facilitar aos utentes menos familiarizados com a terminologia geológica, a leitura e interpretação da grande quantidade de informação que contêm. Com este propósito, são facultadas algumas noções básicas de Cartografia e de Geologia, incluindo-se, no final, um pequeno [glossário](#) dos termos geológicos mais correntes.

Apresenta-se, também, uma [listagem das Cartas Geológicas publicadas](http://e-geo.ineti.pt/cartografia/default.htm), <http://e-geo.ineti.pt/cartografia/default.htm> bem como os locais onde podem ser adquiridas.

2. Resumo Histórico da Cartografia Geológica de Portugal

Nos meados do séc. XIX inicia-se o desenvolvimento da cartografia geológica do nosso País.



**Carta arredores de Lisboa
por Daniel Sharpe (1841)**

As primeiras cartas geológicas, bastante deficientes, complementavam estudos mineiros ou regionais. Em 1841, o geólogo inglês Daniel Sharpe, num estudo intitulado "The Geology of neighbourhood of Lisbon", acompanha este trabalho com a primeira carta dos arredores de Lisboa e, em 1849, num estudo idêntico, publica a primeira carta dos arredores do Porto.

Por outro lado, em 1848, José P. Rebelo de Andrade, apercebendo-se da importância da relação "qualidade dos solos" - "qualidade do vinho do Porto", apresenta, no seu estudo do "Distrito Vinhateiro do Alto Douro", um esboço geológico daquela região.

Pode dizer-se que o nascimento da instituição que dedicou aos estudos geológicos de Portugal e que ao longo dos tempos, foi tendo várias designações nomeadamente "Comissão Geológica", "Comissão Geológica do Reino", "Comissão Geológica de Portugal", "Comissão dos Trabalhos Geológicos" "Direcção dos Trabalhos Geológicos", "Direcção dos Serviços Geológicos", "Serviços Geológicos de Portugal", derivou da Portaria de 16 de Outubro de 1848 que encarregou a Academia das Ciências de Lisboa de nomear uma Comissão destinada a avaliar uma proposta de Charles Bonnet, para a realização daqueles estudos. Esta proposta teve parecer favorável, pelo que, em 21 de Dezembro de 1848 um Decreto do Duque de Saldanha instituiu uma "Comissão Geológica" que deveria começar a funcionar a partir de 1 de Fevereiro de 1849. Para presidir a este organismo, que correspondeu a um dos primeiros Serviços Geológicos instituídos no mundo, foi nomeado C. Bonnet.



**Carlos Ribeiro
(1813-1882)**

Em 1852, C. Bonnet apresenta o original da carta geográfica do Alentejo e Algarve, na escala 1: 833 333, que viria a servir de base a Carlos Ribeiro para o traçado da primeira carta geológica do Alentejo.

Da colaboração de Carlos Ribeiro com o seu mestre Daniel Sharpe a estratigrafia portuguesa recebe o primeiro e grande impulso. Estes dois autores - considerados os fundadores da geologia portuguesa - ao traçarem os limites das formações geológicas conhecidas à data, sobre uma "Minuta de uma carta do Reino de Portugal para a defesa geral do dito Reino", na escala aproximada 1:750 000, elaborada por J. M. das Neves Costa (1840), deram uma visão global dos diferentes conjuntos rochosos em que o país assentava. Esta carta nunca foi impressa, mas serviu de base para a "Carte Géologique de l' Espagne et du Portugal, na esc. 1:500 000, da autoria de Verneuil e Collomb, cuja 1.^a edição data de 1864, e uma 2.^a edição, de 1868.



**Nery Delgado
(1835-1908)**

Presidida por Filipe Folque, foi criada em 1857 a "Comissão dos Trabalhos Geológicos do Reino", ou "Comissão Geológica do Reino" (em substituição da sua congénere "Comissão Geológica", dissolvida em 1855), para a qual Carlos Ribeiro e Pereira da Costa foram nomeados directores. É admitido, como adjunto, o Alferes de Engenharia Joaquim Filipe Nery Delgado.

Foram estes cientistas que concorreram para o enorme prestígio internacional da geologia e cartografia geológica do país.

Detectada a imprecisão das cartas topográficas então existentes, Filipe Folque concretiza o levantamento da Carta Corográfica geral do país, entre 1860 e 1865, na escala 1:100 000. Durante este período, Carlos Ribeiro e Nery Delgado fazem o levantamento geológico das folhas 19, 23, 24, 27 e 28 na escala 1:100 000 (que abrangem a região a norte de Lisboa, Foz do Tejo, Arrábida e área oriental). As duas últimas folhas vêm a ser impressas em 1866 e 1867, mas só vieram a ser distribuídas em 1949, na ocorrência do XVI Congresso Internacional de Geografia, realizado em Lisboa.



**Esboço da carta geológica
1:500 000 por Carlos Ribeiro
e Nery Delgado**

Sobre o mapa 1: 500 000 entretanto elaborado, Carlos Ribeiro e Nery Delgado lançaram os limites geológicos conhecidos, obtendo um esboço bastante correcto para a altura, que foi apresentado na Exposição de Paris, em 1867.

Embora a Comissão fosse dissolvida em 1868, os estudos geológicos continuaram com Carlos Ribeiro e Nery Delgado. Estes investigadores vêm a integrar a "Secção dos Trabalhos Geológicos", organismo chefiado por Carlos Ribeiro, criado em 1869, e dependente da Direcção Geral dos Trabalhos Geodésicos. Deu-se então início a um período áureo dos estudos geológicos em Portugal. É nesta fase que, em 1876, estes mesmos autores, a partir do esboço de 1867, promovem uma edição limitada da primeira Carta Geológica de Portugal na escala 1:500 000, patente na Exposição Internacional de Filadélfia onde obteve uma medalha. Uma 2.º edição desta mesma carta, renovada, foi realizada em 1878, conservando, porém, a mesma data de 1876.



**Paul Choffat
(1849-1919)**

Ainda em 1878, durante o Congresso Internacional de Geologia, em Paris, Carlos Ribeiro convida Paul Choffat, Professor da Escola Politécnica Federal, Zurique que, em 1879, passa a integrar o pessoal científico da Instituição, dedicando-se ao estudo Estratigrafia, Paleontologia e Tectónica do Mesozóico português.

Com a morte de Carlos Ribeiro, em 1882, a chefia da Secção foi assegurada por Nery Delgado que manteve o prestígio internacional dos Serviços (até à data seu falecimento, em 1908). Durante este período, Nery Delgado e Paul Choffat fazem uma profunda actualização da 2.ª edição da Carta Geológica de Portugal de 1876 na escala 1:500 000, promovendo a 3.ª edição em 1899. Apresentada na Exposição de Paris de 1900 conjuntamente com um painel do Mesozóico a norte do Sado, na escala 1:100 000, estes autores foram galardoados com medalhas de ouro, e à Instituição atribuído um "Grande Prémio".

Muitos outros levantamentos regionais de grande valor, integrados em trabalhos e estudos, se ficaram a dever a Nery Delgado (Valongo, Bussaco, Barranco) e Choffat (Arrábida, Sesimbra, Palmela).

Em 1918 é extinta a "Comissão dos Serviços Geológicos", sendo substituída pelos "Serviços Geológicos", na dependência da Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos. Este evento trouxe para a Instituição uma perda de autonomia que acentuou a estagnação que já se fazia sentir após o falecimento de Nery Delgado.

A morte de Paul Choffat, em 1919, veio agravar a situação da cartografia geológica de Portugal. No entanto, mapas geológicos na escala 1:20 000, preparados por Choffat, mas não publicados, referentes aos arredores de Lisboa e da Serra de Sintra, foram a base para a

publicação, só muitos anos depois, das quatro folhas, na escala 1:50 000 que constituem a "Carta Geológica dos Arredores de Lisboa". A primeira folha - 34-C (Cascais) foi editada em 1935; em 1937 saiu a folha 34-A (Sintra); em 1944 a de Loures (34-B) e, em 1950, foi a vez da folha de Lisboa (34-D). Também com dados de Paul Choffat foi publicada, em 1940, a "Carta Geológica de Lisboa", na escala 1:20 000.



Carlos Teixeira
(1910-1982)

Um novo relançamento da cartografia geológica do país, deve-se a Carlos Teixeira, que dinamizou as actividades desenvolvidas pelos Serviços Geológicos de Portugal e, nos primeiros tempos, pela Junta de Energia Nuclear. Em 1951 têm início os levantamentos sistemáticos da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000, baseados em levantamentos executados sobre a Carta Militar de Portugal na escala 1:25 000 mas publicados no fundo simplificado da Carta Corográfica de Portugal na escala 1:50 000 do Instituto Geográfico e Cadastral. A primeira folha desta nova fase da cartografia geológica (Folha 31-A -Santarém) foi impressa em 1952; a mais recente folha publicada - a Folha 6-D (Vila Pouca de Aguiar), tem a data de 1998. Das 175 folhas que fazem a cobertura do Continente, foram já editadas 118 cartas geológicas nesta escala (67,4%), que se discriminam no Capítulo 7.

Este projecto 1:50 000 foi alargado aos arquipélagos dos Açores e Madeira, hoje totalmente cobertos por cartografia geológica. Tanto na Madeira como nos Açores, e dentro deste projecto 1:500 000, algumas cartas foram editadas na escala 1:25 000 (ver Capítulo 7).

Para colmatar a falta duma carta geral do país - já que entretanto se esgotara a carta 1:50 000 de 1899 - foi publicada, em 1952, a Carta Geológica de Portugal na escala 1:1 000 000. Esta carta, embora de pouco pormenor, teve grande procura pelos estabelecimentos de ensino, pelo que uma 2.ª edição actualizada, coordenada por Carlos Teixeira, foi impressa em 1968 e apresentada no 23º Congresso Geológico Internacional de Praga, no mesmo ano.

Em 1972, igualmente coordenada por Carlos Teixeira, é realizada a 4.ª edição da Carta Geológica de Portugal na escala 1:500 000. Esta apresenta um progresso notável, no que concerne à escala estratigráfica, à representação das formações eruptivas, à pormenorização dos depósitos discordantes, à revisão das formações plio-quadernárias e à introdução de acidentes tectónicos.

Em 1975, sob a orientação do Conselho de Gestão então instituído nos Serviços Geológicos de Portugal, dá-se novo arranque nas actividades da cartografia geológica do país, com a entrada de novos geólogos e a adopção de novos modelos de cartas geológicas.

Em 1983 começa a publicar-se, sistematicamente, a Carta Geológica de Portugal na escala 1:200 000, imprimindo-se a Folha 7 (região ocidental - sul Alentejo e ocidental do Algarve), seguida da Folha 8 (zona oriental - sul do Alentejo e oriental do Algarve) em 1987-88, e da Folha 1 (Entre Douro e Minho), 1989.

A 5.^a edição da Carta Geológica de Portugal na escala 1:500 000 - profundamente renovada em virtude de se fundamentar nas numerosas cartas 1:50 000 que têm vindo a ser publicadas por diversos autores e trabalhos de investigação e pesquisa de jazigos minerais - tem a data de 1992. Uma primeira versão, maquete, desta carta esteve presente no Congresso Internacional de Geologia realizado em Kyoto, no Japão, em 1992.

Com a mesma data de 1992, foram ainda publicadas as Folhas Ocidental e Oriental da Carta Geológica da Região do Algarve, na escala 1:100 000.

Algumas [Cartas temáticas](#) foram, igualmente, editadas:

- na escala 1:1 000 000 : Carta Geológica do Quaternário (1969); Carta Hidrogeológica de Portugal (1970); Carta das Nascentes Minerais de Portugal (1970); Carta Tectónica de Portugal (1972); Carta da Plataforma Continental (1978); Carta Neotectónica de Portugal (1988); Carta Aeromagnética de Portugal (1990).
- na escala 1:500 000: Carta Mineira de Portugal (1960).
- na escala 1:200 000: Carta Hidrogeológica de Portugal (Folha 7 - 1986)
- na escala 1:100 000: Carta Hidrogeológica da Orla Algarvia (1983)



Antigos Serviços Geológicos de Portugal (Museu do IGM)

Além desta cartografia publicada sob os auspícios dos Serviços Geológicos de Portugal e na qual estiveram envolvidos não só os seus técnicos mas também geólogos do Serviço de Fomento Mineiro, J.E.N. e das diversas Universidades do país (Universidades do Porto, Coimbra e Lisboa), muitos outros levantamentos em escalas e áreas diversas foram realizados integrando trabalhos, entre os quais, teses de doutoramento. Destes, cabe destacar, pela sua complexidade, pela sua minúcia, pela dimensão da área estudada (cerca de 5 000 Km²), o mapa na escala 1: 200 000 de Trás-os-Montes Oriental elaborado por A. Ribeiro em 1974, quando geólogo dos S.G.P.

Em 16 de Abril de 1993 foi criado o Instituto Geológico e Mineiro (IGM) e nele foram incorporados os departamentos que faziam parte da extinta Direcção-Geral de Geologia e Minas:

- Serviços Geológicos de Portugal e Museu Geológico
- Serviço de Fomento Mineiro
- Laboratório

Já na vigência do Instituto Geológico e Mineiro, foi distribuída ao público a 5.^a edição da Carta Geológica na escala 1:500 000.

Cerca de 90% do território nacional encontra-se coberto por cartografia geológica, na escala 1:25 000, susceptível de ser consultada pelo público. Esta situação é, no contexto europeu, deveras lisonjeira para Portugal, relativamente aos outros países, dos quais, só a Inglaterra e a Alemanha possuem maior percentagem de áreas cobertas, a esta escala.

3. O que é uma Carta Geológica

Uma Carta Geológica é um documento científico e técnico valioso onde se sintetiza, sobre um fundo topográfico adequado, informação relativa aos materiais rochosos que ocorrem na região abrangida pela carta e aos fenómenos que os afectaram.

Essa informação diz respeito:

- à natureza e distribuição espacial das diferentes rochas, quer em superfície, quer em profundidade.
- posição, atitude e idade relativa, ou absoluta, dessas formações rochosas.
- acidentes tectónicos verificados no decurso dos tempos geológicos (falhas, fracturas, dobramentos, etc.).
- ocorrência de substâncias minerais com interesse económico.
- localização de poços, nascentes naturais, furos de sondagem, pedreiras, etc.
- localização de jazidas fossilíferas e estações arqueológicas importantes.

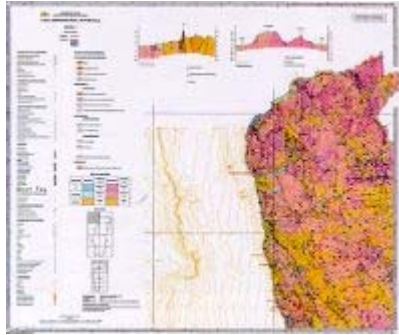
Toda esta informação - traduzida em cores e símbolos que aparecem discriminados na legenda - provém da síntese dos resultados de estudos de campo, investigação laboratorial, estudo de fósseis, análises químicas, observação de fotografias aéreas e (ou) satélite, consulta de bibliografia, de relatórios e testemunhos de sondagens.

As cartas mais modernas incluem, geralmente, colunas estratigráficas e cortes geológicos, destinados a facilitar a sua leitura e interpretação ao permitir visualizar a sequência dos estratos pela ordem da deposição ao longo dos tempos, a sua composição (litologia), sua disposição espacial e os principais acidentes que os afectam.



Evolução da Cartografia Geológica: pormenor das edições de 1899, 1972 e 1992 da Carta Geológica de Portugal na escala de 1:500 000

Além das cartas geológicas ditas "normais", realizadas com fins científicos, técnicos e didácticos, com larga aplicação na pesquisa mineira e de uso geral, existem ou podem ser preparadas outras cartas para aplicação mais directa a determinados domínios práticos. São as chamadas "Cartas Temáticas", feitas com a finalidade de tratar especificamente determinados assuntos. Entre estas, podemos considerar as:



Carta temática - Carta Hidrogeológica de Portugal na escala de 1:200 000, folha 1

- Cartas hidrogeológicas (águas subterrâneas)
- Cartas geotécnicas (estabilidade e resistência de terrenos)
- Cartas mineiras (jazigos minerais)
- Cartas tectónicas (deformações da crosta)
- Cartas geoquímicas (química das rochas)
- Cartas pedológicas (tipos de solos)
- Cartas geomagnéticas (propriedades magnéticas das rochas)
- Cartas radiométricas (radioactividade das rochas)
- Cartas gravimétricas (gravimetria das massas rochosas)
- etc.

Cada carta geológica é, quase sempre, acompanhada por uma Notícia explicativa, destinada a fornecer informação suplementar que a carta não permite suportar.

4. Como se faz uma Carta Geológica

A elaboração de uma Carta Geológica comporta várias fases:

- Levantamentos de campo
- Estudos de gabinete e laboratório
- Desenho e impressão

Levantamentos de Campo

Em geral, uma carta geológica não necessita, à partida, de material sofisticado para a sua elaboração (levantamento): é indispensável a carta topográfica da área a levantar (por vezes também se usa a fotografia aérea na escala adequada), lápis, borracha, livro de campo, lupa de bolso, martelo e bússola, bernal para transporte de amostras e ... cabeça e pernas.

Na verdade, o geólogo, munido apenas daquelas ferramentas, vai percorrendo todo o terreno da carta procurando e identificando a natureza dos afloramentos rochosos existentes, e neles "ler" características que possam traduzir como e quando foram originados e que vicissitudes sofreram. Para este fim socorre-se da bússola, instrumento imprescindível nos levantamentos, pois é com este aparelho que o geólogo determina as atitudes (direcções e inclinações) das camadas (estratos), xistosidades, lineações, eixos de



Geólogo efectuando trabalho de campo

dobras, filões, falhas e fracturas.

Na carta topográfica, o geólogo vai localizando os afloramentos e traçando os limites entre as diferentes "qualidades" ou conjuntos de rochas que possam ser agrupadas por terem características comuns ou a mesma idade. Este trabalho, executado no campo, designa-se por "levantamento geológico".



Colheita de fósseis

Geralmente são necessários estudos complementares, mais detalhados (estudo de fósseis, microscopia, análises químicas ou isotópicas), e então o geólogo faz uma colheita de amostras (rochas, minerais ou fósseis), as quais são etiquetadas e localizadas na carta topográfica, para análise posterior no laboratório.

No livro de campo vão sendo registadas todas as informações consideradas úteis para a carta e para a compreensão da geologia da região, tomando notas sobre as particularidades mineralógicas, sedimentológicas, estruturais ou outras que se entenda deverem ser assinaladas e que foram observadas nos afloramentos. Frequentemente, recorre-se ainda ao registo fotográfico dos afloramentos, particularidades destes, ou aspectos do terreno que importa conservar. Muitas destas informações serão posteriormente lançadas na carta por meio de sinais convencionais que figurarão na legenda nela impressa.

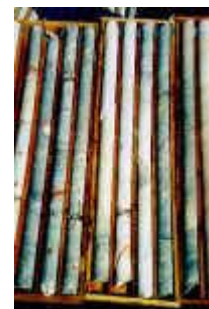
Estudos de Gabinete e Laboratório

No gabinete, a carta utilizada no campo (minuta de campo) é passada a limpo, são reapreciadas fotografias aéreas da região, (fotogeologia) ou mesmo de satélite (teledeteção) e os resultados compatibilizados com as observações de campo são integrados na carta. Examina-se a bibliografia conveniente respeitante às formações existentes e às que apresentam tipos de ocorrências semelhantes, noutras regiões.

A consulta de relatórios e testemunhos de sondagens bem como de dados sismoestratigráficos que existam para a região, complementam o conhecimento.

O material colhido no campo é alvo de investigação laboratorial. Esta investigação inclui domínios muito variados, dos quais se salientam:

- Estudo dos fósseis (**Paleontologia**) - É determinante para o conhecimento da idade das rochas sedimentares e do seu ambiente de deposição (Paleoecologia).
- Estudo petrográfico das rochas (**Petrografia**) - Utiliza o microscópio polarizante para determinação, em lâmina delgada, de minerais, microestruturas e outras características que permitam identificar a rocha analisada.
- Análises químicas das rochas ou minerais (**Geoquímica**) - fornecem dados importantes



Amostras de testemunhos de sondagens

para a caracterização ou identificação desses materiais e para estudos petrológicos e geoquímicos.

Por vezes, além da análise química clássica, utilizam-se sofisticados aparelhos para determinar a composição de uma rocha ou mineral, identificação e doseamento de elementos raros ou até para determinações de idades absolutas (análise isotópica):

- microscópio electrónico
- espectrofotómetro de absorção atómica
- espectrómetro de emissão por plasma
- microssonda electrónica
- difractómetro de raios X
- espectrómetro de massa
- etc.



Laboratório de química clássica do IGM

Face aos resultados obtidos nos estudos de campo, de gabinete e laboratório atrás discriminados, o geólogo procede ao tratamento, interpretação e síntese dos dados que serão, em seguida, traduzidos graficamente na carta geológica a publicar e no texto da Notícia Explicativa.

Com o conhecimento que lhe advém deste estudo, escolhe a localização dos perfis geológicos mais representativos da carta e elabora os cortes geológicos que a acompanharão, destinados a dar a interpretação das estruturas rochosas presentes na área da carta.

No final, organiza e escreve a Notícia Explicativa, documento onde se apresenta toda a informação que não pode ser incluída na carta.

A Notícia abarca, geralmente, os seguintes capítulos:

- Estratigrafia
- Paleogeografia e Tectónica
- Hidrogeologia
- Geologia económica
- Arqueologia
- Bibliografia

Desenho e Impressão

A partir da maqueta de campo preparada pelo geólogo (minuta do levantamento de campo passada a limpo), elaboram-se os elementos necessários à impressão, através de diversas operações de desenho e gravação que exigem profissionais especializados.

Presentemente, no IGM, estão a utilizar-se os métodos informáticos no desenho das cartas geológicas, recorrendo à digitalização da maqueta da carta, e à utilização de uma base de dados. Esta técnica permite obter a tiragem em "plotter" de exemplares coloridos, ou fracções, na escala pretendida e



Digitalização de uma

fornece o desenho final destinado à impressão da carta.

carta geológica

5. Para que servem as Cartas Geológicas

As cartas topográficas dão-nos apenas informações respeitantes ao relevo e sobre o que existe acima da superfície topográfica. No entanto, quase toda a utilização de uma determinada área ou região tem implicações com os materiais situados abaixo da superfície. São precisamente as Cartas Geológicas que nos dão o conhecimento dos diferentes tipos de rochas aflorantes ou do subsolo, tal como este se apresentaria caso fosse desprovido da terra arável, da cobertura vegetal e das construções humanas. Além disso, estas Cartas permitem, ainda, prever qual a disposição dessas rochas em profundidade.

As Cartas Geológicas, mostrando-nos a composição e a estrutura geológica do subsolo, são documentos fundamentais para:

- Prospeccção e exploração de matérias primas
- Prospeccção e exploração de fontes de energia
- Escolha de locais para a implantação de grandes obras de engenharia
- Abastecimento de águas
- Risco sísmico
- Agricultura
- Preservação do ambiente
- Inventário e defesa do património geológico e arqueológico
- Estudos científicos e didácticos

A consideração dos pontos anteriores permite inferir que as Cartas Geológicas são, então, documentos indispensáveis no Planeamento e Ordenamento do território.

Prospeccção e Exploração de Matérias Primas

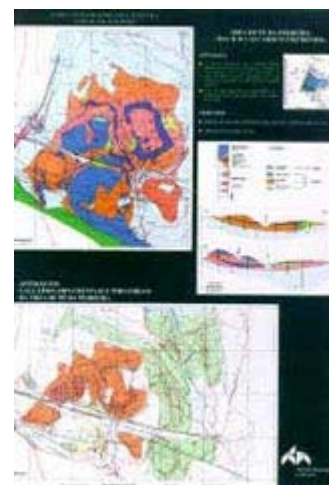
É sabido que os minérios metálicos estão associados a determinados tipos de rochas e de minerais (paragéneses). As Cartas Geológicas, mostrando-nos a distribuição espacial das diferentes rochas e indicando a localização de elementos anómalos, bem como a visão das estruturas geológicas em profundidade, são fundamentais na prospeccção e exploração mineiras para:

- selecção de áreas a prospectar
- planeamento da prospeccção
- estudo da geometria (forma) do jazigo mineral
- cálculo de reservas
- controlo da exploração

A indicação dos diferentes tipos de rochas que se apresentam na carta, permite também prever onde se



Mina de Neves Corvo
Castro Verde, Alentejo



Estudos geológicos para
prospeccção de matérias-primas não

poderão encontrar materiais não metálicos destinados à construção: rochas para fabricação de cimentos ou cal, gesso, blocos para construção, balastros para estradas e caminhos de ferro, areias para argamassas ou especiais para vidros, argilas para cerâmica fina ou grosseira, rochas ornamentais, etc.

A partir da Carta Geológica, complementada com estudos mais detalhados, é possível determinar o melhor método de exploração dos recursos tendo em vista o seu melhor aproveitamento, os menores custos de exploração, a segurança de vidas humanas e a melhor forma de minimizar os impactos ambientais.

Prospecção e Exploração de Fontes de Energia

Tal como para a prospecção e exploração das matérias primas, e por motivos análogos, também a pesquisa e utilização de fontes de energia, nomeadamente:

- petróleos
- carvões
- minerais radioactivos
- energia geotérmica

não dispensa o recurso às Cartas Geológicas.

O conhecimento do tipo de rocha, a sua idade, a sua estrutura, são factores a ter em conta na procura e utilização das fontes de energia.

Só através da leitura de uma Carta Geológica é possível lançar um plano de sondagens credível para investigar a existência ou otimizar a exploração dessas fontes.

Escolha de Locais Destinados à Implantação de Grandes Obras de Engenharia



Ponte sobre o Tejo.
As fundações das grandes obras de engenharia estão dependentes do substrato em que vão assentar

A segurança das grandes obras de engenharia, como sejam:

- Centrais nucleares
- Barragens
- Estradas, túneis, pontes e caminhos de ferro
- Portos
- Fundações de edifícios

depende, principalmente, do local onde vão assentar as suas fundações. O conhecimento da natureza das rochas onde se pretende fazer a implantação dos alicerces, o estado de alteração dessas rochas, a eventual presença de fracturas ou falhas, a estrutura onde se projecta fazer o enrocamento, condicionam a escolha do lugar onde deverão ser instaladas aquelas fundações.



Escorregamento de talude em Hong Kong

Também na previsão de custos em obras de engenharia, como a preparação de fundações, traçado de estradas e caminhos de ferro - com cortes e desaterros -, abertura de túneis, etc., é indispensável ter em conta os tipos e atitudes de rochas com que nos iremos confrontar: a abertura duma passagem com trincheiras num granito não alterado, ou a realização de um trabalho idêntico numa formação arenítica pouco consolidada, acarretarão dispêndios muito diferentes... A eventual necessidade da consolidação de taludes ou da prevenção de abatimentos de vias de comunicação, implicará, certamente, encargos acrescidos.

Não ter em conta a natureza, a estrutura, a disposição do subsolo e o risco sísmico, acarreta, geralmente, grandes despesas extra para corrigir os erros cometidos e, muitas vezes, catástrofes com perda de vidas.

Prospecção e Preservação das Águas Subterrâneas

As Cartas Geológicas, permitindo prever o tipo de rochas que se encontram em profundidade e qual a sua disposição (atitude), são documentos basilares para seleccionar as áreas mais favoráveis à pesquisa de águas subterrâneas, pois a acumulação e circulação destas está relacionada com a litologia (principalmente com o factor permeabilidade), espessura das rochas, a estrutura e fracturação do subsolo.

Tais documentos dão-nos indicações sobre a possível existência e situação de reservatórios naturais e do seu enquadramento litológico, pelo que são indispensáveis no estabelecimento de qualquer projecto de furos de captação. O tipo de rochas onde circulam essas águas subterrâneas e o das que afloram à superfície, condicionam também a vulnerabilidade dos aquíferos a substâncias poluentes, em especial pela sua permeabilidade e fracturação. O conhecimento destas características é essencial para o estabelecimento de quaisquer planos que visem evitar



Sondagem para água subterrânea

possíveis contaminações nesses aquíferos.

Risco Sísmico

A localização e o estudo dos acidentes tectónicos que afectam a crosta terrestre e, em especial, os mais recentes, com menos de 1,6 milhões de anos - ou seja os que atingem os terrenos quaternários (Neotectónica) - permitem determinar os acidentes activos e definir zonas sísmicas de diferentes intensidades.



Consequências de um sismo no México

A situação destes acidentes é assinalada nas Cartas Geológicas, o que possibilita a separação de áreas de desigual estabilidade crustal.

Deste modo, é viável minimizar o risco sísmico, programando a localização de grandes obras de engenharia e a selecção de sítios para armazenamento de resíduos poluentes (radioactivos, industriais, urbanos, etc.) nas regiões mais estáveis, tendo em vista a segurança das populações.

O próprio conhecimento - dado pelas Cartas Geológicas - do tipo de rochas sobre que assentam, ou vão assentar, essas obras, torna possível a previsão do comportamento das fundações durante a propagação das vibrações sísmicas e a consequente tomada de medidas cautelares, nomeadamente projectando as estruturas adequadas para as construções.

Agricultura

Os solos são, na maior parte das vezes, o resultado de um processo evolutivo da alteração das rochas subjacentes e assim, as cartas geológicas são indispensáveis no levantamento de cartas de solos.

Por outro lado, a agricultura está muito condicionada à existência de água, e o tipo de cultura (sequeiro, regadio), à maior ou menor disponibilidade de recursos hídricos. A previsão dos locais onde podem encontrar-se reservatórios de água subterrânea, a sua extensão e a disponibilidade de caudais, podem ser estimados recorrendo às cartas geológicas. Também na localização de albufeiras para regas (e abastecimento de água às povoações), a componente geológica deverá ser sempre considerada.

Preservação do Ambiente

A Geologia tem um papel preponderante na defesa do ambiente. O reconhecimento de tal facto é a razão por que esta ciência tem sido cada vez mais solicitada para intervir nesta matéria, pois só ela pode definir os condicionalismos ligados às formações geológicas.

O estabelecimento de infra-estruturas e equipamentos não pode fazer-se ao acaso: além do factor segurança ligado às fundações, a escolha dos locais mais apropriados para a sua implantação tem de preocupar-se, não só com o impacto paisagístico mas, em especial, com a interferência que possam causar nos recursos geológicos que são finitos e não renováveis. Esta interferência pode ter implicações com a degradação da qualidade de vida.



Lixeira - Cacém. A componente geológica é fundamental para a localização de lixeiras e depósitos de produtos poluentes

Na localização de:

- depósitos de lixos urbanos
- aterros sanitários
- estações de tratamento de águas residuais e efluentes industriais
- deposição de substâncias poluentes
- cemitérios
- etc.

torna-se necessário o conhecimento da constituição e estrutura das rochas e dos acidentes tectónicos que as afectam, pois há que ter em conta a possível contaminação das águas superficiais e subterrâneas por substâncias poluentes.

No mesmo sentido, as Cartas Geológicas são também utilizadas na procura de maciços, estruturas ou formações com capacidade para armazenamento subterrâneo de:

- resíduos radioactivos
- petróleos e gás natural
- outras substâncias contaminantes

e ainda, na:

- recuperação de pedreiras e explorações mineiras
- gestão e exploração racional dos recursos

Inventário e Preservação do Património Geológico e Arqueológico

Só o conhecimento da natureza, distribuição e localização dos materiais rochosos, jazidas fossilíferas e estações arqueológicas que se encontram numa região, permite formular todas as acções conducentes a salvaguardar os locais com significado na dedução da história geológica regional, ou seja, o património geológico da região. A Carta Geológica pode dar resposta a todas estas questões.



Campo de "lápias" da Pedra Furada. Exemplo de um local classificado como património geológico

Estudos Científicos e Didácticos

As Cartas Geológicas são a melhor fonte de informações básicas para quase todos os tipos de estudos que dizem respeito às Ciências da Terra. De facto, sendo a síntese de inúmeras observações e resultados obtidos sobre as rochas de uma determinada região, constituem um precioso documento para quaisquer estudos complementares que venham a ser realizados com o fim último de satisfazer a curiosidade ilimitada e insaciável do espírito humano.

É por intermédio das Cartas Geológicas que podem formular-se, por exemplo, os modelos geológicos-estruturais e paleogeográficos relativos à evolução de bacias sedimentares.

A Carta Geológica é, por si só, um documento didáctico, já que transmite directamente a quem a utiliza, toda uma série de conhecimentos sobre os materiais rochosos da região a que diz respeito. Para o professor, constitui um valioso auxiliar como material de apoio na explanação das suas lições.

Com base nestas Cartas, podem programar-se itinerários com interesse pedagógico destinados a alunos ou a todos aqueles que encontram nas ciências geológicas motivação para enriquecer a sua bagagem cultural.

Planeamento e Ordenamento do Território

Como acabou de ver-se, pelas inúmeras aplicações das Cartas Geológicas, estas são documentos imprescindíveis no Planeamento e Ordenamento do território.

De facto, o conhecimento dos locais onde se encontram as matérias primas, onde é possível obter a água necessária para as populações e empreendimentos, onde se pode ou não construir em segurança ou sem delapidar os recursos naturais, onde situar aterros sanitários, etc., é fundamental para o estabelecimento de qualquer plano de ordenamento do território.

As Cartas Geológicas, dando uma visão global das potencialidades de uma região no que concerne aos recursos minerais, têm um papel primordial nos projectos de instalação de indústrias baseadas na exploração e aproveitamento das matérias primas, com possibilidades de virem a constituir futuros pólos de desenvolvimento regional.

6. A leitura das Cartas Geológicas

Noções Elementares sobre a Base Topográfica

Escalas, altimetria, planimetria e equidistância

Uma carta topográfica não é mais do que a representação, numa superfície plana, de uma determinada área de um terreno cujas medidas são reduzidas das suas dimensões reais, numa relação que constitui a escala dessa carta. Esta vem sempre indicada na mesma.

A escala é, portanto, a razão (quociente) constante entre a medida do segmento que, na carta, une dois pontos quaisquer, e a distância real (no terreno) entre os mesmos pontos, expressas na mesma unidade de medida.

Assim, uma escala 1/25 000 (também representada por 1:25 000), significa que 1 milímetro, 1 centímetro, 1 decímetro, medido na carta, corresponde, respectivamente, a 25 000

milímetros, (ou seja, 25 metros), 25 000 centímetros (= 250 metros), 25 000 decímetros (= 2 500 metros), ... no terreno.

De modo semelhante, numa escala 1:50 000 (1/50 000), 1 milímetro na carta corresponde a 50 000 milímetros, isto é, 50 metros, no terreno.

Uma regra de três simples permite, facilmente, calcular, numa escala determinada, o valor de qualquer distancia, considerada na carta, e a correspondente medida no terreno e vice-versa:

Por exemplo: Numa carta à escala 1:50 000 onde dois pontos distam 32 mm, medidos com uma régua, teríamos:

Se 1 mm (na carta) corresponde a 50 000 mm (no terreno)
32 mm (na carta) corresponderão a x mm (no terreno)
 $x = 32 \times 50\,000 \text{ mm} = 1\,600\,000 \text{ mm} = 1\,600 \text{ metros}$

Portanto, a distância real entre esses pontos é de 1 600 metros

Além das escalas ditas numéricas, como são chamadas as que acabámos de abordar, muitas vezes - geralmente nas cartas de grande denominador – (maior ou igual a 25 000), aparecem ainda as chamadas escalas gráficas representadas por um segmento de recta dividido em partes iguais, cada uma das quais representa uma determinada distância medida no terreno, o que permite uma avaliação directa das distâncias na carta.



Escala gráfica da Carta Corográfica de Portugal, na escala 1:50 000

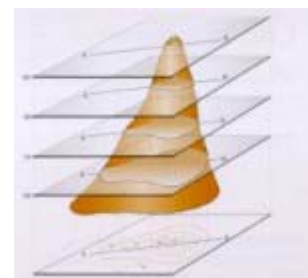
Numa carta topográfica, além da representação das particularidades naturais ou artificiais que existem na superfície do terreno e que constituem a planimetria considera-se ainda, separadamente, a configuração do relevo - a altimetria.

O relevo é figurado por intermédio de curvas de nível, linhas que correspondem à projecção vertical das intersecções de hipotéticos planos horizontais, equidistantes e paralelos, com a superfície do terreno. Cada curva de nível é definida pela sua cota que indica a sua altura em relação ao nível médio das águas do mar (altitude).

A distância entre estes hipotéticos planos horizontais chama-se equidistância natural e ao valor desta distância, à escala, corresponde à equidistância gráfica.

As equidistâncias podem variar consoante a escala da carta.

As equidistâncias naturais e gráficas mais usadas para as diferentes escalas são:



Representação do relevo por curvas de nível

ESCALA DA CARTA	EQUIDISTÂNCIA NATURAL	EQUIDISTÂNCIA GRÁFICA
1:200 000	100 m	0,0005 m = 0,5 mm
1:100 000	50 m	0,0005 m = 0,5 mm
1:50 000	25 m	0,0005 m = 0,5 mm
1:25 000	10 m	0,0004 m = 0,4 mm
1:20 000	10 m	0,0005 m = 0,5 mm
1:10 000	10 m ou 5 m	0,001 m = 1 mm ou 0,0005 m = 0,5 mm
1:5 000	5 m ou 10 m	0,001 m = 1 mm ou 0,002 m = 2 mm

Na planimetria utilizamos sinais convencionais que vêm figurados numa legenda onde se especificam os símbolos utilizados. Estes, não obedecem à escala da carta.

Perfil topográfico e seu traçado

Perfil topográfico: Um perfil topográfico permite visualizar o relevo ao longo de uma linha traçada sobre a carta (geralmente um segmento de recta).

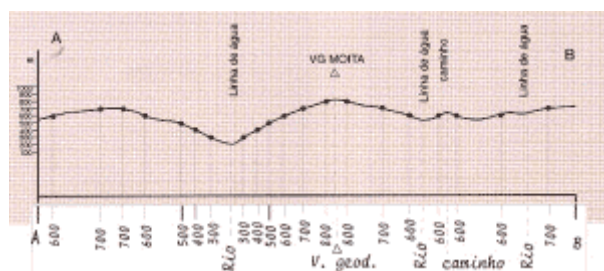
Para desenhar o perfil topográfico procede-se do seguinte modo:

Traçado o segmento de recta ao longo do qual se pretende o perfil, faz-se assentar sobre o segmento, o lado de uma tira de papel.

Sobre esta tira marcam-se os pontos de intersecção da linha do perfil com as linhas de nível, e indicam-se os valores das cotas intersectadas. Além disso, assinala-se ainda a intersecção com pontos notáveis da planimetria, como: marcos geodésicos, estradas, caminhos de ferro, linhas de água, etc.

Analisando, no final, a tira com as marcações feitas procuramos o valor da cota mais alta e o valor da cota mais baixa para, deste modo, ficarmos com a noção do intervalo da distribuição das altitudes que vão figurar no perfil.

Seguidamente, numa faixa de papel milimétrico traça-se um gráfico bidimensional no qual figuram, em abscissas, as distâncias correspondentes à planimetria e, em ordenadas, as cotas das curvas de nível representadas sentadas na escala

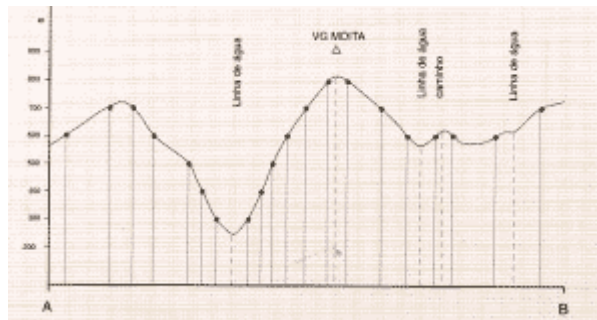


da carta.

Perfil topográfico segundo A-B

A tira de papel sinalizada é, então, ajustada ao eixo das abcissas e a cada marcação cotada faz-se corresponder um ponto que resulta da intersecção vertical dessa marcação com a horizontal da cota da ordenada correspondente ao valor sinalizado. Os sinais da planimetria são igualmente assinalados no perfil.

A representação dum perfil em que a escala dos valores cotados é igual à escala da carta mostra-nos o relevo real. Este, nas regiões pouco acidentadas, (com pouca densidade de curvas de nível) aparece-nos, no perfil, bastante esbatido. Para dar realce ao relevo costuma multiplicar-se a escala dos valores cotados por 4, 5, ... 10, o que corresponde a sobreelevar o perfil 4, 5, .. 10 vezes.



O perfil topográfico anterior sobreelevado 4 vezes

Algumas noções de Geologia

Os diferentes tipos de rochas:

As rochas, quanto à origem, podem distribuir-se por três grandes famílias:

- Rochas sedimentares
- Rochas magmáticas (ou eruptivas)
- Rochas metamórficas

Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são resultantes do transporte e acumulação de detritos provenientes, quer da destruição (erosão) de rochas preexistentes, quer de partículas derivadas das partes mineralizadas de organismos (conchas, esqueletos, espículas, etc.), ou ainda da precipitação química de sais.

Grande parte são de origem marinha, formadas no fundo dos mares a diversas profundidades. Dispõem-se, geralmente, em camadas (leitos ou estratos) paralelamente empilhadas e, na sua origem, apresentam-se horizontais, já que resultaram da deposição, pela água do mar, dos materiais que, dos continentes, para o mar foram carregados. São exemplos destas rochas, os calcários, os conglomerados, os arenitos ou grés, os argilitos, etc.

Outras podem ter uma origem continental, depositadas no fundo de lagos (sedimentos lacustres) ou em leitos de rios (aluviões), ou resultarem da acumulação de materiais que sofreram transporte pelo vento (areias de dunas, siltes), pela gravidade (depósitos de vertente), etc.



**Rochas sedimentares
Camadas inclinadas, Baleal**

Consoante a proveniência dos materiais que constituem essas rochas, podemos ter:

- rochas detríticas - constituídas por fragmentos minerais (elementos) de calibres variados: grosseiros (que podem ultrapassar 1 metro, mas que geralmente são da ordem dos centímetros), médios (da ordem dos milímetros), finos ou até muito finos, de tal modo que apenas podem ser vistos pelo microscópio electrónico.
- rochas biodetríticas - formadas por restos de conchas ou plantas (calcários fossilíferos).
- rochas de origem química - resultantes de precipitações a partir de sais em solução (gesso, sal gema, dolomitos, certos calcários).
- rochas biogénicas - edificadas por organismos vivos, como os coraliários (recifes de corais), esponjas, algas, etc.

Frequentemente, as rochas sedimentares têm uma origem mista.

Outras classificações podem ser consideradas para as rochas sedimentares, tendo como fundamento outros critérios selectivos como, por exemplo, os que se baseiam na sua composição química:

- siliciosas - riscam o vidro pois são formadas à base do quartzo ou sílica, como as areias e os arenitos siliciosos, o silex, etc.
- calcárias - estas rochas fazem efervescência com os ácidos e são riscadas pelo canivete, como os calcários e margas.
- argilosas - bafejadas cheiram a barro, fazem pasta com a água (são moldáveis) e são riscadas pela unha, como os argilitos.
- salinas - como o gesso e o sal gema.
- combustíveis - como os petróleos, os carvões (turfas, lenhites, hulhas e antracites).

Rochas magmáticas (ou eruptivas)



Rocha magmática
Granito porfiróide, Paredes de Coura

As rochas eruptivas resultaram da solidificação, rápida ou lenta, à superfície ou em profundidade, de materiais rochosos em fusão (magma).

O magma gera-se a grandes profundidades (mas geralmente acima dos 200 Km) e durante a sua ascensão pode estacionar em câmaras magmáticas onde vai arrefecendo mais ou menos rapidamente e sofrendo diferenciações químicas. Pode subir ainda para níveis mais superficiais, sob a forma de filões, ou sair directamente para a superfície.

Consoante a profundidade a que os materiais rochosos em fusão consolidaram podem ser classificadas como:

- Rochas plutónicas - resultantes da cristalização lenta do magma, já que se instalam em profundidade (vários quilómetros), facilitando o desenvolvimento de cristais sendo, por isso em geral, granulares. O granito e o gabro são exemplos de rochas deste tipo.
- Rochas efusivas ou vulcânicas – resultantes do arrefecimento rápido de um magma mais ou menos viscoso, de origem profunda, mas que solidificou muito perto da superfície ou mesmo à superfície, podendo gerar aparelhos vulcânicos. Exemplo deste tipo de rochas são o basalto e o riolito.

Quadro Classificativo das Principais Rochas Mágmativas

Rochas magmáticas	Principais Minerais								
	Feldspatóides	Quartzo	Feldspato potássico	Feldspato calcosódico	Mica Branca (Moscovite)	Mica Preta (Biotite)	Anfíbola	Piroxena	Olivina
Plutónicas									
Vulcânicas									
Granito		●●●●	●●●●	●●	●	●	●		
Riolito									
Sienito			●●●●	●●	●	●	●		
Traquito									
Sienito nefelínico	●●●●		●●●●						
Fonólito									
Monzonito		●●●●	●●●●	●●●●		●●	●●	●	
Traquiandesito									
Tonalito		●●●●		●●●●		●●	●●	●	
Dacito									
Gabro / Diorito				●●●●		●	●	●●	●●
Basalto / Andesito									
Peridotito, Piroxenito							●●	●●●●	●●●●
Limburgito									

●●●● Minerais abundantes

●● Minerais raros

● Minerais pouco abundantes

Se as emissões dos materiais emitidos pelos vulcões se fazem de modo explosivo, originam-se rochas ditas piroclásticas, tais como bombas vulcânicas, cinzas, lapili, tufos, etc. Quando o magma é mais fluido derrama-se à superfície, no estado pastoso, constituindo as lavas.

As rochas vulcânicas apresentam-se, muitas vezes, com fraco desenvolvimento de cristais.

Rochas metamórficas

Ao conjunto de processos que dão origem ao aparecimento de rochas metamórficas chama-se metamorfismo.

Grande parte das rochas metamórficas resultam da transformação (cristalização), em profundidade, de rochas pré-existentes (sedimentares ou eruptivas sob os efeitos da temperatura e/ou pressão diferentes daquelas em que se originaram). Geralmente são acompanhadas de deformação que, muitas vezes, é acompanhada de um folheado (xistosidade) e que facilita a sua divisão em placas.

Este metamorfismo que acabámos de referir, e que se encontra frequentemente associado à formação de cadeias montanhosas, diz-se "regional", já que afecta grandes conjuntos de rochas com espessuras e superfícies consideráveis.



**Rocha metamórfica - Gnaisse
Freixo de Espada à Cinta**

As rochas metamórficas podem resultar também de alterações térmicas ligadas à implantação de maciços magmáticos intrusivos. Fala-se então de "metamorfismo de contacto". Localiza-se à volta dos maciços e resulta principalmente da acção das temperaturas elevadas destes, sobre as rochas que os encaixam (termometamorfismo).

O metamorfismo pode ainda resultar de compressões devidas a grandes acidentes de origem tectónica, ou derivar da circulação de fluidos a temperaturas elevadas.

Como exemplos de rochas metamórficas temos:

- Xistos - resultantes do metamorfismo de rochas argilosas e quartzo feldspáticas, apresentando folheado (xistosidade);
- Gnaisses - derivados de rochas argilosas e quartzo feldspáticas, apresentando bandado de segregação mineralógica devido a graus elevados de metamorfismo;
- Quartzitos - resultantes do metamorfismo de areias e arenitos siliciosos, apresentando coalescência dos grãos de quartzo, ou quartzo e feldspato, quando impuros;
- Mármore - provenientes da recristalização de calcários.

A deformação das rochas



Estratos dobrados
Litoral SW Alentejano

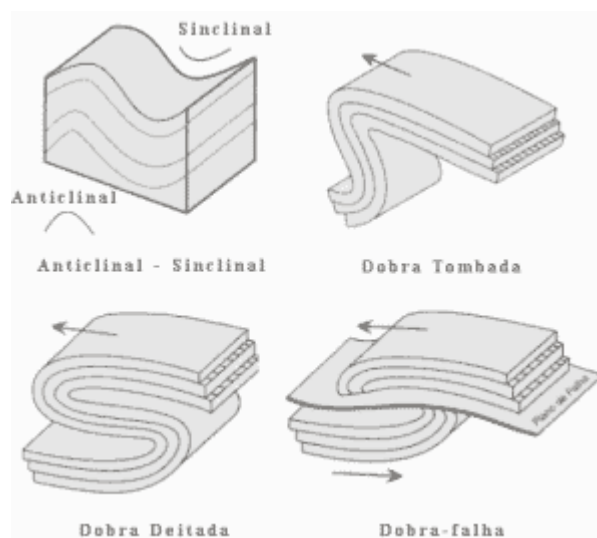
Os materiais que constituem a crosta terrestre estão sujeitos a forças compressivas e/ou distensivas que os deformam. Estas deformações, que se produzem em grande escala e intensidade quando são geradas as cadeias de montanhas (orogénese), atingem todos os tipos de rochas. Os enrugamentos provocados nas camadas rochosas, deslocam-nas da sua posição original, de tal modo que os estratos dobrados podem aparecer-nos, em determinados locais, simplesmente inclinados, verticalizados ou mesmo invertidos em relação à sua posição normal. A própria estrutura interna das rochas é afectada pela deformação, provocando a reorganização dos componentes mineralógicos, orientando e estirando minerais, etc., traduzindo-se muitas vezes o fenómeno compressivo pelo aparecimento duma "xistosidade", como já vimos quando abordámos as rochas metamórficas.

No trabalho de campo, as medidas que o geólogo faz com muita frequência, durante o levantamento da carta, são precisamente as da direcção e inclinação das camadas e xistosidades, quando existam, pois são dados fundamentais para a localização e interpretação das estruturas.

A direcção de uma camada ou de uma xistosidade é medida com uma bússola, determinando-se o ângulo que uma hipotética linha horizontal, considerada nessa camada ou nessa xistosidade, faz com o Norte magnético. Esta linha horizontal é perpendicular à linha de maior declive do plano da camada ou da xistosidade - linha por onde correria um líquido que, supostamente, fosse derramado sobre a superfície.

Do mesmo modo, com aquele aparelho, usando o clinómetro, determina-se a inclinação da camada ou xistosidade (ângulo da linha de maior declive com a sua projecção num plano horizontal).

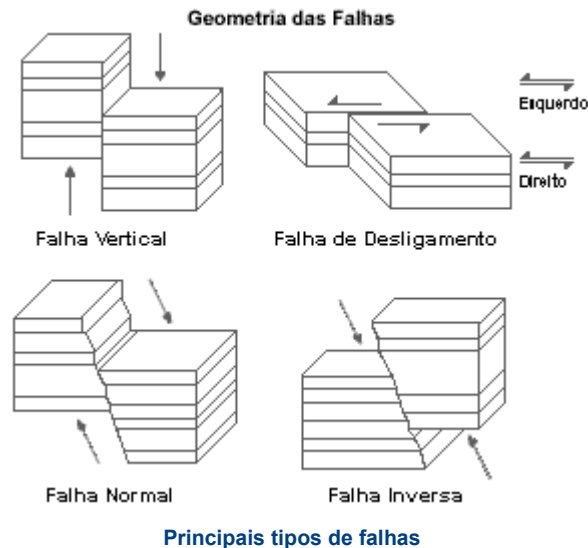
Na deformação das camadas sedimentares as dobras resultantes apresentam zonas côncavas (sinclinais) e zonas convexas (anticlinais) e podem assumir diferentes configurações:



Principais tipos de dobras

Em muitos casos, quando as forças compressivas são muito intensas excedendo o limite de elasticidade dos materiais, as camadas entram em rotura, dando origem a falhas (planos de rotura).

Os principais tipos de falhas estão esquematizados na figura seguinte.



A medição da direcção e inclinação dos eixos das dobras, dos estiramentos, dos planos de falha, etc. observados nos materiais rochosos são, muitas vezes, indispensáveis para a interpretação das estruturas.

Todos estes valores medidos, são traduzidos por uma simbologia própria que vem discriminada na legenda da carta.

A idade das rochas

As rochas que encontramos à superfície da Terra não têm todas a mesma idade. Dada a lenta velocidade com que os grandes fenómenos geológicos se processam em relação à duração da vida humana, os tempos são medidos, em Geologia, tendo como unidade o milhão de anos.

Estudos efectuados, permitiram chegar à conclusão de que o nosso planeta se formou há cerca de 4,5 mil milhões de anos, a partir da condensação de uma nebulosa. As rochas mais antigas conhecidas estão datadas de 3,8 milhões de anos testemunhando que os continentes já existiam por esse tempo.

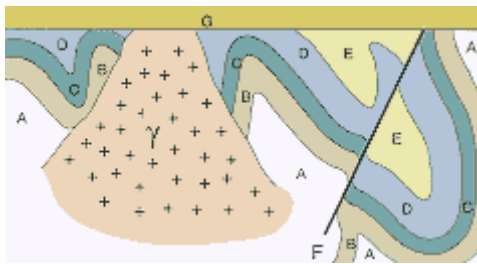
Ao que se pensa, as rochas mais antigas portuguesas até agora conhecidas, encontram-se na chamada Unidade Alóctone Superior (Terreno Continental do Nordeste) que ocupa o núcleo dos Maciços máficos e ultramáficos de Bragança e Morais. Têm sido considerados do Neo-Proterozóico, a que corresponde uma idade rondando os 1 100 milhões de anos.

Como se faz a datação das rochas ?

A idade das rochas pode ser considerada em tempos absolutos ou em tempos relativos:

A idade absoluta de uma rocha é obtida a partir de métodos físico-químicos fundamentados no estudo dos elementos radioactivos e seus produtos de desintegração (ex: rubídio-estrôncio, urânio-chumbo, potássio-árgon) tendo como base o conhecimento do período de desintegração dos elementos radioactivos. Os resultados obtidos por estes métodos estão, porém, sujeitos a uma margem de erro que pode ser estimada.

A idade relativa das rochas fundamenta-se no chamado "Princípio de sobreposição" dos estratos: dada a génese dos sedimentos marinhos - resultantes da erosão de rochas preexistentes que se depositaram, dum modo geral, horizontalmente, no fundo do mar conclui-se que o estrato que cobre outro estrato foi depositado posteriormente; é mais moderno, mais recente que o estrato que se encontra por baixo.



Depositadas as camadas A, B, C, D e E, estas foram posteriormente dobradas. Só depois foram falhadas e intruídas pelo granito. Por fim depositou-se a camada G, em discordância, sobre o substrato dobrado e falhado.

Também do estudo dos acidentes e deformações sofridas pelas rochas se podem tirar conclusões sobre idades relativas: uma falha que afecta determinadas camadas é posterior a essas camadas e anterior à camada que não foi afectada (Princípio da Intersecção).



Fóssis - Amonites do período Jurássico

Foi a partir do estudo dos fósseis contidos nas rochas (Paleontologia) - geralmente nas camadas das rochas sedimentares - que os paleontólogos e estratígrafos começaram a atribuir idades às rochas (Princípio da Inclusão). Na verdade, reconheceu-se que certos animais (e plantas) existiram apenas durante um curto período da história da Terra. Ao fossilizarem dentro de um estrato, assinalam (rotulam) esse estrato atribuindo-lhe a idade correspondente ao período em que habitaram o Planeta.

Estudos desta natureza, conjugados com o princípio da sobreposição, permitiram aos geólogos estabelecer uma coluna com divisões estratigráficas onde está contida uma grande parte da história da Terra.

Análise, Leitura e Interpretação de uma Carta Geológica

As cores e os símbolos. Seu significado. A legenda

As cartas de pequena escala dão-nos uma visão global da geologia de um determinado continente, país ou região. No entanto, são imprecisas no posicionamento de qualquer ponto ou traçado de linha na carta e, quando se pretende utilizá-las em trabalhos que exijam detalhe (que são geralmente os de uso corrente), podem não conter a informação considerada suficiente. O seu maior interesse centra-se principalmente nos aspectos científico-didáticos.

As cartas de grande escala, mais pormenorizadas, com a conseqüente precisão e maior conteúdo de informação disponível, são as mais aconselhadas nas aplicações práticas da geologia.

No que vai seguir-se, vamos tomar como referência a Carta Geológica de Portugal na escala 1: 50 000.

Ao olharmos para uma Carta Geológica salta-nos à vista a diversidade de cores que geralmente apresenta, muitas vezes desenvolvendo-se em caprichosos contornos. Cada cor tem, contudo, o seu significado, representando um conjunto de características que determinam a natureza (litologia) e/ou a idade duma formação rochosa aflorando na região da carta. Geralmente, cada cor é afectada dum símbolo (letra normal ou grega - esta para rochas magmáticas), seguido ou não de outras letras ou algarismos, que permitem identificar melhor as cores. Esta simbologia também possibilita distinções dentro da mesma cor, quando se pretende diferenciar tipos de rochas assinaladas com sobrecargas.

Na legenda, onde estão representadas, dentro de pequenos rectângulos, todas as cores e todos estes símbolos, descreve-se, duma forma sucinta, a natureza e o nome da unidade cartografada. A ordem por que se dispõem estes rectângulos, quando referidos a rochas sedimentares e metamórficas, faz-se, geralmente, segundo o "princípio da sobreposição": as unidades mais modernas vão-se sobrepondo às unidades mais antigas. Em geral, incluem-se, na parte inferior desta escala estratigráfica, os terrenos de idade desconhecida. Para a interpretação da carta e estabelecimento de cortes geológicos, a consideração deste escalonamento é fundamental.

As rochas magmáticas são referenciadas separadamente, podendo estar seriadas na vertical, segundo a sequência da sua instalação.

Além da legenda referente ao conteúdo colorido da carta, existem ainda sinais convencionais que identificam e posicionam acidentes estruturais ou outros elementos de interesse geológico-mineiro e arqueológico que se encontram na carta, nomeadamente:

- limites geológicos; dados referentes à tectónica, como falhas, cavalgamentos, carreamentos, etc.; dados relativos às estruturas, como direcção e inclinação de camadas, xistosidades, eixos de dobras, etc.

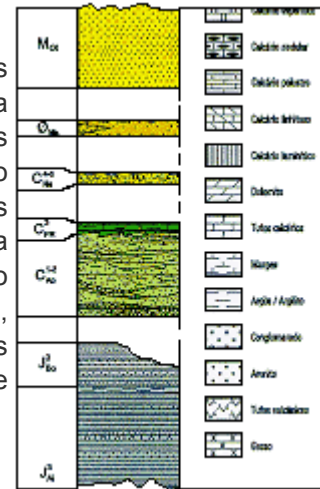
e ainda:

- poços, nascentes de água normal ou mineromedicinal, sondagens, furos de captação de águas, pedreiras, jazidas fossilíferas, estações arqueológicas, etc.

A coluna estratigráfica

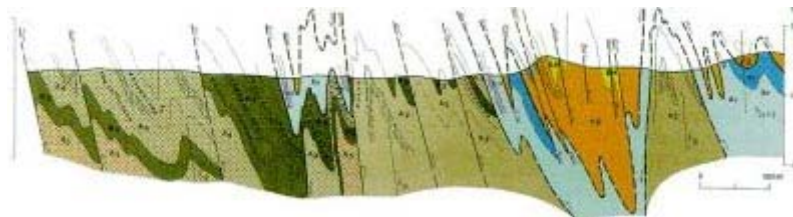
As cartas mais recentes, na escala 1:50 000 e outras, apresentam ainda a coluna estratigráfica referente à área a que dizem respeito, bem como cortes geológicos representativos das principais estruturas geológicas que ocorrem na carta.

Na coluna estratigráfica estão representadas, graficamente, as formações que se encontram na carta, dispostas na vertical e pela ordem que se supõe ocorrerem em profundidade, bem como as relações geométricas entre elas. As estruturas e o conteúdo fóssilífero podem estar indicados por símbolos, e as espessuras das formações deverão, em princípio, ter sido desenhadas conservando a devida proporção. A coluna é, pois, como que a representação do testemunho de uma "sondagem gigante e profunda" que, supostamente, fosse realizada na região e englobasse todas as formações que nela existem. É uma representação gráfica de índole cronológica e sedimentológica.



Cortes geológicos

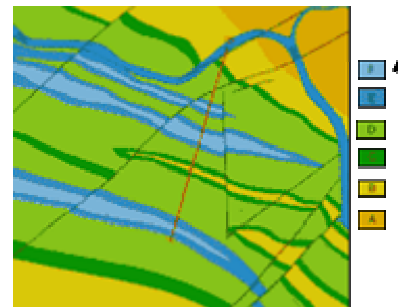
Com os cortes geológicos pretende-se visualizar a disposição e as relações entre as diferentes rochas que se encontram em profundidade, facilitando assim a leitura das estruturas que ocorrem na carta.



Corte geológico da carta 46-D - Mértola

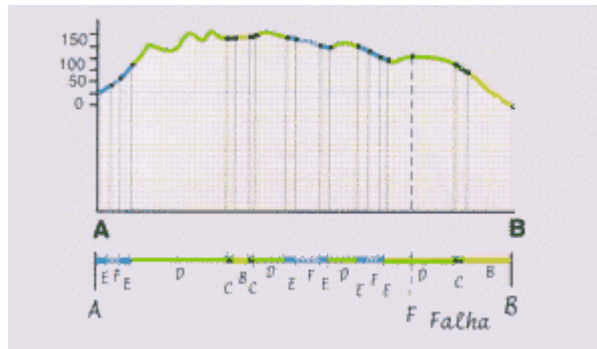
Consideremos, como exemplo, a Carta Geológica figurada, da qual, para simplificar, se retirou a planimetria e altimetria.

Para construir um corte geológico, procede-se de modo análogo ao que foi descrito para um perfil topográfico: Feito o traçado da localização do corte (que deve ser, quanto possível, perpendicular à direcção das camadas ou aos eixos das estruturas), ajusta-se-lhe o bordo de uma tira de papel. Nesta, além de se marcarem as intersecções com as curvas de nível, linhas de água, etc. (pois conjuntamente traçar-se-á o perfil topográfico onde irá implantar-se a geologia), marcam-se, ainda, as intersecções do bordo da tira com os limites geológicos e com os acidentes tectónicos (falhas, cavalgamentos, etc.).



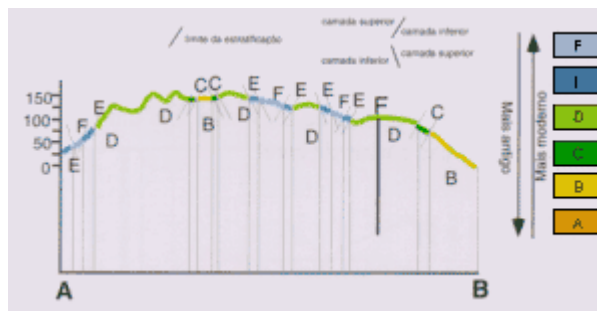
Seção de uma carta geológica simplificada mostrando a localização do corte geológico A-B que se pretende realizar

Estabelecido o perfil topográfico, estas intersecções dos limites e acidentes vão ser assinaladas na linha do perfil.

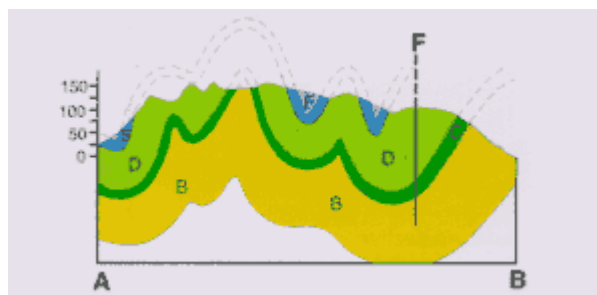


Recobre-se então esta linha - nos espaços delimitados pelos pontos - com lápis de cor, usando as cores das manchas correspondentes às diferentes formações intersectadas.

Analisando, na Carta Geológica, a relação entre as diferentes formações identificadas pelas diferentes manchas coloridas, tendo em conta as direcções e inclinações das camadas que vêm indicadas no mapa, próximo dos limites, a idade das formações e, ainda, os dados referentes às estruturas - que podem ser depreendidas do exame atento da sucessão (idade relativa) e contorno das manchas coloridas que representam as formações (ver capítulo "Interpretação de uma carta geológica") -, lança-se o andamento das camadas para a profundidade, junto dos limites.



No final, fazem-se encontros de limites e correlacionam-se camadas de tal modo que se obtenha um resultado racional, coerente com a cartografia observada no mapa.



As rochas magmáticas (não aflorantes na carta-exemplo) instruem a partir da profundidade cortando todas as camadas e estruturas pré-existentes.

Embora ainda não sejam usuais nas cartas geológicas portuguesas, os blocos-diagrama começam a figurar em algumas cartas geológicas estrangeiras.

Um bloco-diagrama procura dar uma visão tridimensional perspectivada, duma determinada região mostrando a continuidade das rochas que afloraram à superfície com as mesmas rochas

em profundidade, por intermédio de dois cortes geológicos mais ou menos perpendiculares, dando, assim, realce à estrutura geológica dessa região.

Interpretação duma Carta Geológica

A leitura das Cartas Geológicas com a interpretação das estruturas baseia-se, fundamentalmente, no princípio da sobreposição dos estratos, na análise da relação limites geológicos-topografia (curvas de nível), e na forma do contorno das manchas representativas das formações. Auxiliares preciosos são a indicação da direcção e inclinação das camadas e xistosidades, das inclinações dos eixos das dobras e a representação dos eixos dos sinclinais e anticlinais quando figurados.

Esta leitura nem sempre é fácil. Acidentes resultantes de fenómenos compressivos e distensivos, a várias escalas, que atingiram as rochas posteriormente à sua deposição (tectónica), podem afectar seriamente os estratos, inclinando-os, dobrando-os, podendo até inverter a sua posição original ou provocar roturas, com deslocamentos apreciáveis de massas rochosas. Nestas condições extremas, a interpretação das estruturas existentes só é acessível aos entendidos.

As Cartas Geológicas são documentos muito diversificados. Por isso, é mais que evidente que cada carta tem a sua leitura, não se podendo generalizar para outras, a apreciação que se faça a uma determinada carta.

Há, no entanto, certas regras que se podem considerar válidas, se não para todas, pelo menos para grande parte das cartas e, com elas, pode facilitar-se a interpretação das mesmas.

Suponhamos uma carta onde exista um pequeno afloramento granítico e formações metamórficas e sedimentares dobradas, mas sem grandes complicações tectónicas.

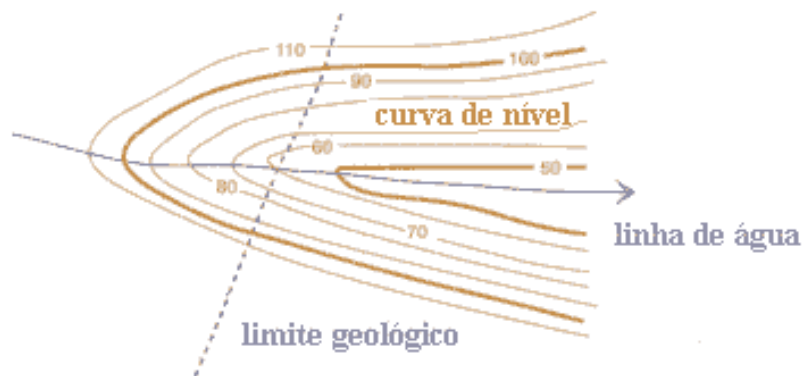
Para compreendermos as estruturas presentes, deveremos, em primeiro lugar, fazer uma distinção entre as rochas magmáticas (que geralmente afloram em maciços mais ou menos arredondados - ver legenda), as rochas ditas de cobertura (depósitos de cascalheiras, dunares, de vertente, aluviões, etc.) e as rochas sedimentares e metamórficas. Enquanto as primeiras provieram da profundidade, cortando as rochas encaixantes e expondo-se à superfície, as segundas recobrem as rochas pré-existentes formando uma película superficial. Só as últimas, de origem sedimentar e metamórfica, que se depositaram em camadas, permitem fazer a interpretação das estruturas, jogando com o conhecimento da idade relativa destas formações e ainda com os elementos fornecidos de ordem estrutural (direcções e inclinações de camadas, xistosidades, eixos de dobras, etc.).

Pelo exame do modo como os limites geológicos das formações de natureza sedimentar cortam as curvas de nível, podem tirar-se algumas conclusões:

- Quando os limites geológicos são aproximadamente paralelos às curvas de nível, as camadas devem encontrar-se mais ou menos horizontais.

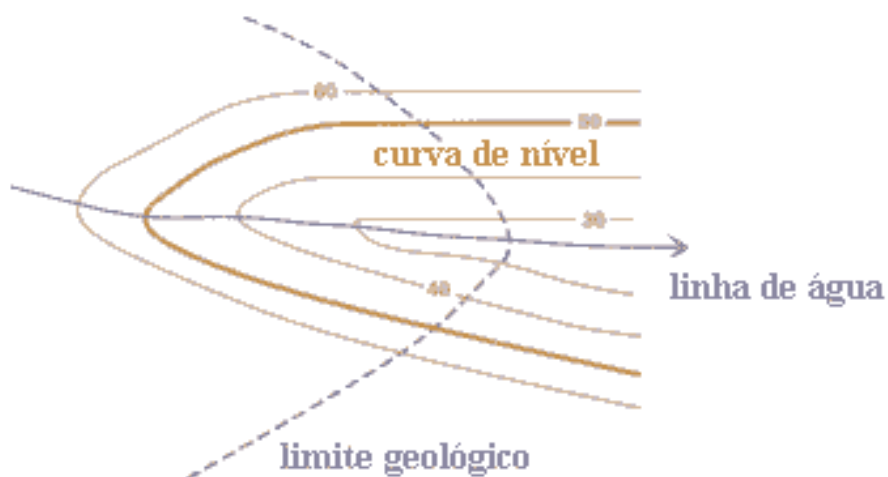


- Quando cortam as curvas de nível em linha recta em zonas de declives mais ou menos acentuados (curvas de nível muito juntas e abundantes), as formações devem estar muito próximo da vertical.

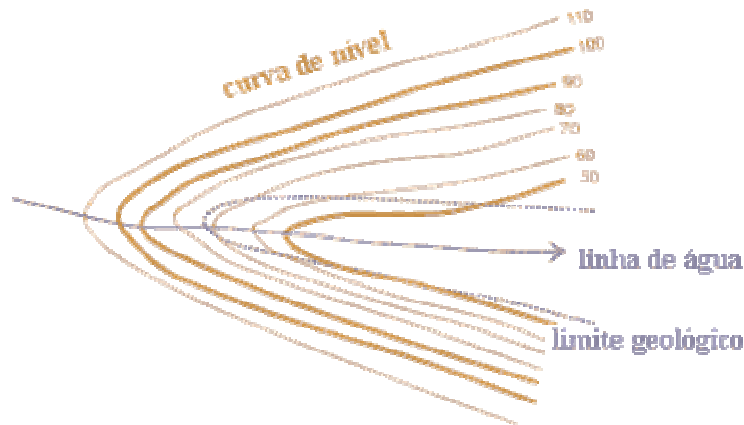


- Quando, junto às linhas de água, a inclinação das camadas se faz no mesmo sentido do declive topográfico, mas:

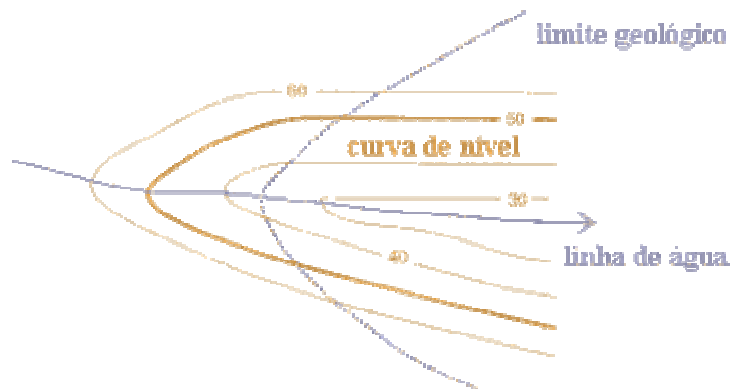
a) é superior ao declive: A curva de intersecção do limite tem um aspecto inverso do das curvas de nível.



b) é inferior ao declive: A curva de intersecção tem o mesmo aspecto das curvas de nível, mas corta-as obliquamente com abertura menor.



- Quando a inclinação das camadas se faz no sentido contrário ao declive topográfico: A curva de intersecção do limite apresenta o mesmo aspecto que as curvas de nível, mas corta-as obliquamente, com uma abertura maior.



Duas situações podem coexistir e ser visualizadas quando se examina uma mesma carta geológica:

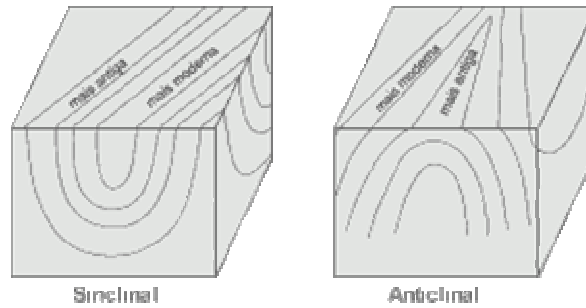
- formações cujos limites formam faixas coloridas paralelas e alinhadas, ou
- formações em que os limites, embora desenhem também faixas coloridas paralelas, façam, contudo, curvas acentuadas.

No primeiro caso, é muito provável estarmos na presença de uma estrutura monoclinial onde as camadas estão inclinadas no mesmo sentido. No segundo caso (e desde que as formações não estejam próximo da horizontal - caso em que as camadas seguem, sensivelmente, as sinuosidades das curvas de nível, como dissemos anteriormente), estaremos observando zonas de dobramentos, nas quais as regiões de curvaturas máximas deverão corresponder a zonas de charneira de dobras, ou melhor, a situações ditas de terminações perictinais - locais onde as charneiras das dobras são intersectadas pela superfície topográfica.

Como vimos no capítulo referente à deformação das rochas, as dobras são, essencialmente, de dois tipos:

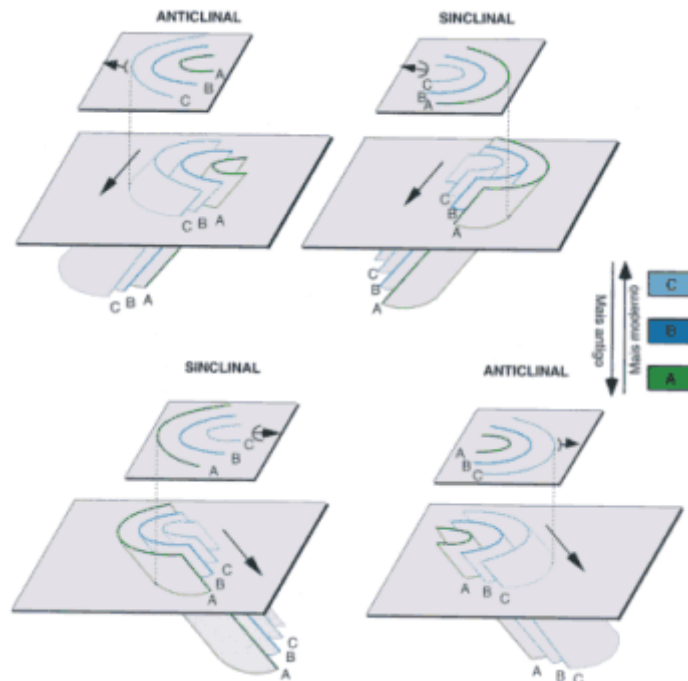
- sinclinais - estrutura dobrada em que a concavidade da dobra está voltada para cima
- anticlinais - dobras em que a concavidade está voltada para baixo

Invocando o princípio da sobreposição - as camadas mais antigas estão posicionadas por baixo das camadas mais recentes - é fácil concluir que, nos sinclinais, o núcleo da dobra é ocupado por formações mais recentes do que as outras que se dispõem mais à periferia, enquanto que, nos anticlinais, se passa precisamente ao contrário - no núcleo localizam-se as formações mais antigas e, à medida que nos afastamos deste, estas vão sendo, progressivamente, mais modernas.



Blocos-diagrama mostrando a disposição das camadas num sinclinal e num anticlinal

Conjugando o conhecimento da disposição cronológica das formações, observada na coluna cronoestratigráfica que acompanha a carta, com o exame da sucessão das formações, junto da região dos dobramentos, pode, muitas vezes, tirar-se conclusões sobre o tipo de estrutura que está presente.



A observação dos símbolos indicativos da direcção e inclinação das camadas, bem como da leitura da inclinação dos eixos das dobras - que por vezes se encontram figurados nas cartas - facilitam, ou podem confirmar a leitura realizada:

Os cortes geológicos que acompanham as modernas Cartas Geológicas, representam a interpretação, feita pelos seus autores, das estruturas mais características da região a que as cartas se reportam.

A Notícia Explicativa

A Notícia Explicativa de uma carta é um pequeno livro que geralmente a acompanha, destinado a completar a informação contida na mesma e a facilitar a sua interpretação, já que nela se acrescentam muitos conhecimentos que foram colhidos durante a elaboração da carta e que nesta não puderam ser incluídos para não a sobrecarregar.

Embora escrita numa linguagem específica, esta publicação não se destina unicamente aos geólogos, mas também a utilizadores de outros campos profissionais, e aos curiosos por assuntos geológicos: basta que seleccionem e ponham de parte os temas mais especializados, e se detenham apenas nos que mais lhes interessa.

Uma Notícia Explicativa inicia-se, geralmente, por uma Introdução, na qual são nomeados os autores e intervenientes na elaboração da carta e da Notícia, onde se faz o enquadramento da região no que diz respeito às vias de comunicação, rede fluvial (cursos de água), relevo, geomorfologia, etc. e ainda uma referência a trabalhos de índole geológica publicados anteriormente.

No capítulo "Estratigrafia" ou "Geologia" faz-se a descrição pormenorizada das entidades rochosas que ocorrem na carta, apresentando as formações de origem sedimentar por ordem cronológica (da mais antiga para a mais recente) e relatando o seu conteúdo fossilífero. Menciona-se também a natureza e o quimismo das rochas aflorantes (petrografia, geoquímica, etc.).

Ainda no capítulo "Geologia" pode estar toda a informação relativa aos metassedimentos, depósitos de cobertura, rochas granitóides e filões e massas.

Capítulos especiais são - ou poderão ser - dedicados à:

- Paleogeografia
- Tectónica
- Magmatismo
- Metamorfismo
- Hidrogeologia
- Geologia económica ou Recursos geológicos
- Arqueologia

No final, a Notícia contém uma bibliografia temática relativa à região abrangida pela carta.

A informação contida na Notícia Explicativa refere-se à carta geológica a que diz respeito e corresponde aos conhecimentos existentes na altura em que foi levantada. É pois possível que determinados assuntos focados não se encontrem presentes em algumas das notícias publicadas.

Notas finais

A Carta Geológica e a sua Notícia Explicativa são, como se vê, o produto final de uma longa e complexa actividade destinada a tornar acessível ao público um valioso conjunto de informação científica e técnica sobre uma dada região, aplicável na resolução de múltiplos problemas económicos e ambientais. Os resultados justificam os custos da cartografia geológica. Na



Capa de Notícia Explicativa

verdade, esta cartografia constitui um bom investimento para o Estado: estudos económicos feitos na Alemanha, Espanha e noutros países, comprovam que o seu custo é pago em menos de 10 anos só pelos benefícios económicos directos dela resultantes.

Toda a Carta Geológica, como qualquer outro documento científico, nunca é definitiva. O progresso das Ciências Geológicas obriga a revisões periódicas das cartas já publicadas.

Glossário

Acidente (tectónico) - Falha, fractura ou deformação mais ou menos intensa das rochas (dobras, desligamentos, cavalgamentos, etc.).

Anticlinal - estrutura dobrada em que a concavidade da dobra está voltada para baixo e onde o núcleo desta é formado por camadas mais antigas que aquelas que se dispõem mais externamente.

Atitude (de camada ou filão) - posição geométrica do filão ou camada, definida pela sua direcção e inclinação. Refere-se principalmente à disposição, ao modo como se apresenta no terreno, uma camada ou estrato: inclinada, na posição horizontal, dobrada, etc..

Base de dados - conjunto de dados estruturados e armazenados no computador, de fácil pesquisa e utilização.

Camada - o mesmo que estrato ou leito.

Charneira (de uma dobra) - linha definida pelos pontos de curvatura máxima da dobra.

Coluna estratigráfica - representação gráfica das formações que ocorrem numa dada região, dispostas na vertical pela ordem em que se encontram em profundidade. Também designada por "log".

Corte geológico - representação gráfica da secção de terrenos intersectados por um plano, geralmente vertical.

Cronologia - datação dos diferentes terrenos e estabelecimento da seriação relativa dos mesmos (Estratigrafia), dos mais antigos aos mais modernos.

Crusta (o mesmo que crosta) - parte sólida, externa, da Terra.

Direcção (de camada, linha, filão ou falha ...) - orientação da camada, linha, filão, falha ... ângulo que faz uma linha horizontal traçada na camada, falha ou filão, com a direcção Norte (magnético ou cartográfico).

Distribuição espacial (de formações) - localização em planta ou em três dimensões das diferentes massas rochosas que ocorrem numa determinada região.

Erosão - conjunto de processos que levam à destruição das rochas preexistentes e à remoção progressiva dos detritos resultantes. Os agentes que promovem a erosão podem ser diversos:

meteóricos (chuva, vento, neve, calor, frio, etc.); mecânicos (correntes hídricas, eólicas ou outras); biológicos (intervenção dos seres vivos); químicos.

Estratigrafia - ramo da Geologia que se ocupa do estudo dos estratos rochosos. Diz respeito não só à sucessão original e relação de idades dos estratos, mas também à sua forma, distribuição, composição litológica, conteúdo fossilífero, propriedades geofísicas e geoquímicas - na verdade com todas as características e atributos dos estratos rochosos; e a sua interpretação em termos de ambiente ou modo de origem e história geológica.

Estrato - o mesmo que camada ou leito – unidade estratigráfica elementar caracterizada pela sua natureza litológica, pelo seu conteúdo fossilífero, pela sua espessura e pela sua posição no espaço (direcção e inclinação).

Estrutura - a) conjunto de características relativas à distribuição e arranjo dos componentes rochosos; b) modo como se dispõem as rochas da crosta terrestre: dobradas, falhadas, em anticlinal, em sinclinal, etc..

Fácies - aspecto e características litológicas, paleontológicas, ou outras, de uma unidade rochosa e que permitem, em muitos casos, revelar as condições de formação, bem como a natureza do meio biológico e geográfico em que foi originada.

Falha - acidente tectónico que consiste na rotura de terrenos ao longo de um plano, devida a pressões dinâmicas, com deslocamento relativo das partes separadas.

Filão - Corpo geralmente de forma tabular constituído por rochas ou minerais, muitas vezes de origem magmática, ou devido a acções hidrotermais (tardi magmáticas), que se instalou em fendas ou fracturas de outras rochas ditas "encaixantes".

Flancos (de uma dobra) - partes laterais de uma dobra que se unem pela sua charneira.

Formação (geológica) - 1) terreno ou grupo de terrenos que possuem características comuns constituindo um conjunto que interessa separar dos outros materiais rochosos; 2) conjunto de camadas formando uma unidade litológica à qual se associa geralmente o nome do local onde foi definida.

Fotogeologia - estudo que consiste na observação (geralmente por intermédio de aparelhos que dão visão em relevo - estereoscópios) de fotografias aéreas de uma dada região, tendo em vista a determinação de estruturas geológicas, limites entre formações, falhas, alinhamentos, etc..

Fóssil - Restos ou vestígios da actividade de animais ou plantas conservados ou impressos nas rochas e geralmente contemporâneos da formação destas.

Geoquímica - ciência que se ocupa da química da Terra, tendo como objectivo : 1) a determinação da abundância absoluta e relativa dos elementos e das espécies atómicas na Terra; 2) o estudo da distribuição e migração dos elementos na Terra em geral e, em particular, nos minerais e rochas com o objectivo de descobrir as leis que regem esta distribuição e migração.

Idade absoluta (de uma rocha ou mineral) - idade determinada por métodos físico-químicos baseados no conhecimento do período de desintegração de elementos radioactivos contidos nas rochas ou minerais.

Idade relativa (de uma formação, camada, dobra, falha, etc.) - datação de um determinado evento relativamente a outro: se mais antigo, da mesma idade ou mais moderno; se anterior, contemporâneo ou se posterior.

Intrusão - penetração e consolidação de uma massa magmática na crosta terrestre, dando origem a um corpo rochoso mais ou menos extenso.

Levantamento geológico - elaboração de uma carta a partir da observação do terreno: implantação dos limites geológicos e outras observações, recolha de dados, amostras, etc.

Limite (geológico) - linha que separa duas formações rochosas com características diferentes (litológicas, cronológicas, etc.).

Lineação - estrutura observada nas rochas, desenvolvida por processos tectónicos ou ígneos, que se traduz por linhas paralelas entre si, podendo resultar de: intersecção de planos de estratificação com planos de xistosidade; intersecção entre planos de xistosidades; alinhamento, estiramento ou paralelismo de minerais; alongamento mecânico de elementos rochosos; charneiras de microdobras muito apertadas e regulares.

Litologia - descrição das características que determinam a natureza, o aspecto e as propriedades de uma rocha de modo a particularizá-la, tendo como base parâmetros como: textura, cor, composição mineralógica e/ou química, granulometria, etc.

Minuta (de campo) - esboço da carta geológica que se vai executando no campo e que, no final, deverá ser completado e passado a limpo, para que seja dado à estampa.

Neotectónica - ciência que estuda os movimentos tectónicos que ocorreram após a última reorganização significativa da tectónica regional que, para o território português, corresponde à actividade tectónica ocorrida desde o Pliocénico superior, isto é, aproximadamente durante os últimos 2 milhões de anos.

Paleoecologia - estudo das relações dos seres vivos com o meio ambiente em períodos antigos da história da Terra.

Paleogeografia - ciência que se ocupa com a determinação dos locais e condições ambientais em que, no passado da história da Terra, se estabeleceram as rochas da crosta terrestre: distribuição dos continentes, oceanos, sistemas montanhosos, geossinclinais, etc.

Paleontologia - ciência que se ocupa do estudo dos fósseis: sua descrição, evolução e idade.

Pedologia - ciência que promove o estudo dos solos : sua morfologia, génese e classificação.

Perfil geológico - nome impróprio muitas vezes confundido com corte geológico, já que se deve referir apenas ao perfil topográfico desse mesmo corte.

Periclinal (terminação) - locais onde as charneiras das dobras intersectam a superfície topográfica.

Petrografia - ramo da petrologia que se dedica à descrição e classificação das rochas

Petrologia - ciência que se ocupa do estudo das rochas: origem, evolução descrição e classificação.

Plotter - aparelho ligado aos computadores essencialmente utilizado na impressão de desenhos a cores em variáveis dimensões.

Sinclinal - estrutura dobrada em que a concavidade da dobra está voltada para cima e onde o núcleo desta é formado por camadas mais modernas que aquelas que se dispõem mais exteriormente.

Sismoestratigrafia - estudo da disposição dos terrenos em profundidade, baseado na observação de perfis - obtidos a partir das ondas reflectidas de pequenos sismos, provocados artificialmente por detonação de explosivos.

Tectónica - ramo da Geologia que tem como objectivo o estudo do movimento e deformação das rochas da crosta terrestre (dobramento, sobreposição e facturação) e das causas que os produziram.

Xistosidade - deformação das rochas, geralmente devida a grandes compressões, que se traduz na apresentação de um folheado que permite poderem ser divididas em placas.