

A relevância da cartografia geológica para o ordenamento do território: o exemplo do Alto Douro Vinhateiro

The relevance of geological mapping for land use planning: the example of the Alto Douro Wine Region

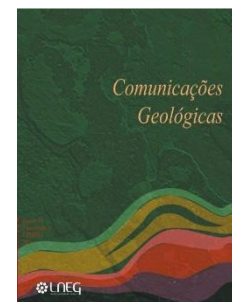
J. Romão^{1*}, E. P. Gomes², J. M. Lourenço², R. Bento³

DOI: <https://doi.org/10.34637/708c-4497>

Recebido em 11/08/2023 / Aceite em 10/11/2023

Publicado online em dezembro de 2023

© 2023 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP



Artigo original
Original article

Resumo: Portugal foi um dos países pioneiros na elaboração de cartografia geológica do seu território, iniciando-se a sua produção em meados do séc. XIX, sendo atualmente disponibilizada em formato digital e papel pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). A conceção do modelo territorial de uma região suporta-se na caracterização e diagnóstico dos sistemas biofísico, territorial urbano e conectividade, e no produtivo de base territorial, bem como nas suas vulnerabilidades críticas. É essencial elaborar cartografia geológica a várias escalas, dado constituir um instrumento indispensável para o desenvolvimento económico, ambiental e social dos espaços territoriais. Na revisão dos Planos Diretores Municipais (PDM) de 1ª geração das autarquias do Alto Douro Vinhateiro, a cartografia geológica foi fundamental para se identificarem e representarem espacialmente, desde logo, zonas com potencial importância ecológica ou de forte suscetibilidade a riscos naturais, bem como Unidades Geomorfológicas atendendo ao parâmetro declividade. Tem desempenhado ainda um papel relevante no processo de reconhecimento e delimitação de áreas de máxima infiltração, que integram o sistema de áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos no regime da Reserva Ecológica Nacional (REN), bem como na referência espacial dos recursos geológicos. A evolução da cartografia geológica faz-se no sentido de se constituir bancos de dados georreferenciados, interoperáveis e normalizados, recorrendo-se à integração de ferramentas de modelização (*Geodesign*) para representação a 3D do espaço subterrâneo. Este avanço será responsável pela melhoria significativa dos futuros Planos Diretores Municipais, em particular, nos espaços urbanos.

Palavras-chave: Cartografia geológica, ordenamento do território, alto Douro Vinhateiro.

Abstract: Portugal was one of the pioneer countries in the geological cartography elaboration of its territory, starting its production in the middle of the XIX century, and being currently made available in digital and paper format by LNEG. The territorial model design of a certain region is based on the characterization and diagnosis of the biophysical, territorial, urban and connectivity, and territorial-based productive systems, as well as their critical vulnerabilities. It is essential to prepare geological mapping at various scales, as it is an indispensable tool for the economic, environmental, and social development of territorial spaces. In the review of the 1st generation PDM of the Alto Douro Wine Region, the geological cartography published in the meantime was essential to identify and represent spatially, from the outset, areas with potential ecological importance or strong susceptibility to natural hazards, as well as geomorphological units considering the slope parameter. It has also played an important role in the process of

recognizing and delimiting areas of maximum infiltration, which are part of the strategic areas system for the protection and recharge of aquifers in the REN regime, as well as in the spatial referencing of geological resources. The geological cartography evolution is towards the creation of georeferenced, interoperable, and standardized databases, using the integration of modelling tools (*Geodesign*) for the 3D representation of underground space. This advance will be responsible for the significant improvement of future PDM, particularly in the urban spaces.

Keywords: Geological mapping, spatial planning, alto Douro Wine Region.

¹ Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Estrada da Portela, Bairro do Azambujal, Apartado 7586, Alfragide, 2720-866 Amadora, Portugal.

² Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal.

³ Departamento de Engenharias & Centro de Estudos Transdisciplinares para o Desenvolvimento (CETRAD), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real, Portugal.

* Corresponding author / Autor correspondente: manuel.romao@lneg.pt

1. Introdução

Os planos sistemáticos de cartografia geológica desenvolveram-se em inúmeros países desde há mais de 150 anos, promovidos pelo Estado através de organismos intitulados, no geral, de Serviços Geológicos (Geological Survey, nos países de língua inglesa) ou por instituições supranacionais, como por exemplo a União Europeia (EU), o Banco Mundial, etc.

Portugal foi um dos países pioneiros na elaboração de cartografia geológica do seu território, iniciando-se o seu desenvolvimento em meados do séc. XIX. Os primeiros esboços de cartas geológicas complementavam trabalhos mineiros de cariz regional. Em 1841, o geólogo inglês Daniel Sharpe, num estudo intitulado "The Geology of neighbourhood of Lisbon", apresentou o primeiro mapa de Lisboa e seus arredores, e, mais tarde (1849), num estudo similar, publicou a primeira carta da região do Porto. Ainda nesta década, em 1848, José P. Rebelo de Andrade, apercebendo-se da importância da relação entre a "qualidade dos solos" e a "qualidade do vinho do Porto", apresentou um esboço

geológico da região do Alto Douro Vinhateiro (ADV) no seu estudo do "Distrito Vinhateiro do Alto Douro" (Fig. 1). Também na região do Douro foi elaborada a carta intitulada "A Geologia das Margens do rio Douro" por Joseph J. Forrester, inglês conhecido como o Barão Forrester, que foi reconhecida pela Comissão Especial da Câmara dos Comuns Inglesa e premiada com um diploma de "Menção Honrosa" na Exposição Universal de Paris de 1855 (Laje, 2018).

A cartografia geológica de um país representa a máxima expressão do conhecimento geológico do seu território e é expressa sob a forma de mapas a várias escalas. É elaborada por uma metodologia muito própria, correspondendo a uma infraestrutura de suporte fundamental para a descrição das características geológicas de espaços territoriais e é um elemento-chave para o planeamento e ordenamento sustentável do território (Romão, 2005; Romão e Cunha, 2012; Ribeiro *et al.*, 2021).

À escala mundial e no contexto macroeconómico atual, há um número relevante e crescente de sectores de atividade económica, ambiental e social, para os quais é imprescindível a existência desta infraestrutura geológica de base territorial, que tem como suporte o conhecimento físico do território através de mapas geológicos. Para além do uso em setores tradicionais, duas novas disciplinas da geologia têm vindo a desenvolver-se nas últimas décadas que tiram enorme partido da cartografia geológica: a geomedicina e a geologia forense (Romão e Cunha, 2012). A primeira por estar relacionada com o estudo dos efeitos de fatores ambientais de natureza geológica na saúde pública, bem como em animais e plantas. A segunda, justifica-se pela análise detalhada de evidências relacionadas com minerais, solos ou outros materiais, através do uso de técnicas geológicas, pode ser relevante para responder a questões do foro judicial.

A cartografia geológica moderna, disponibilizada em formato digital, é atualmente um instrumento durável e indispensável para o desenvolvimento económico, ambiental e social de um país. A carta geológica de uma determinada zona geográfica, em virtude de descrever com precisão a infraestrutura do subsolo, corresponde a uma verdadeira síntese de conhecimentos de natureza geológica, sobre a qual se podem apoiar políticas de energia, de gestão de recursos (água, rochas industriais, minerais, entre outros), de prevenção de riscos naturais, de ambiente e de ordenamento do território (Fig. 2).

Este trabalho centra-se na importância da cartografia geológica como instrumento para o planeamento e ordenamento do território na região do Alto Douro Vinhateiro. O facto de existir cartografia geológica publicada na escala 1/50 000, disponibilizada digitalmente, constitui uma ferramenta crucial para a melhoria significativa dos diversos planos sectoriais, especiais, regionais, intermunicipais e municipais da região (Fig. 3). A região do Alto Douro Vinhateiro, inscrita em 14 de dezembro de 2001 na lista do Património Mundial da UNESCO, na categoria de Paisagem Cultural Evolutiva e Viva, corresponde à área mais representativa e mais bem conservada da Região Demarcada do Douro e corresponde à mais antiga região vitícola do mundo, regulamentada pelo Marquês de Pombal em 1756 (Fig. 1).

2. Cartografia Geológica

2.1. Conceção tradicional

A cartografia como atividade, contendo a ideia da representação em espaços bidimensionais de delineações com símbolos e objetos em mapas, surge na Pré-História, muito antes da invenção da

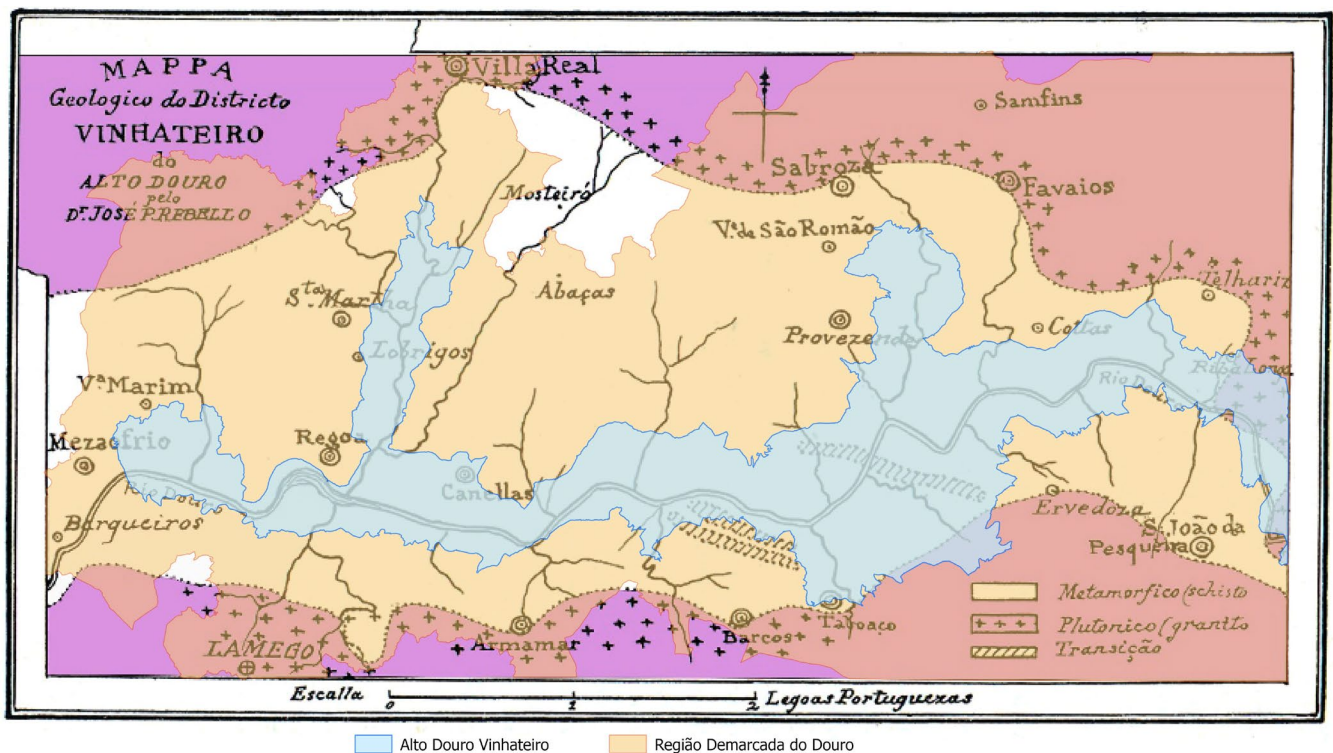


Figura 1. Esboço geológico da região do Alto Douro Vinhateiro (adaptado de Rebelo de Andrade, 1848).

Figure 1. Geological sketch of the Alto Douro Vinhateiro region (adapted from Rebelo de Andrade, 1848).

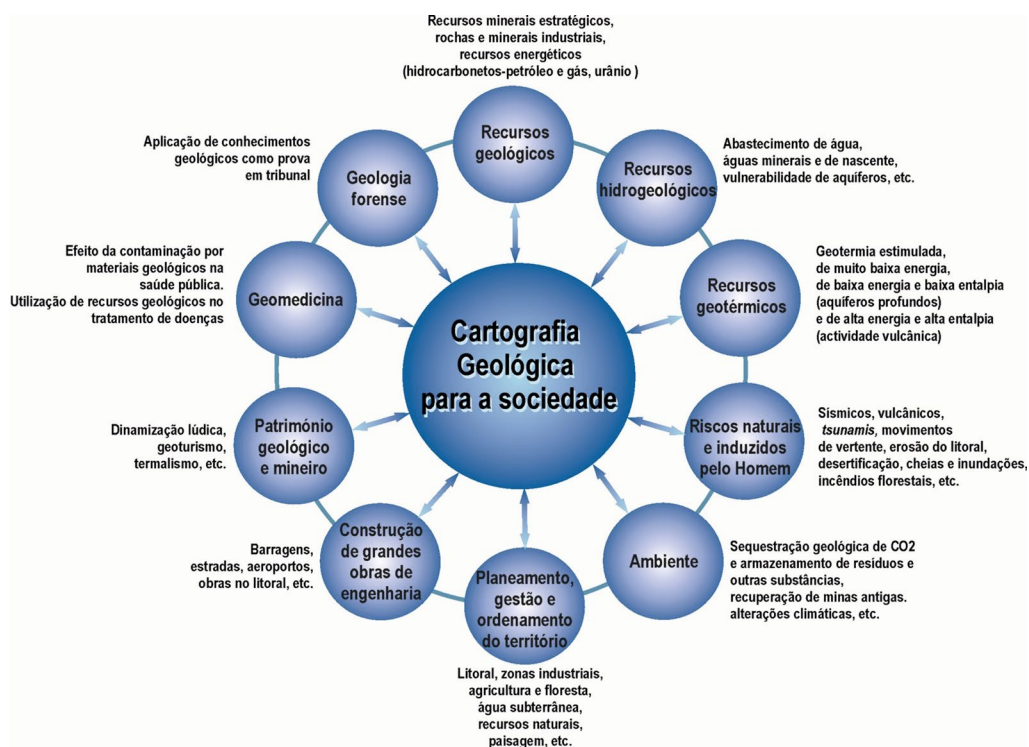


Figura 2. Esquema das inter-relações entre a cartografia geológica e as múltiplas aplicações nos diversos sectores de atividade económica, ambiental e social (Romão e Cunha, 2012).

Figure 2. Scheme of the interrelationships between geological mapping and the multiple applications in the various sectors of economic, environmental, and social activity (Romão and Cunha, 2012).

escrita. Como vocábulo, foi concebido pelo historiador português Visconde de Santarém em carta de 8 de dezembro de 1839, redigida em Paris, e endereçada ao historiador brasileiro Adolfo de Varnhagen (Oliveira, 1988). Desde esta data, o termo cartografia foi adotado internacionalmente pela maioria dos países (Romão e Cunha, 2012).

Numa conceção tradicional, a carta geológica é apresentada em suporte de papel, acompanhada da respetiva notícia explicativa. Constitui um documento técnico-científico onde se representa graficamente de forma sintética, sobre um fundo topográfico adequado, a informação relativa aos materiais rochosos que afloram na superfície e aos fenómenos que os afetaram no passado, sendo que alguns deles ainda persistem na atualidade. Contém informação significativa sobre a natureza e distribuição espacial dos diferentes tipos de rochas, quer à superfície quer em profundidade, a sua posição, atitude, idade relativa ou absoluta, os movimentos tectónicos ocorridos no decurso do tempo geológico, bem como a ocorrência de substâncias minerais, jazidas fossilíferas, nascentes de água naturais, poços, pedreiras, etc.

Nas cartas geológicas incluem-se, normalmente, colunas estratigráficas representativas das unidades reconhecidas na região, cortes sintéticos e a legenda com simbologia adequada, para além de esquemas de enquadramento geral de natureza geológica. Toda esta informação de natureza geológica está hierarquizada e é traduzida por um conjunto vasto de cores e símbolos, que se destina a facilitar a sua leitura e interpretação. Além da carta geológica de base, elaborada com fins técnicos, científicos e didáticos, bem como de utilização geral, podem ser preparadas, a partir desta, outras cartas que incluem informação especializada de carácter geológico, relacionadas com o uso ou benefício dos recursos do subsolo ou com as

atividades humanas sobre o meio físico. Constituem as cartas geológicas derivadas, elaboradas com a finalidade de tratar especificamente determinado assunto, também designadas pela comunidade científica, de cartas geológicas temáticas. As mais comuns correspondem às cartas hidrogeológicas, litológicas, mineiras, tectónicas, geoquímicas, geofísicas, geotécnicas, geomorfológicas, radiométricas e de riscos geológicos, entre outras.

2.2. A nova Cartografia Geológica

Tendo em conta as novas tecnologias digitais, as cartas geológicas mais modernas estão organizadas, presentemente, numa estrutura de bases de dados espaciais e alfanuméricos, georreferenciados e manipulados num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Atualmente, as cartas geológicas apresentam-se como a aglomeração de dados de diferentes áreas científicas, organizados em diferentes níveis de informação, o que permite recorrer a técnicas cada vez mais sofisticadas de modelização e, até, representar o espaço subterrâneo tridimensional em modelos computacionais em três dimensões (3D). A carta geológica do futuro será um modelo tridimensional da geologia de superfície e de subsuperfície, manipulado interactivamente em computador, e do qual se poderá extrair, em tempo real, informação temática detalhada, em duas ou três dimensões, capaz de facultar, de forma muito mais eficaz, respostas para a resolução de problemas que atualmente preocupam a sociedade, em particular nas questões relacionadas com a gestão e exploração dos recursos geológicos e energéticos não renováveis, a mitigação das catástrofes naturais, a contaminação de sistemas aquíferos, o armazenamento subterrâneo de resíduos perigosos, gases, em particular o CO₂, e resíduos nucleares, entre outras situações.

As cartas geológicas, presentemente, constituem bancos de dados georreferenciados, interoperáveis e normalizados, acessíveis através da internet, que devem estar em condições de poderem estar em permanente atualização. A representação espacial 3D é uma mais-valia a acrescentar à carta geológica clássica, e é cada vez mais necessária para se conhecer o espaço subterrâneo, para que a sua gestão seja otimizada, quer na exploração mineral e de hidrocarbonetos, quer na resolução de problemas ambientais. Quando se pretendem elaborar modelos preditivos deve-se introduzir nas cartas a evolução temporal, produzindo-se cartas de quatro dimensões (4D). Atualmente, a elaboração de cartas geológicas requer cada vez mais o uso de tecnologias avançadas, como a deteção remota de alta resolução espacial e espectral, e a geofísica aerotransportada através de magnetometria e radiometria espectral. Estas ferramentas e procedimentos sofisticados são particularmente úteis para a elaboração de cartografia geológica em países ainda pouco desenvolvidos, cujo território é de muito difícil acesso, e para conhecer com detalhe as principais unidades geológicas que constituem o seu subsolo e a sua organização estrutural.

3. Ordenamento do Território

O conhecimento associado ao desenvolvimento territorial à escala regional tem como base a conceção e os conceitos sobre Ordenamento do Território. Atendendo à sua Carta Europeia (Conselho da Europa, 1983), o Ordenamento do Território consiste “na tradução espacial das políticas económicas, sociais, culturais e ecológicas da sociedade” com vista ao desenvolvimento socioeconómico equilibrado nas regiões e à melhor organização do seu espaço físico, bem como à utilização racional do seu território, tendo em vista uma determinada estratégia territorial que prossupõe a melhoria da qualidade de vida. A conceção e os conceitos relativos ao Ordenamento do Território tiveram a sua génese num processo que podemos qualificar como de forte convergência entre duas correntes europeias tradicionais pelo facto de se complementarem: a escola francesa do “*Aménagement du Territoire*”, mais centrada no desenvolvimento de políticas e programas públicos de correção de desequilíbrios regionais, e a inglesa do “*Regional/Spatial Planning*”, mais focada no planeamento do espaço físico, sobretudo, através da definição de usos do solo.

Independentemente da abordagem seguida, a expressão espacial do Ordenamento do Território é assegurada através de processos metódicos de planificação, que têm normalmente como objetivo final a elaboração de um Plano concreto para uma certa região. Em Portugal, desde a publicação da primeira Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo (Lei n.º 48/98 de 11 de agosto), o sistema de planeamento nacional integrou como produtos do processo de planeamento, uma sucessão de instrumentos de gestão territorial, da qual se destacaram um Programa Nacional e um conjunto de Planos hierarquizados de vários âmbitos territoriais e setoriais (Gaspar e Simões, 2015). Atualmente, e desde a publicação da nova Lei de Bases Gerais da Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo, em 2014 (Lei n.º 31/2014, de 30 de maio), os sistemas de gestão territorial foram alterados com o reforço do papel de âmbito municipal, nomeadamente o das decisões sobre a regulamentação do uso do solo que devem ser quase exclusivamente da competência dos municípios, bem como o desenvolvimento de planos intermunicipais onde se pode igualmente definir o seu regime. Para além disso, atribuiu-se aos restantes níveis de planeamento, hierarquicamente superiores, uma

função mais orientadora e estratégica, que é traduzida essencialmente em Programas.

Os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) assumem agora uma renovada importância no planeamento físico do território, com particular destaque para os Planos Diretores Municipais (PDM), cabendo-lhes a tarefa de definir de modo articulado os distintos usos do solo, por vezes conflituantes, através de processos de classificação (definição do destino básico do solo, com respeito pela sua natureza, distinguindo entre solo urbano e rústico) e qualificação (assente no conteúdo do seu aproveitamento por referência às potencialidades de desenvolvimento do território) que irão permitir definir uma matriz harmonizada de usos dominantes e compatíveis.

Em Portugal, o primeiro enquadramento dos PDM foi definido pelo Decreto-Lei 208/82, porém, a sua eficácia foi muito baixa pelo facto de apenas cinco planos terem sido elaborados até ao ano de 1990. A implementação generalizada dos PDM ocorreu em meados da década de 90, em consequência de um novo enquadramento dado pela publicação do Decreto-Lei de 69/90, em 2 de março, num contexto marcado pela necessidade dos municípios possuírem um PDM em vigor, na época considerada como urgente, sob pena de não poderem aceder a fundos comunitários e a contratos programa, e só assim terem condições para implementar mecanismos jurídicos de expropriação de solos por utilidade pública. Sob esta enorme pressão, cerca de 87% dos municípios portugueses (269), tinham o respetivo PDM ratificado em apenas uma década (DGT, 2014).

4. A elaboração de modelos territoriais nos processos de revisão dos Planos Diretores Municipais

Os processos de revisão dos PDM iniciam-se, naturalmente, com os estudos de caracterização física do território em análise e do seu diagnóstico, dos quais resulta habitualmente a elaboração de um Modelo Territorial (Pujadas *et al.*, 1998). No contexto do PDM, o modelo concebido apresenta-se como um referencial genérico que, tendo em conta os objetivos globais do ordenamento territorial e as conclusões que advêm de anteriores análises e diagnósticos territoriais, serve de guia orientador para a formulação de estratégias específicas de atuação em cada parte do território municipal e de potenciação máxima das sinergias entre os vários espaços. A elaboração do Modelo Territorial suporta-se na caracterização e diagnóstico dos sistemas indicados em seguida (Ramos *et al.*, 2011; Medeiros, 2016; Carmo *et al.*, 2018):

- o Sistema Biofísico, onde são identificados e inventariados os principais valores e recursos naturais que existem no território do município, que estão em condições de garantir a sua sustentabilidade económica, ambiental e ecológica de base territorial através da proteção de espaços de reconhecido valor. Neste sistema são ainda reconhecidas áreas com maior sensibilidade natural, que devem ser alvo de forte proteção, e zonas de conflitos e ameaças que necessitam de ser alvo de processos cuidados, no se refere à proteção e à requalificação ambiental no presente e futuro próximo;
- o Sistema Territorial Urbano e Conetividade, organizado numa hierarquia da estrutura urbana (“nós”, com distintos níveis e funções), padrões de acessibilidade e conectividade (“fluxos”) e estruturas e práticas de cooperação territorial (“articulação territorial”). O primeiro item integra os aglomerados populacionais do município, sobre os quais é efetuada uma caracterização exaustiva, quer do ponto de vista da morfologia e topologia da própria ocupação do solo

urbano, quer do nível de infraestruturização e dotação de equipamentos e serviços. Os fluxos, por seu lado, integram e caracterizam os serviços e infraestruturas que asseguram a ligação interna entre os vários nós da rede urbana municipal e externa de relação do município com o território envolvente. Ao nível da articulação territorial, estabelecem-se as áreas de influência de equipamentos e serviços para as principais funções existentes nos “nós” anteriormente analisados, com o objetivo de definir as principais articulações urbanas do município, a sua natureza e intensidade, bem como a identificação das zonas mais precárias ao nível do acesso a bens e serviços essenciais;

- o Sistema Produtivo de Base Territorial, onde se procede à referenciação espacial dos principais recursos naturais, bem como das principais atividades económicas de base territorial, com particular incidência nas do sector primário, mas também nas dos sectores secundário e terciário, que são, direta ou indiretamente, dependentes dos recursos e dos usos do território, como é o caso das indústrias transformadoras do setor florestal e extrativo, da produção vitivinícola e do turismo em espaço rural. São ainda representados cartograficamente os principais recursos naturais que suportam todo o sistema;
- Vulnerabilidades Críticas, onde se vai mapear os perigos atuais que têm expressão na área do município, tornando-o mais resiliente e com mais capacidade adaptativa de forma a alcançar maior sustentabilidade territorial. Do conhecimento rigoroso dos problemas, da prevenção e mitigação das vulnerabilidades identificadas e do exercício de planeamento advém maior eficiência na aplicação e utilização dos investimentos públicos.

Da conjugação dos sistemas apresentados nos parágrafos antecedentes, interligados com exercícios de perspetiva, tendo em vista um horizonte temporal de médio prazo, procede-se à elaboração de um Modelo Territorial estratégico para um futuro próximo, cuja edificação tem por base o Modelo Territorial atual. O modelo obtido dará suporte ao desenvolvimento integrado dos principais elementos documentais de um PDM, nomeadamente a Carta de Ordenamento, a Carta de Condicionantes, o Regulamento e o Programa de Ação.

Assim, para a elaboração de Modelos Territoriais com qualidade e rigor, que se desenvolvem numa linguagem icónica, é essencial a compilação de um vasto conjunto de informação alfanumérica e cartográfica de suporte, onde se inclui a cartografia geológica a várias escalas, que é indispensável pelo seu papel relevante em inúmeras atividades da sociedade.

5. A Cartografia Geológica no suporte à revisão dos Planos Diretores Municipais

Dos sistemas anteriormente referidos, o sistema biofísico é aquele onde a necessidade de cartografia geológica é básica e mais premente. Porém, muitas das vulnerabilidades críticas dos territórios são, também, profundamente condicionadas pela geologia.

O processo de construção do referido sistema territorial inicia-se pela caracterização da sua estrutura biofísica, efetuada sob uma perspetiva transversal, em oposição a uma descrição exaustiva de todas as variáveis biofísicas. O desenvolvimento desta estrutura progride nas seguintes vertentes: configuração física do meio; condições naturais e ambientais (Bento *et al.*, 2017). Para cada um dos pontos antecedentes procede-se à identificação de unidades territoriais, como suporte de uma leitura sintética e espacial do

contexto biofísico, e da forma como este determina a distribuição das atividades humanas. Procura-se, deste modo, uma aproximação sucessiva à estrutura biofísica real para um certo território que expresse as diferentes inter-relações entre os distintos fatores que a determinam, iniciando-se com a análise da configuração do meio como suporte físico para a instalação das espécies e ecossistemas (unidades geomorfológicas), prosseguindo com a identificação das condições prevaletentes em termos de características climáticas, pedológicas e de vegetação (unidades naturais).

A organização hierárquica expressa nos parágrafos antecedentes culmina com a análise da apropriação diferenciada do território, em função das referidas características, originando-se uma hierarquia espacial determinada, em consequência, das suas condições naturais (unidades ambientais) (Fig. 4).

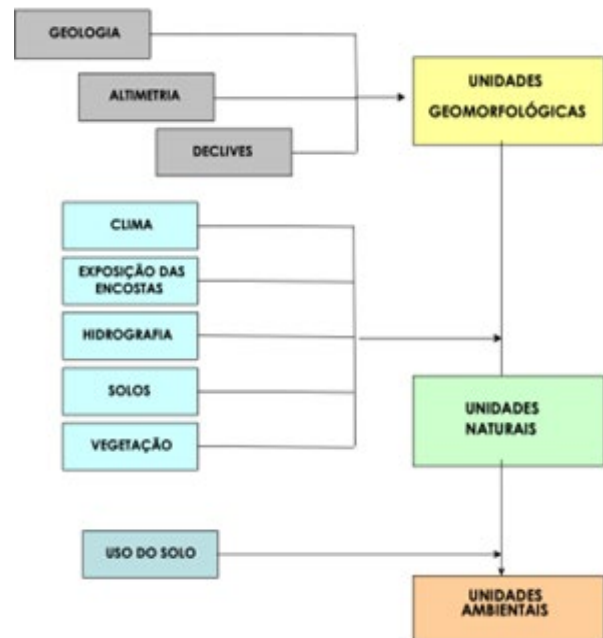


Figura 4. Metodologia para identificação das unidades ambientais da Estrutura Biofísica.

Figure 4. Methodology for identifying the environmental units of the Biophysical Structure.

A componente ambiental interage com os fatores humanos ao longo do tempo, originando-se unidades de paisagem com características específicas e uma identidade própria para um determinado território, que se diferencia claramente de outros espaços paisagísticos confinantes. As paisagens apresentam carácter multifuncional, pressupondo a aceitação de abordagens transdisciplinares e intersectoriais numa estratégia de políticas e temas emergentes que incorporam diferentes domínios do ambiente, da sociedade, da economia e da cultura (Oliveira, 2020).

O substrato rochoso que aflora na superfície terrestre é a base determinante para a definição do tipo de ambiente natural, sendo importante o conhecimento da sua composição, estrutura e alteração, em consequência da ação dos agentes físicos ou biológicos, para a sua classificação. O modelo do relevo é determinado pelas rochas, pela atividade tectónica, pelo clima e, mais especificamente, pela meteorologia. Neste conjunto de fatores destaca-se o papel da meteorização que ao nível do solo garante a formação e evolução dos solos. Por outro lado, as formas do relevo têm também um importante papel ao condicionarem a meteorologia e o clima de uma região, pelo que o estudo detalhado

de caracterização ambiental implica o conhecimento aprofundado da geologia do território. Este saber vai contribuir para uma correta organização do espaço biofísico de acordo com as suas capacidades e aptidões, expressando cartograficamente, no final do processo de planeamento, diversas categorias de uso do solo rústico, que estão plasmadas na Carta de Ordenamento elaborada para um certo território.

Outra das componentes fundamentais do Sistema Biofísico, que se encontra interligada com as vulnerabilidades críticas e é responsável pelo condicionamento das opções a tomar para a organização estratégica do Sistema Territorial Urbano, corresponde à referência espacial dos múltiplos riscos naturais que ocorrem no território em análise. A atribuição de usos dominantes ao solo, com particular destaque para os usos urbanos e as grandes infraestruturas, deve ser efetuada seguindo o primado da prevenção e minimização de riscos, pelo que o conhecimento dos locais com perigosidade geológica, entre outras, é fundamental para a implementação do processo de ordenamento do território (Santos *et al.*, 2013). Alguns riscos naturais estão integrados na Reserva Ecológica Nacional (REN), uma estrutura biofísica na qual fazem parte áreas fundamentais relativas ao ciclo hidrológico, à preservação do solo, à proteção do litoral e à salvaguarda de pessoas e bens (Pereira *et al.*, 2000), contribuindo significativamente para a conservação da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas, e constituindo uma restrição de utilidade pública que condiciona a ocupação, o uso e a transformação do solo a usos e ações compatíveis com os seus objetivos.

De acordo com o artigo 4º do Decreto-Lei n.º 166/2008, a REN integra três tipos de espaços territoriais, nomeadamente os de proteção do litoral, as áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre e as de prevenção e mitigação de riscos naturais, desagregando-se cada um destes territórios em várias tipologias. A publicação da Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, que aprovou as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional da REN, definiu detalhadamente as metodologias de delimitação deste conjunto de sistemas ecológicos e os critérios para a delimitação de áreas de suscetibilidade, onde o detalhe da cartografia geológica é fulcral para a sua correta e plena identificação e representação cartográfica.

A cartografia geológica elaborada a escalas apropriadas é um instrumento essencial para o mapeamento dos perigos atuais de geodinâmica, quer interna quer externa. A definição de cenários da sua expressão futura em contexto de alterações climáticas no que se refere os perigos de erosão costeira, de inundação, de movimentos de massa em vertente, de incêndio rural, de escassez de água, de ondas de calor e de desertificação do solo é ainda mais premente pelo facto de ocorrer uma aceleração notória dos perigos enumerados nas últimas décadas.

Por fim, e de importância relevante, a cartografia geológica é fundamental para o conhecimento dos locais onde podem ocorrer recursos geológicos, nomeadamente minerais estratégicos, rochas e minerais industriais e recursos energéticos com valor económico ou patrimonial. Inclui-se, ainda neste âmbito, os recursos hidrogeológicos e geotérmicos, para além da valorização do património geológico natural numa perspetiva de dinamização lúdica do público em geral.

A referência espacial detalhada destes elementos permite assegurar uma discussão informada sobre quais os melhores usos do solo a atribuir ao território, que viabilizem a exploração destes recursos, ou que, pelo menos, não comprometam a prazo o acesso aos mesmos. A utilização da expressão “discussão” é aqui

referida de forma propositada pelo facto de o processo de classificação e qualificação do solo ser desenvolvido através da análise e permuta de ideias entre várias entidades com diferentes visões setoriais, apresentando, muitas vezes, argumentos opostos e que, coletivamente e progressivamente, procuram alcançar propostas consensuais, sob uma base estratégica ainda que definida pelo município e condicionada por estratégias nacionais e regionais tuteladas pelo Estado.

Tome-se como paradigma o potencial “conflito” que poderá ocorrer com a presença, numa mesma parcela de território, de dois recursos nacionais estratégicos, regulados por legislação específica nacional, como por exemplo um recurso mineral com elevado valor económico, subjacente a uma área de Regime Florestal. Será compatível a exploração de ambos os recursos? Qual se “sobrepõe”? O desconhecimento dos recursos minerais e energéticos, por ausência de conhecimento e cartografia geológica, e a conseqüente ausência de delimitação de áreas potenciais, poderá levar a uma incorreta definição da compatibilidade de usos do solo, que poderá comprometer a exploração futura de recursos economicamente valiosos. A título de exemplo, apresenta-se um excerto da região de Sátão/Aguiar da Beira em que se representa a sobreposição de servidões nacionais de recursos minerais com o regime de ordenamento florestal (Fig. 5).



Figura 5. Exemplo da sobreposição de servidões nacionais de recursos geológicos em regime florestal na região de Sátão/Aguiar da Beira.

Figure 5. Overlapping example of national easements of geological resources in a forest regime in the Sátão/Aguiar da Beira region.

6. A Cartografia Geológica e os Planos Diretores Municipais do Alto Douro Vinhateiro

A região do Alto Douro Vinhateiro possui aproximadamente 24 600 hectares distribuídos por 14 municípios da NUT III, Douro, e a larga maioria dos seus PDM de 1ª geração (12) foi publicada entre 1994 e 1995, tendo permanecido em vigor cerca de 20 anos. Os PDM da época, organizados de forma muito similar, consistiram de documentos com algumas deficiências ao nível da informação de base de suporte ao processo de planeamento, nomeadamente cartografia desatualizada e escalas muitas vezes desadequadas, para além de indicadores estatísticos pouco fiáveis e insuficientes. O processo de revisão destes PDM iniciou-se por volta de 2005 e atualmente todos os municípios do ADV possuem planos de 2ª geração, encontrando-se atualmente todos em processo de revisão para a conformação à nova Lei de Bases de 2014 (os designados PDM de 3ª geração), com exceção do de Lamego.

Sendo uma região com uma orografia complexa (Romão *et al.*, 2017), destacam-se duas realidades geomorfológicas algo distintas na Região Demarcada do Douro (RDD), onde o ADV se insere: uma, as vertentes íngremes talhadas em rochas graníticas na zona mais a montante do rio Douro e dos seus afluentes, cuja ação erosiva é condicionada pelas características geológicas e tectónicas da região, que gerou uma paisagem complexa com enorme valor patrimonial, e a outra, a jusante, onde o vale se torna mais aberto, no seu percurso ao longo das litologias do Grupo do Douro, unidade geológica constituída essencialmente por alternâncias de xistos (filitos) e metagrauvaques (Sousa, 1984; Pereira, 2012; Moreira *et al.*, 2017).

Em termos de representação do território por cartas geológicas, a região tem cobertura integral na escala 1/50 000, através das folhas numeradas de 10-C, 10-D e 11-D (Fig. 6). Pese embora esta informação esteja presentemente disponível em formato digital, à data do início dos processos de revisão dos PDM de 2ª geração, apenas estavam disponíveis em formato de papel, pelo que era necessário proceder à sua digitalização e georreferenciação. Atualmente, o LNEG disponibiliza a informação cartográfica publicada no seu Geoportal (<http://geoportal.lneg.pt/>), permitindo assim o acesso rápido e a utilização gratuita através de um serviço de disponibilização de mapas em formato imagem, que garante a integração da informação em ambiente SIG, tornando a análise espacial muito mais expedita.

A já referida baixa qualidade dos suportes cartográficos dos PDM de 1ª geração levou a que no seu processo de revisão, se tivesse de desenvolver estudos de caracterização física quase de raiz, tendo a cartografia geológica assumido um papel importante nos trabalhos iniciais de melhoria do conhecimento territorial. O reconhecimento dos principais substratos geológicos foi fundamental para se identificarem, desde logo, zonas de potencial importância ecológica ou de forte suscetibilidade a riscos naturais, alguns dos quais acelerados significativamente pela ação do Homem (Fig. 7).

A maioria dos principais riscos naturais reconhecidos na RDD, e consequentemente no ADV, estão associados a processos de geodinâmica externa, da qual se destacam as áreas de risco de erosão hídrica do solo e as de instabilidade de vertentes, muitas delas decorrentes da forte intervenção antrópica a que o espaço territorial se encontra sujeito, de forma muito considerável nos

sectores de cultivo da vinha (Bateira *et al.*, 2011). A delimitação detalhada das tipologias de áreas sensíveis implica um conhecimento aprofundado dos substratos geológicos, sintetizados sob a forma de uma carta geológica. No caso das áreas de risco de erosão, que se encontram delimitadas na REN em vigor na larga maioria dos municípios do ADV, os critérios para a sua demarcação implicaram a conjugação de uma multiplicidade de fatores, dos quais se destacam os morfométricos (declive, perfil e dimensão das vertentes), o tipo de substrato geológico, a erosividade das precipitações, a estrutura do solo e as práticas culturais ancestrais.

À data dos processos de revisão dos planos de 2ª geração, a larga maioria dos dados mencionados no parágrafo anterior eram inexistentes, em termos de representação cartográfica para a RDD, o que implicou a adoção de um processo simplificado, dependente da declividade dos terrenos e do substrato geológico para a definição e caracterização das unidades fisiográficas (Fig. 8).

A conjugação dos dois fatores permitiu a identificação e delimitação de áreas com declives superiores a 25% no território onde aflora o substrato geológico xisto-grauváquico, e superiores a 30% no soco de natureza granítica. Destaca-se que os terrenos, cuja natureza dos solos se relaciona com o substrato metamórfico, são frequentemente pedregosos, sendo o processo erosivo das unidades que o compõem potenciado pelo regime de precipitações. Porém, deve-se sublinhar que face às especificidades da RDD, uma grande parte destes sistemas correspondem a explorações íticas cultivadas em socalcos, suportados por muros de xisto/metagrauvaques, organizados em patamares estreitos ou micro patamares, os quais contribuem consideravelmente para a acentuada diminuição do declive e dos fenómenos erosivos (Bateira *et al.*, 2011; Magalhães, 2012).

O ADV apresenta cerca de 78% do seu território classificado como área de risco de erosão e apenas 0,2% classificado como escarpa, atendendo às regras de delimitação da REN utilizadas nos processos de revisão dos PDM definidas em diploma legal, Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de março (Fig. 9). Nestas áreas de risco, a ocupação urbana deve ser totalmente interdita de modo a evitar que alterações morfológicas substanciais dos terrenos quer o incremento dos perigos que promovem o risco para as populações. É igualmente importante dar particular atenção à seleção das formas de amarração do terreno aquando das

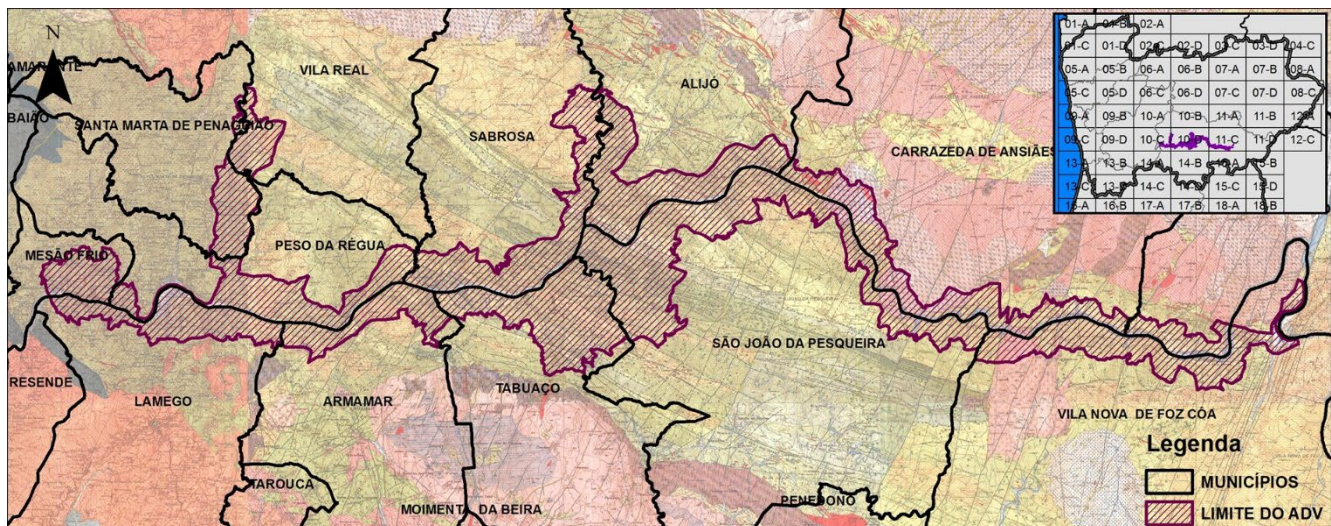


Figura 6. Folhas da Carta Geológica de Portugal, à escala 1/50 000, disponíveis para o Alto Douro Vinhateiro.

Figure 6. Sheets of the Portugal Geological Map, 1/50 000 scale, available for the Alto Douro Vinhateiro.

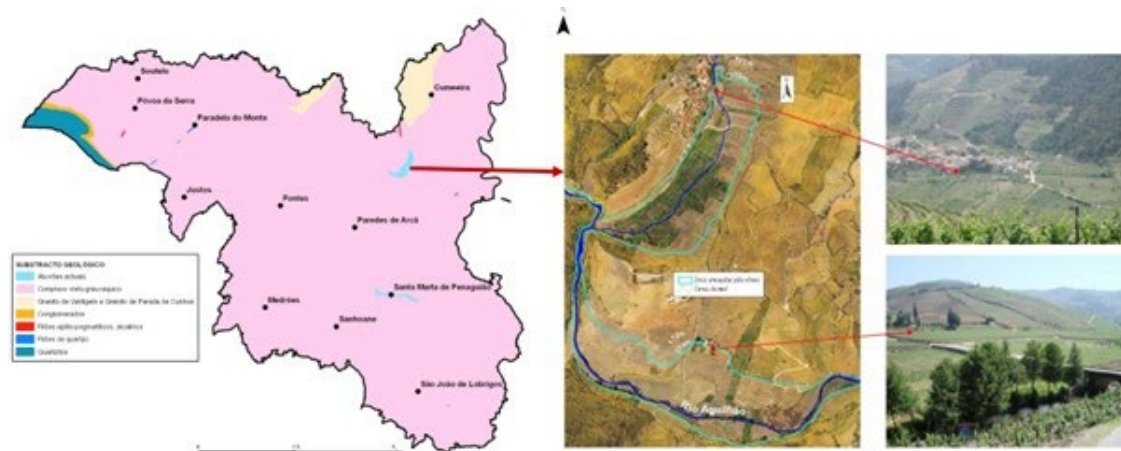


Figura 7. Exemplo da identificação de uma área ocupada por aluvião na Folha 10-C, Peso da Régua, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, que permitiu a delimitação posterior de uma zona caracterizada por máxima infiltração, em condições de ser ameaçada pelas cheias no Rio Aguihão (lugar de Veiga, St^a. Marta de Penaguão).

Figure 7. Example of an area occupied by alluvium in Sheet 10-C, Peso da Régua, of the Portugal Geological Map, 1:50 000 scale, which allowed the subsequent delimitation of an area characterized by maximum infiltration, in conditions to be threatened by the floods in the River Aguihão (Veiga village, St^a. Marta de Penaguão).

plantações de vinha nas zonas mais declivosas (Magalhães, 2012; Figueiredo, 2015).

Também ao nível dos sistemas ecológicos associados ao regime hidrológico, a cartografia geológica desempenha um papel significativo no processo de reconhecimento e delimitação das áreas de máxima infiltração, que integram o sistema de áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos no regime da REN (Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro). O objetivo da inclusão destas áreas na REN é o de proteger os solos profundos e permeáveis (geralmente com o nível freático próximo da superfície, formados por aluviões ou fluvisolos) e permitir a infiltração da água das chuvas nos maciços rochosos através das

inúmeras discontinuidades (fissuras, diaclases, falhas, etc.) que contém. De facto, é necessário salvaguardar estas áreas de ações ou atividades suscetíveis de causarem contaminação do solo e da água, bem como evitar o incremento da sua impermeabilização por ações de urbanização e edificação. A metodologia utilizada para a sua identificação inclui fatores associados à natureza do solo e do substrato geológico, bem com às condições locais da morfologia do terreno. Assim, para a sua identificação e representação cartográfica, devem ser combinadas as ocorrências de unidades geológicas permeáveis, como por exemplo, as aluviões atuais e mais antigas com áreas de declives consideradas favoráveis à infiltração da água por ação gravítica aquando do escoamento superficial. Áreas com litologias fortemente fissuradas e camadas de alteração espessas, como as que ocorrem em afloramentos de natureza granítica, são relevantes e, também, devem ser tidas em conta na proteção dos solos (Figueiredo, 2015). No entanto, a sua deteção na área do ADV requer estudos de maior pormenor (estudos de fotointerpretação, levantamentos geológicos, entre outros) e informação geomorfológica não disponível à data. As áreas de máxima infiltração identificadas até à data correspondem, apenas, a 0,6% do ADV, concentrando-se em 3 áreas localizadas ao longo das margens do rio Douro (Fig. 10).

Por último, importa ainda referir o papel da cartografia geológica ao nível da referenciação espacial dos recursos geológicos. Neste âmbito, a informação mineira e hídrica, incorporada nas cartas geológicas, pode ser utilizada diretamente pelas equipas técnicas que elaboram as revisões dos PDM, beneficiando estas ainda de informação que é posta à disposição pelos serviços centrais, quer pelo LNEG quer pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Estas entidades disponibilizam informações referentes às poligonais das áreas em exploração, das áreas de reserva e potenciais, para além das de prospeção e pesquisa dos diversos recursos geológicos, na qual se incluem os hidrogeológicos (águas minerais e de nascente), os geotérmicos, as rochas e minerais industriais e os minerais estratégicos.

Na região do ADV, sendo uma paisagem Património Mundial da UNESCO, não se regista nenhuma exploração de recursos minerais, pese embora estejam referenciadas três pequenas ocorrências minerais de estanho/tungsténio (Sn/W) e três de chumbo (Pb), havendo mesmo uma concessão para a sua

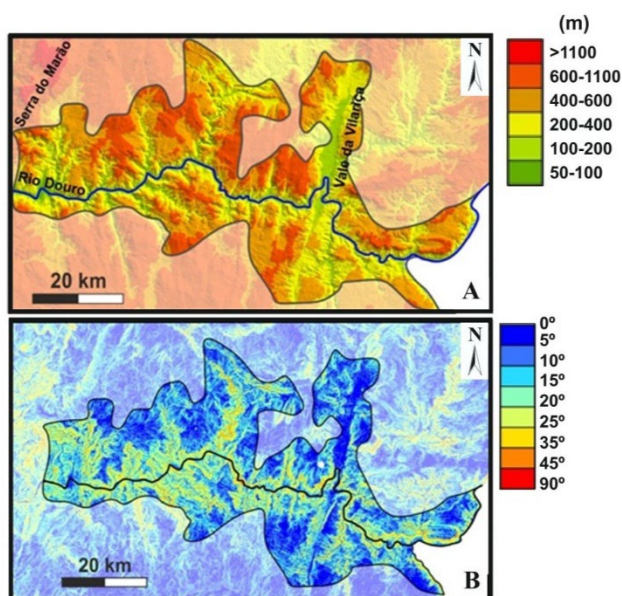


Figura 8. Mapas fisiográfico (A) e de classes de declive (B) elaborados a partir do Modelo Digital do Terreno da Região Demarcada do Douro (adaptado de Moreira *et al.*, 2017).

Figure 8. Physiographic (A) and slope class (B) maps prepared from the Digital Terrain Model of the Douro Demarcated Region (adapted from Moreira *et al.*, 2017).

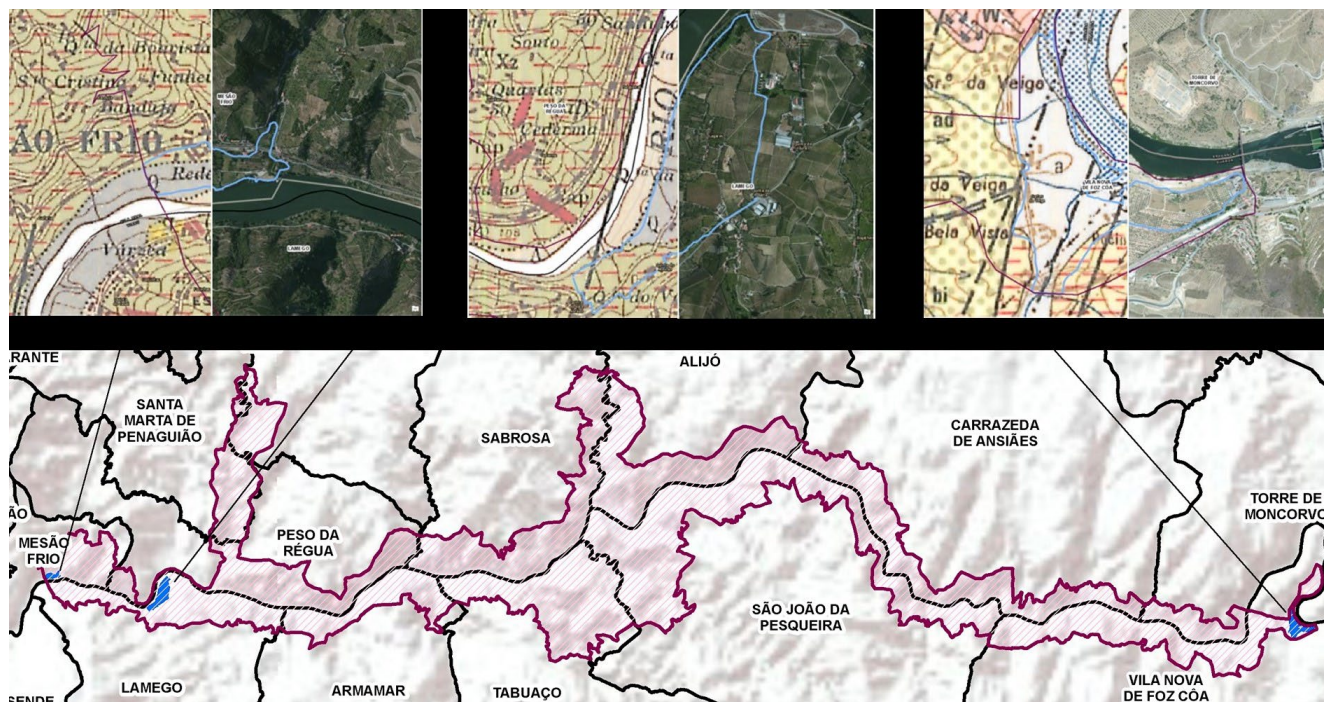


Figura 9. Demarcação de áreas com risco de erosão e de escarpas na região do Alto Douro Vinhateiro.

Figure 9. Demarcation of areas at erosion risk and scarps in the Alto Douro Vinhateiro region.

exploração experimental, numa área designada de Numão, próximo de Vila Nova de Foz Côa. Este município, juntamente com os de S. João da Pesqueira e de Torre de Moncorvo, valoriza fortemente o papel da exploração de recursos geológicos nas suas estratégias municipais de desenvolvimento. Registam-se ainda duas ocorrências geotérmicas, designadamente em Caldas de Moledo (Mesão Frio) e Fonte Santa do Seixo (Carrazeda de Ansiães) (Fig. 11).

7. Os Planos Diretores Municipais de 3ª geração no Alto Douro Vinhateiro

Na última década, vários municípios do ADV iniciaram o processo de revisão dos seus PDM, estando presentemente dotados de instrumentos de gestão territorial mais modernos e adaptados, na sua larga maioria, às necessidades atuais dos seus territórios. Se há 10 anos a informação cartográfica, em formato digital e a escalas adequadas, associada a estes processos era quase inexistente, muito se evoluiu nos últimos anos, procurando os vários serviços da administração central criar e fornecer informação geográfica precisa e atualizada para as equipas técnicas municipais.

Em termos de cartografia geológica, o progresso foi também muito considerável pelo facto de os mapas publicados nos últimos anos apresentarem significativa melhoria da sua qualidade e mais informação sintética através da inserção de esquemas de enquadramento, de colunas litoestratigráficas, algumas das quais com a identificação dos ambientes de formação das unidades sedimentares, metamórficas e eruptivas, e cortes geológicos. Para além disso, presentemente, as cartas são todas integralmente produzidas em formato digital, utilizando-se software ArcGIS. Outro aspeto inovador foi a passagem da disponibilização exclusivamente em papel para a disponibilização em formato digital, e o consequente acesso online da cartografia publicada, ao

público em geral, permitindo assim aos planeadores uma muito mais expedita, rigorosa e eficaz análise territorial.

Atualmente, o Geoportal do LNEG permite a descarga, em formato PDF, de cartografia geológica de Portugal continental às escalas 1:50 000, 1:200 000, 1:500 000 e 1:1 000 000, das regiões autónomas da Madeira e dos Açores às escalas 1:25 000 e 1:50 000, de cartografia geológica a outras escalas e de cartografia geológica internacional (LNEG, 2022a). Para além destas descargas, é possível ainda aceder a cartografia geológica, a escalas distintas, mediante Web Map Services (WMS; LNEG, 2022b). Como consequência da transposição da Diretiva INSPIRE, o LNEG disponibiliza, ainda, cartografia geológica, a várias escalas, mediante Web Feature Services (WFS; LNEG, 2022c).

Mas a prática de Ordenamento do Território constitui um processo contínuo, que necessita de ser constantemente adaptado à realidade da sociedade e atualizado em função da melhoria do conhecimento científico nas diversas áreas do saber. A reforma do quadro legal de Ordenamento do Território e Urbanismo, iniciada em 2012, levou à elaboração de um novo sistema jurídico articulado e coerente, integrando a revisão e compatibilização de um conjunto de diplomas que concretizam a Lei de Bases em várias matérias específicas, procurando-se assim desenvolver as bases de gestão do território de uma forma mais integrada (DGT, 2016). A importância agora reforçada do âmbito municipal no processo de Ordenamento do Território, sendo agora da responsabilidade exclusiva das autarquias, o estabelecimento de usos do solo, bem como a mudança de paradigma para um processo de reclassificação do solo de rústico em urbano, muito mais exigente e criterioso, denotando um claro esforço de contenção da expansão urbana e de combate à especulação fundiária, levou à abertura de um novo ciclo de planeamento municipal, dando origem aos PDM de 3ª geração. Estes vão beneficiar certamente das novas tecnologias digitais, quer em



Figura 10. Localização das áreas de máxima infiltração no Alto Douro Vinhateiro, que resultaram da justaposição das unidades geológicas representadas nas cartas geológicas com a morfologia representada no ortofotomapa.

Figure 10. Location of the infiltration maximum areas in the Alto Douro Vinhateiro, which resulted from the juxtaposition of the geological units represented in the geological maps with the morphology represented in the orthophotomap.

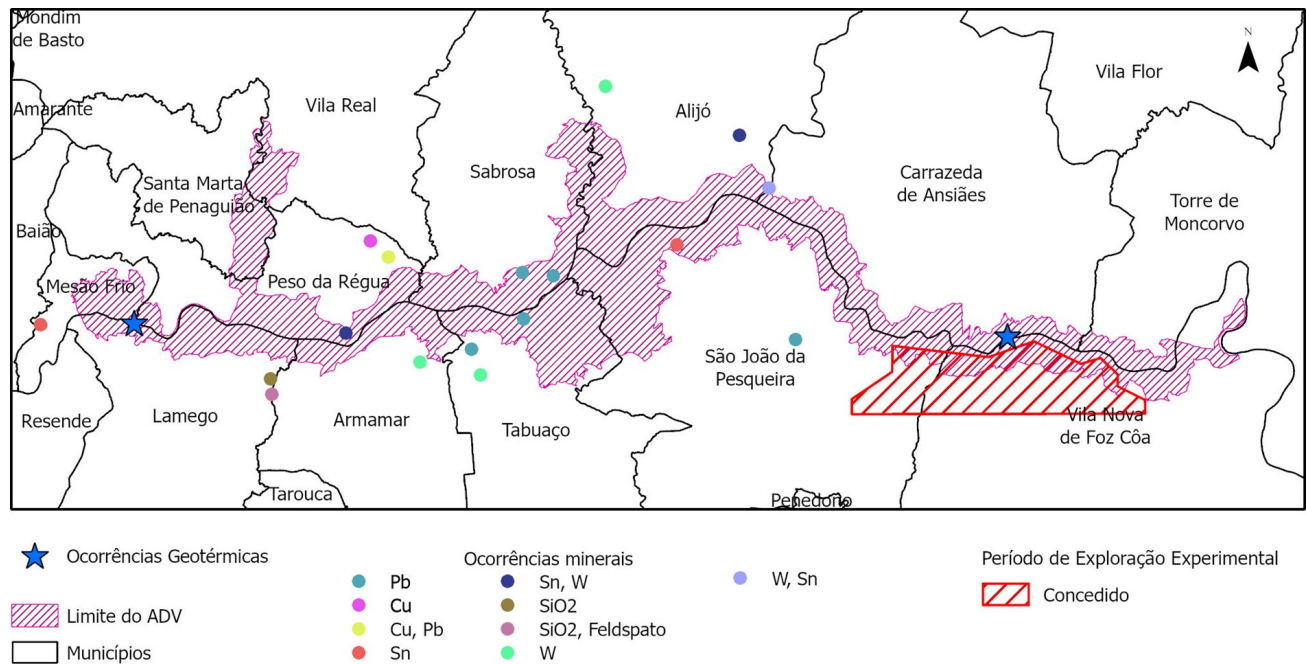


Figura 11. Ocorrências de recursos geológicos na região do Alto Douro Vinhateiro e áreas de exploração concessionadas.

Figure 11. Geological resources occurrences in the Alto Douro Vinhateiro region and allowed exploitation areas.

termos de cartografia digital de base de suporte aos vários planos, quer em termos de cartografia temática digital disponibilizada pelas entidades públicas através de sistemas normalizados e integráveis com software SIG. Tal como sucedeu com a cartografia geológica nas suas diferentes especificidades, também os planos deverão evoluir num futuro próximo para um desenvolvimento a 3 dimensões (3D), recorrendo às inovadoras técnicas de computação, análise e modelização que têm vindo a ser desenvolvidas, apoiadas num processo de integração de ferramentas SIG, CAD, Neogeografia, BIM e GeoWeb, entre outras, designado de Geodesign (Artz, 2010). Os PDM do futuro

terão de assumir a representação tridimensional do território planeado, em particular nas áreas urbanas, facilitando quer a perceção dos fenómenos e processos naturais e humanos, quer a avaliação das opções de usos e de solo e suas intensidades, visualizando e quantificando impactos, através do desenvolvimento de modelos de simulação.

8. Considerações finais

A carta geológica, em virtude de descrever com precisão a infraestrutura do subsolo, corresponde à síntese de conhecimentos

geológicos de uma determinada zona geográfica, sobre a qual se podem apoiar políticas de energia, de gestão de recursos geológicos, minerais e hídricos, de prevenção de riscos naturais, de geoturismo, de ambiente e de ordenamento do território.

A informação disponibilizada pela cartografia geológica assume um papel essencial nos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), permitindo, de forma mais rápida, identificar zonas de potencial relevância ecológica ou de elevada suscetibilidade a riscos naturais. Esses planos assumem atualmente uma renovada importância no planeamento físico do território cabendo-lhes, agora exclusivamente, a tarefa de definir, de modo articulado, os diversos usos do solo, através de processos de classificação e qualificação que permitem definir e organizar uma matriz harmonizada de usos dominantes e compatíveis. A atribuição correta de usos dominantes do solo, com particular destaque para os usos urbanos e as grandes infraestruturas, deve ser efetuada seguindo o primado da minimização de riscos e, consequentemente, da sua prevenção.

Os principais riscos naturais presentes no Alto Douro Vinhateiro estão associados a processos relacionados com geodinâmica externa, nomeadamente a ocorrência de áreas de risco de erosão hídrica do solo e de instabilidade de vertentes, decorrente sobretudo da forte intervenção antrópica, pelo que a delimitação destas tipologias nas áreas sensíveis implica um conhecimento aprofundado do substrato geológico e dos locais com perigosidade geológica, essenciais para a reformulação dos processos associados com o Ordenamento do Território.

A mudança de paradigma decorrente da nova legislação de Ordenamento do Território, levará em breve à abertura de um novo ciclo para o planeamento municipal, dando origem aos Planos Diretores Municipais de 3ª geração, que, beneficiando de novos métodos de produção cartográfica, onde se incluem as cartas geológicas 3D, assumirão uma representação tridimensional do território planeado, facilitando quer a perceção dos fenómenos e processos naturais e humanos, quer a avaliação das opções de usos e de solo e suas intensidades, visualizando e quantificando impactos, através do desenvolvimento de modelos de simulação.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) a geoinformação disponibilizada, na qual se destacam esboços e cartas geológicas, para a elaboração das análises e estudos apresentados. Agradecem ainda os comentários construtivos e sugestões dos revisores que permitiram a valorização do artigo.

Referências

- Artz, M., 2010. Changing Geography by Design: Selected Readings in GeoDesign. ESRI. 45. Disponível em <https://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/library/ebooks/geodesign.pdf> Acedido em setembro de 2022.
- Bateira, C., Martins, L., Santos, M., Pereira, S., 2011. *Cartografia da Suscetibilidade a Movimentos de Vertente na Região Demarcada do Douro*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte e Universidade Lusófona, Porto, 38.
- Bento, R., Ramos, L., Gonçalves, P., Azevedo, N., Barbosa, V., 2017. Metodologia de Elaboração e Representação de Modelos Territoriais com recurso a Ferramentas SIG. Proceedings VI Congreso sobre Maneo de Ecosistemas y Biodiversidad, Havana.
- Carmo, F., Marques, T., Seixas, A., 2018. *Territorial strategy and model. PNPT first amendment*. Direção-Geral do Território, Lisboa, 111.
- Conselho da Europa, 1993. *European regional/spatial planning Charter - Torremolinos Charter*. European Conference of Ministers Responsible for Regional Planning. Estrasburgo, 18.
- DGT, 2014. *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território: Avaliação do Programa de Ação 2007-2013*. Relatório. ISBN: 978-989-98477. Direção-Geral do Território. Lisboa, 366.
- DGT, 2016. *Dados abertos – Projetos em curso de ordenamento de cidades*. Disponível em http://www.dgterritorio.pt/ordenamento_e_cidades/projetos_em_curso/reforma_do_quadro_legal_ot_u/. Acedido em 13 de março de 2016.
- Figueiredo, T., 2015. *Proteção do solo em viticultura de montanha; manual técnico para a região do Douro*. ADVID – Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense, 114.
- Gaspar, J., Simões, J. M., 2005. Ordenamento à escala nacional. In: Medeiros C. A. (Ed.) *Geografia de Portugal*, Círculo de Leitores, Lisboa, 4, 268-278.
- Laje, M.O.P., 2018. *Um caso de fronteira no «Douro Novo»: Carrazeda de Ansiães. Para a história do vinho do Porto*. CITCEM O.P. - Investigação Transdisciplinar Cultura, Espaço e Memória, Editora Afrontamento, 582.
- LNEG, 2015. Ciência para todos. Disponível em http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/cartas/texto/. Acedido em 26 de novembro de 2015.
- LNEG, 2022a. *Download de Cartografia Geológica e Hidrogeológica*. Disponível no endereço https://geoportal.lneg.pt/pt/dados_abertos/cartografia_geologica/ Acedido em setembro de 2022.
- LNEG, 2022b. *Lista de serviços que permitem a visualização e descarregamento de dados harmonizados de acordo com os requisitos da Diretiva Europeia INSPIRE (URL do Serviço VMS)*, disponível no endereço https://geoportal.lneg.pt/pt/dados_abertos/servicos_wms/. Acedido em setembro de 2022.
- LNEG, 2022c. *Lista de serviços que permitem a visualização e descarregamento de dados harmonizados de acordo com os requisitos da Diretiva Europeia INSPIRE (URL do Serviço WFS)* Disponível no endereço https://geoportal.lneg.pt/pt/dados_abertos/servicos_inspire/. Acedido em setembro de 2022.
- Magalhães, N., 2012. *Manual de boas práticas vitícolas na Região Demarcada do Douro*. Instituto dos Vinhos do Douro e do Porto e Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, 62.
- Medeiros, E., 2016. Coesão Territorial: um conceito da UE. *European Journal of Spatial Development*, **60**: 1-30.
- Moreira, N., Romão, J., Dias, R., 2017. *A geologia da região do Douro Superior e implicações na vinha e no vinho*. Livro de Resumos do Seminário “A geologia na rota da vinha e do vinho no Douro Superior”, Associação Portuguesa de Geólogos, Torre de Moncorvo, 7-27.
- Oliveira, C., 1988. *Dicionário de cartografia*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE.
- Oliveira, R., 2020. Paisagem. In: Comissão Nacional do Território (Eds.), *PDM GO - Boas práticas para os Planos Diretores Municipais*. Direção-Geral do Território, 96-125.
- Pereira, A. R., Ramos, C., Laranjeira, M., 2000. A reserva ecológica nacional: a sua importância para o ambiente e território. *Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia*, **XXXV**, **70**: 7-40.
- Pereira, D., 2002. *Dos aspetos gerais a algumas particularidades da Geomorfologia do Nordeste Transmontano e do Alto Douro*. Encontro sobre a Geomorfologia do Noroeste Peninsular, PORTO/FLUP, 11-13.
- Pereira, E., 2004. *Carta Geológica da Região Demarcada do Douro à escala 1:25 000*. Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira. Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.
- Pujadas, R., Fonte, J., 1998. *Ordenación y Planificación Territorial*. Editorial Síntesis, colección Espacios y Sociedades, serie mayor, Madrid, 399.
- Ramos, L., Azevedo, N., Bento, R., Gonçalves, P., 2011. Os SIG e a construção de modelos territoriais no âmbito do planeamento municipal. In: Santos, N., Cunha, L. (Coord.) *Trunfos de uma Geografia Activa: Desenvolvimento Local, Ambiente, Ordenamento e Tecnologia*, 639-647. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0244-8_72.

- Rebello de Andrade, J. P., 1848. *Distrito Vinhateiro do Alto Douro*.
- Rebello, J. A., 1999. *As Cartas Geológicas ao serviço do desenvolvimento*. Publicação integrada nas comemorações dos 150 anos da criação da I Comissão Geológica, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 56. Disponível em http://www.igm.pt/edicoes_online/diversos/cartas/indice.htm. Acedido em setembro de 2022.
- Ribeiro, A., Rodrigues, J., Romão, J., 2021. Método em cartografia geológica. In: Ribeiro, A., Dias, R. (Eds.), *Cartografia Geológica, Geologia Estrutural e Tectónica*. Thesaurus de Ciências da Terra, Academia das Ciências de Lisboa, **65**: 4-17.
- Romão, J., 2005. *Cartografia Geológica: um instrumento do conhecimento para o desenvolvimento do território*. Atas do XV Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológica e de Minas da Ordem dos Engenheiros, 377-386.
- Romão, J., 2010. O papel da Cartografia Geológica no desenvolvimento do território. *Maleo* **1**: 9-10.
- Romão, J.M., Cunha, T.A., 2012. Cartografia geológica. Uma mais-valia para o desenvolvimento do território. *Geonovas*, **25**: 3-17.
- Romão, J., Gomes, E.P., Moreira, N., Sousa, M., 2017. Geoturismo e enoturismo em rede: uma mais-valia para o desenvolvimento sustentável da Região Demarcada do Alto Douro Vinhateiro. Revista do Museu do Douro. In: Guerreiro, A., Maduro, A., Custódio, J. Gonçalves, E. (Eds.), *Enomemórias, Museologia e Património do Vinho (Território, Sociedade e Desenvolvimento)*, Universidade Nova de Lisboa, 183-205.
- Sousa, B., 1982. *Litoestratigrafia e estrutura do "Complexo Xisto-Grauváquico ante Ordovícico" – Grupo do Douro*. Mem. Not. Mus. Lab. Min. Geol., Univ. Coimbra, 223.