

Geografia, arqueologia e sistemas de informação geográfica: exemplos prospectivos de articulação

Geography, archaeology and geographic information systems: examples of prospective articulation

Laura Soares^{*}; António Costa^{**} & Alberto Gomes^{***}

Resumo: A compreensão da dinâmica do povoamento no espaço e no tempo ultrapassa o domínio de uma única ciência ou área de investigação. Com efeito, implica a articulação de informação, técnicas, ferramentas, conceitos e/ou teorias, que muito dificilmente se integram no quadro conceptual de um único domínio científico, beneficiando de uma perspectiva integradora que refuta a visão do conhecimento encerrado em “compartimentos estanques”. No âmbito dos estudos relacionados com a leitura da “paisagem”, a Geografia e a Arqueologia podem cruzar-se de forma exemplar. Partilhando metodologias e reflectindo uma conjugação de saberes, apresentam-se alguns exemplos das potencialidades da interligação entre os SIG e a interpretação geográfica, no estudo da distribuição espacial do património arqueológico de algumas áreas do Norte de Portugal.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Leitura da paisagem; Sistemas de Informação Geográfica.

Abstract: Understanding the space and time dynamics of human settlements, it's a challenge beyond the field of a single science. Indeed, it implies a combination of information, skills, tools, concepts and/or theories, that hardly integrates into the conceptual framework of a unique scientific field, benefiting from an integrated approach that challenges the view of knowledge contained in “watertight compartments”. Considering the studies related to the landscape analysis, Geography and Archaeology can cross in an exemplary manner. Sharing methodologies and reflecting a combination of knowledge, we present some examples of the potential “crossover” between GIS and geographical interpretation, applied to the spatial distribution of archaeological settlements of some areas of northern Portugal.

Key-words: Interdisciplinarity; Landscape analysis; Geographic information systems.

O passado, qualquer “passado”, existe em função de uma teia de significações conferida em cada presente histórico. Neste contexto, o passado está aberto a uma pluralidade de “sentidos” que se jogam na prática social em função do consenso gerado pela comunidade científica. Desta forma, o passado terá, em cada presente, simultaneamente e/ou sucessivamente, a configuração que resultar da negociação social do sentido. O passado é, como bem se sabe, um projecto do presente.

S.O. Jorge 1994

^{*} Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto; Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). E-mail: lauras@letras.up.pt.

^{**} Mestre em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território. E-mail: afonso.costa@gmail.com.

^{***} Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto; Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). E-mail: atgomes@letras.up.pt.

1. Introdução

Compreender a estrutura e dinâmica do povoamento no espaço e no tempo, é uma temática cujo estudo ultrapassa o domínio de uma única ciência ou área de investigação. Com efeito, se a configuração de um território constitui a expressão das profundas e fortes relações e interações que se estabelecem entre natureza e cultura, dificilmente poderá ser estudado por uma só disciplina, utilizando os seus conceitos e métodos específicos (Antrop 2003)¹. Pelo contrário, implica a articulação de informação, técnicas, ferramentas e teorias, que não se integram no quadro conceptual de um domínio científico *per se*, beneficiando de uma perspectiva integradora que refuta a visão do conhecimento encerrado em “compartimentos estanques”. Como refere K. Popper (1963: 88) (...) *we are not students of some subject matter, but students of problems. And problems may cut right across the borders of any subject matter or discipline*. Para além disso, a interdisciplinaridade, fomentando a partilha de “saberes”, pode inclusivamente definir novos rumos da investigação e potenciar a descoberta e a inovação (Van Raan 2003).

A leitura da paisagem, visando a compreensão dos factores condicionantes da distribuição do povoamento, tem de envolver um conjunto de “layers” de informação geográfica e arqueológica (podendo e devendo alargar-se a outros domínios científicos), que, incorporados num SIG, permitem interpretar e reconstituir a sua dinâmica evolutiva. Com aplicações aos mais diversos níveis, o fim último destes estudos integradores potencia a preservação duma paisagem que é património ambiental e sociocultural, contribuindo para a valorização das áreas em que se inserem, numa óptica que combina a investigação fundamental com as estratégias de planeamento, desenvolvimento e gestão territorial (Fig. 1).

Neste contexto, a Geografia e a Arqueologia podem assumir um papel fundamental. Se a Geografia, pela sua capacidade de articular o meio físico e humano, permite uma visão sistémica da “paisagem”, analisando-a enquanto produto de uma construção que envolve componentes naturais, socioeconómicas e culturais (Vallega 2004), a Arqueologia (...) *através de uma leitura do mundo material [encontra] a dinâmica das acções, individuais ou colectivas, que subjaz à estática das estruturas e objectos tal como chegaram até nós (...) trata de ideias materializadas, no espaço, em estruturas e objectos, funcionais mas tam-*

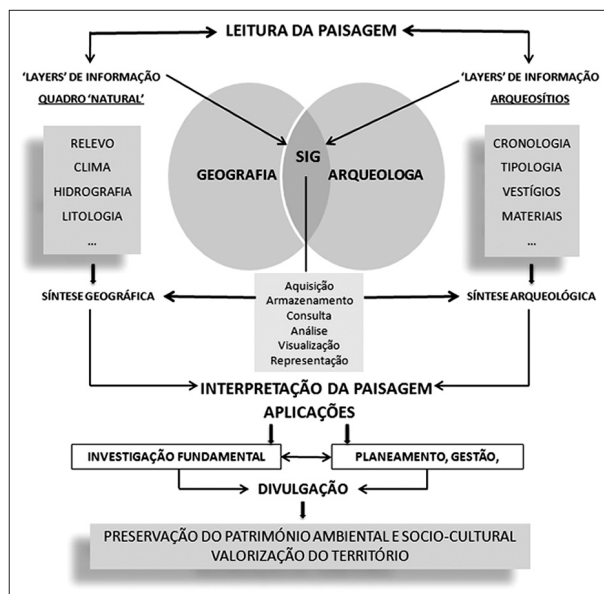


Fig. 1. A articulação entre os conhecimentos geográficos, arqueológicos e os SIG na leitura e interpretação da paisagem, potencia uma série de aplicações que permitem preservar o património ambiental e sociocultural.

Fig. 1. The relationship between geographical, archaeological and GIS knowledge in reading and interpreting the landscape, powers a range of applications that help to preserve the natural and cultural heritage.

bém significantes (V.O. Jorge 1990: 370). Neste sentido, procede à reconstituição do passado ajudando-nos a compreender o presente, baseando-se em vestígios que traduzem a capacidade de adaptação/reacção do Homem ao meio num determinado contexto espaço-temporal, mas que é também reflexo cultural. Porque (...) *a cultura é justamente a medida da independência funcional face aos constrangimentos do ambiente natural* (Pimenta 1996: 81). Assim, como que reinterpretando e transpondo para este domínio “humanista” o princípio do actualismo mas também do evolucionismo, define-se uma perspectiva sistémica que à uniformidade temporal dos “processos” deve associar a de mudanças espaço-temporais, tentando perceber o presente como resultado de processos que operaram no passado, mas não confundindo actualismo com “presentismo”, ou seja (...) *suponer que el presente y el pasado han sido iguales* (Martínez Cortizas 2000: 34). O “espaço” enquanto “paisagem”, é um espaço de apropriações, de sentidos, de referências culturais, de significados simbólicos que se tornam ainda de mais difícil interpretação, quando os estudos se restringem ao meio ou aos artefactos, ignorando que a montante existem escolhas humanas imprevisíveis.

¹ *The nature of landscape demands a basic research approach that is holistic, dynamic and multi-scale. The landscape conceived as the perceivable whole that is the result of the interaction between natural processes and human actions cannot be studied by one discipline using a particular set of methods and concepts. Landscape is also the perceivable environment of all considered as a common heritage. However, no one really possesses it or takes care of it (...) A transdisciplinary approach is obvious and logic here.* (Antrop 2003: 52).

Ilustrando uma profícua conjugação de saberes, as relações científicas entre geógrafos e arqueólogos são desde há muito cultivadas, reconhecendo que (...) *o conhecimento não pode progredir [numa] distinção bipolar entre a natureza e o homem* (Pimenta *ob. cit.*: 119). A título de exemplo, poderíamos salientar vários trabalhos de O. Ribeiro, em que associa de forma notável os ensinamentos das duas áreas, conferindo (...) *grande importância aos conhecimentos arqueológicos para a reconstituição e evolução dos espaços geográficos* (Garcia 2003: 193/4). No mesmo sentido destaca-se S. Daveau, sobre a qual V. Gonçalves (1997: 72), refere que (...) *a sua contribuição para a Arqueologia advém afinal de uma leitura integrada da paisagem, do reconhecimento implícito da indispensabilidade dos olhares múltiplos* (...) defendendo o mesmo autor que (...) *qualquer leitura [do espaço] tem forçosamente de ser integrada, sob pena de atomizar o real* (*ob. cit.*: 80). Não se pretendendo uma listagem exaustiva dos geógrafos que nos seus estudos manifestam uma importante ligação à Arqueologia, não podemos deixar de referir, até pela sua actualidade, os trabalhos desenvolvidos por J.R. Pimenta. Quer a sua dissertação de Mestrado (1996), onde estabelece uma comparação epistemológica entre a Geografia e a Arqueologia, quer a tese de doutoramento (2007), onde reflecte sobre *O Lugar do Passado em Martins Sarmento. Geo-historiografia do programa de investigação arqueológica da Cultura Castreja (1876-1899)* ilustram de forma clara a articulação entre as duas disciplinas, partilhando, inclusivamente, uma evolução próxima no contexto dos paradigmas que, desde a sua institucionalização, se foram sucedendo.

Também na senda da investigação centrada no Quaternário, especialmente no Holocénico, a Geografia e a Arqueologia descobriram um “espaço temporal” de referência mútua, reafirmando o carácter pluridisciplinar, como refere S. Daveau (2000), de qualquer investigação quaternária, dando corpo a uma Geo-Arqueologia (disciplina de síntese multidisciplinar nas palavras de A. Martínez Cortizas 2000) orientada para o desenvolvimento de estudos de reconstrução paleoambiental, analisando a interacção do Homem com o meio. Partilhando técnicas e metodologias específicas de vários domínios científicos², desde a (...) *fase de prospección hasta la excavación y reconstrucción final del yacimiento y su entorno* [são estabelecidos “modelos” geoarqueológicos, fundamentais] *para comprender las características*

del medio físico antes, durante y después de la ocupación del lugar, constituyendo una vía importante de colaboración y trabajo entre geógrafos y arqueólogos (Peña Monné *et al.* 2005: 1). Estes modelos (...) *pretenden crear un marco evolutivo, expresado gráficamente, que además de ofrecer una evolución geomorfológica detallada, intentan servir de guía para la prospección de ámbitos de interés arqueológico* (*ob. cit.*: 14).

Este nosso sublinhado, traduz uma postura que consideramos traduzir alguns dos aspectos que vão ao encontro do trabalho que aqui apresentamos: explorar as potencialidades de uma ferramenta de apoio à análise espacial – os SIG – combinada com a interpretação geográfica ao estudo da distribuição espacial do património arqueológico. Numa perspectiva que concorda com a ideia de M. Antrop (2003: 51) de que as novas tecnologias, designadamente a detecção remota e os SIG, (...) *are powerful tools for interdisciplinarity integration and building a common methodology and language.*

2. Objectivos, materiais e métodos

Se o determinismo geográfico deixou de fazer sentido a partir do momento em que o Homem consegue ultrapassar os constrangimentos do meio “natural”, não há dúvida que, em tempos pré-históricos, exerceu uma forte influência na distribuição dos povoados. Com efeito, a necessidade de protecção e acesso aos recursos estão na base da implantação de vários sítios referenciados na bibliografia de âmbito arqueológico, principalmente dos que remontam à Pré-História. Mas esta dependência face às características dos territórios tende a permanecer uma constante, embora seguindo critérios locativos diferenciados, que acompanham o progresso e aspirações civilizacionais. É um facto que, a partir do momento em que o Homem se torna sedentário, garantir a posse e domínio do seu território se transforma num objectivo primordial. E se esta posse integra, necessariamente, a salvaguarda de pessoas e bens, está também, provavelmente, na base da monumentalização de vários sítios, impondo “marcas” na paisagem susceptíveis de serem vistas e constituírem locais privilegiados de observação, monitorização e controle do espaço (V.O. Jorge & S.O. Jorge 2000; S.O. Jorge 2004). Assim, embora a localização dos sí-

² *In barely 40 years, archaeology (...) has increasingly become an interdisciplinary field of study that draws heavily on history, anthropology, technology, and a wide range of natural, life, and geological sciences in its study of past life-ways (rather than monuments and objects). This has led to the blossoming of a number of subdisciplines, such as archaeo-zoology, palaeo-botany, archaeo-geography, and paleo-pathology, and the adaptation of a wide range of sophisticated techniques from the natural and life sciences (...). These paradigmatic and technological changes have the potential to place archaeology at the center of modern studies of long-term global change* (Van Der Leeuw 2008: 477).

tios arqueológicos dificilmente seja apenas restringida por condicionamentos naturais³, estes devem necessariamente ser contemplados quando se pretende tentar perceber a sua articulação no tempo e no espaço.

Neste último domínio, a cartografia é um apoio fundamental e, talvez, uma das mais tradicionais áreas de articulação entre a Geografia e a Arqueologia, que, nos últimos anos, vem ganhando um novo fôlego, com a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Permitindo a conjugação de bases de dados e a sua visualização no espaço, os SIG constituem uma ferramenta essencial no apoio à interpretação das dinâmicas territoriais, pelo facto de permitirem o cruzamento de diferentes variáveis estruturadas em várias camadas de informação.

As reflexões que vamos apresentar visam reafirmar as potencialidades dos SIG e da interpretação geográfica, no estudo da distribuição espacial do património arqueológico de algumas áreas do Norte de Portugal⁴. Apresentam-se alguns exemplos centrados em trabalhos desenvolvidos e em curso, por geógrafos e arqueólogos da Universidade do Porto, procurando, mais do que dar respostas, demonstrar algumas das questões que podem ser suscitadas pelo enquadramento espacial de vestígios arqueológicos, numa perspectiva que igualmente integra a necessidade de preservar um património que é legado de todos nós.

Com efeito, a utilização dos SIG é essencial não só na elaboração de cartas do património arqueológico, tal como definido pela Lei n.º 107/2001 de 8 de Setembro, no sentido de permitir (...) *traçar a história da vida e da humanidade e a sua relação com o ambiente* (art.º 74, p. 5821), mas, também, na definição de modelos preditivos que, definindo áreas de potencial arqueológico, cumprem uma dupla função: orientar a prospecção arqueológica para a descoberta do “património oculto” e, simultaneamente, no âmbito do ordenamento, gestão e valorização territorial, dotar os decisores de um instrumento que possa minimizar os impactos de empreendimentos públicos e privados em áreas onde existe forte

probabilidade de existirem arqueosítios não explorados (Botica *et al.* 2003).

Mas sempre na perspectiva de que o SIG, como refere L. Dyson-Bruce (2003: 65) (...) *is not na end use in itself but a tool that facilitates input, representation, access, analysis, and output of data*, acrescentando-se que a validade dos seus resultados depende única e exclusivamente da própria validade da informação que o seu utilizador introduz e da sua capacidade de interpretação à luz dos conhecimentos científicos.

Para ilustrar a nossa apresentação vamos basear-nos, essencialmente, em dois estudos previamente desenvolvidos, centrando-nos na produção cartográfica elaborada com base no ArcGis 9.3: a colaboração prestada no âmbito da exposição *O Rio da Memória. Arqueologia no Território do Leça*, promovida pela Câmara Municipal de Matosinhos e que decorreu entre 26 de Setembro e 31 de Dezembro de 2009; a aplicação de um modelo preditivo implementado no âmbito da dissertação intitulada *A aplicabilidade dos SIG e das imagens de satélite na identificação de áreas com potencial arqueológico: estações arqueológicas da Idade do Ferro*, apresentada por A. Costa em 2009, no âmbito do mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território.

3. SIG e interpretação geográfica: arqueologia no território do Leça

No âmbito da exposição referida, foi-nos solicitado um enquadramento geográfico que incidisse, fundamentalmente, sobre as características físicas da área em que se integra a bacia do rio Leça (Soares *et al.* 2010)⁵. Não se pretendendo apresentar um estudo de caracterização exaustivo, analisaram-se, numa primeira fase, variáveis como a altimetria, os declives, a distribuição da rede hidrográfica e a litologia, que, articuladas com estudos previamente elaborados, permitem subdividir o território em três grandes unidades geomorfológi-

³ *Um mundo natural, exterior e independente do “homem”, é um mito – sempre houve coexistência dos dois, a consciência do mundo e o mundo representado pela consciência humana* (V.O. Jorge 2003: 845).

⁴ A aplicação dos SIG em Arqueologia não é uma novidade. Em Portugal, basta recordar que o ENDOVÉLICO, Sistema de Informação e Gestão Arqueológica, criado pelo então Instituto Português de Arqueologia (actual IGESPAR), teve início em 1997. Iniciativas semelhantes têm vindo a ser promovidas (i.e. Servatis), e algumas autarquias promovem já uma forte ligação com estes sistemas de gestão e representação de informação, nomeadamente na elaboração das cartas arqueológicas. De qualquer modo, se a informação espacial dos registos arqueológicos faz parte da base da análise arqueológica, a sua representação gráfica, manteve-se relativamente “estática” até muito recentemente, embora cada vez mais, principalmente em meio académico, se desenvolvam estudos incorporando os SIG na pesquisa arqueológica. Sobre este assunto, consultar: O. Ribeiro (2001); J. Bugalhão *et al.* (2002); N. Botica *et al.* (2004); P. Santos (2006); M. Osório & T. Salgado (2007); H. Rua (2007); N. Botica & M. Martins (2008); A. Costa (2009).

⁵ Neste artigo apresentamos apenas um breve resumo do trabalho efectuado, remetendo os interessados para a publicação que brevemente será editada pelo município de Matosinhos.

cas: a plataforma litoral, o vale do rio Leça e depressões associadas e o relevo intermédio (Fig. 2).

Integrando todas as variáveis analisadas, é possível chegar a uma interpretação global da área em estudo, expressa por um esboço geomorfológico que pretende sintetizar algumas das principais observações (Fig. 3). Neste esboço torna-se evidente uma das mais importantes valências dos SIG: o cruzamento de variáveis integradas em diferentes “layers” de informação georeferenciada.

Assim, vemos que, em termos globais, o território do Leça se caracteriza pela existência de um relevo acidentado, constituído por blocos individualizados que conservam no seu topo vestígios de antigos níveis de aplanamento, cortados por vales profundos cuja orientação e traçado rectilíneo sugere controle por fracturas. Com efeito, da plataforma litoral até ao extremo oriental da bacia hidrográfica, assiste-se a um progressivo aumento das cotas, a que se associam alinhamentos rígidos e vertentes de forte declive, e em que a rede hidrográfica coloca em evidência as características morfológicas e estruturais.

Neste contexto, um dos aspectos mais evidentes relaciona-se com a variação da densidade de drenagem, que permite subdividir a bacia em dois sectores fortemente contrastantes, fruto do contacto entre litologias distintas: a área ocidental e o sector montante, onde dominam as rochas granitóides, evidenciando uma bai-

xa densidade de drenagem; a secção média da bacia em que a densidade de drenagem é mais elevada, devido à reduzida permeabilidade e porosidade das rochas metamórficas que aqui afloram, determinando um escoamento superficial mais intenso.

Alternando com os vales encaixados, observam-se depressões de fundo largo e aplanado, que constituem um dos aspectos morfológicos mais importantes desta área: os designados “alvéolos” do Leça, sucessão alternada de depressões separadas por estrangulamentos, o que lhes confere um aspecto circunscrito. Estas depressões são determinadas por um conjunto de factores, em que, ao predomínio de rochas cristalinas, se associa a existência de condições climáticas que favoreceram a sua alteração, assim como uma tectónica complexa que, de forma directa (promovendo a formação de desníveis) ou indirecta (facilitando o desenvolvimento de processos de erosão diferencial), se reflectiu na morfologia desta área. Assim, as formas em causa reflectem uma génese combinada, actuando a geodinâmica externa na dependência de aspectos estruturais, através da exploração conjugada de contactos litológicos e da rede de fracturação. Estes dois factores, facilitando uma maior intensidade de alteração em locais específicos, parecem constituir o mecanismo genético mais apropriado para explicar estas depressões.

Definido sumariamente o enquadramento espacial do território do Leça (embora não tenham sido aqui

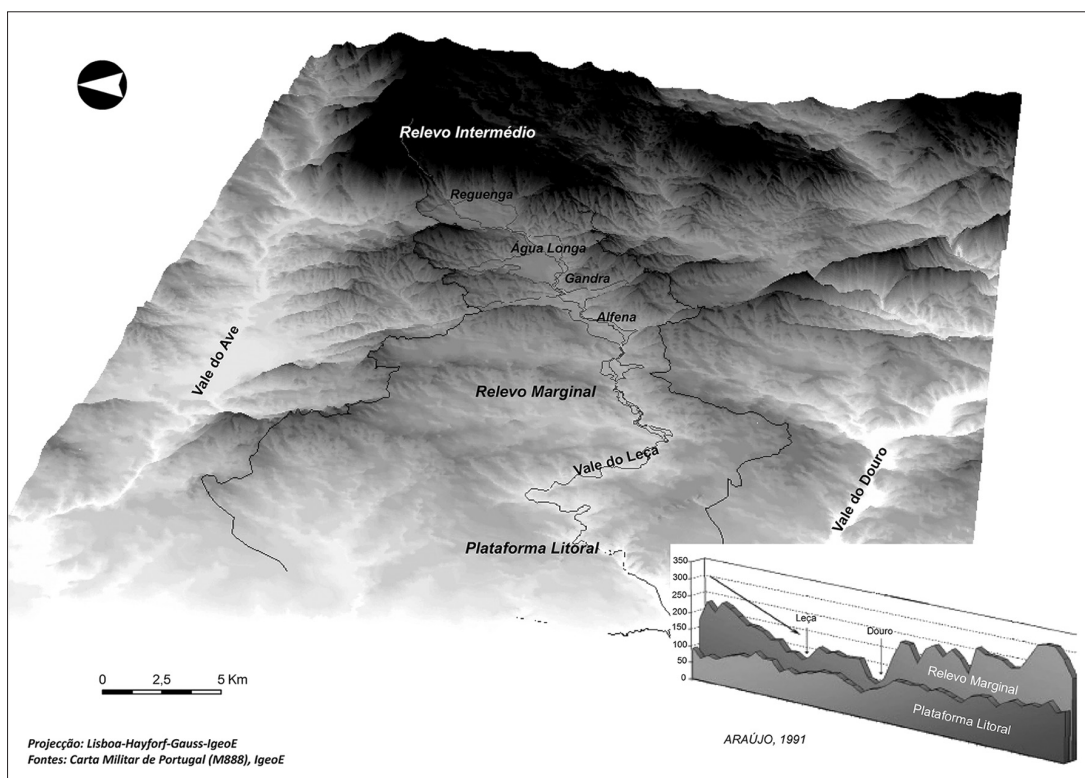


Fig. 2. Unidades geomorfológicas do território do Leça.

Fig. 2. Geomorphological units of Leça river territory.

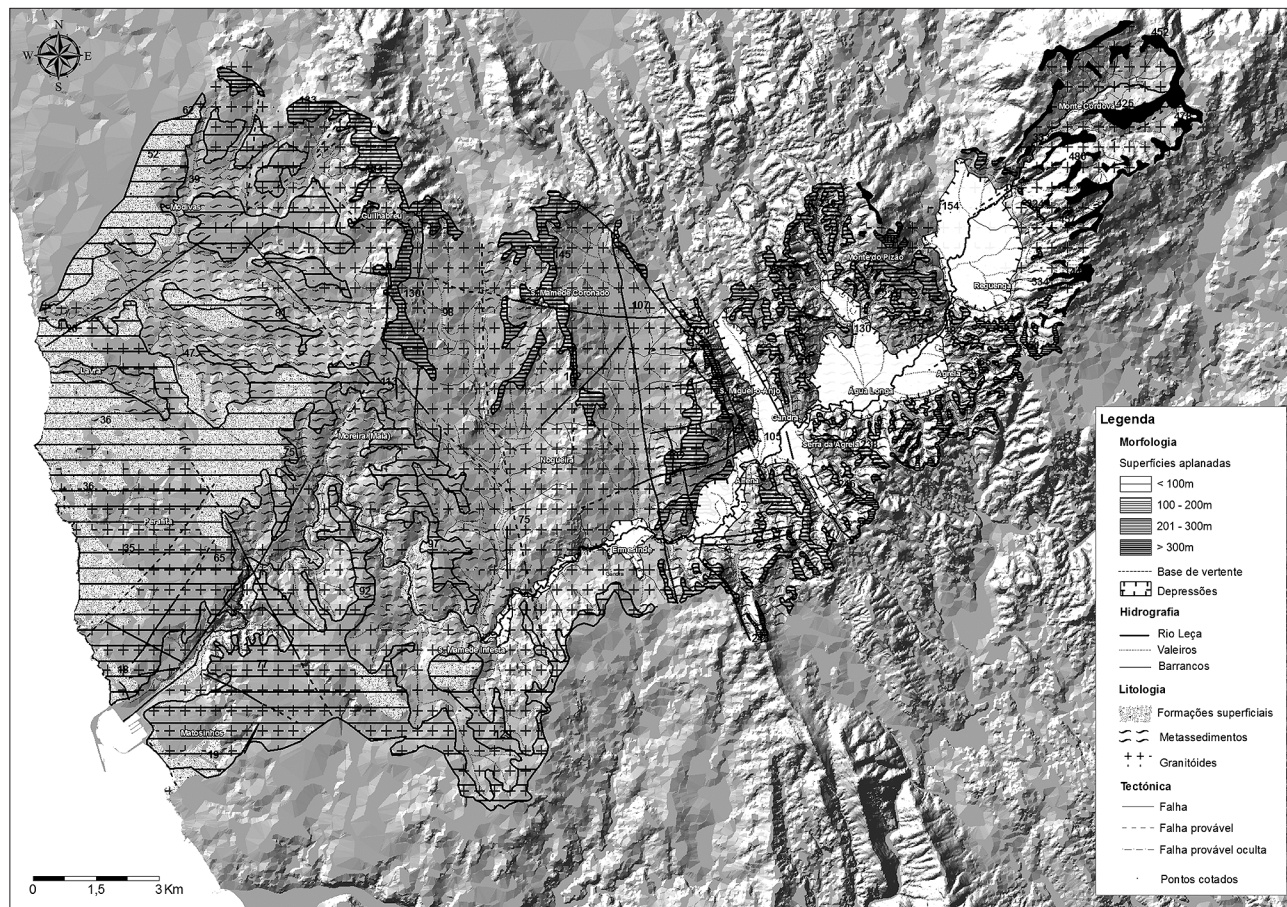


Fig. 3. Esboço geomorfológico simplificado do território do Leça.

Fig. 3. Simplified geomorphological map of Leça territory.

focadas questões relacionadas com aspectos climáticos, assim como as variações do nível do mar ao longo do quaternário, questões abordadas no artigo original), entramos no âmbito da articulação com o património arqueológico. Neste contexto, foi-nos igualmente solicitada a elaboração de cartografia que ilustrasse a sua distribuição, tendo sido implementada uma base de dados (BD) com alguns dos vestígios mais importantes do Paleolítico/Epipaleolítico/Mesolítico, Neolítico, Calcolítico, Idade do Bronze, Proto-História, Época Romana e Idade Média. Por isso, os elementos que vamos apresentar assentam numa amostra que não é global, mas que pode ser considerada representativa no contexto espacial em causa.

Feita esta ressalva e retomando o aspecto principal, a cartografia que vamos apresentar ilustra algumas reflexões sobre a distribuição deste património, considerando cinco variáveis ambientais que reflectem aspectos ligados à disponibilidade de recursos naturais e acessibilidade: altimetria, declives, exposição de vertentes, hidrografia e litologia.

Os primeiros mapas elaborados, reflectem apenas

a transposição da BD do património arqueológico para uma base territorial, neste caso contemplando a variação hipsométrica. O primeiro (Fig. 4) reflecte uma distribuição geral de todo o património integrado na amostra, sem entrar em linha de conta com a sua cronologia ou tipologia, destacando-se, essencialmente, a maior concentração de vestígios na área que designamos por plataforma litoral: mais de 60% do património situa-se a cotas inferiores a 100 m, e apenas 6% a altitudes superiores a 300 m.

O segundo mapa (Fig. 5) reflecte a mesma variação, mas agora considerando uma representação cronológica desagrupada de forma a evitar a sobreposição de vestígios, uma vez que o mesmo local engloba, por vezes, património de diferentes períodos e tipologias. Este aspecto parece-nos importante, um indício a explorar no sentido de perceber porque é que determinados lugares permanecem “atractivos” em detrimento de outros. Outra temática a abordar, prende-se com a tendência de “deslocalização” de alguns sítios, tal como se observa na transição do Paleolítico/Epipaleolítico/Mesolítico para os períodos subsequentes. Um aparente afastamento

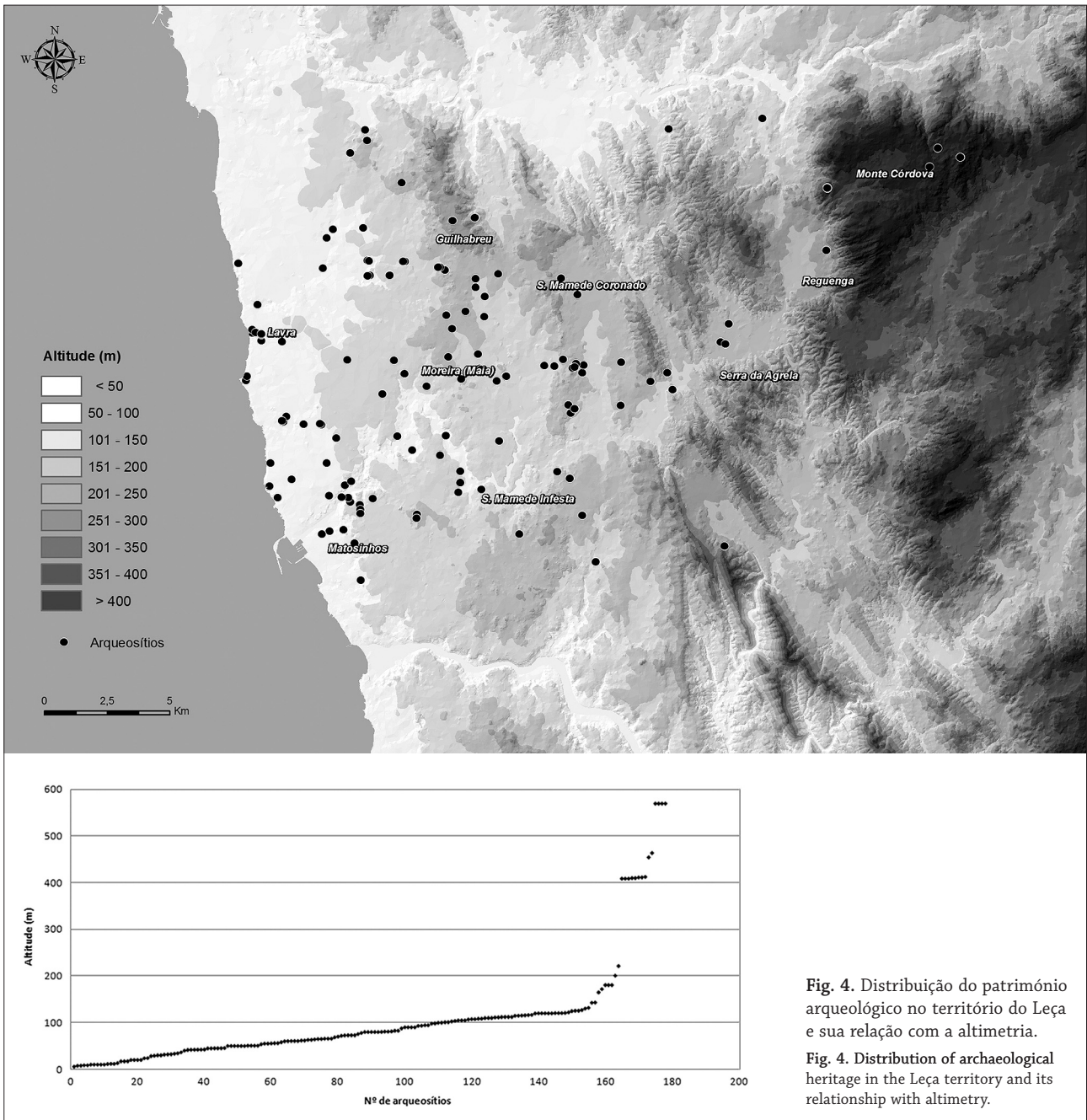


Fig. 4. Distribuição do património arqueológico no território do Leça e sua relação com a altimetria.

Fig. 4. Distribution of archaeological heritage in the Leça territory and its relationship with altimetry.

do litoral poderá ser justificado por questões socioculturais⁶, mas não podemos ignorar a possibilidade de ser uma resposta a alterações ambientais associadas ao início do Holocénico, motivando, nomeadamente, a subida do nível do mar (Araújo 2002; Dias 2004).

Cruzando a localização dos arqueosítios com os declives, verifica-se que mais de 75% dos vestígios materiais se situam em áreas de declive inferior a 5°. Tal poderá reflectir, entre outros factores, a preferência

por locais que facilitam a mobilidade, diminuindo “distâncias-custo” em função do esforço necessário para ultrapassar um obstáculo físico (Fig. 6). Esta ideia é salientada por M. Ruiz-Galvez Priego *et al.* (2002: 279) num estudo efectuado sobre os *nuraghi* da Sardenha, estabelecendo uma fórmula de cálculo que relaciona (...) *la pendiente del terreno con el ritmo medio de avance*, definindo o acréscimo de tempo necessário para vencer dada distância à medida que aumenta o declive.

⁶ De acordo com A.M.S. Bettencourt (2010), durante o Neolítico ter-se-iam verificado, efectivamente, importantes “alterações ideológicas e subsistenciais” em relação aos períodos anteriores.

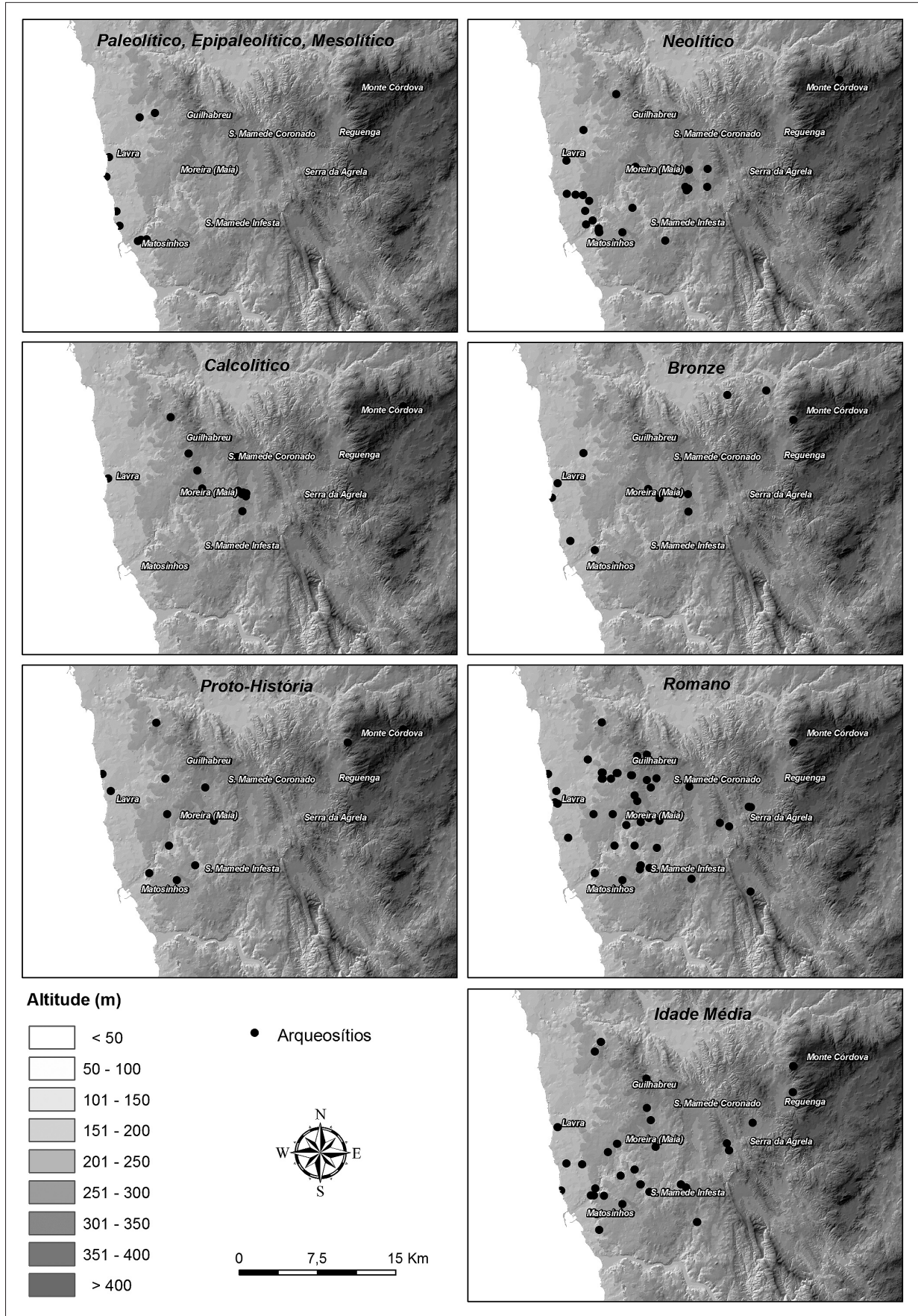


Fig. 5. Distribuição cronológica do património arqueológico no território do Leça.

Fig. 5. Chronological distribution of the archaeological heritage in Leça territory.

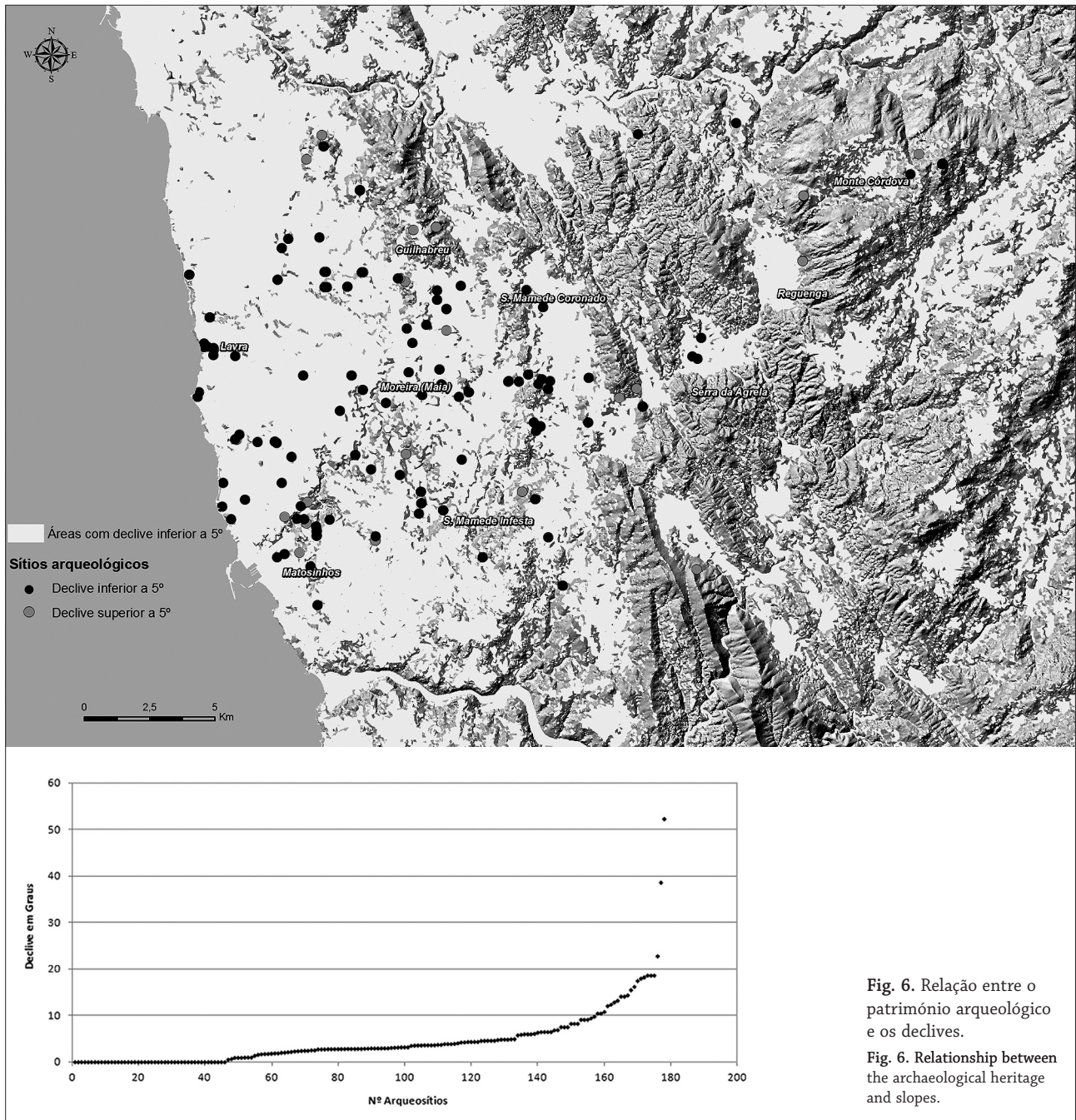


Fig. 6. Relação entre o património arqueológico e os declives.

Fig. 6. Relationship between the archaeological heritage and slopes.

Relativamente à relação entre a exposição de vertentes e os arqueosítios, não se observa uma tendência uniforme, verificando-se uma distribuição equilibrada entre os sítios expostos a diferentes quadrantes (Fig. 7). Seria interessante fazer uma análise desta variável com base numa amostragem mais extensa mas restrita aos sítios de implantação fixa, bem como aplicá-la em outras áreas.

Considerando os aspectos hidrográficos, que assinalam a acessibilidade ao recurso água, o que se destaca é o facto de 93% dos arqueosítios se situarem num raio de 300 m das linhas de água e, destes, 37% num *buffer*

de 100 m (Fig. 8). Parece existir uma relação evidente neste contexto, valorizando a acessibilidade a um recurso vital, mas em trabalhos futuros esta relação deverá incorporar a localização eventual de nascentes.

Finalmente, cruzámos os arqueosítios com a litologia, considerando a sua divisão em três grupos principais: formações superficiais, granitóides e metassedimentos (Fig. 9). Claro que a análise de uma variável só faz sentido quando articulada com todas as outras e não ignorando, como desde o início referimos, o contexto sociocultural. A preferência por áreas de substrato granitóide deve ser articulada com a morfologia do ter-

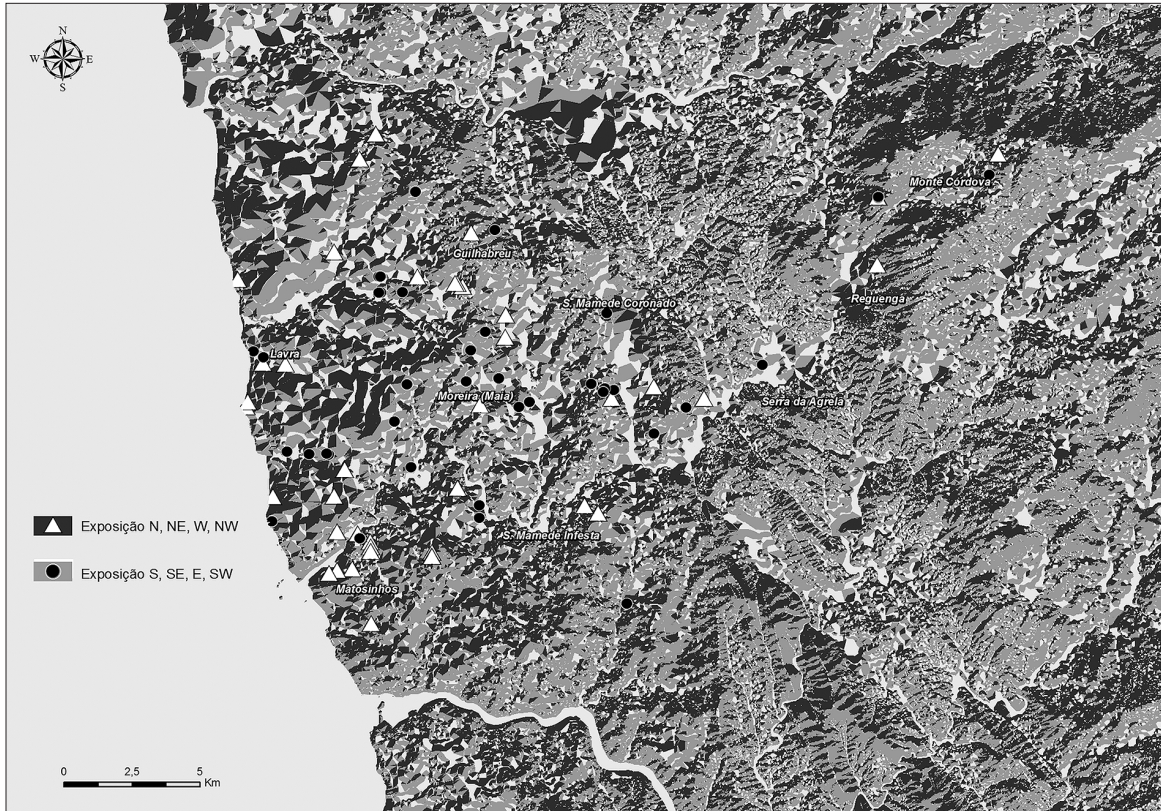


Fig. 7. Relação entre o património arqueológico e a exposição de vertentes.

Fig. 7. Relationship between the archaeological heritage and slope exposure.

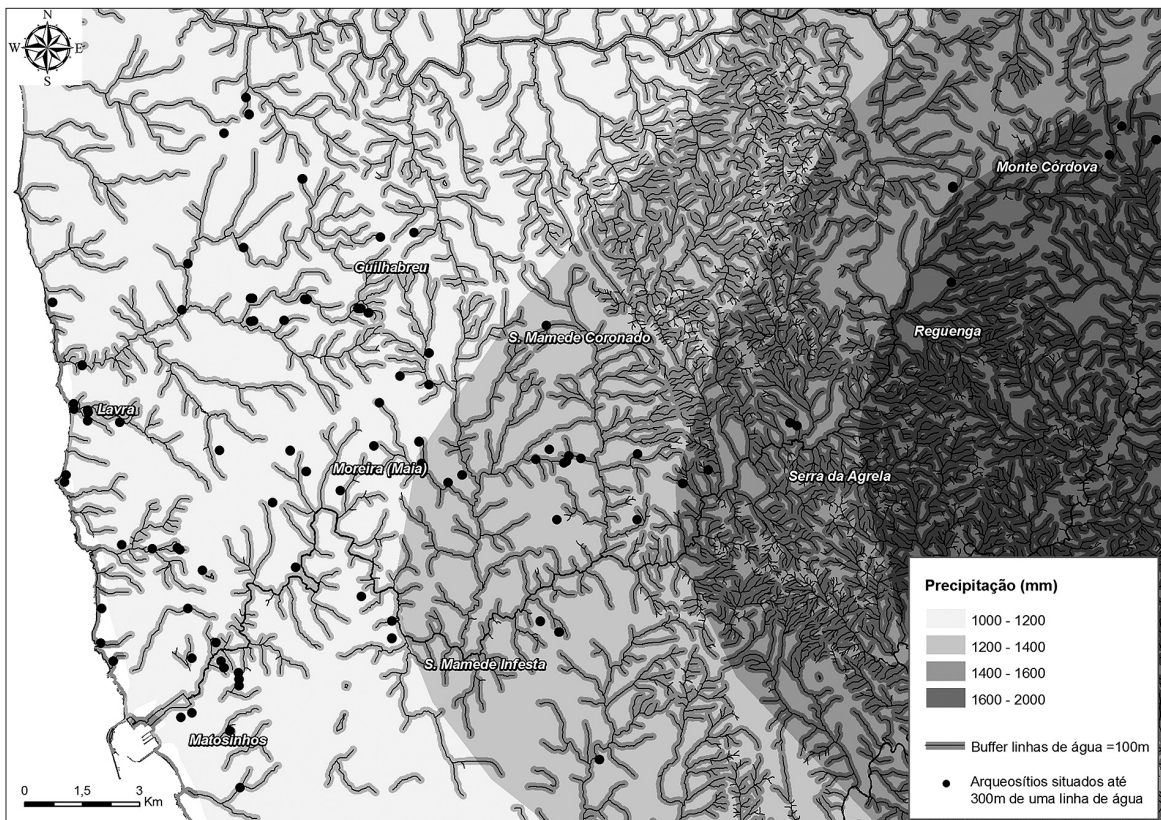


Fig. 8. Distribuição do património arqueológico em função da distância às linhas de água.

Fig. 8. Distribution of archaeological heritage in relation to the distance to rivers.

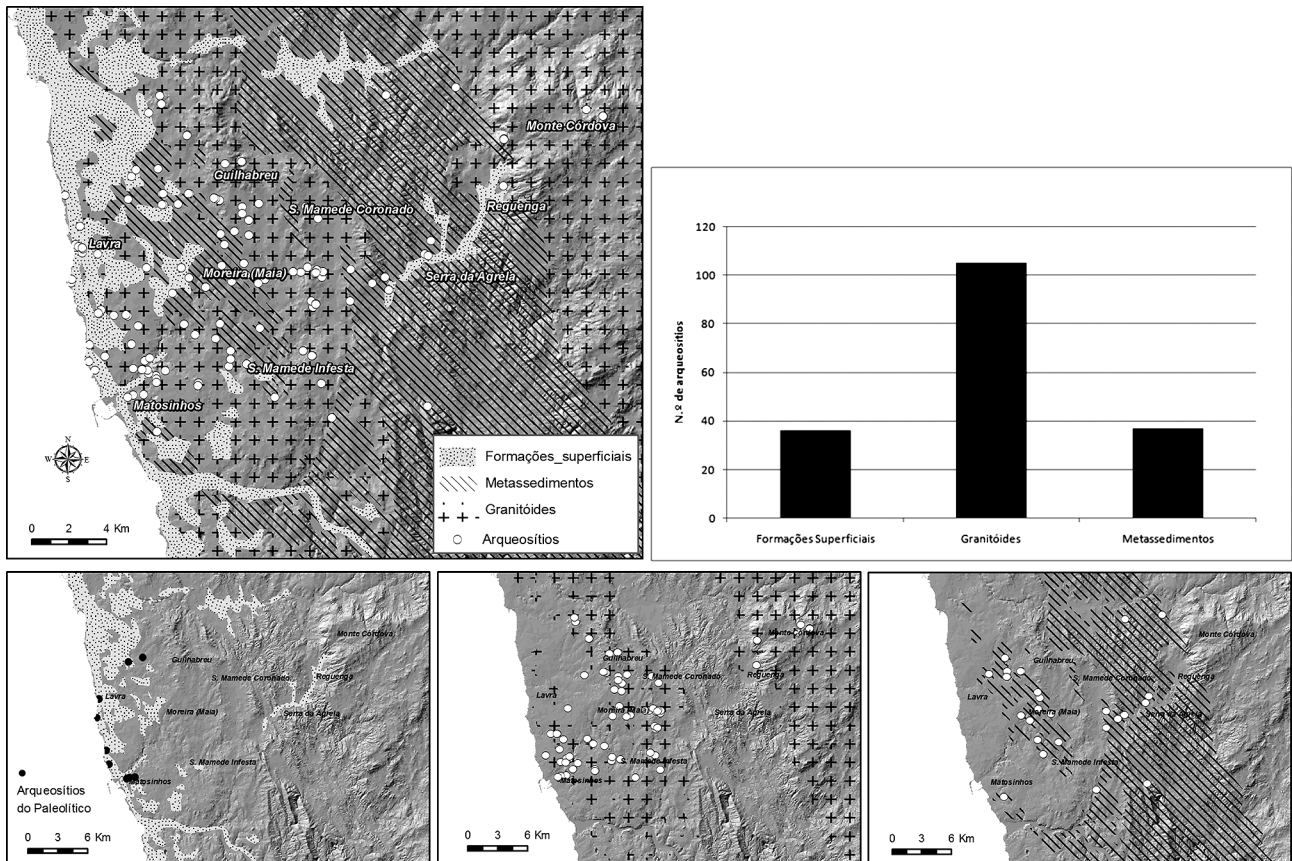


Fig. 9. Distribuição do património arqueológico, em função da litologia.
 Fig. 9. Distribution of archaeological heritage, considering lithology.

reno e, claramente, com aspectos que têm a ver com as características civilizacionais dos povos que habitaram este território em diferentes períodos. Por exemplo, poderíamos explorar as razões que podem explicar a concentração de vestígios do Paleolítico/Epipaleolítico/Mesolítico no contexto das formações superficiais, nomeadamente na proximidade de depósitos fluviais e marinhos. A disponibilidade de materiais líticos parcialmente “talhados” e resistentes poderá constituir uma hipótese, mas cabe aos arqueólogos verificar se efectivamente existe uma relação entre estas variáveis e de que forma se concretiza⁷.

Mas deste contexto, deriva uma outra problemática: a importância do estudo das formações superficiais, considerando que constituem testemunhos da morfogénese, evidenciando características que nos permitem reconstituir a génese e evolução do relevo de uma dada

área. Entra-se, assim, no domínio da paleogeografia, identificando-se processos morfogenéticos associados principalmente a ambiências quaternárias específicas, que, expressando uma evolução paleoclimática, poderá ser articulada com a dinâmica fluvial e marinha, permitindo reconstituir as variações do nível do mar em cada fase da história geomorfológica e, porque não, arqueológica.

Note-se que na plataforma litoral e ao longo do vale do Leça existem vários depósitos que traduzem condições ambientais distintas das que observamos na actualidade, que poderão ser importantes para explicar eventuais alterações nos “padrões” locais dos arqueosítios.

Para finalizar, apresentamos apenas mais dois exemplos. O primeiro, ilustra a distribuição cronológica dos arqueosítios do território do Leça, definindo-se a

⁷ J. Meireles & J.P. Cunha Ribeiro (1991: 32) parecem reafirmar esta ideia, salientando que (...) no Norte do país, quer na sua zona litoral, quer nos achados localizados nos terraços dos seus principais cursos de água (...), dois tipos de rocha dominam, em absoluto, o espectro das matérias-primas empregues. São elas, o quartzito, largamente maioritário, e o quartzo, este em muito menor percentagem, sob a forma de seixos rolados. Sobre o Paleolítico inferior do litoral do Minho, referem que a matéria-prima utilizada se encontra (...) em grande quantidade nas formações marinhas quaternárias da região [podendo] ter desempenhado, pensamos, pelo menos parcialmente, um papel importante na ocupação e localização das jazidas paleolíticas regionais (ob. cit.: 37-38).

área abrangida por cada um, num raio máximo de 10 km (Fig. 10)⁸. Para além da sua proximidade evidente, o que nos sugere a leitura destes mapas é que o relevo acidentado que se desenvolve para oriente da área em estudo, parece constituir também uma barreira à mobilidade e à localização de arqueosítios, embora esta tendência se atenuar nos dois períodos mais recentes. Será que esta barreira, que coincide com uma série de alinhamentos de substrato metassedimentar, pode ter transformado esta área num sector pouco atractivo para a implantação de sítios? O facto de se tratar de uma área de menor acessibilidade, com grande densidade de drenagem e maiores valores de precipitação, a que se associa uma alternância de depressões que ainda hoje são periodicamente inundadas, pode eventualmente ter contribuído para a sua pouca apetência. Consideramos que, mais uma vez, esta observação deverá ser explorada, considerando, por exemplo, a própria tipologia do património material. Embora tendo em conta o carácter limitado da nossa amostra, neste sector a densidade de vestígios é reduzida, integrando apenas pontes, dois casais romanos e, sintomático ou não de uma certa “marginalização” e isolamento, uma gafaria da Idade Média (Teixeira 2010). Outro aspecto que merece uma abordagem futura, consiste no cruzamento da informação cartografada com rede viária existente, reflectindo uma outra temática que poderá ser explorada numa visão interdisciplinar.

O segundo exemplo, consiste na definição das bacias de visão de algumas estações arqueológicas situadas na área de Vila Nova de Foz Côa (Fig. 11⁹). É uma técnica desde há muito utilizada pelos arqueólogos¹⁰, que o SIG facilita de forma evidente.

Um dos aspectos que podemos referir, é a falta de “visão” sobre os vales, o que nos leva a pensar na interpretação de S.O. Jorge (2004) sobre o Castelo Velho, salientado que se trata de um sítio mediador de sentidos de grande impacto visual, um lugar monumentalizado que não apresenta as características nucleares de um lugar de defesa, mas sim de um sítio construído para

ser visto, bem destacado na paisagem (visível de muito longe), mas com um ângulo de visão restrito, inserindo numa tipologia de implantação/controlar visual da paisagem que precisa de ser investigada.

4. Os modelos preditivos: estudo de caso

Frequentemente vista como positivista, devido à tentativa de explicar a distribuição das ocupações humanas segundo padrões lógicos de comportamento (Bahn & Renfrew 1998), a utilização de ferramentas estatísticas potenciada pela utilização dos SIG, reprojectou este tipo de análise aos olhos dos arqueólogos, ao permitir a representação geográfica de diversos registos/observações (Wheatley & Gillings 2002). É neste contexto que surgem novas abordagens, como é o caso dos Modelos Preditivos do potencial arqueológico (MP), definidos como uma (...) *técnica que visa a previsão da probabilidade de ocorrência de um fenómeno em áreas desconhecidas, com base no conhecimento adquirido em áreas amostradas*¹¹ (Conolly & Lake 2008: 145-146).

Dependendo do objectivo em causa, estes modelos podem ser desenvolvidos com base em processos dedutivos ou indutivos. Os primeiros, centrados essencialmente nas características sociais, económicas e culturais dos sítios, visam explicar determinado comportamento humano, baseando-se em hipotéticas relações do homem com a paisagem e recorrendo a teorias antropológicas e etnográficas, para definir as variáveis condicionantes da sua localização. Uma vez que não utilizam a análise estatística para ponderar a importância de cada variável, são modelos mais indicados para a fundamentação de teorias arqueológicas (Niknami 2006). Os modelos indutivos, baseando-se em leituras do enquadramento biofísico de várias estações arqueológicas, visam perceber os critérios que serviram de base à sua implantação, extrapolando posteriormente os resultados obtidos para a área de estudo considerada. Assim, estes modelos são mais utilizados como ferramenta de

⁸ A definição desta área enquadra-se no que J. García Sánchez (2009: 85) designa *Análisis de Captación Económica (ACE)*, que propõe (...) *un límite crítico para el aprovechamiento óptimo de los recursos, asumiendo que debería existir un límite espacial en el campo del potencial de los recursos accesibles (Davidson y Bailey 1984: 26), a partir del cual la inversión de tiempo/ esfuerzo no resultase rentable. En función de estudios antropológicos (Vita Finzi y Higgs 1970) se basó esa distancia crítica en 5 kilómetros para sociedades sedentarias y 10 kilómetros para sociedades de cazadores recolectores, o lo que es lo mismo una y dos horas de camino respectivamente desde el asentamiento.*

⁹ Para o cálculo das bacias de visão, foi utilizada a ferramenta *Viewshed* da extensão *Spatial Analyst* do *ArcGis* 9.3, tendo como base um MDT elaborado a partir das curvas de nível de equidistância de 10 m e fixando-se a altura do observador em 1,60 m, valor médio geralmente definido para um adulto.

¹⁰ (...) *a análisis de la visibilidad como factor determinante del emplazamiento de monumentos y yacimientos arqueológicos ha sido un elemento frecuente en los estudios surgidos con el desarrollo de la Nueva Arqueología en los años 70 y 80, donde se defiende el análisis de los yacimientos no de forma aislada sino en relación con su entorno natural y cultural (Fairén Jiménez 2002-2003: 27).*

¹¹ (...) *a technique that seeks to predict the probability of encountering a phenomenon in unsampled areas based on knowledge gained from sampled areas, may provide insight into a suspected pattern.*

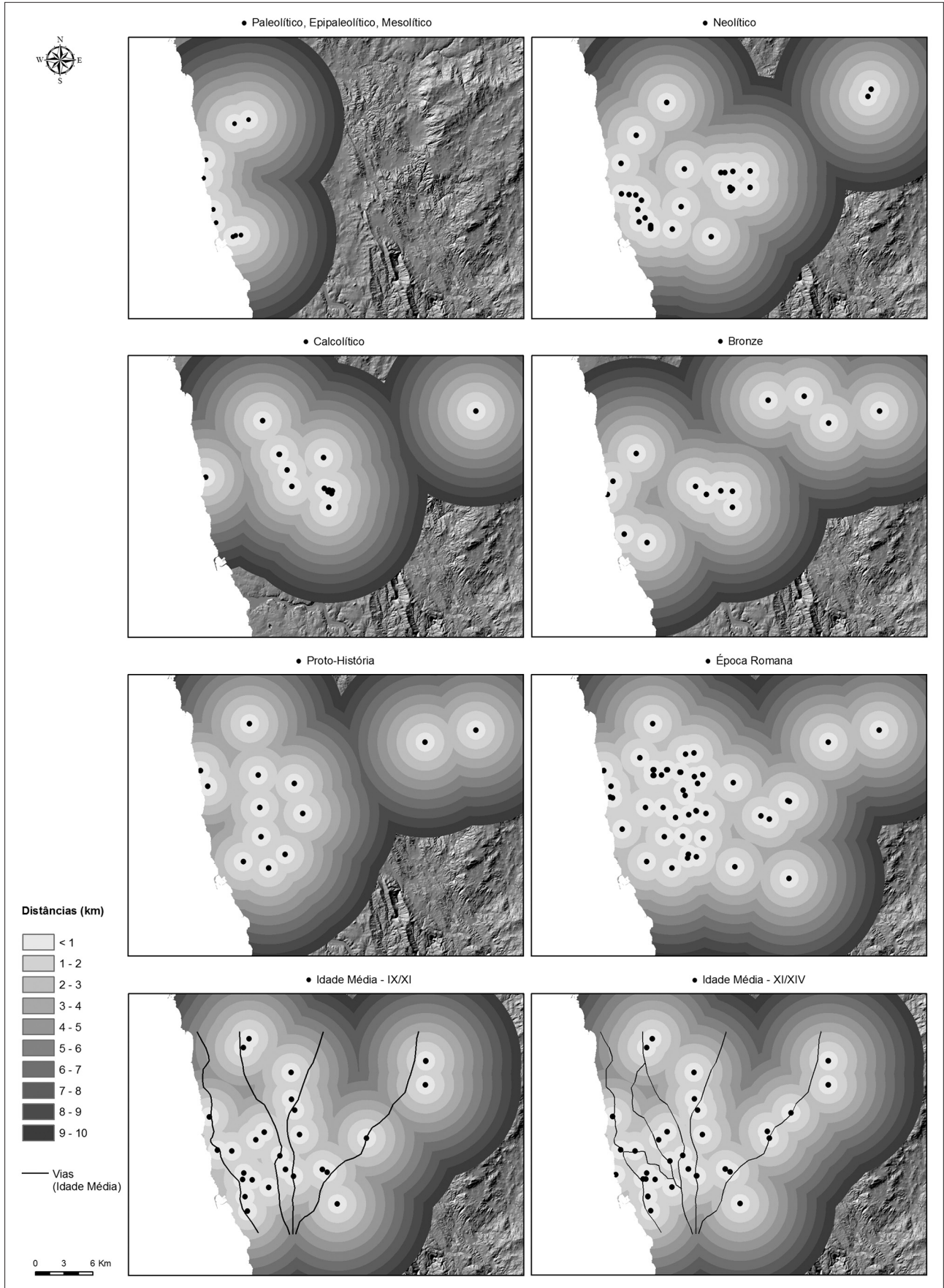


Fig. 10. Distâncias euclidianas medidas a partir dos arqueosítios.

Fig. 10. Euclidean distances measured from the archaeological sites.

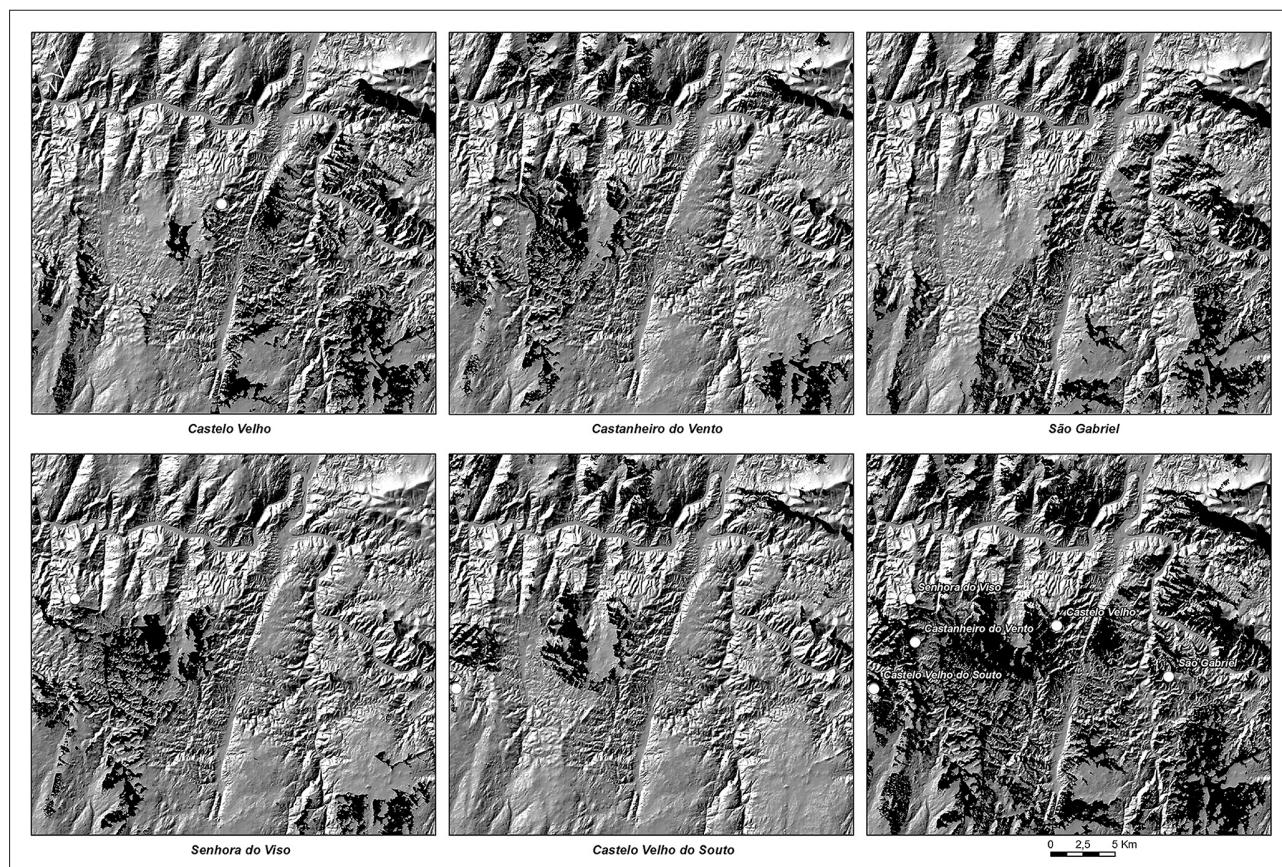


Fig. 11. Bacias de visão de alguns sítios arqueológicos situados em V. N. de Foz Côa.

Fig. 11. Viewshed of some archaeological sites located in V. N. Foz Côa.

apoio ao ordenamento do território (nomeadamente para a elaboração de cartas de potencial arqueológico), pelo que se adequam aos nossos propósitos (Wheatley & Gillings 2002).

Para a definição do MP que apresentamos, seleccionamos como enquadramento cronológico/cultural e espacial os “habitats” da Idade do Ferro no NW de Portugal, já que se encontram bem identificados e existem bastantes estações arqueológicas georeferenciadas, condições necessárias à elaboração do modelo.

Tratando-se de um MP indutivo, a sua definição implica uma sequência metodológica cuja primeira fase consiste na definição das condicionantes físicas (variáveis independentes) que caracterizam o território em estudo e que poderão ter influenciado a decisão de implantação dos “habitats” num local específico, procurando-se, assim, detectar padrões comuns aos arqueosítios da Idade de Ferro (variável dependente) expressos na base de dados utilizada. Possuindo a localização exacta

de 198 estações arqueológicas¹² do período em questão, optámos por seleccionar aleatoriamente 99, como amostra para a construção do modelo. No entanto, e de acordo com R. Brandt *et al.* (1992), foi definida uma nova variável dependente, geralmente denominada de “não-sítios”, correspondendo a localizações aleatórias não coincidentes com nenhuma estação arqueológica conhecida, que permitem caracterizar globalmente o território do modelo em estudo.

Com base na amostra definida (99 estações arqueológicas conhecidas e 120 “não-sítios”) e recorrendo ao máximo de informação disponível, foram inicialmente consideradas 14 variáveis independentes (Quadro 1), às quais foram aplicados *testes de significância estatística* (nomeadamente, *chi-quadrado* e *Mann-Whitney*) para definir as que possuem comportamentos estatisticamente distintos relativamente às duas variáveis dependentes. Este procedimento é necessário para determinar as variáveis “locativas” efectivamente relevantes, consideran-

¹² A realização do MP assentou na localização de 304 arqueosítios da Idade do Ferro, cedida pelo IGESPAR. Contudo, após a confrontação das coordenadas dos pontos com a cartografia oficial militar (escala 1:25000) e ortofotos georeferenciadas, apenas consideramos 198 como detentores de uma localização isenta de dúvidas.

Variável Independente	Descrição
Altimetria	Dados altimétricos, processados através das curvas de nível.
Índice Normalizado de Vegetação	Utilizado em detecção remota, para avaliar se o objecto alvo contém vegetação verde (viva ou não).
Tasseled Cap – Greeness	Transformação que responde à combinação da elevada absorção de clorofila nas bandas do visível e da elevada reflectância da estrutura da folha na banda do infravermelho próximo, característica da vegetação verde saudável.
Tasseled Cap – Wetness	Transformação sensível ao teor de humidade e água existente na cobertura vegetal e no solo.
Uso do Solo	Dados da Corine Land Cover, 2000.
Orientação das vertentes	Exposição solar, considerando os pontos colaterais.
Precipitação	Pluviosidade (mm/ano): normais climatológicas 1930-1961.
Litologia	Tipo de rocha.
Declives	Inclinação em graus.
Sombreamento	Intensidade da luz reflectida.
Acumulação de Fluxos	Acumulação de fluxos hídricos, de acordo com a topografia.
Custo às linhas de água	Distância-custo às linhas de água, tendo em conta os declives.
Insolação	Radiação solar estimada para o dia 22 de Dezembro.
Curvatura	Projeção de superfícies côncavas e convexas.

Quadro 1. Variáveis independentes inicialmente consideradas.

Table 1. Independent variables initially considered.

Parâmetro	Valor estimado/ /Coeficiente
Intercepção de y	-1,326
Altimetria	0,003
Orientação vertentes	-0,304
Litologia	0,014
Precipitação	0,001
Declives	-0,752
Custo a linhas de água	0,002
Curvatura	7,023
Fluxos	-32,655

Quadro 2. Coeficientes a atribuir às variáveis seleccionadas.

Table 2. Coefficients to be awarded to selected variables.

do-se válidas as que se evidenciam como características das estações arqueológicas e, portanto, distintas das que contextualizam os “não-sítios” que representam as características do território em estudo. Aplicados os testes de significância, verificou-se que das variáveis analisadas apenas sete – altimetria, orientação de vertentes, litologia, precipitação, declives, distância-custo às linhas de água e curvatura – deveriam ser aplicadas.

Para criar um MP susceptível de representar o potencial arqueológico num único mapa, recorreu-se à *regressão logística binária*, que permite calcular os coeficientes a atribuir a cada uma das variáveis independentes (Quadro 2), e assim, utilizando a fórmula transcrita [1], a probabilidade de ocorrência dos habitats da Idade do Ferro numa escala de 0 – muito baixo potencial – a 1 – elevado potencial. De forma a verificar a sua validade, ao modelo criado foi sobreposta a localização das 199 estações arqueológicas, observando-se que 3 se situavam em áreas de probabilidade nula (0) e que a primeira estação a ser identificada se enquadrava numa área com uma probabilidade de ocorrência de 0,65.

$$[1] P = 1/1 + \exp[-(a + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni})]$$

Em que:

P – probabilidade;

\exp – eleva e (número de Euler, aproximadamente 2,72) ao valor entre parêntesis;

a – valor de intercepção de y ;

β – coeficientes de regressão;

X – variáveis independentes.

Assim, consideramos necessário definir a partir de que valor de probabilidade é que o MP se tornava mais eficaz. Para responder a esta questão aplicamos o modelo gráfico de K. Kvamme (2006), capaz de definir um *índice de probabilidade óptima*. Trata-se de um gráfico que confronta a percentagem acumulada das estações arqueológicas e dos “não-sítios” (eixo Y) com o seu grau de probabilidade (eixo X), sendo a probabilidade óptima definida pelo valor representado no eixo X quando as duas linhas se cruzam.

Para o MP considerado, a probabilidade óptima obtida é de 0,77 (Fig. 12), o que significa que as áreas com valores inferiores representarão baixo potencial arqueológico, enquanto as que evidenciam um valor superior, indiciarão um elevado potencial. A partir deste resultado foi construído um novo mapa, identificando apenas as áreas de muito alta e muita baixa probabilidade (Fig. 13).

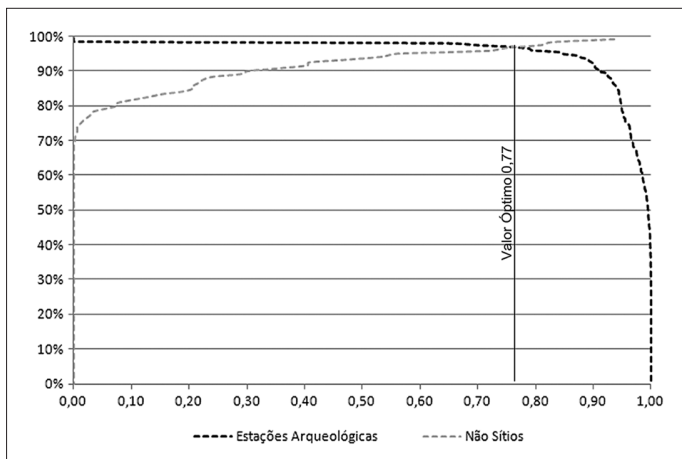


Fig. 12. Definição do valor de probabilidade óptima.

Fig. 12. Optimal probability value definition.

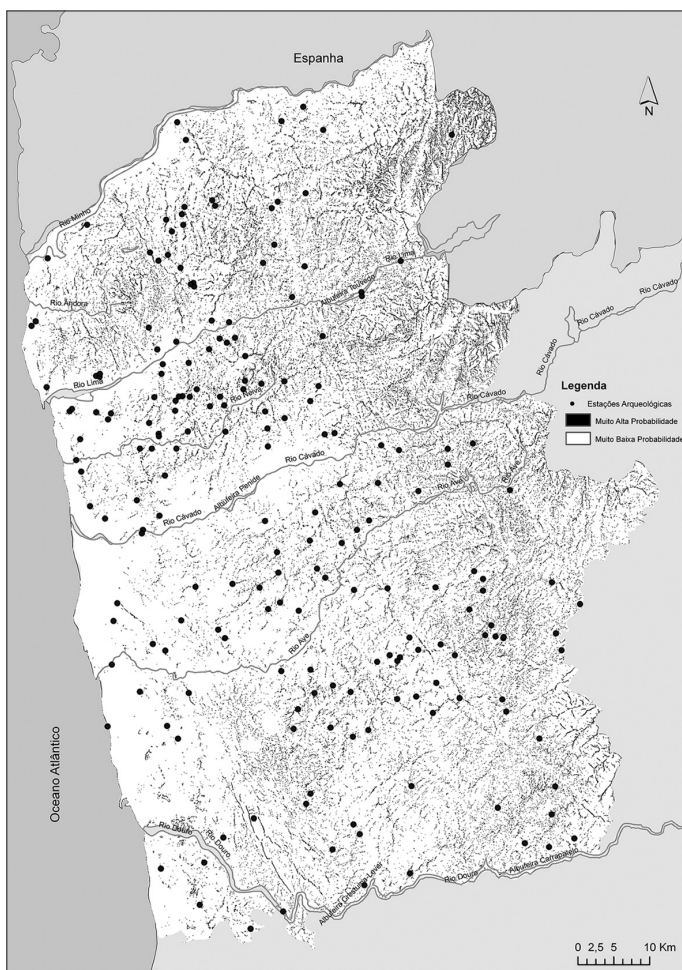


Fig. 13. Probabilidade de ocorrência de estações arqueológicas Idade do Ferro no NW de Portugal.

Fig. 13. Location probability of Iron Age archaeological sites in the NW Portugal.

Finalmente, para estimar a eficácia do modelo foi calculado um *índice de ganho*, que estabelece a relação entre a percentagem de área onde se prevê a localização potencial de estações arqueológicas (EA) e a percentagem que efectivamente existe nessa área, ou seja:

$$IG = 1 - \frac{\% \text{ da área onde são previstas EA}}{\% \text{ EA observadas nos sítios previstos}}$$

De acordo com J. Conolly & M. Lake (2008) os resultados deste índice variam entre 1 (altamente preditiva), 0 (sem predição) e -1 (predição contrária ao que era suposto), pelo que o resultado obtido para o modelo apresentado, de 0,93 está muito próximo da classificação máxima. Os próximos desafios, consistem em aplicar este modelo a escalas de mais pormenor e, eventualmente, contemplar arqueosítios de outras cronologias.

5. Conclusão

A título conclusivo, gostaríamos de focar alguns aspectos principais, que pensamos reflectir os nossos objectivos, mas indo um pouco mais longe.

Em primeiro lugar, queremos reafirmar a importância da interdisciplinaridade na leitura da paisagem, enquanto “palco” onde se conjugam factores ambientais e socioculturais. Se os factores de localização dos arqueosítios dificilmente se restringem aos condicionamentos naturais, estes devem, necessariamente, ser contemplados quando se pretende tentar perceber a sua articulação no tempo e no espaço. Mas a paisagem, é também um espaço de apropriações, de sentidos, de referências culturais, de significados simbólicos de difícil interpretação quando os estudos privilegiam o meio, ignorando que a montante existem escolhas humanas “imprevisíveis”, porque inseridas num contexto específico. Por isso, é importante articular os contextos ambiental e sociocultural.

Em segundo lugar, é importante reafirmar que os SIG, enquanto ferramenta, demonstram um grande potencial na articulação de variáveis e, que, também por isso, se adequam a estudo interdisciplinares, conjugando interpretações de vários domínios científicos. A vantagem da sua utilização relaciona-se com a sua capacidade de

integrar dados diversos, que são armazenados de forma integrada, permitindo uma consulta e visualização que facilita os procedimentos analíticos, conducentes a uma interpretação que, mediante uma articulação de conhecimentos culmina com a apresentação de resultados em diferentes formatos e com aplicações várias.

Uma das aplicações possíveis, relaciona-se, precisamente com a elaboração de modelos preditivos, que, definindo áreas de potencial arqueológico cumprem uma dupla função: orientação da prospecção arqueológica e, no âmbito do ordenamento, gestão e valorização territorial, dotam os decisores de um instrumento que pode minimizar os impactos associados à execução de empreendimentos em áreas onde existe forte probabilidade de existirem arqueosítios não explorados.

Finalmente, e tendo em conta que a cartografia temática é, talvez, uma das mais tradicionais áreas de articulação entre a Geografia e a Arqueologia e visando uma aplicação efectiva dos SIG em Arqueologia, consideramos necessária, como em qualquer outro domínio científico em que a cartografia constitui um *output* fundamental, a definição de normas standardizadas que permitam otimizar e uniformizar a criação de Bases de Dados exaustivas de arqueosítios; a produção de Cartas de Património Arqueológico e a formulação de Modelos Preditivos do Potencial Arqueológico, na esperança de que um dia os decisores políticos recordem um instrumento de planeamento que, definido em 2002, permanece esquecido: os Planos de Ordenamento de Parque Arqueológico (POPA).

Bibliografia

- ANTROP, M. 2003. Expectations of scientists towards interdisciplinarity and transdisciplinarity research. In B. Tress, G. Tress, A. Van Der Valk & G. Fry (eds.), *Interdisciplinarity and transdisciplinarity landscape studies: potential and limitations*. Delta Series (2): 44-54.
- ARAÚJO, M.A. 2002. A evolução do litoral em tempos históricos: a contribuição da Geografia Física. *Colóquio O Litoral em Perspectiva Histórica (sécs. XVI-XVIII)*, Porto. Instituto de História Moderna: 73-91.
- BAHN, P. & RENFEW, C. 1998. *Arqueología, Teorías, Métodos y Prácticas*. 2.ª ed. Madrid: Akal.
- BETTENCOURT, A.M.S. 2010. Comunidades Pré-Históricas da Bacia do Leça. *O Rio da Memória. Arqueologia no Território do Leça*. Matosinhos: Câmara Municipal (no prelo).
- BOTICA, N.; SANTOS, M. & LEMOS, F.S. 2003. Modelo preditivo de património arqueológico. *Actas da conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação*. Disponível online em: <http://hdl.handle.net/1822/5595>.
- BOTICA, N.; SANTOS, M. & LEMOS, F.S. 2004. Servatis – um sistema de apoio à actividade arqueológica. *Actas da conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação*. Disponível online em: <http://hdl.handle.net/1822/936>.
- BOTICA, N. & MARTINS, M.R. 2008. Sistemas de informação em arqueologia – a experiência de *Bracara Augusta*. I *Congresso Internacional de Arqueología de Vilalba*: 9-12.
- BRANDT, R.; GROENEWOUDT, B.J. & KVAMME, K.L. 1992. An Experiment in Archaeological Site Location: Modeling in the Netherlands using GIS Techniques. *World Archaeology* 24 (2): 268-282.
- BUGALHÃO, J.; LUCENA, A.; BRAGANÇA, F.; NETO, F.; SOUSA, M.J. & GOMES, S. 2002. Endovélico. Sistema de Gestão e Informação Arqueológica. *Revista Portuguesa de Arqueologia* 5 (1): 277-283.
- CONOLLY, J. & LAKE, M. 2008. *Geographical Information Systems in Archaeology*. 3.ª Ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- COSTA, A. 2009. *A aplicabilidade dos SIG e das imagens de satélite na identificação de áreas com potencial arqueológico: estações arqueológicas da Idade do Ferro*. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- DAVEAU, S. 2000. Fases históricas e perspectivas actuais do estudo do Quaternário em Portugal. *Estudos do Quaternário* 3: 5-14.
- DIAS, J.M. 2004. A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. In A. Tavares; M.J.F. Tavares & J.L. Cardoso (eds.), *Evolução Geohistórica do Litoral Português e Fenómenos Correlativos: Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*: 157-170.
- DYSON-BRUCE, L. 2003. Historic landscape assessment: the East of England experience paper product to GIS delivery. *Journal of GIS in Archaeology* 1: 63-72.
- FAIRÉN JIMÉNEZ, S. 2002-2003. Visibilidad y percepción del entorno. Análisis de la distribución del arte rupestre esquemático mediante Sistemas de Información Geográfica. *Lvcentvm* 21-22: 27-43.
- GONÇALVES, V. 1997. Suzanne Daveau e a arqueologia: tempo e espaço, *Finisterra* 32 (63): 71-80.
- GARCIA, J. 2003. *Orlando Ribeiro e a Arqueologia*. Disponível online em: <http://hdl.handle.net/10216/19996>.
- GARCÍA SÁNCHEZ, J. 2009. El poblamiento y la explotación del paisaje en la meseta norte entre la Edad del Hierro y Época Romana Altoimperial. Una aproximación a través de la arqueología espacial. *Zephyrus* 64 (Julio-Diciembre): 81-96.
- JORGE, S.O. 1994. Colónias, fortificações, lugares monumentalizados: trajectória das concepções sobre um tema do Calcolítico peninsular. *Revista da Faculdade de Letras do Porto – História* 11, Série II: 447-546.
- JORGE, V.O. 1990. Arqueologia e História: algumas reflexões prévias. *Revista da Faculdade de Letras – História* 7, Série II: 369-372.
- JORGE, V.O. 2003. Das sete vidas dos objectos. *Revista da Faculdade de Letras – Ciências e Técnicas do Património* 2, Série I: 843-864.
- JORGE, V.O. & JORGE, S.O. 2000. A “monumentalização” das paisagens durante a pré-história: alguns contributos para um debate. *Era Arqueologia* 1: 100-111.

- JORGE, S.O. 2004. O sítio como mediador de sentido: Castelo Velho de Freixo de Numão: um recinto monumental pré-histórico do Norte de Portugal, Porto. *Estudos em Homenagem a Luís António de Oliveira Ramos*, Vol. 2: 583-611.
- KVAMME, K. 2006. There and back again: revisiting archaeological locational modeling. In M.W. Mehrer & K.L. Wescott (eds.), *GIS and Archaeological Site Location Modeling*. London: Taylor & Francis: 3-40.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A. 2000. La reconstrucción de paleoambientes cuaternarios: ideas, ejemplos y una síntesis de la evolución del Holoceno en el NW de la Península Ibérica. *Estudios do Quaternário* 3: 31-41.
- MEIRELES, J. & CUNHA RIBEIRO, J. 1991-92. Matérias-primas e indústria líticas do Paleolítico Inferior português. *Cadernos de Arqueologia* 8-9, Série II: 31-41.
- NIKNAMI, K. 2006. *Landscape Archaeological Heritage Management in the Information Age*. Alexandria, EGYPT: UNESCO. Disponível online: <http://www.virtualworldheritage.org/index.cfm?pg=PapersProjects&l=en>.
- OSÓRIO, M. & SALGADO, T. 2007. Um sistema de informação geográfica aplicado na arqueologia no município do Sabugal, *Praxis Archaeologica* 2: 9-22.
- PEÑA MONNÉ, J.L.; RUBIO FERNÁNDEZ, V. & GONZÁLEZ PÉREZ, J.R. 2005. *Aplicación de modelos geomorfológicos evolutivos al estudio de yacimientos arqueológicos en medios semiáridos (Depresión del Ebro, España)*. Disponível online em: www.apgeo.pt/files/docs/CDX_Coloquio_Iberico.../076.pdf.
- PIMENTA, J.R. 1996. *Geografia e Arqueologia. Uma epistemologia comparada*. Porto: Figueirinhas.
- PIMENTA, J.R. 2007. *O Lugar do passado em Martins Sarmento. Geo-historiografia do programa de investigação arqueológica da Cultura Castreja (1876-1899)*. Tese de Doutoramento esubmetida à Universidade do Minho.
- POPPER, K. 1963. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. New York: Routledge and Kegan Paul.
- RIBEIRO, M.C. 2001. *A Arqueologia e as Tecnologias de Informação. Uma Proposta para o Tratamento Normalizado do Registo Arqueológico*. Dissertação de Mestrado submetida à Universidade do Minho.
- RUA, H. 2007. Os sistemas de informação geográfica na pesquisa arqueológica: um modelo preditivo na detecção de villae em meio rural. *Revista Portuguesa de Arqueologia* 10 (1): 259-274.
- RUIZ-GALVEZ PRIEGO, M.; GUTIERREZ PUEBLA, J.; TORRES ORTIZ, M.; GONZALEZ RUIBAL, A.; BASILDO, R.; LOPEZ JIMENEZ, O. & DIAZ SANTANA, B. 2002. Aproximación al paisaje de la Edad del Bronce en Pranemuru (Cerdeña). *Complutum* 13: 259-280.
- SANTOS, P. 2006. *Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia*. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa.
- SOARES, L.; ARAÚJO, M.A. & GOMES, A. 2010. Contexto Geográfico do Território do Leça. *O Rio da Memória. Arqueologia no Território do Leça*. Matosinhos: Câmara Municipal (no prelo).
- TEIXEIRA, R. 2010. Idade Média. Dados e perspectivas arqueológicas sobre o território do Leça no período medieval (sécs. IX-XIV). *O Rio da Memória. Arqueologia no Território do Leça*. Matosinhos: Câmara Municipal (no prelo).
- VALLEGA, A. 2004. Geography and the International Geographical Union: In Search of the Route, *Petermanns Geographische Mitteilungen* 148: 54-63.
- VAN DER LEEUW, S.E. 2008. Climate and Society: lesson from the past 10 000 years, *Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio Special Report* 14: 476-482.
- VAN RAAN A.F.J. 2003. The use of bibliometric analysis in research performance assessment and monitoring of interdisciplinary scientific developments, *Theorie und Praxis/Technology Assessment* 1 (12): 20-29.
- WHEATLEY, D. & GILLINGS, M. 2002. *Spatial Technology and Archaeology*. London: Taylor & Francis.