

Departamento de Geografia

A Aplicabilidade dos Sig e das Imagens de Satélite na Identificação de Áreas com Potencial Arqueológico: Estações Arqueológicas da Idade do Ferro



António Jorge Afonso Santos Costa

2009

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

António Jorge Afonso Santos Costa

**A Aplicabilidade dos SIG e das Imagens de Satélite
Na Identificação de Áreas com Potencial Arqueológico:
Estações Arqueológicas da Idade do Ferro**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Letras do Porto para a
obtenção do grau de Mestre em
Sistemas de Informação Geográfica e
Ordenamento do Território

Departamento de Geografia

2009

Agradecimentos

A presente dissertação apenas foi possível com o apoio de muitas pessoas próximas, que nunca poderia deixar de referir.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Doutor Alberto Gomes pela sapiência, dedicação, empenho e motivação, que ultrapassaram, em muito, as suas funções de orientador.

À Professora Doutora Laura Soares por toda a simpatia e cedência da sua tese de doutoramento.

Ao IGESPAR, na pessoa do Doutor João Muralha, pela cedência da base de dados relativa à localização de estações arqueológicas.

Ao Rui Barbosa pela amizade que nos une e por todas as conversas de apoio que necessitei neste último ano.

À Patrícia Trocado pelas longas conversas, leituras e conselhos que fomos tendo ao longo do presente ano.

Ao Carlos Delgado pelo apoio dado ao longo destes últimos dois anos, que em muito ajudou, na minha integração numa nova ciência, numa nova turma, em novos colegas onde muitos se tornaram amigos.

Ao Filipe e à Conceição, que para além do apoio, propiciaram muitos bons momentos de alegria e de trabalho.

Ao Filipe Baptista e Silva que além do conhecimento transmitido ao longo destes dois anos, proporcionou-me uma conversa, que me permitiu, já no final da presente dissertação, debater as potencialidades dos métodos usados.

Ao Departamento de Geografia e seus docentes por todo o conhecimento e oportunidades que me foram dadas ao longo destes dois anos.

Aos meus pais e à Margarida por todo o apoio incondicional que me deram em todas as ocasiões, permitindo-me ultrapassar vários momentos menos agradáveis deste último ano.

Resumo

A presente dissertação incide na análise das condicionantes topográficas e ambientais de algumas estações arqueológicas da Idade-do-Ferro, localizadas no Noroeste de Portugal, com o objectivo de detectar áreas de potencial arqueológico com recurso a testes não-paramétricos e à regressão logística.

No noroeste de Portugal, até cerca de 700 a.C., terão emergido os povoados fortificados, necessidade acompanhada por mudanças culturais, religiosas, políticas e de modos de vida. Os povoados fortificados obrigavam a um posicionamento estratégico do ponto de vista político/militar. Os povoados foram implantados em locais de boa visibilidade e, sempre que possível, em áreas com boas defesas naturais que eram acrescidas por sistemas amuralhados e fossos. Este tipo de estações arqueológicas constituem um importante património do noroeste de Portugal, como tal, urge a necessidade de o valorizar e proteger.

Com o recurso a testes de significância foram analisadas 14 características/condicionantes físicas da implantação de 99 povoados da Idade do Ferro, escolhidos de forma aleatória. O objectivo da aplicação destes testes foi tentar perceber que características são exclusivas deste tipo de estações arqueológicas. Desta forma, comparamos as 99 estações arqueológicas com 120 pontos, dentro da área de estudo, não coincidentes com nenhuma estação arqueológica (denominados por não-sítios). Concluiu-se que das 14 características/condicionantes analisadas 8 comportam-se de forma diferente nas estações arqueológicas consideradas.

Com estas 8 variáveis foi possível construir um modelo preditivo usando os dados relativos às estações arqueológicas e aos não-sítios, recorrendo a uma regressão logística. Com este método estatístico conseguiu-se gerar um mapa do potencial arqueológico para a área de estudo, ao qual foram sobrepostas 198 estações arqueológicas, encontrando-se 98% do total de estações arqueológicas dentro da área classificada como de elevado potencial.

Com o modelo preditivo obtido foi ainda possível fazer um ensaio de uma proposta de áreas a serem prospectadas no concelho de Amares, no qual, são propostas 39 novas áreas como áreas de elevado potencial arqueológico.

Aproveitando a revisão do Plano Director Municipal do Município da Trofa, confrontámos as Zonas de Potencial Arqueológico, criadas em virtude desse plano com as áreas obtidas pelo modelo preditivo construído. Todas as Zonas de Potencial Arqueológico da Idade do Ferro foram detectadas pelo modelo, assim como, são sugeridas novas áreas que poderiam ser incluídas no Plano Director Municipal, pelo menos, como áreas de salvaguarda de potenciais estações arqueológicas.

Com este trabalho conseguiu-se uma aplicação de um modelo preditivo ao ordenamento do território e à investigação arqueológica. Em ambos os casos o resultado foi positivo, dando contributos interessantes, contudo, seria necessário trabalho de campo para confirmar a existência de estações arqueológicas nas novas áreas detectadas.

Abstract

This dissertation focuses on the analysis of topographic and environmental features of some iron age archaeological sites, located in the northwest of Portugal, with the objective to identifying potential archaeological areas using non-parametric tests and logistic regression.

In the northwest of Portugal, to about 700 BC, has emerged the emergence of fortified settlements, accompanied by the change of cultural, religious, political and ways of life. The fortified settlements, requires a strategic positioning in political/military terms. The settlements were established in palces with good visibility and, where possible, good natural defenses that were enhanced by systems of ditches and walls. This type of archaeological sites is an important heritage to the northwest of Portugal such as the urgent need to valorize and protect it.

With the use of goodness-fit tests were analyzed 14 physical/topographic features in the location of 99 archaeological sites from the Iron Age, random chosen. The purpose of these tests was to try to understand what features are unique to this type of archaeological sites. We compared the 99 archaeological sites with 120 points within the study area that not coincident with any archaeological site (called non-sites). It was concluded that 8 of 14 physical/topographic features analyzed behave differently in archaeological sites.

With these 8 variables was possible to build a predictive model using data of archaeological sites and non-sites, using logistic regression. With this statistical method we were able to create a archaeological potential map which were superimposed 198 archaeological sites, of which 98% were inside of the high potential classified area.

With the predictive model it was possible to make a small example for proposed areas to be prospected in the municipality of Amares, where are proposed 39 new areas with high archaeological potential.

Taking advantage of the review of Trofa Master Plan, where some archaeological potential areas were created, under the plan, we faced this areas against the predictive model created. All areas of iron age archaeological potential have been found by the predictive model, as well as new areas were found and it could be included in the Master Plan, at least as protected area of potential archaeological sites.

With this work we were able to implement the creation of predictive models for land management and archaeological research. In both cases the result was positive, giving valuable contributions, however, would require some field work to confirm the existence of archaeological sites in the identified areas.

Acrónimos Usados

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BP – Before Present

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

CNS – Código Nacional de Sítio

CLC – Corine Land Cover

EA – Estações Arqueológicas

ETM+ – Enhanced Thematic Mapper Plus

GARP – Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction

HGL – Hayford-Gauss-Lisboa

IGESPAR – Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico

IGP – Instituto Geográfico Português

KMZ – Keyhole Markup Language (Zipado)

MDT – Modelo Digital do Terreno

MP – Modelos Preditivos

M-W – Mann-Whitney

NASA – National Aeronautics and Space Administration

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

NIR – Near Infra-Red

NS – Não Sítios

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SMP – Sistema Militar Português

Shp – Shapefile

X² – chi-quadrado

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Acrónimos Usados	vii
Índice Geral.....	ix
Índice de Tabelas.....	x
Índice de Figuras.....	x
1. Introdução	15
1.1 Justificação da escolha do tema	15
1.2. Objectivos	17
1.3. Abordagem metodológica geral.....	17
1.4. Estrutura do Trabalho	20
1.5.Enquadramento Cronológico e Cultural.....	20
1.6. Área de Estudo.....	24
1.7. Estado da Arte.....	29
2. Materiais e métodos.....	43
2.1. Informação Geográfica de Base e Tratamentos Efectuados.	43
2.1.1. Informação Vectorial.....	43
2.1.2. Informação Raster.....	48
2.1.3. Projecções.....	50
2.2.Construção de um modelo preditivo: considerações gerais.	51
2.2.1. Sítios e não sítios – variáveis dependentes.....	52
2.2.2 Variáveis Independentes.....	55
3. Análise das variáveis e significância estatística.....	61
3.1. Altimetria.....	61
3.2. Índice Normalizado de Vegetação	63
3.3. Tasseled Cap – Greeness / Wetness.....	65
3.3.1. Greeness	65
3.3.2. Wetness.....	67
3.4. Uso do Solo.....	68
3.5. Orientação de encostas.....	71
3.6. Litologia.....	72
3.7. Precipitação.....	75
3.8. Declives.....	76
3.9. Custo às linhas de água.....	77
3.10. Sombreamento	79
3.11. Acumulação de Fluxos.....	81
3.12. Insolação.....	82
3.13. Curvatura	84
4. Aplicação do modelo preditivo: o mapa de probabilidade de ocorrência.....	89
4.1. Regressão logística binária e índice de ganho.....	89
4.2. Aplicações do resultado do modelo preditivo.	96
4.2.1. Confrontação do modelo com a realidade – alguns exemplos.....	96
4.2.2. O mapa de probabilidade de ocorrência como ferramenta de prospecção arqueológica – algumas vantagens e limitações.....	101
4.2.3. A delimitação de áreas de salvaguarda de EA nos PDM.....	105
4.3. Conclusão.....	109
Bibliografia:	113
Cartografia.....	116
Imagens de Satélite	117

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Condicionantes ambientais e sociais analisadas por Rua (2009).....	34
Tabela 2 – Critérios usados para a foto interpretação.....	37
Tabela 3 – Sensores usados por Martin (2002).....	37
Tabela 4 – Informação geográfica utilizada.....	44
Tabela 5 – Atributos da shp de estações arqueológicas.....	46
Tabela 6 – Características do sensor ETM+ (Landsat7).....	50
Tabela 7 – Análise estatística dos valores de altimetria.....	61
Tabela 8 – Teste de MW.....	61
Tabela 9 – Análise estatística do NDVI.....	64
Tabela 10 – Teste de M-W para NDVI.....	64
Tabela 11 – Estatísticas do Greenness.....	66
Tabela 12 – Teste de M-W para Greenness.....	66
Tabela 13 – Teste de M-W para Wetness.....	67
Tabela 14 – Estatísticas de Wetness.....	67
Tabela 15– Uso do solo em EA e em NS (CLC 2000 – nível 3).....	69
Tabela 16 – Uso do solo em Estações Arqueológicas e em Não Sítios (nível 1).....	70
Tabela 17 – Valores do chi-quadrado obtidos para a ocupação do solo.....	70
Tabela 18 – Orientação de encostas e observações efectuadas.....	71
Tabela 19 – Ocorrências por Pontos Cardeais e Colaterais.....	71
Tabela 20 – Chi-Quadrado calculado para a orientação de encostas.....	72
Tabela 21 – Chi-Quadrado calculado para a incidência Litológica.....	73
Tabela 22 – Ocorrências por incidência litológica.....	74
Tabela 23 – Ocorrências por classe de precipitação.....	75
Tabela 24 – Chi-Quadrado calculado para a precipitação.....	75
Tabela 25 – Teste de M-W para os declives.....	76
Tabela 26 – Valores estatísticos referentes à variável – declives.....	76
Tabela 27 – Estatísticas do custo às linhas.....	78
Tabela 28 – Teste de M-W para o custo às linhas de água.....	78
Tabela 29 – Estatísticas do Sombreamento.....	81
Tabela 30 – Teste de M-W para o sombreamento.....	81
Tabela 31 – Estatísticas de Escoamento.....	81
Tabela 32 – Teste M-W para o Escoamento.....	81
Tabela 33 – Estatística da Insolação.....	84
Tabela 34 – Teste de M-W para a Insolação.....	84
Tabela 35 – Estatísticas do Índice da Curvatura.....	84
Tabela 36 – Teste de M-W para o índice de curvatura.....	84
Tabela 37 – Valores de Intercepção de Coeficientes.....	90
Tabela 38 – Áreas sugeridas para prospecção.....	102
Tabela 39 – Percentagens de EA e de NS para 0.65.....	109
Tabela 40 – Percentagens de EA e de NS para 0.77.....	109

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema conceptual e metodológico seguido neste trabalho.....	19
Figura 2 – Fotografia aérea de Sanfins onde é visível o traçado regular dos arruamentos e a existência de muralhas.....	21
Figura 3 – Aspecto geral do Balneário da Citânia de Briteiros em Guimarães.....	22
Figura 4 – Estruturas circulares na Citânia de Briteiros, Guimarães.....	23
Figura 5 – Identificação da área de estudo.....	27
Figura 6 – Altimetria a Área de Estudo.....	26
Figura 7 – Áreas arqueológicas definidas por bacias de visão.....	31
Figura 8 – Resultado Final obtido através do GARP.....	32
Figura 9 – Mapa de custo acumulado e caminhos de menor custo entre estações arqueológicas.....	33

Figura 10 - Localização das áreas de potencial arqueológico.....	34
Figura 11 - Comparação entre Regressão Logística e Multi-critério.....	35
Figura 12 - Estruturas arqueológicas detectadas com a aplicação de meios de detecção remota.....	36
Figura 13 - Resultados obtidos por classificação orientada ao objecto.....	38
Figura 14 - Composição de falsa cor (A) e interpretação associada (B).....	39
Figura 15 - Modelo criado para extrair a informação geográfica usada.....	45
Figura 16 - Implantação das estações arqueológicas no Google Earth.....	47
Figura 17 - Modelo criado para gerar os mapas segundo o formato <i>raster</i>	49
Figura 18 - Imagem Landsat 204 031 (composição 321).....	49
Figura 19 - Esquema de organização das variáveis consideradas.....	51
Figura 20 - Universo e amostra seleccionada.....	53
Figura 21 - Probabilidade de ocorrência de estações arqueológicas Idade do Ferro.....	91
Figura 24 - Comportamento do Modelo Preditivo na Cividade de Bagunte (Vila do Conde).....	99
Figura 25 - Comportamento do Modelo Preditivo na Citânia de Briteiros (Guimarães).....	99
Figura 26 - Comportamento do Modelo Preditivo na Citânia de Sanfins (Paços de Ferreira).....	99
Figura 27 - Áreas de Potencial Arqueológico no Concelho de Amares.....	102
Figura 28 - Castro de Alvarelhos, ZOPA e áreas detectadas no Modelo Preditivo.....	106
Figura 29 - Subidade, ZOPA e área detectada.....	106
Figura 30 - Estação Arqueológica de Cidai.....	107

CAPÍTULO 1

Introdução

- 1.1. Justificação da Escolha do Tema
- 1.2. Objectivos
- 1.3. Abordagem Metodológica Geral
- 1.4. Estrutura do Trabalho
- 1.5. Enquadramento Cronológico Cultural
- 1.6. Área de Estudo
- 1.7. Estado da Arte

"Our collective cultural heritage is being stolen, destroyed by development, or paved over at a faster rate than it is being discovered and documented. Space technology is one tool to help make discoveries and document them".

Ron Blom

1. Introdução

1.1 Justificação da escolha do tema

A protecção do património é um tema que surge em muitas situações, associada a notícias relacionadas com a prática de crimes, como aconteceu no caso da necrópole romana de Baleizão no concelho de Beja (Marques, J., 2006) Outras vezes, surge como notícia relativa a conflitos entre a preservação ou não e sobre o grau de importância de achados arqueológicos resultantes da execução de grandes obras públicas, como é o caso da albufeira do Alqueva (Abreu, M.S.d., 2002).

É certo que temos institutos públicos com funções directas relativas à gestão e protecção do património, como é o Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico¹ (IGESPAR), os quais estão dotados de legislação fundamental que enquadra o exercício das suas funções, como a Lei de Bases do Património². Contudo, o problema de gestão do património vai mais longe, dada a falta de conhecimento sobre a localização geográfica de estações arqueológicas (o que ainda está enterrado e por descobrir), assim como, pela inexistência de cartas de potencial arqueológico, as quais deveriam ser articuladas com os vários Instrumentos de Gestão do Território existentes e vigentes a diversas escalas (Afonso, J.d.C., 2005).

Desde os anos 70 que vários autores têm focado a importância da estatística como auxiliar da análise arqueológica (Hodder, I. and Horton, C., 1990), mas só mais recentemente é que estatística tem sido usada nessa vertente do ordenamento do território. A evolução da tecnologia informática nos anos 80 e 90, acompanhada de um grande avanço na tecnologia espacial e das imagens de satélite, permitiu a arqueólogos e planeadores do território trabalharem em conjunto (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). Deste modo foram surgindo, inicialmente nos Estados Unidos, modelos de detecção de áreas de potencial arqueológico, denominados por modelos preditivos, que tinham como função auxiliar na gestão da vasta área dos parques naturais (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). Aos poucos, este tipo de modelos foi progredindo em técnicas e em meios, os programas SIG tornam-se cada vez mais versáteis assim como um outro conjunto de evoluções relacionadas com a aplicabilidade de imagens de satélite, o que causou um alargamento geográfico deste tipo de modelos, inicialmente para o Canadá e depois para a Europa, revelando ser um meio eficaz e com fundamentações científicas para a protecção de locais onde se desconhece o potencial arqueológico, nas palavras de Lock, 2006 "gestores de recursos culturais confrontados com a tarefa de identificar sítios de cultura pré-histórica com recursos limitados e prazos apertados. Perante estas realidades, o fim justifica os meios."³.

¹ <http://www.igespar.pt/>

² Decreto Lei n.º 107/01 de 8 de Setembro.

³ (...) "resource managers faced with the daunting task of identifying prehistoric cultural sites while constrained by limited resources and tight timelines. Faced with these realities, the end is seen to justify the means" pág. 36 Lock, Gary; Harris, Trevor - GIS and

Servimo-nos da ideia de um autor americano que, nos parece ter dado uma boa justificação para a criação de modelos de localização de áreas de potencial arqueológico: "Se poderosos recursos de modelos de localização podem ser desenvolvidos, logo os gestores de recursos culturais poderão utilizá-los como ferramentas de planeamento para orientar o desenvolvimento do uso do solo em torno de uma zona arqueologicamente sensível. Este potencial de planeamento através de modelos preditivos pode representar uma significativa economia de custos para as agências governamentais" (Kvamme, K., 1998; apud Cunningham, K., 2008)⁴.

É neste contexto que surgem os modelos preditivos que consistem numa "técnica que visa a previsão da probabilidade de ocorrência de um fenómeno em áreas desconhecidas, com base no conhecimento adquirido das áreas amostradas, podendo fornecer a introspecção de um padrão de suspeito"⁵ (Conolly, J. and Lake, M., 2008).

A formulação de modelos preditivos é feita com recurso à análise geoestatística e às características locais de implantação de sítios arqueológicos conhecidos, tais como, os declives, orientação de encostas, entre outros. Ou seja, trata-se de uma análise espacial⁶ onde se aplica o conhecido para o desconhecido.

Nos anos 70, com o desenvolvimento da Nova Arqueologia⁷ surgiram alguns softwares aptos para a análise estatística que foram usados na interpretação de espólio de estruturas arqueológicas, contudo, a apresentação de resultados ainda era pouco atractiva e muitas vezes estes apenas eram sobrepostos a modelos digitais de terreno. Nos anos 80, com a difusão dos SIG surgiu a capacidade de sobreposição de variadíssima informação geográfica, assim como, a capacidade de a relacionar entre si. Deste modo, a análise estatística passou a ser aplicada e representada espacialmente, o que originou diferentes tipos de análises. As análises, muitas vezes cingidas a Estações Arqueológicas (EA), passaram a ser aplicadas a diferentes escalas de análise com diferentes objectivos, e daí, começaram a surgir primeiros Modelos preditivos - MP (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002).

Concretamente, a utilização do SIG como ferramenta para a concepção de MP com a finalidade da criação de áreas de potencial arqueológico surge como uma solução para a gestão territorial encontrada por vários países cujos recursos económicos são superiores ao nosso, tudo indica que o mesmo conceito se possa aplicar a Portugal.

Archaeological Site Location Modeling. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. - Enhancing Predictive Archaeological Modeling: Integrating Location, Landscape, and Culture. .

⁴ "If powerful resource location models can be developed then cultural resource managers could use them as planning tools to guide development and land disturbing activities around a predicted archaeologically sensitive region. This planning potential of predictive models can itself represent significant cost savings for government agencies" Cunningham, Karen Marie - Site Suitability Analysis of Stone Circle Sites in McKenzie County, North Dakota, at Site 32MZSWC. *Resource Analysis*. Vol. 10. (2008). p. 11. Disponível em WWW: <<http://www.gis.smumn.edu/GradPapers.html>>.

⁵ "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" p. 145-146. Conolly, James; Lake, Mark - Geographical Information Systems in Archaeology. 3^a. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 978-0-521-79330-8

⁶ O conceito de espaço possui várias definições das quais se destacam a absoluta e a relativa. O conceito absoluto teve origem em filósofos atomistas gregos e vêem o espaço como englobador de todo e qualquer o objecto material, podendo o mesmo existir na ausência de objectos. O conceito relativo vê o espaço como contendo objecto e eventos, não sendo reconhecido espaço na ausência destes últimos Ibid.- .

⁷ A Nova Arqueologia, também designada de Processualista surgiu nos anos 60 e tinha como principal característica uma abordagem positivista que explicava o comportamento humano por padrões lógicos. Bahn, Paul ; Renfrew, Colin - Arqueología, Teorías, Métodos y Prácticas. 2^a. Madrid: Akal, 1998. 84-460-0234-5

1.2. Objectivos

O objectivo principal da presente dissertação é a criação de uma metodologia para a construção de mapas de potencial arqueológico com a finalidade de o proteger.

Tradicionalmente, os meios de definição de áreas arqueológicas são morosos e dispendiosos, em parte, porque se baseiam em extensos trabalhos de campo, com a necessidade intensiva de recursos humanos que analisam macroscopicamente o solo e a paisagem de forma a encontrar algum vestígio antrópico.

O que actualmente acontece, em vários mecanismos de ordenamento do território, como em muitos Planos Directores Municipais, apenas os imóveis classificados encontram-se com áreas protegidas, sendo completamente omissas as zonas de potencial arqueológico.

Os progressos técnicos na área da informática e da tecnologia espacial fizeram com que várias ciências abrissem os seus horizontes a novas perspectivas, assim ocorreu com a arqueologia. Há autores que defendem que o impacto dos Sistemas de Informação Geográficos nos arqueólogos só pode ser comparado com o impacto causado nos anos 50 pela introdução da datação por carbono 14 (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002).

Em vários estados dos Estados Unidos da América e no Canadá têm-se elaborado alguns trabalhos, com sucesso, para a criação de modelos capazes de detectar características naturais, topográficas e ambientais comuns entre várias estações arqueológicas e encontrar num determinado território, cuja a potencialidade arqueológica ainda não é totalmente conhecida, áreas que obedecem a essas mesmas características (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). Devido às grandes áreas que estes países possuem, este tipo de modelos são uma útil ferramenta para os seus departamentos de ordenamento do território.

Este tipo de modelos são vulgarmente conhecidos como MP e recorrem a cálculos estatísticos e regressões para avaliar e ponderar o uso de factores naturais, topográficos e ambientais. Deste modo serão analisadas várias condicionantes, com recurso a Sistemas de Informação Geográficas e a imagens de satélite, que serão avaliadas estatisticamente e será elaborada uma regressão logística para ponderar todas as variáveis (Conolly, J. and Lake, M., 2008).

Os MP não criam áreas de presente ou ausente, criam uma escala de valores que varia dependendo do método usado, por exemplo, na regressão logística os valores variam entre o 0 (improvável) a 1 (altamente provável). Sobre o MP criados serão efectuados índices de ganho de forma a avaliar a sua eficácia e perceber se a sua aplicabilidade pode ser realmente uma ajuda à investigação e ao ordenamento.

1.3. Abordagem metodológica geral

O principal objectivo da presente dissertação incide na construção de um método expedito e fiável, para a criação de áreas de potencial arqueológico⁸. De modo a atingir esse objectivo foi necessário ponderar várias opções metodológicas que incidiram sobre as características próprias da área de estudo, assim como, outras opções que se relacionaram com os cálculos estatísticos usados.

⁸ Uma estação arqueológica é um local onde se pode encontrar vestígios (artefactos, estruturas, ossos ou outros) que possam evidenciar a presença de actividades humanas passadas - Dictionary of Archaeology. New Lanark: 1997. .

A primeira opção residiu na época cronológica que decidimos estudar, poderemos afirmar que se tratou de uma das mais importantes decisões. Não se estudou o presente, nem o projecto de ocupações humanas passadas para o futuro, mas sim, uma ocupação circunscrita no tempo que já teve o seu início e o seu termo. Outro aspecto tido em conta nesta opção cronológica foi o estado de conhecimento actual para a época considerada, dando preferência a uma cronologia que possuísse as suas ocupações bem estudadas, que se localizassem num território próximo e estudado geograficamente. Perante estas premissas iniciais, a Idade do Ferro constituiu, em nosso entender, a melhor opção cronológica.

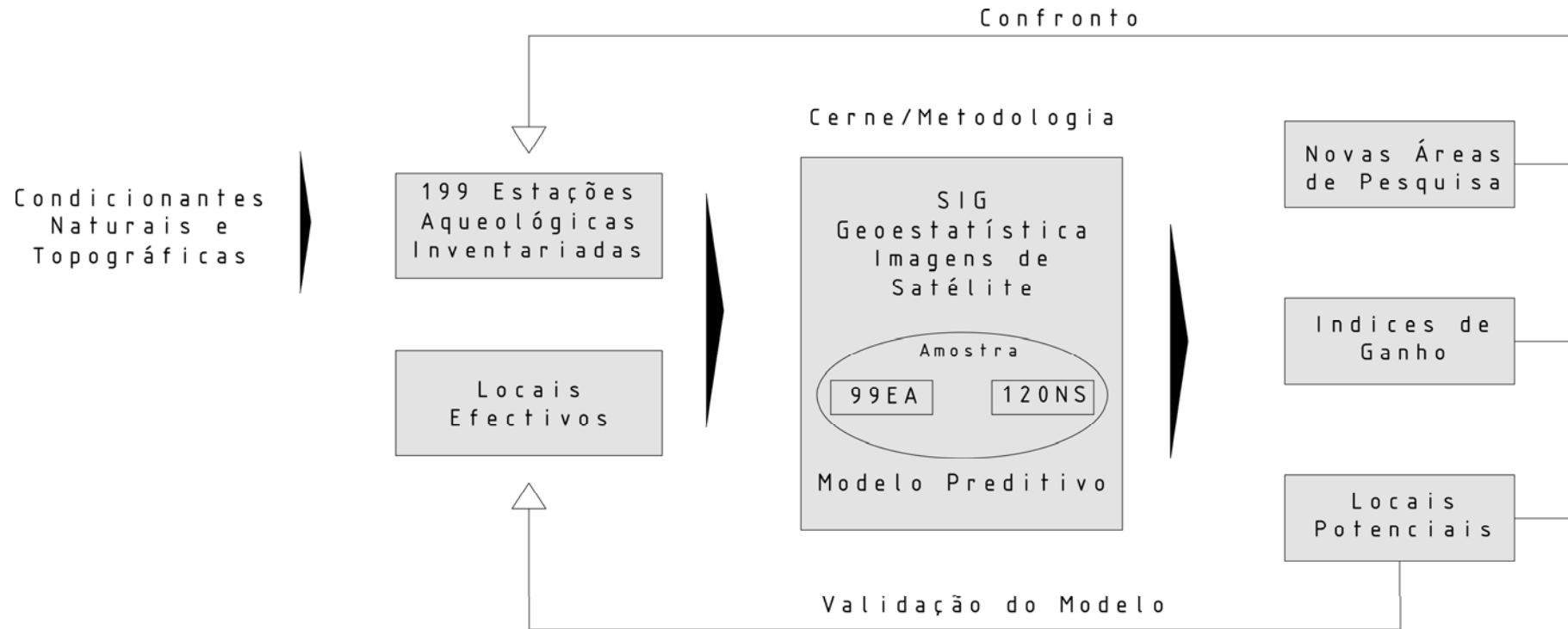
A segunda opção consistiu na escolha da área geográfica a estudar, a qual se encontra intimamente ligada à primeira opção. Tendo em conta o número de estações arqueológicas estudadas e identificadas como pertencentes à Idade do Ferro (sensivelmente, 700 a.C. e 100 d.C.), decidimos escolher o noroeste de Portugal, mais precisamente, a área abrangida pelos distritos de Viana do Castelo, Braga e Porto.

A terceira opção foi a mais complexa, i.e., a escolha de uma metodologia eficaz e expedita. Esta metodologia visa, em termos genéricos, um conjunto de métodos, já testados por outros autores e que obedecesse a critérios científicos no que diz respeito à definição de áreas com potencial arqueológico. O método também tem de ser passível de ser aplicado ao ordenamento do território.

Entre as opções escolhidas por vários autores que procuraram o mesmo tipo de resposta, optámos pela formulação de um modelo preditivo que recorre à análise dos factores naturais e topográficos que poderão ter condicionado a localização de estações arqueológicas (ver figura 1). Para atingir este objectivo analisamos as condicionantes naturais de uma amostra composta por 99 EA da Idade do Ferro, retirada de um total de 199 EA. Paralelamente, foram analisadas as condicionantes naturais de 120 pontos escolhidos aleatoriamente, localizados na área de estudo, mas não coincidentes com EA conhecidas, os quais foram denominados por não sítios (NS). A existência destes dois tipos de dados vão servir para aferir, por contraste, as características do território em estudo. Assim, aplicaram-se testes de significância entre as EA e os NS. Quando existe uma significância estatística para uma determinada condicionante, essa mesma condicionante tem de ser excluída na criação do MP, porque o teste revelou que determinada condicionante possui características semelhantes na área de estudo, revelando não ser uma característica única das EA.

Depois de seleccionadas as condicionantes sem significância estatística, foi criado um modelo de regressão logística que incluiu os dados relativos às EA e aos NS, estando os dois tipos de dados diferenciados mediante um campo binário. Este método permitiu a definição de áreas com alta probabilidade de existência de EA, lado a lado, com áreas de muito baixa probabilidade. Os resultados obtidos foram posteriormente validados, através do confronto com todo o universo amostral, ou seja, as 199 EA. O apuramento metodológico visa a criação de indices de ganho, que nos permitam diferenciar áreas com potencial arqueológico onde ainda não são conhecidas EA, permitindo assim às instituições da tutela e de salvaguarda do património disporem de um modelo capaz de elaborar mapas de potencial arqueológico.

Figura 1 - Esquema conceptual e metodológico seguido neste trabalho.



1.4. Estrutura do Trabalho

Para a execução da presente dissertação sentimos a necessidade de a dividir em vários capítulos correspondentes a várias abrangências.

No primeiro capítulo é elaborada uma visão geral à temática que será abordada. Além de uma introdução geral ao tema, justifica-se a nossa opção, elaboramos o estado da arte e ainda contextualizamos geograficamente e cronologicamente a área de estudo.

No segundo capítulo foi abordada a origem e tratamento da informação geográfica usada na presente dissertação. Deste modo foi feita a discriminação entre informação geográfica raster e vectorial assim como a informação que foi considerada como variável dependente (EA e NS) e independente (condicionantes naturais e topográficas). Toda a informação foi tratada e conseqüentemente produzida alguma nova informação. Foi igualmente abordado o tipo abordagem estatística que as variáveis independentes foram sujeitas no capítulo seguinte.

No terceiro capítulo foi realizada uma selecção das variáveis independentes. Foram analisadas 14 variáveis independentes de forma isolada, foram elaborados gráficos de dispersão de forma a ser visualmente perceptíveis as diferenças de valores entre as EA e as NS. Cada variável foi alvo de um teste de significância estatística de modo a justificar a sua inclusão ou exclusão no MP.

No quarto e último capítulo foi descrita e elaborada a regressão logística que permitiu a concepção do MP. Ao mapa originado pelo MP foram sobrepostas todas as 199 EA, permitindo assim calcular um índice de ganho, essencial para analisar a eficácia do MP criado. Foi ainda testada a aplicabilidade do MP ao ordenamento do território, mais concretamente a Zonas de Potencial Arqueológico elaboradas em virtude da revisão do Plano Director Municipal da Trofa. A aplicabilidade dos MP à investigação, também não foi esquecida, tendo sido elaborada uma proposta de zonas de potencial arqueológico para o concelho de Amares

1.5. Enquadramento Cronológico e Cultural

A área cronológica e cultural tratada na presente dissertação é a Idade do Ferro, reportada às estações arqueológicas do noroeste de Portugal, mais conhecida como Cultura Castreja, devido ao nome, pelo qual são conhecidos, hoje em dia, os seus habitats entre a população local – os Castros (Teixeira, M., 1993).

As investigações neste tipo de sítios arqueológicos começaram no século XIX com os trabalhos de Francisco Martins Sarmiento – 1883 a 1899 (Cardozo, M., 1961), e foram continuadas por José Leite de Vasconcelos, Mendes Correa e mais recentemente, com o contributo de Armando Silva (1986), o qual apresentou a sua tese de doutoramento intitulada “ A Cultura Castreja no Noroeste de Portugal”.

Face ao significado e ao espírito guerreiro destes povos, a implantação de habitats teve sempre em conta o seu posicionamento estratégico, assim como, os recursos existentes – fluviais, marítimos, agro-pastoris, minérios, rotas comerciais entre outros (Silva, A.C.F.d., 1983/1984). Desse modo, a proximidade dos castros aos principais rios pode ter uma dupla função, *i.e.*, o seu aproveitamento como

rota comercial e o carácter defensivo, já que o rio, da mesma forma que se assume como um canal preferencial de comunicação também pode constituir uma barreira natural, a sua passagem.

Contudo, ao mesmo tempo que sítios topograficamente estratégicos eram aproveitados para a implantação de habitats, eram criados meios defensivos artificiais como muralhas, mais ou menos complexas, podendo mesmo possuir várias linhas defensivas (Silva, A.C.F.d., 1983/1984), bem como, a construção de fossos para dificultar qualquer entrada do inimigo.

Para a localização estratégica, o factor segurança, não é o único factor tido em conta, para um habitat permanente é necessário ter em conta factores de salubridade, de subsistência, a não acumulação de águas, a escolha de sítios sem demasiada exposição a ventos, boa exposição solar e recursos de fauna e flora (Lopes, A.B., 2003).

Figura 2 - Fotografia aérea de Sanfins onde é visível o traçado regular dos arruamentos e a existência de muralhas.



(Fonte: <http://www.citaniadesanfins.com>)

No que diz respeito ao arranjo urbano, é notório que ele existe e seria uma atitude já pensada, encontrando-se presente em várias EA, como na Citânia de Sanfins, em Paços de Ferreira (ver figura 2). Em alguns casos, a organização dos habitats apresenta um plano ortogonal com arruamentos perpendiculares (ver figura 2) que regista áreas funcionais bem definidas - domésticas, políticas, religiosos, funerárias, balneários, entre outras (Silva, A.C.F.d., 1983/1984). As Citânias de Sanfins e de Briteiros (ver figura 3) ainda preservem bons exemplares de balneários.

Figura 3 - Aspecto geral do Balneário da Citânia de Briteiros em Guimarães.



(Fonte <http://pedraformosa.blogspot.com>)

Do ponto de vista do material construtivo, inicialmente, as habitações poderiam ser feitas de materiais perecíveis tendo evoluído para um aparelho de pedra ligada com saibro e possuindo uma cobertura de colmo (Silva, A.M., 2003). Mas o que caracterizou estas habitações foi a sua planta circular (ver figura 4) ou ovalada de diâmetros variáveis, podendo conter, em alguns casos, um vestíbulo. É importante referir que existem algumas habitações de plantas rectangulares em sítios da Idade do Ferro, as quais são facilmente justificadas pela influência romana⁹ posterior (Silva, A.M., 2003).

⁹ A aplicação da telha introduzida pelos romanos (tégula e imbrex) só é passível de ser aplicada em estruturas rectangulares.

Figura 4 – Estruturas circulares na Citânia de Briteiros, Guimarães.



(Fonte: <http://citania.csarmento.uminho.pt>)

No que diz respeito à cronologia, a Idade do Ferro, no norte de Portugal, pode-se dividir em três fases (Silva, A.C.F.d., 1983/1984):

- A primeira Idade do Ferro, corresponde à primeira metade de 1º milénio a.C., sendo que até cerca de 700 a.C. terá surgido a emergência de povoados fortificados que se desenvolveram, sensivelmente, até 500 a.C.. Nesta fase, a implantação de povoados, já demonstra o cuidado na gestão do espaço e domínio territorial, permitindo associar povos a espaços assim diferentes relacionamentos como hierárquico e familiar. A base económica destes povoados fundamentava-se em práticas agro-pecuárias (ainda em desenvolvimento) e em áreas litorais eram praticados a pesca, marisqueio e recolção (Lopes, A.B., 2003). Enquanto a prática da agricultura exigia terrenos férteis, que eram geridos com sistemas de pousio, o pastoreio exigia grandes pastos contínuos o que levava à prática da transumância (Lopes, A.B., 2003).

- A segunda Idade do Ferro baliza-se entre 500 e 200 a.C., compreendendo uma fase de afirmação/disseminação do habitat Castrejo, assim como, o início das trocas comerciais de origem púnica e romana. Nesta fase há uma intensificação de uma do povoamento, originada por uma maior pressão demográfica, o que torna a dispersão de povoados mais homogénea. A parte interna dos povoados começa a ser mais cuidada e organizada quer a nível do espaço doméstico quer no espaço público (Lopes, A.B., 2003).

- A terceira Idade do Ferro irá desde o século I a.C até ao século I d.C. onde se define uma proto-urbanização e um reordenamento do território, sob critérios político/militares, já que é nesta fase se dá a campanha de Décimo Júnio Bruto. O modelo de habitat "tradicional" castrejo deixa de fazer

sentido com a conquista e consequente pacificação noroeste de Portugal pelos romanos (Silva, A.C.F., 1995). Deste modo surge um domínio estratégico territorial, com o objectivo de controlar recursos, assim determinadas populações tiveram de se adaptar a situações menos favoráveis, como tal, cada povoado tenta adaptar-se melhor aos recursos que tem disponíveis, conjugando como a necessidade de mão-de-obra inerente a cada actividade (trabalhos como a olaria ou pastoreio não necessitam de muita mão de obra, ao contrário de outras actividades como a exploração de sal e minério) fomentou as trocas e circuitos comerciais. O espaço privado fica reforçado com edificações anexadas que se associam em volta de um pátio murado.

Segundo Lopes (2003), existe uma quarta fase que só termina aquando do estabelecimento dos Suevos em Tuy (em 411). Nesta fase os castros continuaram habitados mas sem a funcionalidade defensiva, e surgem outros de menor altitude, mais próximos de terrenos férteis aptos para a actividade agrícola. Existiu uma uniformização de cultura, línguas e de modo de viver, podendo-se afirmar que os colonizados sentiram-se seduzidos pela cultura do colonizador.

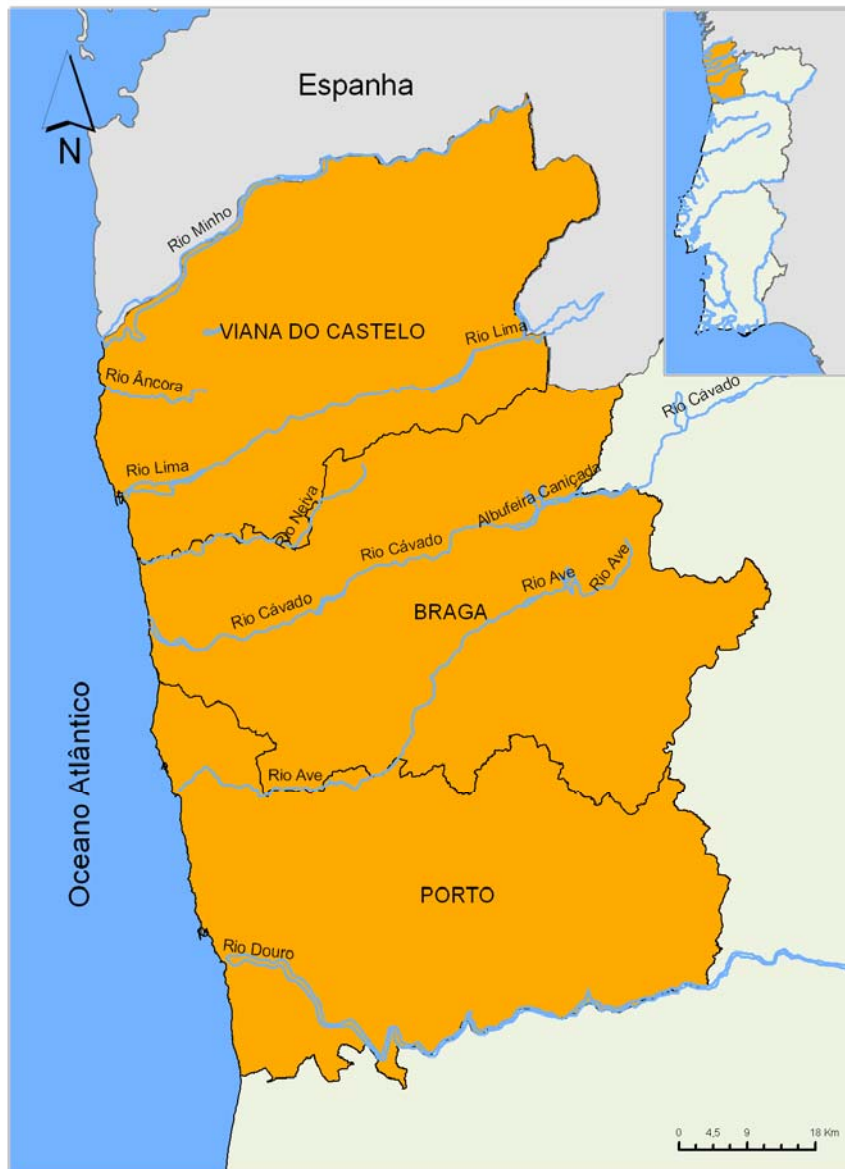
Devido às alterações que a idade do ferro sofreu, com a alteração de modos de vida profundos, foram criadas 3 tipologias de povoados, relacionados com a sua implantação. O tipo 1 designa-se assentamentos em altura e tem por característica a ocupação de topo, com o objectivo de ser obter uma grande visualização da área em redor. O tipo 2 designado por assentamento em vertente, são caracterizados por se encontrarem "encostados" a elevações mais proeminentes e delimitados por fortes vertentes que lhes limita as dimensões, mas que serve de excelente defesa. O tipo 3 designa-se por assentamento de planície e caracteriza-se por se localizar em montes de baixa altitude, geralmente próximos de recursos agrícolas, fluviais ou marítimos (Dinis, A.P., 1993).

1.6. Área de Estudo

A área de estudo está circunscrita aos limites da província do Entre Douro e Minho. Com um total de 7256 Km², esta área engloba a os distritos de Viana do Castelo, Braga e do Porto (ver figura 5) o que resulta num total de 42 concelhos e de 1188 freguesias.

Do ponto de vista geomorfológico é uma área interessante e alvo de vários estudos, como os de (Araújo, M.A., 1991, Araújo, M.A. [et al.], 2003, Ferreira, A.B., 1983, Pedrosa, A., 1999, Soares, L., 2008). No sector sul da nossa área de estudo, ou seja a norte do Douro existe uma sucessão de praias e terraços vestibulares que se desenvolvem a jusante das cristas quartzíticas, as quais funcionam como limite interior da plataforma litoral.

Figura 5 - Identificação da área de estudo.



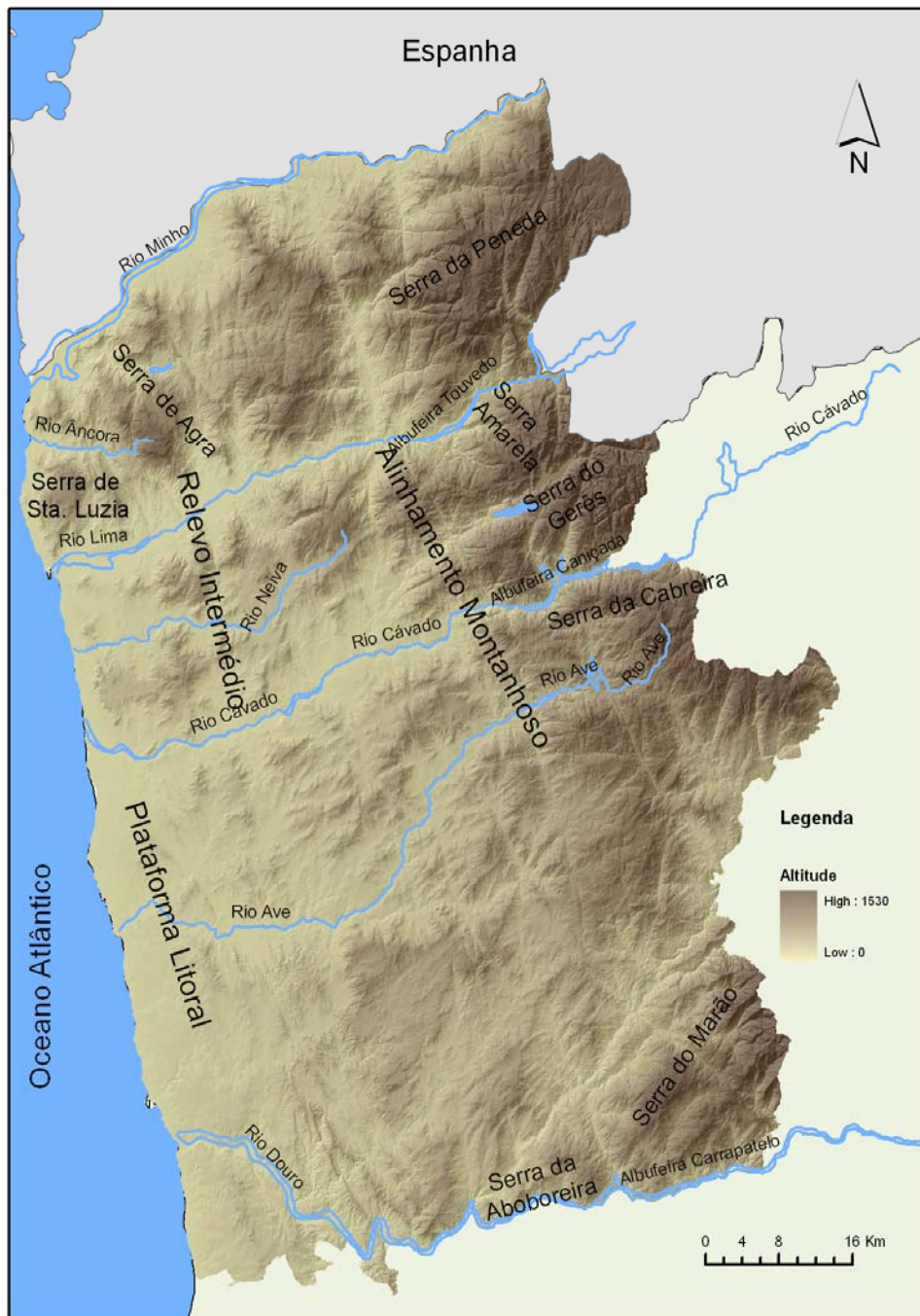
A plataforma litoral (ver Figura 6) é ampla nos arredores da cidade do Porto e vai-se estreitando à medida que caminhamos para norte, não passando de uma estreita orla costeira a norte do Rio Lima (Araújo, M. A., 1991). Esta também não se encontra bem definida já que existem amplas reentrâncias, em forma de golfos sinuosos, que entram, para o interior, algumas dezenas de quilómetros ao longo de rios que correm praticamente ao nível do solo (Ferreira, A.B., 1983) No entanto, podemos afirmar que se trata da faixa aplanada que se encontra junto à costa, onde assentam depósitos plio-pleistocénicos. Mais para o interior, esta plataforma é delimitada pelo "relevo marginal" que se desenvolve a cotas de 200 metros (a sul do Rio Lima) e apresenta três traçados diferentes. A sul do Douro temos um traçado rectilíneo orientado a NNW-SSE, entre o rio Ave e Lima deparamo-nos com um atenuar deste relevo e a norte do Lima é recuperada alguma nitidez no relevo, contudo, já com uma orientação N-S (Soares, L., 2008).

Nos arredores do Porto existem várias praias antigas ligadas aos terraços vestibulares do Douro (remontando ao Pliocénico e ao Quaternário), provocado pela estagnação do bloco duriense (Ferreira, A.B., 1983).

Entre o Lima e o Minho existe uma escarpa, distante da costa a 1/2 quilómetros, que limita o interior de depósitos de origem marinha. Trata-se de uma escarpa de falha que poderá ter sido moldada várias vezes pela erosão marinha (Ferreira, A.B., 1983)..

O desenvolvimento irregular da plataforma litoral (ver Figura 6), logicamente, originou uma descontinuidade no relevo marginal. Se for tida em conta as cotas inferiores a 100 metros como delimitadora da plataforma litoral, facilmente deparamos que entre o Douro e o Cávado temos cerca de 8 km de largura, se não tivermos em conta o estrangulamento existente em Laúndos, graças ao monte de S. Felix (Soares, L., 2008).

Figura 6 – Altimetria a Área de Estudo



Em termos geológicos estamos numa zona onde dominam as rochas graníticas intrusivas em materiais do complexo xisto-grauváquico e formações do Câmbrico, Ordovícico e Silúrico. No que diz respeito aos afloramentos graníticos temos a presença de várias fácies como os gnaisses antehercínicos precoces, granitos de duas micas, afloramentos de granitóides biotíticos (Soares, L., 2008).

Do ponto de vista cronológico, as formações da fase - I (Pliocénico provável) podem ser encontradas a cotas superiores a 100 metros e podem ser localizadas tanto a Ocidente como a Oriente do "relevo marginal". A fase II (transição Pliocénico-Plistocénico) situa-se a cotas mais baixas do que os depósitos da fase I localizam-se a Oeste do "relevo marginal". Os depósitos mais baixos são de origem marinha estendem-se de forma retalhada ao longo do litoral, contudo a sua cota pode variar, já que existe uma tendência de baixa de cotas deste norte para sul (Araújo, M.A., 1991).

O Relevo Intermédio (ver Figura 6) surge como uma unidade de transição que confina, a oeste, com os limites da plataforma Litoral e a este com os relevos das serras do Minho e do Marão. Esta zona é caracterizada pela sua topografia acidentada, possuindo várias depressões que se desenvolvem ao longo dos principais rios e impõe fortes declives entre zonas altas e zonas baixas e aplanadas. No que respeita a cotas, zona ocidental, possui cotas que raramente ultrapassam os 500 metros, a zona oriental possui cotas superiores a 700 metros (Soares, L., 2008).

Do território entre o Douro e o Ave destacam-se as cristas quartzíticas que formam a serras de Valongo (parte Ocidental), como é o caso de Santa Justa (374 metros), Castiçal (334 metros) e Flores (316 metros). A sul do Douro apresentam-se as serras de S. Domingos (423 metros) e a oriente temos as serras de Pias (384 metros), Santa Iria (416 metros) e Banjas (371 metros).

Para além das cristas quartzíticas entramos numa morfologia completamente distinta, quer para norte, quer para o interior as depressões desenvolvem-se ao longo das linhas de água, dominando a orientação NE-SW ao mesmo tempo que passam dominar os granitoides. Convém ainda salientar que saindo das cristas de Valongo gera-se um aumento progressivo das cotas máximas, como os 297 metros na Serra Queimada e 532 metros no vértice geodésico do Pilar na serra da Agrela. Se ainda caminarmos mais para o interior este fenómeno mantém-se já que na zona entre o Tâmega e Sousa temos cotas a mais elevadas, como os 556 metros no vértice geodésico do Luzim na serra com o mesmo nome.

Nesta mesma zona o relevo organiza-se sob a forma de alvéolos (Ferreira, A.B., 1983) pela simples razão de existirem várias depressões quase coalescentes, nomeadamente ao longo do Rio Leça.

É no vale do rio Ave que as principais diferenças, que caracterizam o Minho, se denotam, os rios de fundos planos correm sem vale de encaixe junto ao mar, fenómeno que se vai dissipando para oriente. Se compararmos o vale do Cávado com o vale do Ave, o mesmo apresenta-se mais amplo e homogéneo por existirem ligações coma as depressões de nível plio-quadernário. Contudo, é possível observar áreas alargadas, como por exemplo, em Barcelos ou entre Braga e Prado. No entanto, depois destas duas áreas, os restantes vales, encontram-se nas áreas de montanha interiores. Na zona interior dos rios Ave e Vizela o encaixe dos cursos de água passa a ser mais notório e o relevo mais acidentado, como os 613 metros do vértice geodésico da Penha (Soares, L., 2008).

É a partir da margem norte do rio Cávado que a plataforma litoral tende a ser progressivamente estreita. É, igualmente, nesta área que se dá a transição da plataforma plio-quadernária de abrasão marítima para a plataforma de erosão subaérea e fluvio-marinha, transição essa que se ajusta com o alinhamento tectónico que começa em Barca do Lago até Castelo de Neiva.

Analisando com mais pormenor a superfície plio-quadernária no vale do Lima esta é bastante ampla porque apresenta-se, numa fase inicial, associada a parte do vale do Neiva. Esta apresenta-se mais estreita do que a plataforma do vale do Cávado e prolonga-se até próximo de Ponte da Barca. No entanto, na junção dos rios Lima e Vez existe um desenvolvimento da plataforma litoral (Soares, L., 2008).

O carácter irregular das depressões que conferem um nível de aplanamento mente ao longo do rio Lima, existindo estreitamentos e largamentos. A parte mais ampla situa-se perto de Ponte de Lima, ao longo dos rios Estorãos e Labruja, a partir desta zona há um estrangulamento que se desvanece próximo de Ponte da Barca.

Ao longo do vale do Neiva existe um alinhamento NE-SW a ENE-WSW que começa em Portela de Cabras (462 metros) e vai até Portela do Vade (499 metros), alinhamento esse que continua para o interior definindo os níveis de transição da Serra Amarela.

Tendo em conta que estamos a falar de um relevo acidentado, também é importante salientar a importância dos acidentes que cortam transversalmente o relevo, como é o caso da falha que vai desde a serra da Penêda até ao vale do Vade, possuindo uma orientação N-S, NW-SE e NNW-SSE (Soares, L., 2008).

É a norte do Rio Lima que o relevo se encontra mais vigoroso, existem cotas elevadas próximo das Plataforma Litoral e parece que as linhas de água se adaptaram às fracturas e falhas existentes.

É nesta zona que surge um maior estreitamento da plataforma litoral devido a uma série de relevos, como é o caso da serra de Santa Luzia, com uma cota máxima de 550 metros e uma forma quase elipsoidal que se estende no sentido S-N.

A serra de Arga (ver Figura 6) condiz com um maciço alóctone de forma redondada e é composto por granito de grão grosseiro de duas micas e com raros megacristais (Soares, L., 2008) e possui 832 metros como cota mais elevada.

Nesta área existem também as designadas depressões de Coura, onde pontuam as serras de Covas e de Lousado. Estas depressões apresentam uma forma irregular e desenvolvem-se em metassedimentos e rochas granitoides. A partir destas depressões a morfologia do território destaca-se por assumir um relevo mais acidentado onde os cursos de água possuem um forte encaixe a pendor das falhas tectónicas tendo a orientação NNE-SSE e N-S. É com estas características que temos a serra do Extremo que ultrapassa os 800 metros (Soares, L., 2008).

O rio Minho possui características semelhantes ao Ave, Cávado e Lima, no sentido que possuem vales amplos e separados por estrangulamentos, característica que desaparece à medida que caminhamos para o interior.

As montanhas interiores são compostas pelo alinhamento formado pelas serras da Penêda, Soajo, Amarela, Gerês, Cabreira, Alvão e Marão. Estas serras estabelecem a fronteira entre o Minho, Espanha e Trás-os-Montes (ver figura 6). A diferença morfológica destas duas regiões é perfeitamente visível através de desníveis importantes, longas vertentes com fortes declives e vales profundamente encaixados moldados "à densa rede de falhas e fracturas"(Soares, L., 2008).

Na década de 70 e 80 foram identificados 5 níveis de erosão escalonados, níveis esses obtidos com a análise de perfis longitudinais dos principais cursos de água e a sua comparação com a geologia da plataforma e taludes continentais. Sendo assim primeiro nível corresponde às cotas 1100-1300 e seria o

mais antigo, começando no Jurássico inferior. O segundo nível corresponderia às cotas de 700-1000 corresponde ao fundo de grandes alvéolos e bacias interiores, tendo sido criados no Malm e desenvolvidos no Cretácico superior. O terceiro nível corresponde às cotas de 600-800 metros, criado no Eocénico médio e foi responsável pelos interflúvios alongados. O quarto nível situa-se à cota de 400-500 metros, ter-se-á desenvolvido até ao final do Oligocênico e caracteriza-se por relevos isolados. Finalmente o quinto nível corresponde às cotas 150-250 metros e desenvolveu-se no Mio-Pliocénico e pode ser observado na base das vertentes e principais vales, apesar de estar bastante degradado pelo entalhe do quaternário. (COUDE-GAUSSSEN, G., 1983)

A serra do Marão e do Alvão podem ser consideradas um só bloco, sendo a neotectónica responsável pelas principais linhas de relevo. Tal como foi elaborado para a Peneda, para a área Alvão, Marão e Aboboreira forma identificados 5 níveis. O primeiro nível localiza-se entre os 1150-1250 e 1050-1100 podendo chegar aos 1400 metros no Marão, engloba as rochas mais resistentes, como os xistos mosqueados, os quartzitos e as corneanas. O segundo nível localiza-se entre os 700-850 metros afecta vários tipos de rocha. Os restantes níveis, os níveis inferiores localizam-se entre os 450-500 metros e os 250 a 300 metros, o primeiro corresponde a sectores de localizados em interflúvios Tâmega-Olo e Tâmega-Ovelha, o segundo corresponde a rechãs existentes nos principais cursos de água (Pedrosa, A., 1999).

1.7. Estado da Arte

A aplicação de modelos estatísticos de forma a prever e compreender determinados fenómenos arqueológicos não é nova. Já nos anos 70 foi publicada uma nova e importante obra neste domínio, pela Cambridge University Press – *Spatial Analysis in Archaeology* (Hodder, I. and Horton, C., 1990), onde eram explicados com vários exemplos, os benefícios da estatística aplicada à análise espacial em arqueologia, através de testes como a distribuição de Poisson, do vizinho mais próximo e de linhas de tendência (Kvamme, K.L., 2006).

A utilização dos softwares SIG na arqueologia começou mais cedo e mais intensivamente no continente americano do que no europeu (Richards, J.D., 1998). Em 1990, Trevor Harris (Lock, G. and Harris, T., 1992) faz a apresentação de um artigo onde se estabelece um ponto de situação da aplicabilidade do SIG em estudos europeus dedicados à Arqueologia. Pode-se afirmar que esse artigo marca uma mudança, uma vez que, a partir daí, se assiste a um impulso, na comunidade arqueológica científica europeia, nos contributos provenientes deste tipo de análise. Um bom meio para se verificar o aumento de interesse no software SIG é observar o tema das apresentações que foram expostas nos congressos anuais da *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*¹⁰ (CAA) onde registamos que em 1991, 8 das 30 apresentações abordavam a aplicabilidade do SIG; em 1992 – 11; em 1993 – 4; em 1994 – 7, e em 1995 – 18 apresentações (Richards, J.D., 1998).

Esta abertura de portas possibilitou novas análises como a aplicabilidade de métodos estatísticos, como testes de significância não-paramétricos à distribuição de sítios arqueológicos, tais como o

¹⁰ <http://www.leidenuniv.nl/caa/>

Wilcoxon, Kolmogorov-Smirnov, chi-quadrado e de paramétricos como o T-student (Conolly, J. and Lake, M., 2008). Este tipo de testes facilita a análise da localização de sítios arqueológicos tendo em conta o meio onde encontram implantadas (como os declives, distância aos rios, entre outros) na tentativa de estabelecer padrões comuns que presidam à localização deste tipo de sítios arqueológicos (Kvamme, K.L., 2006). Apesar de este tipo de testes não ser novidade, a capacidade de visualizar os resultados espacialmente através de um interface gráfico bastante apelativo, capaz de trabalhar a grande e a pequena escala potencializou o seu uso

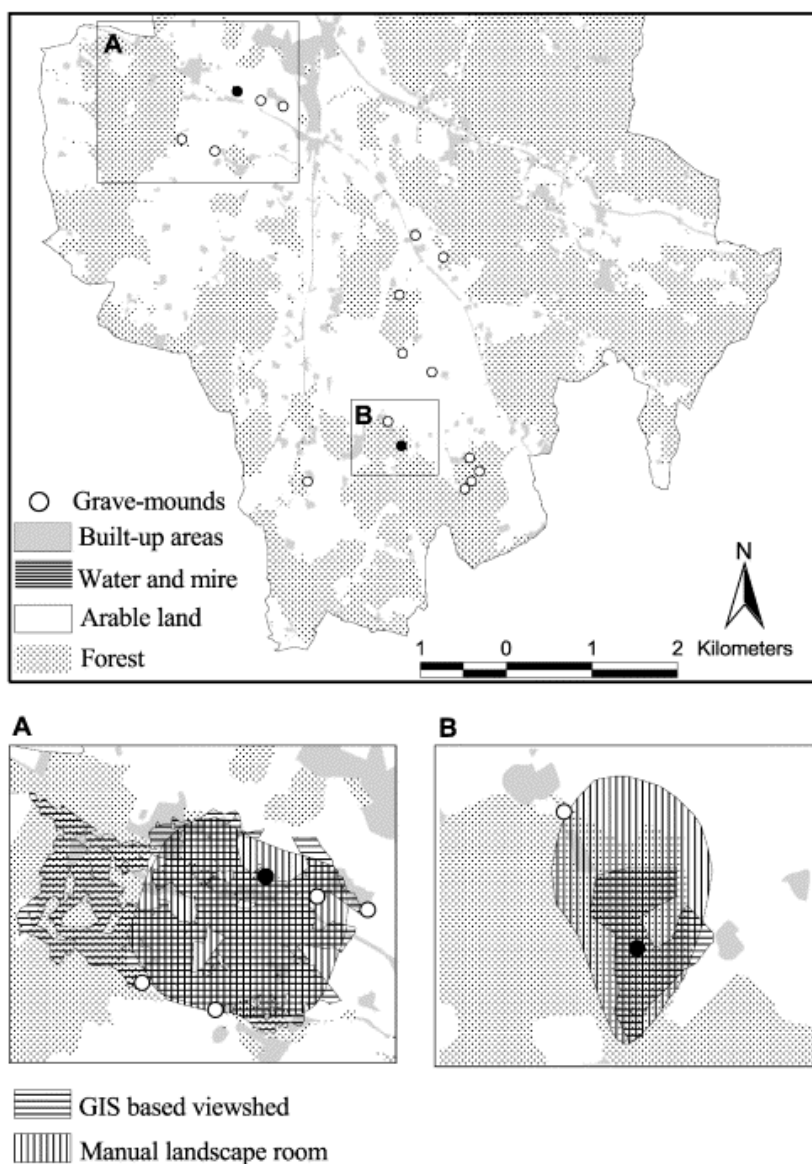
A aplicação dos SIG à arqueologia em Portugal ainda se encontra pouco difundida e aplicada, contudo, existem dois momentos importantes que devem ser referidos. O primeiro momento, em 1999, dá-se com a realização do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular, em Vila Real, do qual foram publicadas actas em vários volumes, sendo o X volume intitulado " SIG's aplicados à Arqueologia da Península Ibérica". O Segundo momento consistiu na realização, em Tomar, no decorrer do ano 2005, de um encontro nacional de Aplicações Informáticas à Arqueologia¹¹ (promoção nacional do evento internacional da Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology).

Contudo, apesar de estas ferramentas se encontrarem facilmente ao dispor da comunidade científica, já à algum tempo, esta ainda mostra alguma resistência na sua adopção, visto que nem só as condicionantes topográficas e ambientais definem a implantação de um sítio, face à imposição de muitos outros factores, nomeadamente, as condicionantes políticas e religiosas de sociedades que já desapareceram e que é praticamente impossível reconstituí-las (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). Existem estudos que tentam abordar unicamente a variável física da paisagem, mais apropriados para o ordenamento do território, e outros estudos que abordam as a variável física e humana da paisagem que são mais apropriados para teorias arqueológicas (Lock, G. and Harris, T., 2006).

Apesar de algumas controvérsias na concepção de MP, há trabalhos recentes sobre este tema (Fry, G.L.A. [et al.], 2004), como é o caso do estudo feito na Noruega, para o qual se elaboraram vários mapas, de forma a identificar as áreas de potencial patrimonial, tendo em conta, índices de curvatura e bacias de visão, mas o que torna mais interessante este estudo são os parâmetros usados, nomeadamente, o impacto que uma floresta poderia ter numa bacia de visão, numa tentativa de encontrar espaços comuns e relações entre povos (ver figura 7).

¹¹ Este encontro voltou-se a repetir em 2007, na cidade de Leiria.

Figura 7 – Áreas arqueológicas definidas por bacias de visão.



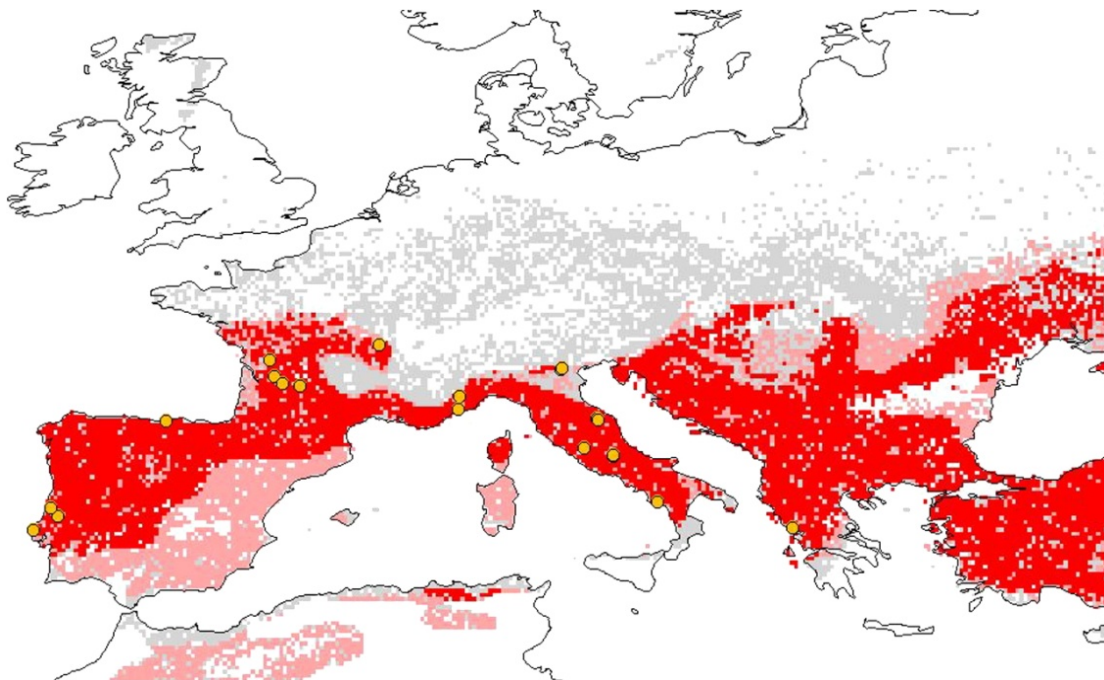
(Fry, G.L.A. [et al.], 2004)

Numa escala de análise mais abrangente, foi elaborado um estudo para toda a Europa, com a finalidade de criar um modelo preditivo aplicado Paleolítico Superior (Banks, W.E. [et al.], 2008). Para este trabalho foram realizadas simulações paleoclimáticas para a época de estudo usando o Eco-cultural Niche Modeling (ECNM), de forma a detectar áreas habitáveis na Europa durante o Paleolítico Superior. Para se obterem dados mais fiáveis, foi usado um algoritmo que conjuga dados ambientais e geográficos, o GARP – Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction (Banks, W.E. [et al.], 2006). Apesar de ser um estudo a uma pequena escala, os resultados foram fidedignos, já que muitas estações arqueológicas conhecidas ficaram “dentro” da área estabelecida através do modelo preditivo, como se pode confirmar pela observação da Figura 8, em que os pontos amarelados indicam a localização de estações arqueológicas do Solutrense¹² e Epigravetense¹³ (Zilhão, J., 1997) e a cinza, os nichos eco-culturais encontrados.

¹² Cronologicamente corresponde a 22.000 / 18.000 BP.

¹³ Cronologicamente corresponde a 22.000 BP.

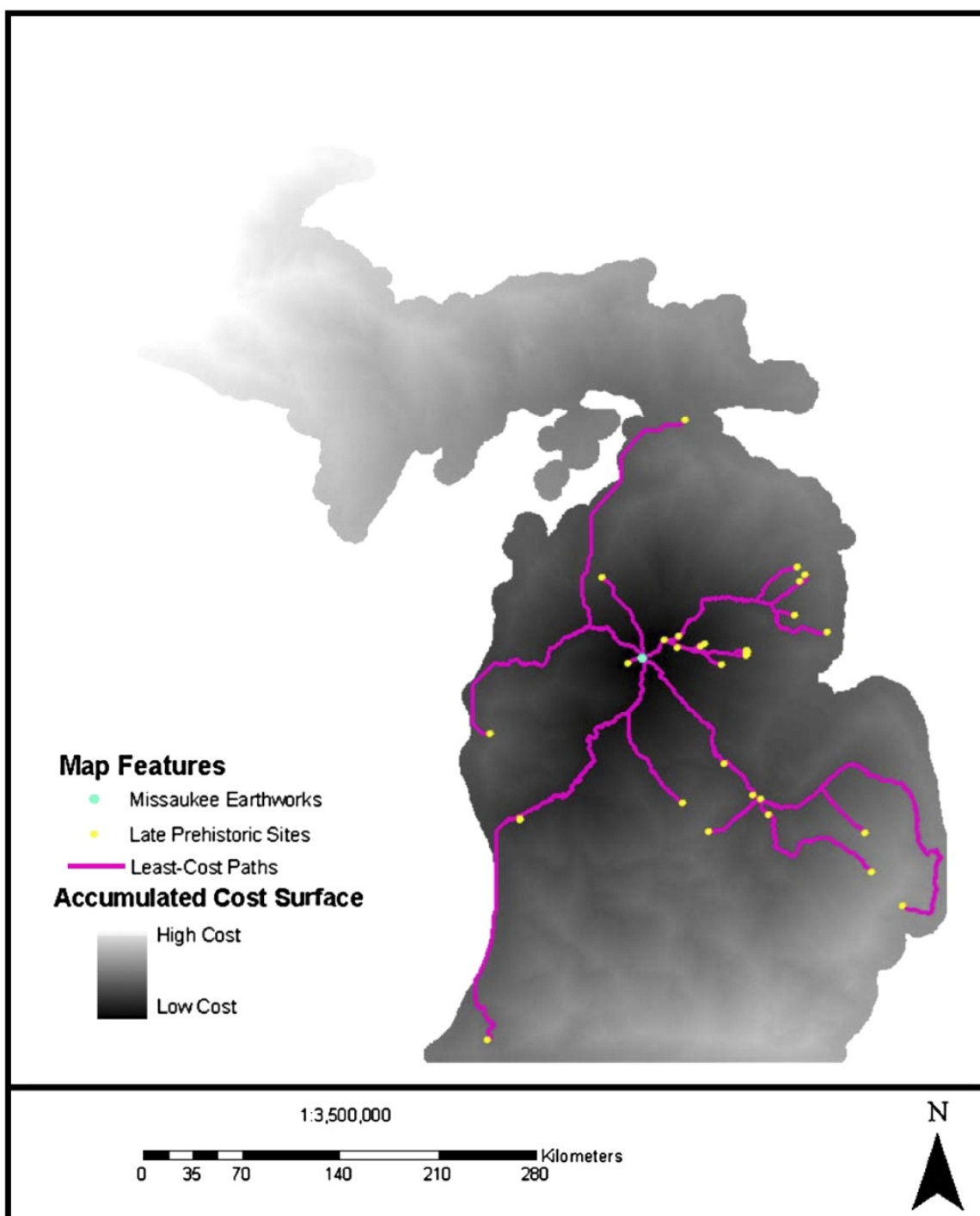
Figura 8 – Resultado Final obtido através do GARP.



(Banks, W.E. [et al.], 2006)

Nos Estados Unidos da América, mais concretamente em Michigan foi usada uma análise multi-critério de custo relativa a formas de relações inter-tribais durante a pré-história - 1200-1600 a.C. (Howey, M.C.L., 2007). Para esta análise foram tidos em conta o declive, o tipo de vegetação, linhas de água, assim como, 30 estações arqueológicas conhecidas. Apesar de usar critérios de análise simples foi possível aos autores, gerar um *output* que representa os caminhos com menor custo entre as estações arqueológicas conhecidas e analisar a distância real entre as tribos (ver Figura 9).

Figura 9 – Mapa de custo acumulado e caminhos de menor custo entre estações arqueológicas.



(Howey, M.C.L., 2007)

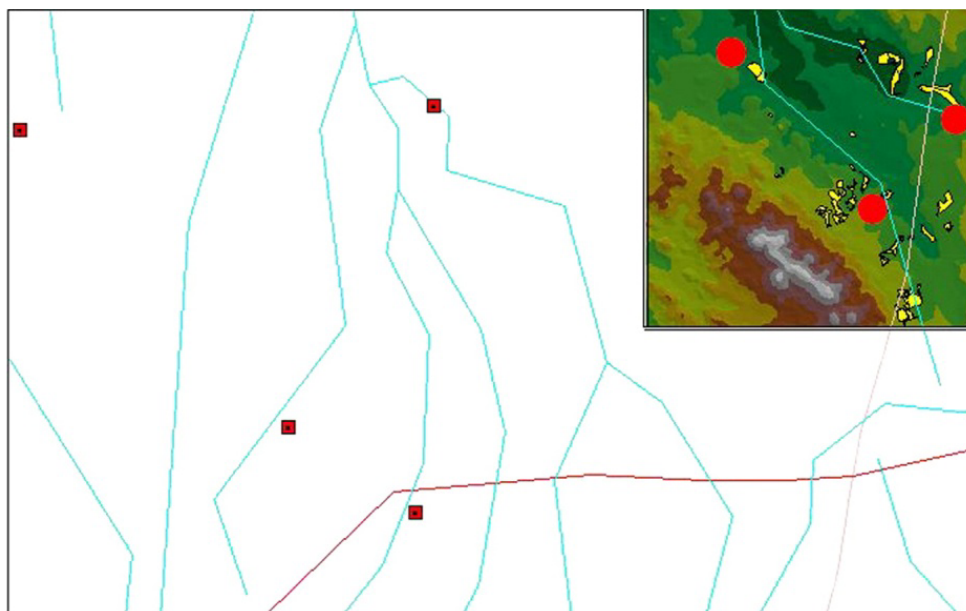
No que diz respeito à aplicação de modelos preditivos em Portugal, referimos um estudo que visa o emprego da detecção remota na predição de estações arqueológicas romanas no sul o país (Rua, H., 2009). Neste artigo são usadas e ponderadas na análise várias temáticas ambientais e sociais de cada estação arqueológica, nomeadamente, a gestão das águas, acção do sol, factores sociais e a constituição dos solos (ver tabela 1).

Tabela 1 – Condicionantes ambientais e sociais analisadas por Rua (2009).

Gestão das Águas	Ação do Sol	Factores Sociais e Outros	Constituição dos Solos
Rede Hidrográfica	Temperatura	Vias Romanas	Declive
Precipitação	Insolação	Estações Arqueológicas	Orientações de Encostas
Escoamento	Radiação Solar	Sismicidade Histórica	Solos
Nascentes de água Mineral			Acidez e Alcalinidade dos solos
Humidade do Ar			Carta Litológica
Recursos Aquíferos Subterrâneos			Carta Ecológica
			Tipos de Paisagem

Mediante uma soma ponderada da reclassificação da informação relativa às condicionantes, expostas na tabela 1, a autora criou um mapa que representa um índice crescente de potencial arqueológico de 1, baixo potencial, a 75, alto potencial (Rua, H., 2009). Na Figura 10 podemos observar a localização de EA e a amarelo, os polígonos criados com valores de elevado potencial de ocorrência de EA.

Figura 10 – Localização das áreas de potencial arqueológico.

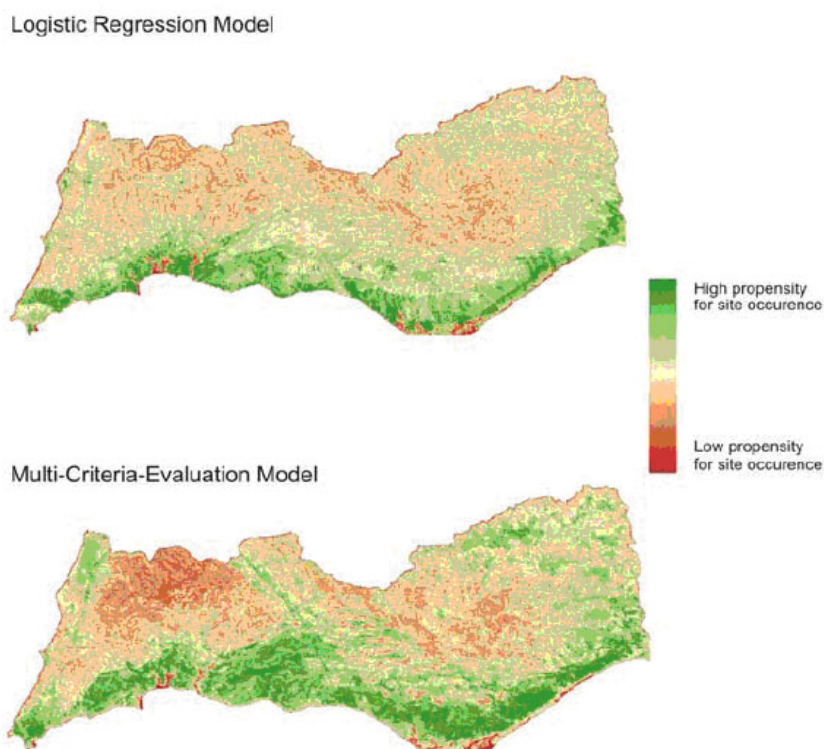


(Rua, H., 2009)

Para a região do Algarve, foi elaborado um estudo com o objectivo de testar vários modelos preditivos através de modelos de regressão lógica, de regressão logística e análise multicritério sendo as variáveis independentes analisadas recurso a testes não paramétricos como o chi-quadrado (Vaz, E.M.d.N., 2008). Nesse estudo foram analisadas as condicionantes relativas à altimetria, aos declives, à orientação de encostas, sombreamento, bacias hidrológicas, rios e uso do solo. Este estudo contribui, de

alguma forma, para a presente dissertação, uma vez que aborda várias metodologias de análise e compara os resultados finais (ver Figura 11), bem como, analisa com algum pormenor determinadas áreas urbanas.

Figura 11 – Comparação entre Regressão Logística e Multi-critério.



(Vaz, E.M.d.N., 2008)

Por outro lado, não podemos ficar limitados à criação de modelos preditivos como meio de detectar áreas de potencial arqueológico. A aplicabilidade de técnicas de fotogrametria para múltiplos fins começou desde os primórdios da fotografia (Kucukkaya, A.G., 2003). A capacidade de poder captar um objecto ou determinado fenómeno sem contacto directo sempre cativou várias ciências (Kucukkaya, A.G., 2003). Tendo-se formado em 1910 a International Society for Photogrammetry¹⁴, esta sentiu a necessidade de alterar o seu nome em 1980 para International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, o que demonstra bem esta ligação e evolução, (Kucukkaya, A.G., 2003). A introdução de satélites com variados sensores capazes de captar informação fora do espectro do visível, constituiu também um marco importante das capacidades do ser humano enquanto elemento observador.

O processamento digital de imagens de satélite pode ser um bom contributo na delimitação de áreas arqueológicas devido a alterações tonais causadas por estruturas no subsolo, como muros, estradas, edifícios, canais, estradas podem ser detectadas nas imagens de satélite, quer de modo visual directo, quer indirectamente, pela análise espectral que elas propiciam (Lillesand, T. [et al.], 2008).

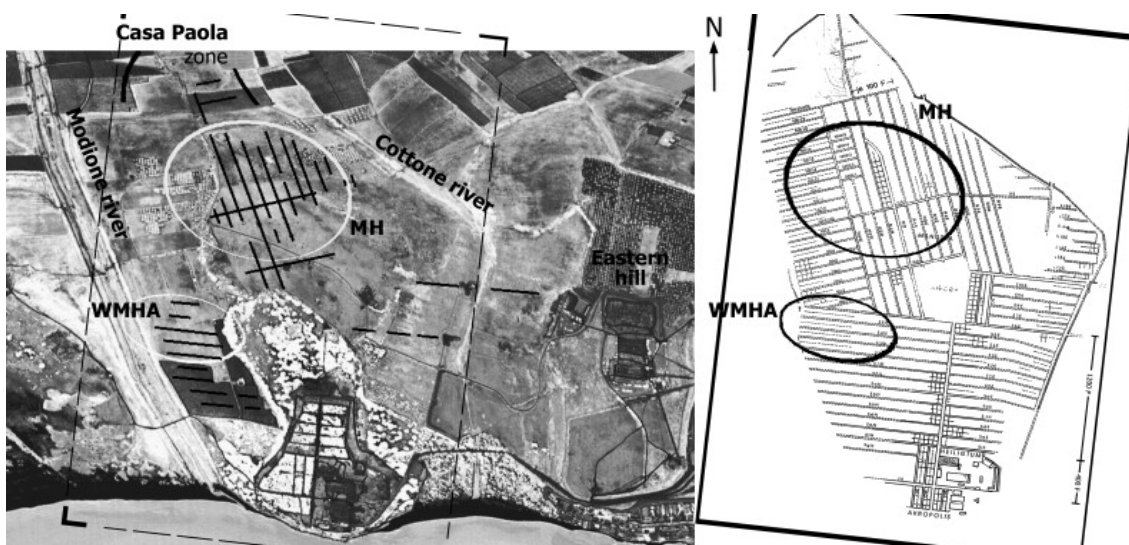
Através de várias pesquisas elaboradas e de conversas com vários arqueólogos, até à data da elaboração da presente dissertação, desconhecemos existência de estudos efectuados no nosso país, que

¹⁴ O termo fotogrametria foi publicado pela primeira vez em 1867 Kucukkaya, Ayse Gulcin - [Photogrammetry and remote sensing in archeology](http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TVR-4CKBRS1-2/2/e6934c0e02d225eae3735342847bcbf3). *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. Vol. 88. n.º 1-3 (2003). p. 83-88. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TVR-4CKBRS1-2/2/e6934c0e02d225eae3735342847bcbf3>>. 0022-4073.

tenham usado a detecção de estações arqueológicas por processamento digital de imagens e de foto- interpretação. Contudo, noutros países já se tem aplicado este método de forma eficaz, como iremos mostrar seguidamente.

No parque arqueológico de Selinunte, no sudoeste da Sicília foi testada com sucesso, a aplicabilidade do sensor MIVIS - Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer - (sensor passivo e aerotransportado), com 3 metros de resolução espacial e 102 bandas espectrais¹⁵, o qual consegue captar o espectro do vermelho, infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas e termal. (Cavalli, R.M. [et al.], 2007). Neste trabalho é salientado que a presença de marcas arqueológicas no terreno se manifesta através de diferenças tonais na imagem, pelo contexto que se analisa e pela experiência do utilizador. Contudo, são utilizados índices de detecção que ajudam a contabilizar o número de píxeis usados para interpretar a imagem e o número de píxeis detectados com estrutura arqueológicas e índices de separação de diferenças tonais entre as estruturas arqueológicas e o resto da área, de forma a criar indicadores de fiabilidade de eficácia da metodologia adoptada. Para a análise espectral são usados vários gráficos, "scatterplots"¹⁶, de forma a investigar o comportamento das diferentes bandas espectrais. Por último, o resultado final é positivo, verificando-se que as anomalias tonais coincidiram com a localização de estruturas arqueológicas (ver Figura 12).

Figura 12 - Estruturas arqueológicas detectadas com a aplicação de meios de detecção remota.



(Cavalli, R.M. [et al.], 2007)

A aplicação de imagens multi-espectrais tem dado bons resultados no reconhecimento de estruturas arqueológicas, como se atesta na aplicação desse método na estação arqueológica de Hisar, sudoeste da Turquia (De Laet, V. [et al.], 2007), usando os dados do sensor IKONOS-2, um sensor de muito alta resolução, em que banda pancromática possui 1 metro de resolução espacial e abrange as

¹⁵ Alcance do comprimento de onda de energia electromagnética captado por um único sensor. Conolly, James; Lake, Mark - *Geographical Information Systems in Archaeology*. 3ª. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 978-0-521-79330-8

¹⁶ Os gráficos demonstram o comportamento das diferentes bandas através da comparação do índice de separação com o índice de detecção.

bandas de azul, verde, vermelho e infravermelho próximo com uma resolução espacial de 4 metros. Nesse trabalho, foram usados 8 critérios para a foto-interpretação das imagens recolhidas (ver tabela 2).

Tabela 2 – Critérios usados para a foto interpretação.

Tons	Diferença de tonalidades pode indicar uma estrutura enterrada
Textura	Diferenças na textura da vegetação pode indicar uma estrutura enterrada
Forma	O conhecimento da forma das estruturas arqueológicas pode ajudar à identificação das mesmas
Tamanho	As dimensões das estruturas são importantes para determinar de determinada forma pode ser uma estrutura arqueológica.
Padrões Espaciais	A existência de padrões espaciais pode significar a existência de uma ruína arqueológica
Orientação	Algumas estruturas arqueológicas obedecem a determinada orientação.
Sombras	As estruturas a uma cota positiva podem ser visualizadas pela sombra que projectam
Relações Espaciais	Quando um determinada estação arqueológica é a abandonada pelos seus ocupantes, muitas vezes mantém se isolada.

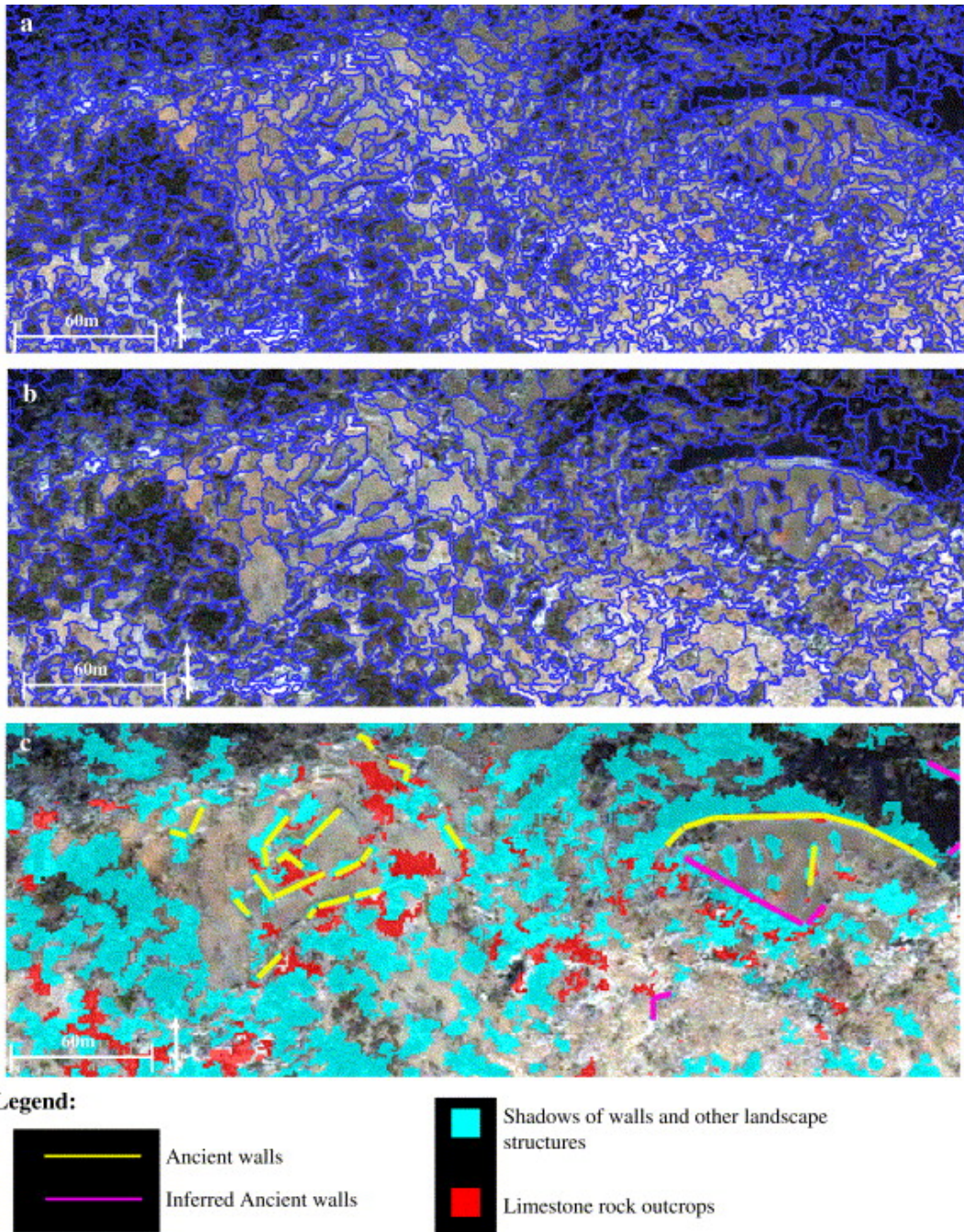
Tendo em conta os critérios de foto interpretação e para além da interpretação visual foram aplicadas diferentes técnicas de processamento digital de imagens de satélite, nomeadamente, filtragem de sombras, classificação por pixel e a classificação orientada ao objecto. Todas estas técnicas deram resultados positivos no que diz respeito à detecção de estruturas arqueológicas (ver Figura 13). Contudo, o autor valoriza os resultados obtidos através do método da classificação orientada ao objecto, salientando que os resultados poderiam ser melhores se a matéria-prima dos muros, no caso – calcário, não estivesse a rodear toda a estação arqueológica.

Sobre a importância da resolução espacial e espectral foi realizado um interessante estudo aplicado a 3 sítios arqueológicos de Inglaterra, o sítio de Old Sarum (com 3 estradas romanas e um forte da Idade do Ferro e Medieval), o forte de Ogsbury e os anéis de Figsbury (Martin, J.F.F., 2002). Para visualizar este 3 sítios foram usadas imagens Landsat-TM, Spot 1 e do sensor KVR-1000 (ver tabela 3). Apesar do autor, neste estudo, não aprofundar no processamento digital de imagens, defende que as imagens de satélite não substituem a fotografia aérea, afirmando mesmo, que as imagens de média resolução apenas deveriam servir como mapa base para o estudo de locais onde ainda não existe informação (Martin, J.F.F., 2002, pg. 67).

Tabela 3 – Sensores usados por Martin (2002).

Satélite	Resolução Espacial	Bandas Espectrais
Landsat-TM	30 metros	7
Spot – Pancromática	10 metros	1
KVR-1000 – Pancromática	1.5 metros	1

Figura 13 – Resultados obtidos por classificação orientada ao objecto.



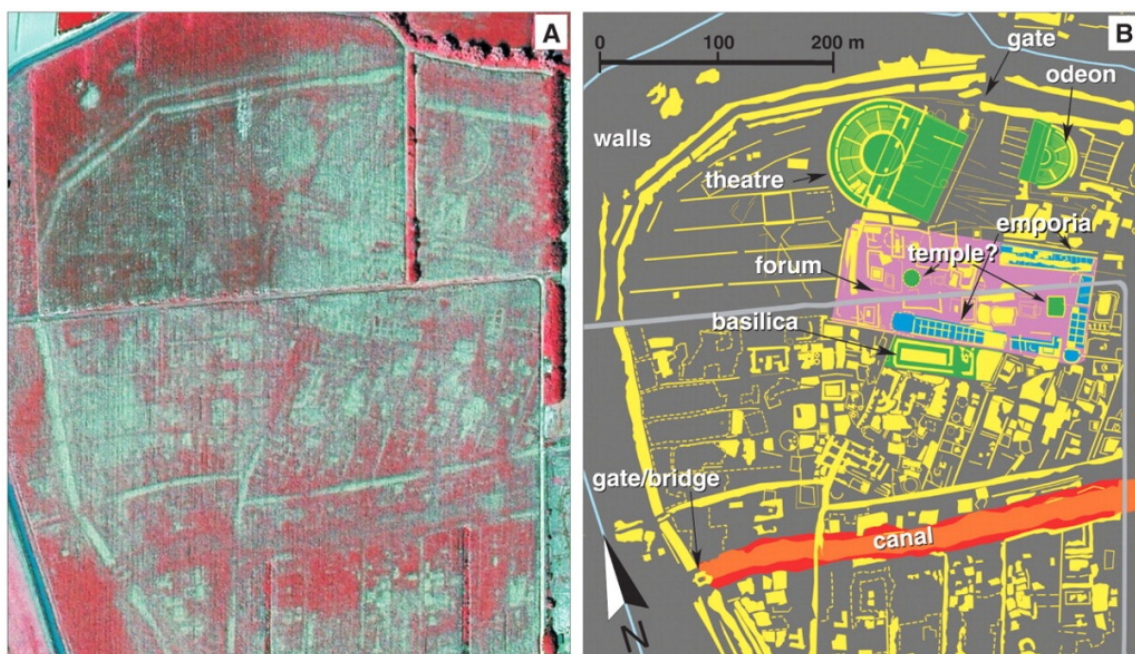
(De Laet, V. [et al.], 2007)

No seguimento da ideia final do parágrafo anterior, foi elaborado um trabalho interessante na Turquia em que um grupo de investigadores estudou o traçado de um canal de abastecimento de água, da antiga cidade de Constantinopla (hoje Istanbul). Este canal construído no século IV d.C., com mais de 200 quilómetros possuía cerca de 150 cisternas e várias pontes. Contudo, um dos problemas básicos para este estudo residia na falta de cartografia elementar para a área de estudo, por isso, de modo a ultrapassar esta lacuna foram elaborados mapas de uso do solo e de cobertura do solo, para os anos

de 1975, 1987 e 2000, recorrendo ao processamento digital de imagens do satélite Landsat. Por outro lado, foram utilizadas imagens do satélite Ikonos, devido à sua melhor resolução espacial, para mapear a cobertura vegetal e para identificar os monumentos que constituem o canal, através de interpretação visual. Os monumentos identificados, pela interpretação visual, foram alvo de um reconhecimento terrestre assim como de uma georeferenciação por GPS (Maktav, D. [et al.], 2009). Apesar de obter bons resultados, este estudo é interessante porque começa da “estaca zero”, *i.e.*, é produzida cartografia básica, é estudada a evolução urbana da área em estudo e só depois é que o estudo arqueológico é efectuado.

Recentemente foi publicado um estudo sobre uma antiga EA, de época romana, em Veneza (Ninfo, A. [et al.], 2009). Trata-se de uma cidade portuária denominada de Altinum que foi mapeada com o recurso a mapas históricos do século XVIII, XIX e XX e imagens captadas por um sensor espectral aerotransportado (cujo modelo ou características não são especificadas no artigo). A qualidade fenomenal dos resultados apresentados justifica-se com o momento exacto do voo que efectuou o registo de imagens correspondentes às bandas visível, do infravermelho e do infravermelho próximos. As imagens foram adquiridas nos finais de Julho de 2007, aquando uma seca severa que afectou as culturas de milho e de soja existentes na área de estudo. Como tal, a vegetação foi afectada e comportou-se de forma diferente influenciada pelas estruturas existentes no subsolo, influências essas perfeitamente visíveis na infravermelho próximo. Na figura 14A podemos observar uma composição de falsa cor (vermelho, verde e infravermelho próximo) onde conseguimos observar vários alinhamentos e estruturas que se encontram devidamente interpretados na figura 14B, patenteando um excelente grau de pormenor que permitiu delimitar antigos canais, edifícios e a rede viária existente.

Figura 14 - Composição de falsa cor (A) e interpretação associada (B).



(Ninfo, A. [et al.], 2009)

Apesar do grande impulso provocado desde os anos 80, com o incremento de software SIG e dos MP nos Estados Unidos da América, estes ainda não foram utilizados de forma contínua na Europa. O

primeiro motivo baseia-se no simples facto da formação inicial de grande parte de arqueólogos localizar-se no sector das humanidades. Embora com muitos contributos de ciências exactas e naturais, raros são os arqueólogos que se dedicam a este tipo de matérias. Por outro lado este tipo de análise baseia-se, muitas vezes, em correntes de pensamento arqueológico (oriundas da Nova Arqueologia) que têm vindo a ser criticados por correntes de pensamento mais recentes – pós-processualismo¹⁷ (Alarcão, J., 1996) que defendem existir factores que condicionam a fixação dos povos além dos factores físico-ambientais, tais como políticos e religiosos. Estas novas correntes pós-processualistas, ganharam forma nos anos 80 e tiveram uma grande influência do pós-modernismo (critica o método científico defendido por processualistas) e de outras correntes como o Neomarxismo, defendendo mesmo que o processo era demasiado importante para ser deixado aos processualistas (Hooder, I., 2005). A cultura material é resultado de acções do homem, cujos pensamentos e intenções não podem ser esquecidas.

Diferentes correntes teóricas podem explicar de forma diferente o mesmo acontecimento. Desta forma, existem igualmente dois tipos de abordagens aos MP, uma indutiva, outra dedutiva. A abordagem dedutiva baseia-se em abordagens empíricas e é utilizada para a construção de teorias arqueológicas. A presente dissertação baseia-se em análises indutivas. Todas as análises aqui presentes baseiam-se na observação e na correlação (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002), pois é o tipo de estudo mais indicado para o ordenamento do território (definição e áreas de potencial arqueológico).

¹⁷ O termo pós-processualismo foi empregue pela primeira vez em 1986 por Ian Hodder Bahn, Paul ; Renfrew, Colin - Arqueología, Teorías, Métodos y Prácticas. 2º. Madrid: Akal, 1998. 84-460-0234-5.

CAPÍTULO 2

Materiais e métodos

2.1 Informação Geográfica de Base e Tratamentos Efectuados.

2.1.1. Informação Vectorial

2.1.2 Informação Raster

2.1.3. Projecções

2.2 .Construção de um Modelo Preditivo: considerações gerais.

2.2.1. Sítios e não sítios – Variáveis Dependentes

2.2.2. Variáveis Independentes

2. Materiais e métodos

2.1. Informação Geográfica de Base e Tratamentos Efectuados.

A informação geográfica que irá ser usada ao longo da presente dissertação foi obtida junto de instituições públicas, a saber: a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) que disponibiliza informação no portal do Atlas do Ambiente¹⁸ como a litologia, precipitação e o uso do solo, o IGESPAR que disponibilizou a localização das EA, o Instituto Geográfico Português (IGP) que disponibilizou a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) e a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) onde se obtiveram os dados altimétricos (tabela 4).

Aos ficheiros originais de informação geográfica, em formato vectorial¹⁹, houve necessidade de extrair a parte geográfica alvo de estudo, assim como de reprojectar a informação para outro sistema de coordenadas, processando a informação de forma a obter ficheiros do tipo *raster*²⁰.

2.1.1. Informação Vectorial

A APA disponibiliza aos cidadãos diversos níveis de informação em formato vectorial que podem ser descarregados em formato shapefile (*shp*). Dos vários temas disponíveis usamos a carta litológica, a precipitação total e o uso do solo. Com excepção do uso do solo, a escala original desta informação é 1:1.000.000 (Albuquerque, J.d.P.M.e., 1984), o que, desde logo, torna a informação pouco pormenorizada a uma escala local. A informação correspondente ao uso do solo foi realizada através do projecto europeu Corine Land Cover (CLC)²¹, do ano de 2000²², encontra-se à escala 1.100.000, logo mais pormenorizada do que a informação anterior (Painho, M. and Caetano, M., 2006). Os limites administrativos foram obtidos através da CAOP, versão 8.1²³.

A informação altimétrica encontra-se representada sob a forma em curvas de nível, em formato *shp*. A NASA, através do seu programa SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibiliza dados altimétricos²⁴, em formato *hgt*²⁵ (Lillesand, T. [et al.], 2008). Estes dados foram processados no software Global Mapper onde se geraram as curvas de nível, com equidistância de 10 metros, através do comando "generate contours", atribuindo a projecção UTM, com o fuso 29N e exportando-as para o formato *shp*.

A rede hidrográfica foi criada a partir dos dados altimétricos, com a ajuda das ferramentas "hydrology" do "Spatial Analyst". Em primeiro lugar com a ferramenta "fill" foram corrigidas pequenas imperfeições do MDT, logo de seguida, com a "flow direction" foi criada um mapa com a direcção de fluxos e a este último aplicamos o comando "flow accumulation" que calcula o fluxo acumulado em cada

¹⁸ <http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>

¹⁹ A informação vectorial representa dados espaciais com o recurso a pontos, linhas e polígonos, estando uma tabela de atributos associada Conolly, James; Lake, Mark - *Geographical Information Systems in Archaeology*, 3ª. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 978-0-521-79330-8.

²⁰ A informação *raster* caracteriza-se por representar um fenómeno espacial usando uma grelha de células com as mesmas dimensões, possuindo cada célula um valor de um atributo *ibid.*- Citação anterior..

²¹ <http://194.79.68.18/clc/frm/produtos.asp>

²² Recentemente foi lançada uma nova versão da CLC, relativo ao ano de 2006, versão essa que não foi lançada em tempo útil de ser incorporada na presente dissertação

²³ http://www.igeo.pt/e-IGEO/egeo_downloads.htm

²⁴ Para os Estados Unidos da América, o SRTM possui dados de 1 arc-segundo (30 metros), e para o resto do mundo 3 arc-segundos (90 metros)

²⁵ Os dados podem ser descarregados em <http://dds.cr.usgs.gov/srtm/>

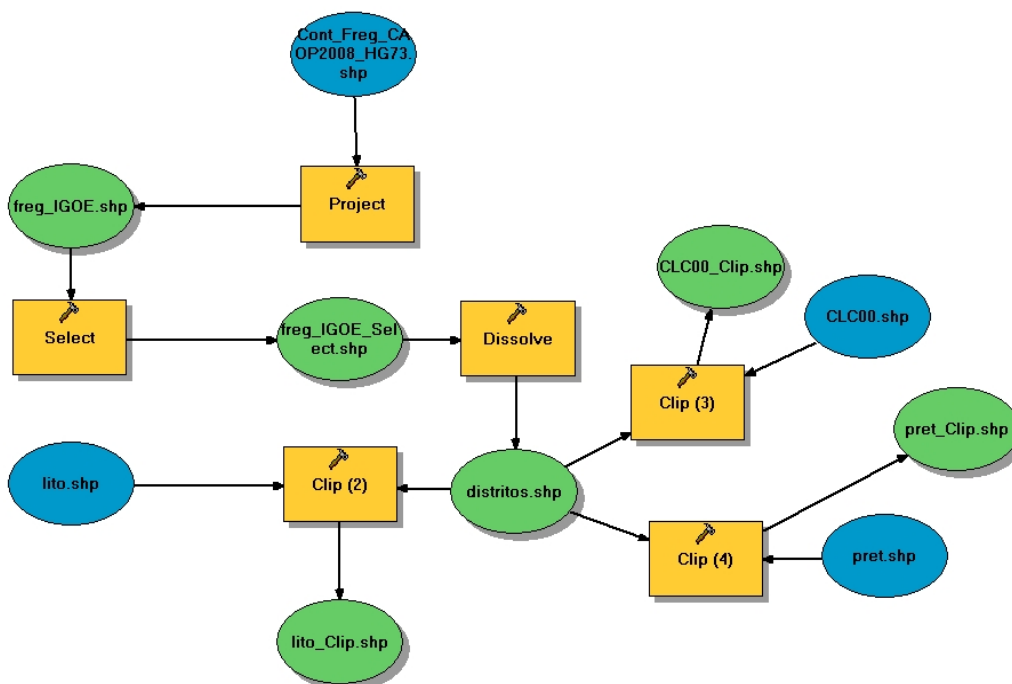
pixel. Logo de seguida com a aplicação do "flow length" foi calculado o trajecto do fluxo mais longo dentro de uma bacia, com o comando "stream order" é dada uma ordem numérica aos segmentos criados e finalmente com o comando "Con" são extraídas as linhas até à 5ª ordem. Contudo a rede criada encontra-se em formato raster, por isso, recorrendo ao comando "stream to feature" convertemos as linhas em shp.

A informação acima mencionada abrange todo o país, ou seja, ultrapassa os limites geográficos da presente dissertação. Como tal, foi necessário, através da aplicação "Model Builder" do software "Arcgis", configurar um conjunto de procedimentos de forma a extrair a informação correspondente à área de estudo. Para este processo simples optamos por isolar os distritos de Braga, Porto e Viana do Castelo da CAOP, os quais foram reprojectados para coordenadas militares (a projecção original é datum 73), tendo a shp daí resultante servido para extrair a restante informação (ver Figura 15)

Tabela 4 – Informação geográfica utilizada.

Informação Geográfica	Nome do Ficheiro	Projecção	Topologia	Fonte
Carta Litológica	Lito.shp	Coordenadas Militares	Polígonos	Atlas do Ambiente
Rede Hidrográfica	Rios.shp	Coordenadas Militares	Linhas	SRTM
Precipitação Média	pret.shp	Coordenadas Militares	Linhas	Atlas do Ambiente
Uso do Solo	CLC00.shp	Coordenadas Militares	Polígonos	Agência Portuguesa do Ambiente
Limites Administrativos	Cont_Freq_CAOP2008_HG73.shp	Datum 73	Polígonos	Instituto Geográfico Português
Estações arqueológicas	povoados_fort_norte_portugal.shp	Coordenadas Militares	Pontos	IGESPAR
Curvas de Nível	Curv_nível	WGS84	Linhas	SRTM
Altimetria	tingrid_50	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir das curvas de nível
Declives	Slope_50	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir de tingrid 50
Curvatura	Curvtu_50	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir de tingrid 50
Orientação de Encostas	Aspect_50	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir de tingrid 50
Sombreamento	Hillsha_50	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir de tingrid 50
Imagem de Satélite	LandSat	WGS 84	Raster – (90 metros)	Landsat.org
Custo a Linhas de água	Cost_rios	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir de Slope 50 e Rios shp
Acumulação de Fluxos	Acc_flux	UTM	Raster – (50 metros)	Criada a partir de tingrid 50

Figura 15 – Modelo criado para extrair a informação geográfica usada.



Os dados georeferenciados relativos às estações arqueológicas foram fornecidos pelos serviços técnicos do IGESPAR. Trata-se de um ficheiro shp de pontos (mais concretamente 304 pontos)²⁶ com vários atributos na sua tabela, a qual nem sempre se revela de fácil compreensão (ver tabela 5), nem todos os campos se encontram preenchidos para cada ponto nem existe uma norma para o seu preenchimento.

Contudo, para o presente trabalho, o que interessa particularmente é a localização das estações arqueológicas (coordenadas M e P do sistema Hayford-Gauss IGEOE²⁷), o topónimo e o Código Nacional de Sítio - CNS (elemento único e não repetido).

Dada a importância, essencial para este trabalho, da localização das estações arqueológicas, foi necessário recorrer a uma metodologia de verificação destes dados, de forma rápida e expedita. Para tal, foi sobreposto o ficheiro original de pontos referente à localização das estações arqueológicas com as cartas militares 1:25.000. Foi ainda criado um ficheiro kmz²⁸ com a localização dessas mesmas estações, de modo a verificar a sua implantação no Google Earth (ver Figura 16), isto, para reconfirmar a localização dessas EA. Das 304 estações iniciais apenas consideramos 198 como fidedignas, ou seja, apenas iremos trabalhar com 65% das EA fornecidas. Rejeitamos as restantes porque os problemas de localização eram vários, nomeadamente, a implantação de estações em cima de linhas de água, o mesmo sítio com duas localizações, entre outros.

²⁶ Cada ponto corresponde a uma EA.

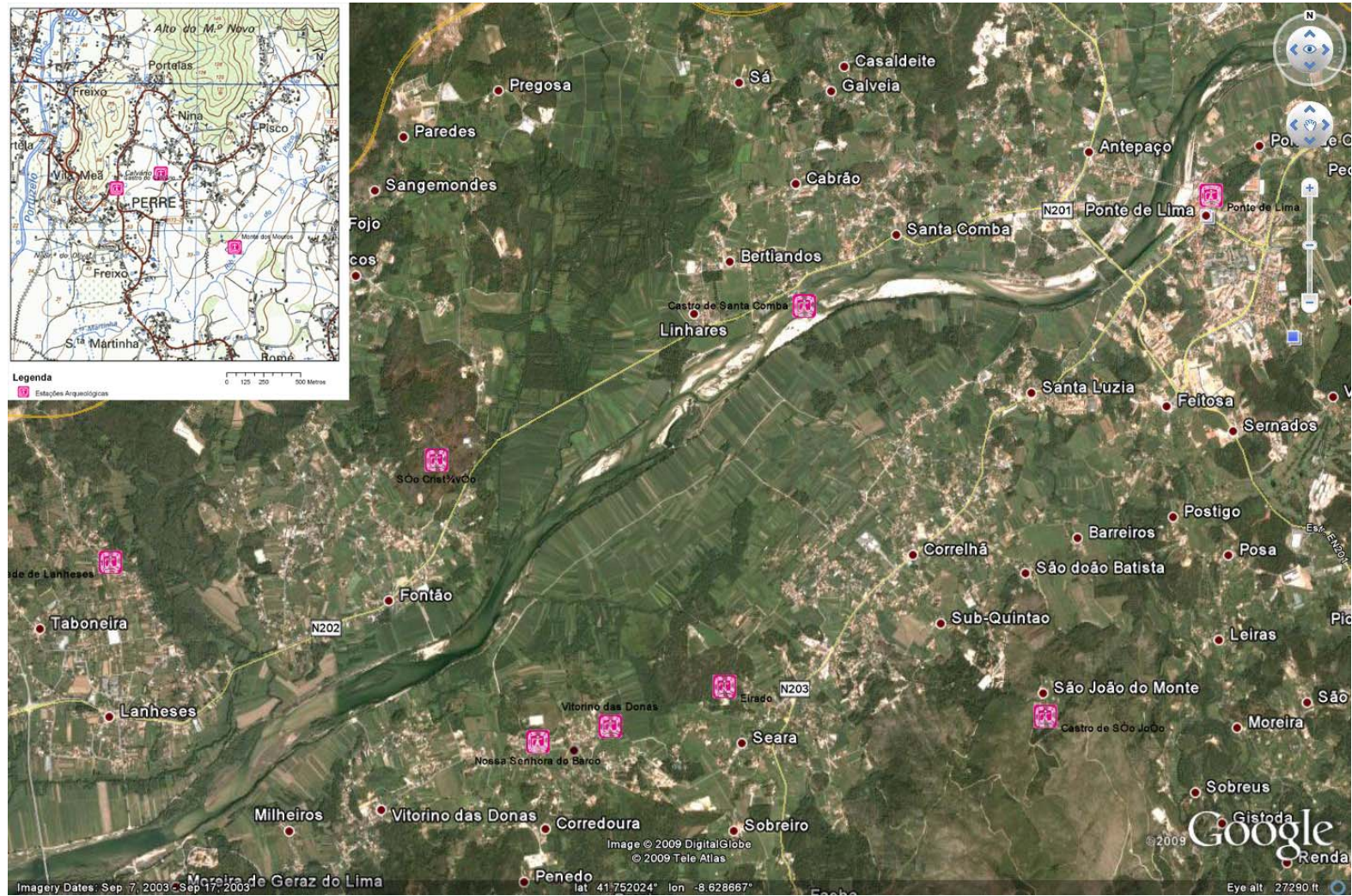
²⁷ Também conhecido como sistema militar português

²⁸ Um dos formatos de ficheiros próprios do software Google Earth.

Tabela 5 - Atributos da shp de estações arqueológicas.

Atributo	Descrição
FID	Numeração automática e sequencial de cada ponto
Shape	Topologia associada (ponto)
CNS	Código Nacional de Sítio
Sítio	Topónimo de cada estação arqueológica
Tipo	Tipo de sítio arqueológico (Povoados Fortificados)
Folha	Número de folha da Carta Militar 1:25.000
Precis	Origem dos dados geográficos
M	Meridiano de cada ponto
P	Paralelo de cada ponto
Verif	Indicação se a informação foi verificada (N/C/Y)
Metadados	Origem da Informação (campos Incompletos)
Class	Indicação sobre eventual Classificação de Imóveis (monumento nacional ou interesse público)
OBS	Observações
X	Campo em branco
Y	Campo em branco
Fonte	Complemento da Informação do campo "metadados"

Figura 16 – Implantação das estações arqueológicas no Google Earth.



2.1.2. Informação Raster

Grande parte da informação *raster* usada deriva de um Modelo Digital de Terreno (MDT) criado a partir de curvas de nível em formato vectorial. O MDT foi gerado a uma escala favorável para a percepção dos fenómenos que tencionamos localizar, como tal quanto mais pormenorizada for a informação original melhor será o MDT criado, o que originou uma pesquisa inicial (que se revelou sem resultados) a dados altimétricos de acesso público em busca dos dados com a melhor escala. Os dados existentes on-line no Atlas do Ambiente (<http://www.iambiente.pt>) encontram-se a uma escala vertical desapropriada para o presente trabalho (onde a equidistância das curvas de nível começa por ser de 50 metros e a partir da cota 100 passa para os 100 metros de equidistância), por outro lado o Web Map Service do Instituto Geográfico Português (disponível em http://mapas.igeo.pt/igp/wms_sig.html) além de não permitir a edição dos dados, essencial para a produção de novas cartas temáticas, foi produzido a partir de cartografia à escala horizontal 1:500000. Como criação do MDT adquire grande importância e cuidado, já que é com esse modelo que derivam várias informações geográficas necessárias para o nosso estudo, tais como, os declives, o sombreado, entre outros (Duncan, R.B. and Beckman, K.A., 2005), optámos por usar os dados referentes às curvas de nível disponibilizado pelos dados SRTM.

Contudo, para tornar um MDT capaz de ser utilizado para os diferentes processos de análise foi necessário converter o ficheiro TIN²⁹ (formato inicial) num modelo *Raster* (formato grid). Para esta conversão de formatos foi necessário optar por um dimensionamento de pixel indicado para a análise que pretendemos efectuar. Nem toda a bibliografia consultada refere as dimensões dos pixels, contudo para um estudo realizado na região do Algarve (Vaz, E.M.d.N., 2008), os dados altimétricos são provenientes do sensor SRTM, onde cada pixel corresponde a 90 metros de lado, o que perfaz cerca de 8100 m² por pixel, o que para a nossa análise se poderá considerar uma área demasiado extensa, dado que, alguns elementos que iremos analisar possuem dimensões inferiores à área do pixel do SRTM.

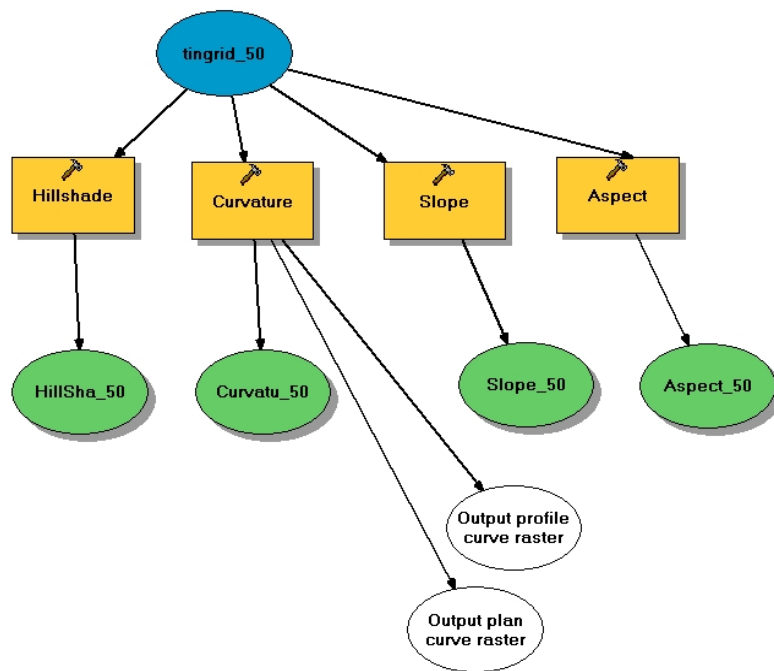
Na região central de Illinois, nos Estados Unidos da América, foi elaborado um MP onde foi os pixels possuíam 50 metros de lado, estas dimensões parecem-nos adequadas com o tipo de fenómeno que se procura detectar, com a grande vantagem, que se adequa com à escala das cartas militares 1:25000. Como tal, optámos pela reconversão do ficheiro TIN para o formato *raster* com um pixel de 50 metros de lado, o que perfaz 2500 m² por pixel, gerando-se uma imagem com 17815 colunas e 22596 linhas.

Após esta informação ser processada foi necessário proceder à criação de cartografia derivada que usamos, *i.e.*, mapa de declives, de curvatura, de sombreado e orientação de encostas. Para a produção destes mapas recorreremos, mais uma vez, à ferramenta Model Builder do programa Arcgis (ver Figura 17), recorrendo à extensão 3d Analyst.

Utilizando o ficheiro correspondente ao MDT no formato *raster* - "tingrid_50" (ver tabela 4), obteve-se a cartografia derivada mediante as operações "Hillshade" (sombreado), "Curvature" (índice de curvatura), "Slope" (declives) e "Aspect" (orientação de encostas).

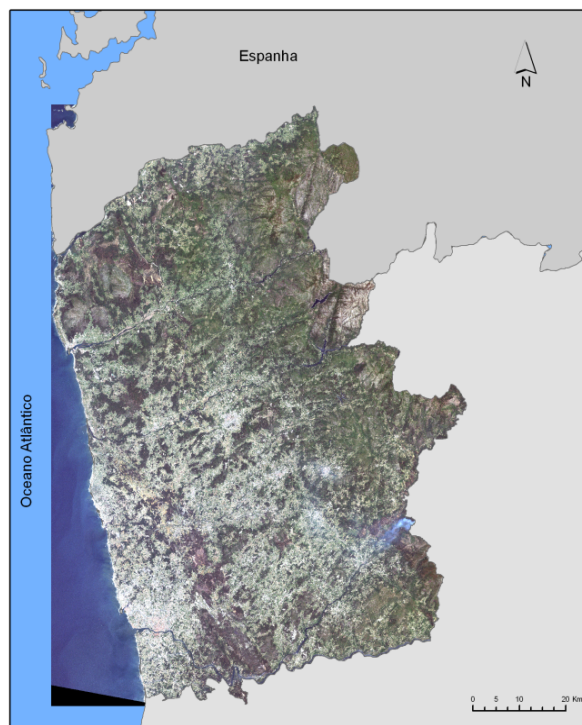
²⁹ TIN - "*Triangular Irregular Networks*", ou seja rede de triangulação irregular, define-se como uma malha de triângulos com várias dimensões, definidas sobre amostras de pontos distribuídos de forma irregular, associados por algoritmos de interpolação local Casaca, João; Matos, João; Baio, Miguel - Topografia Geral. Lisboa: Lidel, 2000.

Figura 17 – Modelo criado para gerar os mapas segundo o formato *raster*.



As imagens de satélites que iremos utilizar pertencem à coletânea que se encontra disponível num dos sites oficiais do programa Landsat³⁰. A imagem trabalhada foi obtida a 24 de Junho de 2000 e possui o código 204 031 (ver Figura 18).

Figura 18 – Imagem Landsat 204 031 (composição 321).



³⁰ <http://www.landsat.org>

As imagens correspondem à missão 7 do programa Landsat, mais conhecida como Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). O satélite com o sensor ETM+ lançado em órbita a 15 de Abril de 1999, encontra-se inactivo desde 2003, estando a 705 quilómetros de altitude e 98.3 graus de inclinação possuía uma orbita polar, circular e heliossíncrona. Com 8 bandas de informação, estas repartem-se dentro do espectro pelas comprimentos de onda das bandas do visível, infra-vermelho e uma no termal - ver tabela 6 (Lillesand, T. [et al.], 2008).

Tabela 6 – Características do sensor ETM+ (Landsat7).

Banda	Resolução espectral	Resolução Espacial
1	0.45-0.52 - azul	30 Metros
2	0.53-0.61 - verde	30 Metros
3	0.63-0.69 - vermelho	30 Metros
4	0.79-0.90 - infravermelho próximo	30 Metros
5	1.55-1.75 - infravermelho	30 Metros
6	10.4-12.5 - termal	60 Metros
7	2.09-2.35 - infravermelho médio	30 Metros
8	0.52-0.90 - pancromático	15 Metros

Fonte: (Lillesand, T. [et al.], 2008).

2.1.3. Projecções

Dado que a maior parte dos ficheiros de base estão representados segundo um sistema de projecção nacional, denominado geralmente por Sistema Militar Português -SMP- (ver tabela 4), optámos por trabalhar sempre nessa projecção. Este sistema de projecção deriva de outro sistema, criado nos anos 30, o sistema Hayford-Gauss-Lisboa (HGL) cujo ponto de origem das coordenadas localiza-se, sensivelmente, a 3 quilómetros a sul do vértice geodésico de Melriça. O sistema SMP desloca o ponto de origem das coordenadas do sistema HGL, 200 km para oeste e 300 km para sul, fazendo com que o ponto de origem das coordenadas se localize a oeste do cabo de S. Vicente. Esta operação simples faz com que qualquer coordenada obtida através do sistema SMP referente a Portugal Continental possua sempre coordenadas métricas com valor positivo (Gaspar, J.A., 2005).

2.2. Construção de um modelo preditivo: considerações gerais.

Para a criação de um modelo preditivo, o primeiro passo consiste na organização da informação que nele vai constar. Teremos sempre variáveis dependentes e variáveis independentes que necessitam de ser categorizadas e analisadas. Uma variável dependente caracteriza-se por ser uma variável cuja variação é influenciada pelo comportamento de uma ou de outras variáveis, consideradas independentes. Logicamente que uma variável independente é aquela que influencia o comportamento de uma variável dependente (Conolly, J. and Lake, M., 2008). Para a presente dissertação as EA e os NS são considerados como variáveis dependentes, enquanto o declive, o sombreamento, distância às linhas de água, entre outros, serão as variáveis independentes (ver Figura 19).

Figura 19 – Esquema de organização das variáveis consideradas.



A análise que se irá seguir, consiste numa análise indutiva, pois baseia-se em leituras do enquadramento biofísico das estações arqueológicas de forma a perceber a sua implantação, de forma poder-se extrapolar os valores e resultados para a área de estudo considerada (Niknami, K., 2006).

Existe, igualmente, uma análise dedutiva que se baseia mais nas características sociais, económicas e culturais de forma a compreender o comportamento humano. Este tipo de análise baseia-se em teorias antropológicas e etnográficas para definir variáveis, sem o recurso à análise estatística para definir o seu peso num MP (Kvamme, K., 2006).

O processo indutivo é mais utilizado como ferramenta de apoio ao ordenamento do território, ou seja, para a feitura de cartas de potencial arqueológico (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). O segundo processo é mais utilizado para a explicação de determinado comportamento humano, baseando-se em hipotéticas relações do homem com a paisagem (Niknami, K., 2006), tratando-se assim, de um modelo mais indicado para teorias arqueológicas e pouco útil em termos de aplicação directa ao ordenamento do território.

2.2.1. Sítios e não sítios – variáveis dependentes

Como foi referido anteriormente, possuímos a localização de 198 estações arqueológicas para a área de estudo considerada (ver Figura 20). Destas estações, á semelhança de outros autores (Cunningham, K.M., 2008, Vaughn, S. and Crawford, T.), optámos por apenas usar uma amostra³¹ dos dados que possuímos. Nos vários estudos analisados, dos quais destacamos um MP realizado para a Dakota do Norte, outro para Belize e um no Algarve não existe um critério uniforme para selecção da percentagem de amostra que devemos considerar. Para a criação do MP na Dakota do Norte foram seleccionados 17 de 51 EA (Cunningham, K.M., 2008), em Belize foram seleccionados 60 de 69 EA (Vaughn, S. and Crawford, T.), no Algarve, de 370 estações conhecidas optaram por seleccionar apenas 70 (Vaz, E.M.d.N., 2008), ou seja, neste ultimo exemplo apenas foi retirado 19% do universo³² para constituir a amostra.

O nosso universo estatístico é composto por 198 estações (ver Figura 20), e por isso, como amostra, optámos por seleccionar aleatoriamente 99 estações arqueológicas (cerca de 50%) através do comando "Random Selection" do software QGIS³³ (Quantum GIS). O resultado obtido foi um conjunto de pontos dispersos pela área em estudo (ver Figura 20), daí que todas as análises que irão ser feitas, ao longo do próximo capítulo, serão elaboradas com base nesta amostra.

Dado que possuíamos uma amostra representativa de sítios arqueológicos houve necessidade de conhecer o resto da área de estudo de forma a comparar resultados. Seguindo o exemplo de outros autores (Brandt, R. [et al.], 1992, Cunningham, K.M., 2008) foi criada uma shp de 120 pontos com localizações aleatórias, não coincidentes com EA, através da ferramenta "Create Random Point" no Arcgis 9.2. São estes 120 pontos que designamos por "não-sítios", de forma a serem diferenciados da outra variável dependente.

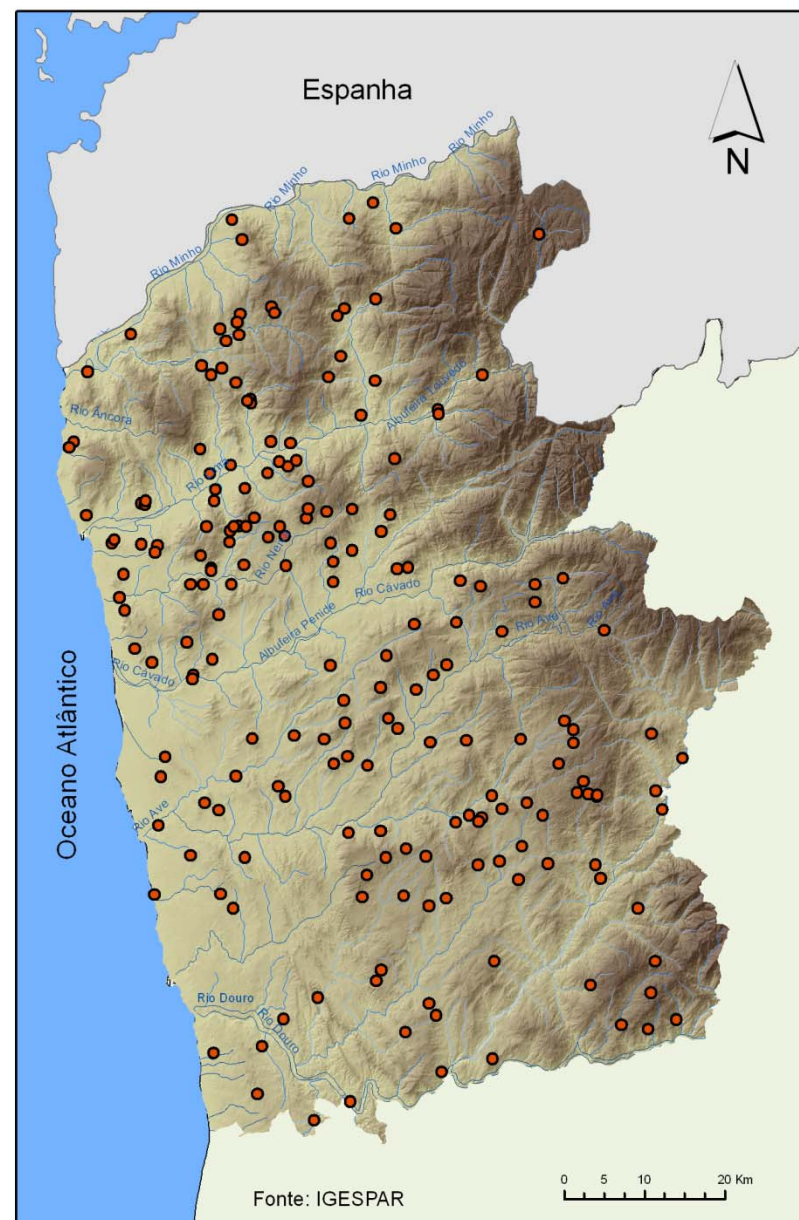
Os 120 "não-sítios" (N.S.) serão usados para caracterizar a área de estudo, nos quais será analisado o comportamento das variáveis independentes, comparado-as com as 99 EA, servindo ainda para o cálculo de testes não-paramétricos.

³¹ Amostra – subconjunto de elementos que pertencem ao universo estatístico, no caso presente, as ditas 198 estações arqueológicas.

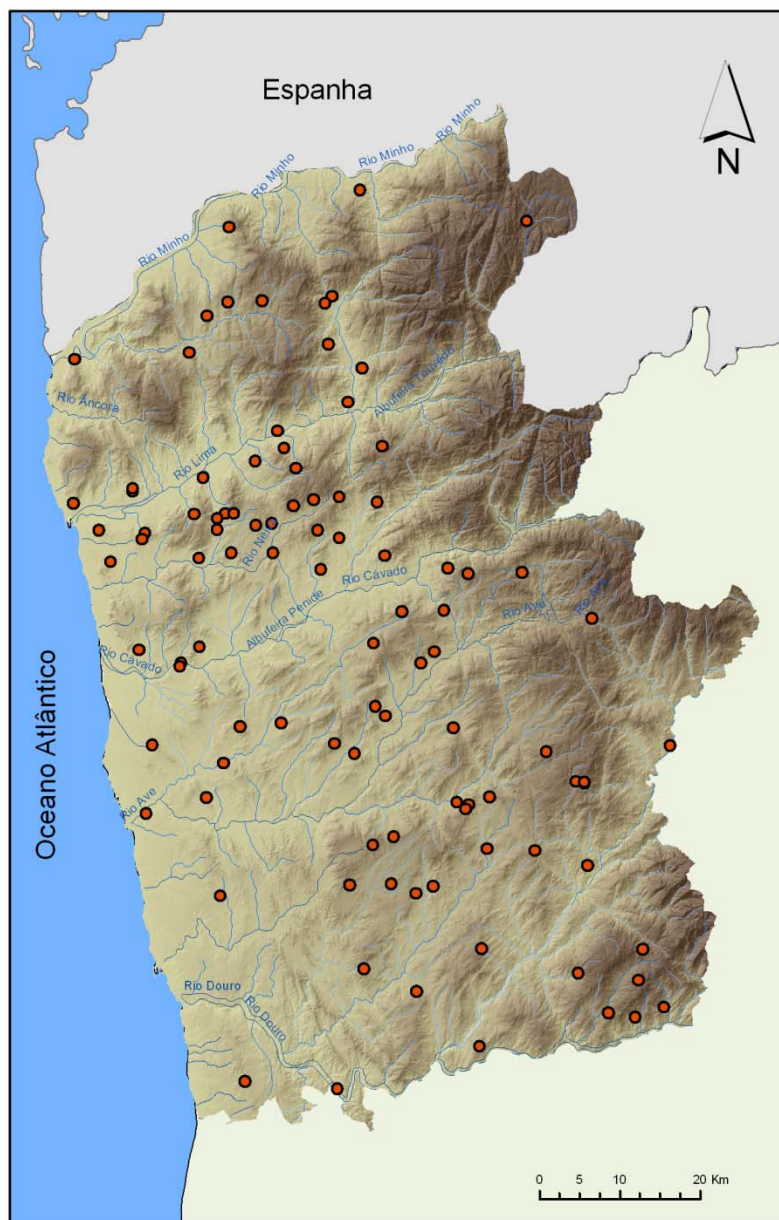
³² Universo – conjunto de elementos sobre o qual incide o estudo estatístico.

³³ Disponível em <http://www.qgis.org/>

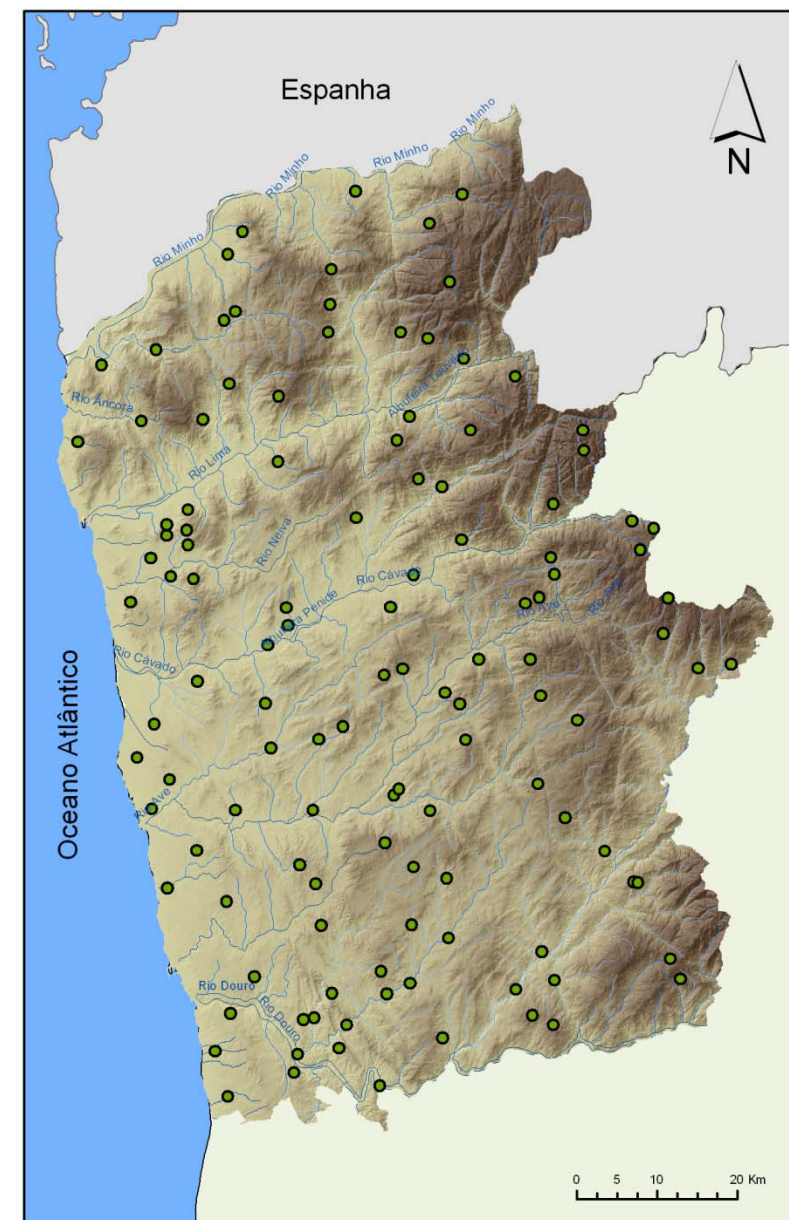
Figura 20 - Universo e amostra seleccionada.



Universo



Amostra



Não-Sítios

Legenda

- Estações Arqueológicas da Idade do Ferro
- Não Sítios

2.2.2 Variáveis Independentes

Ao contrário das variáveis dependentes, simples de definir e caracterizar, as variáveis independentes são de natureza diversa e necessitam de ser observadas caso a caso. Cada variável independente vai ter de ser analisada para as EA e para os NS.

Mas, para a criação do MP, não se deve escolher aleatoriamente as variáveis independentes que nele entrarão. Será necessário recorrer a testes de significância estatística para auxiliar a escolha das variáveis independentes que nele deverão ser usadas. Os testes que realizamos são o chi-quadrado (X^2) e o Mann-Whitney (M-W)³⁴, dado que permitem avaliar a significância estatística de uma variável independente em duas amostras distintas e com número de observações diferentes.

Um dos testes efectuado é conhecido por chi-quadrado, podendo ser representado por X^2 , consiste num teste não-paramétrico³⁵ (Ferreira, A.M.), usado para testar o nível de significância³⁶ das observações organizadas numa escala nominal³⁷ (Morais, C.M., 2005). A sua aplicabilidade é diversa, sendo muito usado em ciências sociais, contudo, vamos incidir mais na sua aplicabilidade na arqueologia. Só a título de exemplo, no Reino Unido este teste foi usado para definir a correlação espacial entre diferentes tipos de estruturas arqueológicas e o actual uso do solo (Conolly, J. and Lake, M., 2008). Este teste é importante para perceber se existe correlação entre os sítios arqueológicos com os "não-sítios" (NS), ou seja verificar a existências de diferenças entre as amostras recolhidas, permitindo às duas amostras possuir tamanhos diferentes.

Por se tratar de um teste para dados nominais apenas pode ser aplicado nos dados relativos à ocupação do solo, à composição litológica, à precipitação, orientação de encostas, isto é, em variáveis onde as observações se encontram divididas por classes.

Este teste inicia-se com a criação de uma tabela de contingência de valores absolutos, onde devem constar o número de observações por cada categoria. Logo de seguida, obtém-se o número de observações estimadas que é calculada pela divisão do total das observações existentes na coluna (a) pelo total de ocorrências (b), sendo multiplicado por total de observações existentes na linha (c).

$$c(a/b)$$

O valor de X^2 é calculado pela aplicação da seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

³⁴ Para a elaboração destes dois testes foi utilizado o *software* XLSTAT

³⁵ Testes não condicionados por qualquer distribuição dos dados da análise.

³⁶ Em estatística um resultado significativo obtém-se quando determinada hipótese nula é verdadeira (valor estabelecido em 0.05).

³⁷ Escala onde as observações são divididas em categorias segundo um ou mais atributos.

Sendo que O_i representa o valor observado e E_i representa o valor estimado para cada categoria existente. Depois de calcular os valores para cada categoria, obtém-se o seu total. Consequentemente, torna-se necessário calcular os graus de liberdade³⁸, executando-se para isso, a seguinte fórmula:

$$\text{Graus de liberdade} = (L-1)(C-1)$$

Onde L se refere ao número de linhas e C ao número de colunas. Através do valor obtido com os graus de liberdade consulta-se a tabela de valores críticos³⁹ e compara-se o resultado com o valor correspondente. Quando o valor do X2 calculado é superior ao valor crítico as duas amostras possuem dependência, quando o valor calculado é inferior ao valor crítico não existe dependência entre amostras.

O outro teste que aplicado é conhecido por Mann-Whitney (M-W), para duas amostras independentes. Trata-se de outro teste não paramétrico diferente do X2, na medida em que pode ser usado em variáveis numéricas que possam ser organizadas por rankings. Para a execução deste teste existem dois pré-requisitos que têm de ser respeitados, o primeiro, exige que as duas amostras devam ser independentes e seleccionadas de forma aleatória, o segundo pré-requisito, exige que os valores da variável sejam ordinais ou numéricos (Conolly, J. and Lake, M., 2008).

Vários autores usaram este teste (Mink, P.B. [et al.], 2006, Warren, R.E. and Asch, D.L., 2005), contudo destacamos o MP criado para a península de Prairie (Estado de Illinois, EUA) onde foram analisadas 24 variáveis, tendo 15 delas, sido analisadas com teste M-W (Warren, R.E. and Asch, D.L., 2005). Outros autores têm usado este teste para fins mais diversos, como por exemplo, para comparar diferentes dimensões de EA e a quantidade de espólio extraído se sítios arqueológicos (Conolly, J. and Lake, M., 2008).

Para executar este teste, o primeiro passo é organizar as duas observações numa tabela de uma única coluna com os valores dispostos por ordem crescente, enquanto noutra coluna é elaborado um ranking crescente, que começa no valor 1 e está organizado de acordo com as observações da primeira coluna. O segundo passo consiste na separação do ranking por tabelas independentes, ou seja, é criada uma tabela com duas colunas, correspondentes às amostras em estudo, contudo, os valores que vão ser colocados são os valores do ranking de cada observação calculando-se o total e a média para cada amostra.

Depois de termos os dados organizados é necessário executar a seguinte fórmula:

$$U_a = n_a n_b + \frac{n_a(n_a + 1)}{2} - W_a$$

$$U_b = n_a n_b + \frac{n_b(n_b + 1)}{2} - W_b$$

Onde o n_a e n_b se referem ao número de observações de cada amostra, e W_a e W_b correspondem à soma dos rankings de cada amostra.

O passo seguinte é calcular o valor de Z, para o qual basta seguir a fórmula que se encontra abaixo:

³⁸ Estimador de um número de valores, que no final do cálculo, pode variar.

³⁹ Pode ser consultada em <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3674.htm>

$$Z = \frac{Ua - \left(\frac{n1n2}{2}\right)}{\sqrt{[n1n2(n1 + n2 + 1)]/2}}$$

Ou seja, Ua refere-se ao valor calculado no parágrafo anterior, $n1$ e $n2$ refere-se ao número de amostras.

O último passo é comparar o valor de P (probabilidade) com o valor de α (0,05), quando o valor de P é superior ao de α significa que a diferença entre as duas amostras não é significativa, quando o valor de P é inferior ao valor de α significa que a diferença entre amostras é significativa.

Estes dois testes possuem um objectivo comum, a eliminação de variáveis independentes que possuam comportamentos semelhantes entre as EA e os NS. Se determinada variável independente apresentar semelhanças entre as EA e os NS significa que, em nada, podem ajudar na criação de zonas de potencial arqueológico, visto que os valores observados nas EA não apresentam diferenças em relação ao resto do território.

CAPÍTULO 3

Análise das variáveis e significância estatística

- 3.1. Altimetria
- 3.2. Índice Normalizado de Vegetação
- 3.3. Tasseled Cap
 - 3.3.1. Greenness
 - 3.3.2. Wetness
- 3.4. Uso do Solo
- 3.5. Orientação de Encostas
- 3.6. Litologia
- 3.7. Precipitação
- 3.8. Declives
- 3.9. Custo às Linhas de Água
- 3.10. Sombreamento
- 3.11. Acumulação de Fluxos
- 3.12. Insolação
- 3.13. Curvatura

3. Análise das variáveis e significância estatística.

3.1. Altimetria

A análise da altimetria (ver anexo 1) é das análises mais simples e eficazes para se reconhecer a variabilidade da posição topográfica que ocupam as EA e os NS. Nas pesquisas bibliográficas que empreendemos poucos são os autores que consideram relevante a altimetria para a criação de modelos preditivos e quando é tida em conta, não lhe é atribuído muito significado (Cunningham, K.M., 2008). Contudo, julgamos que seria interessante, no mínimo, testar a significância entre as duas variáveis dependentes.

Tabela 7 – Análise estatística dos valores de altimetria.

Valores (m)	Sítios	Não-Sítios
Mínimo	30	10,91
Máximo	1030	1298,41
Média	343,05	296,60
Desvio Padrão	196,64	263,38

Tabela 8 – Teste de MW

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	2,823
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	0,005
Alpha	0,05

Pela análise da tabela 7 e dos gráficos 1 e 2 podemos verificar a existência de algumas diferenças nos valores absolutos e na distribuição das observações. Segundo as nossas amostras, existe uma ausência de EA a uma cota inferior a 30 metros e ao mesmo tempo, não possuímos EA a cotas superiores a 1030 metros. Tanto a média⁴⁰ como o desvio padrão⁴¹ apresentam disparidades notórias, em que as cotas médias dos sítios arqueológicos são mais elevadas e o desvio padrão mais baixo. Podemos ainda verificar que grande parte das EA se distribui por cotas balizadas entre os 200 e os 500 metros (ver gráfico 1) e que a EA que se localiza na cota máxima de 1030 metros tem características de "outleir"⁴². A grande maioria dos NS encontra-se em cotas balizadas entre 0 e 600 metros (ver gráfico 2), tornando-se raras as observações acima desta cota.

Contudo, pelo teste M-W (ver tabela 8), observamos que o valor de p (0,005) é inferior ao valor de *alpha*, como tal, existe uma diferença significativa entre as duas amostras, pelo que a variável altimetria irá ser utilizada na criação do MP.

⁴⁰ Soma dos valores observados, dividida pelo número de elementos considerados na soma.

⁴¹ Medida da variabilidade de uma amostra, relativamente ao seu valor médio, correspondente à raiz quadrada do valor da variância e que é expressa nas mesmas unidades que os dados originais.

⁴² Observação numericamente distante dos restantes valores obtidos

Gráfico 1 Distribuição altimétrica das ocorrências das EA (ordem crescente).

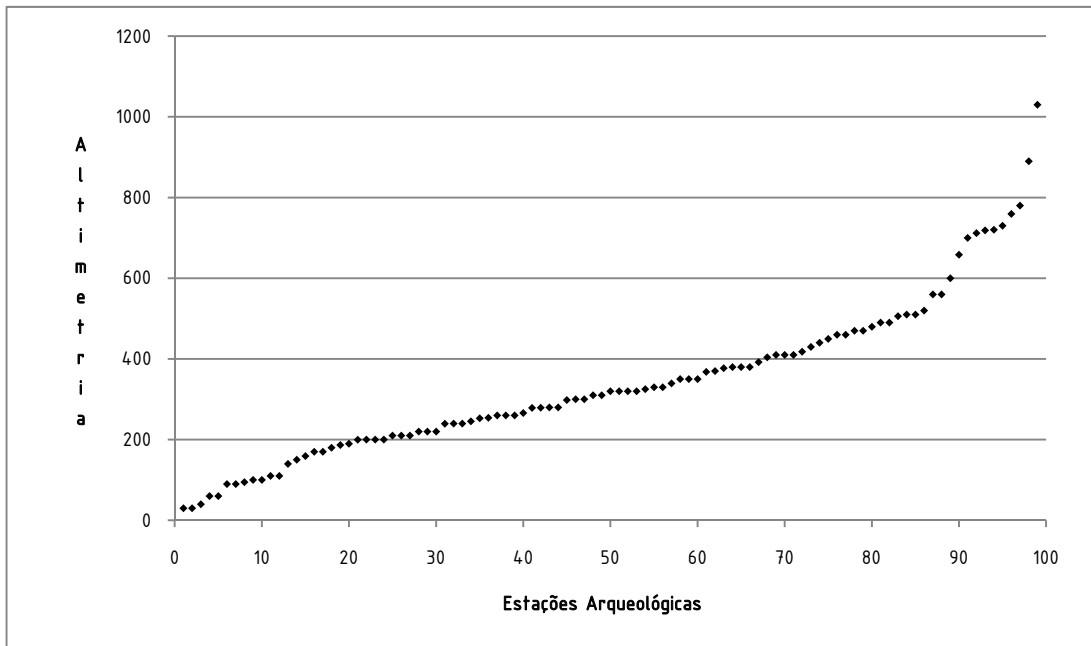
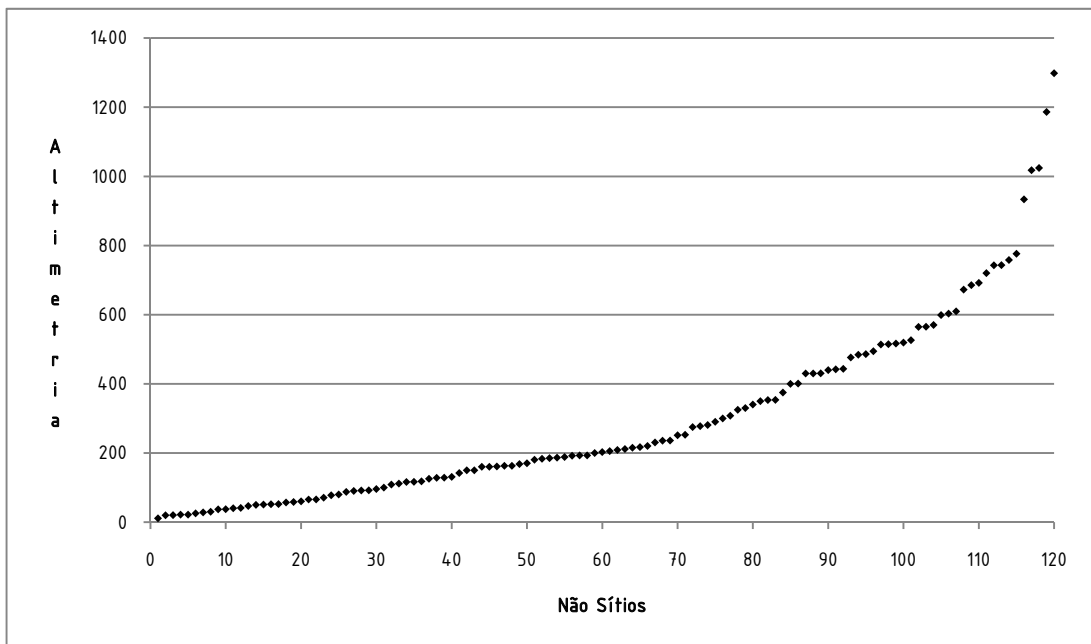


Gráfico 2 - Distribuição altimétrica das ocorrências dos NS (ordem crescente).



3.2. Índice Normalizado de Vegetação

Os vestígios arqueológicos afectam a vegetação de diversas formas o que pode ser captado no espectro de uma imagem de satélite, dado que a existência de matéria orgânica em ruínas enterradas intensifica a humidade no solo, factor que afecta o desenvolvimento da vegetação. Em alguns sítios, o tipo de vegetação pode ser diferente dos locais vizinhos, noutros, poderá crescer uma vegetação diferente no topo dos muros, ou ainda, possuir uma assinatura espectral⁴³ da vegetação mais intensa (Parcak, S.H., 2009).

As áreas que possuem vegetação manifestam valores elevados de reflectância na banda do Infravermelho próximo (NIR – Near Infra-Red) e baixa reflectância nas bandas do visível (Lillesand, T. [et al.], 2008). Nos locais onde existam elementos como a água ou neve possuem maior reflectância nas bandas do espectro do visível do que na banda do NIR (Lillesand, T. [et al.], 2008). Rochas e solos possuem reflectâncias espectrais semelhantes (Lillesand, T. [et al.], 2008).

O índice normalizado de vegetação (Normalized Difference Vegetation Index) é uma operação matemática que combina informação espectral de várias bandas numa única. A fórmula matemática é a seguinte:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

Ou seja, o resultado da subtração da banda do infravermelho próximo com a banda do vermelho é dividido pela adição do infravermelho próximo com o vermelho. No nosso caso, em que iremos trabalhar com imagens do satélite Landsat ETM+⁴⁴, a fórmula será:

$$NDVI = \frac{Banda\ 4-Banda\ 3}{Banda\ 4+Banda\ 3}$$

Os resultados deste índice (ver anexo 2) serão variações de -1 a +1, em que os valores negativos correspondem a áreas de água, neve e nuvens, as áreas que apresentam valores próximo de zero correspondem a rochas e solo nu, e finalmente, os valores positivos correspondem a áreas com vegetação (Lillesand, T. [et al.], 2008).

Pela análise da tabela 9 e dos gráficos Gráfico 3 e 4 podemos deduzir que os valores que apresentam maior assimetria são os mínimos (-0,255 para as EA e -0,436 para os NS), sendo os restantes valores bastante aproximados, muito próximos nos valores máximos (0,537 para as EA e 0,556 para os NS), assim como no desvio padrão (0,166 para as EA e 0,2 para os NS) e igualmente para a média (0,178 para as EA e 0,171 para os NS). Podemos ainda observar que a quase totalidade das EA ocorrem em entre os valores 0 e 0,4 denunciando a existência de vegetação nos actuais espaços das EA (ver gráfico 3). Os NS possuem algumas observações com valores negativos destacando o valor mínimo (-0,436) que se apresenta como um "outlier", a grande maioria das observações distribui-se entre o 0 e 0,5, manifestando igualmente a presença de vegetação.

⁴³ Intensidade relativa com que cada corpo reflecte ou emite a radiação electromagnética nos diversos comprimentos de onda Lillesand, Thomas; Kiefer, Ralph; Chipman, Jonathan - Remote sensing and image interpretation. 6. John Wiley & Sons, 2008. .

⁴⁴ Ibid.- Citação Anterior

Com o teste de M-W (ver tabela 10) observamos que o valor de p (0,976) é superior ao valor de *alpha*, como tal, temos que assumir que não há uma diferença significativa entre as duas amostras e por isso, logicamente não será válido usar o NDVI para a criação do MP.

Tabela 9 – Análise estatística do NDVI

Valores	Estações Arqueológicas	Não-Sítios
Mínimo	-0,255	-0,436
Máximo	0,537	0,556
Desvio Padrão	0,166	0,2
Média	0,178	0,171

Tabela 10 – Teste de M-W para NDVI

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	-0,030
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	0,976
Alpha	0,05

Gráfico 3 – Distribuição do NDVI nas EA (ordem crescente)

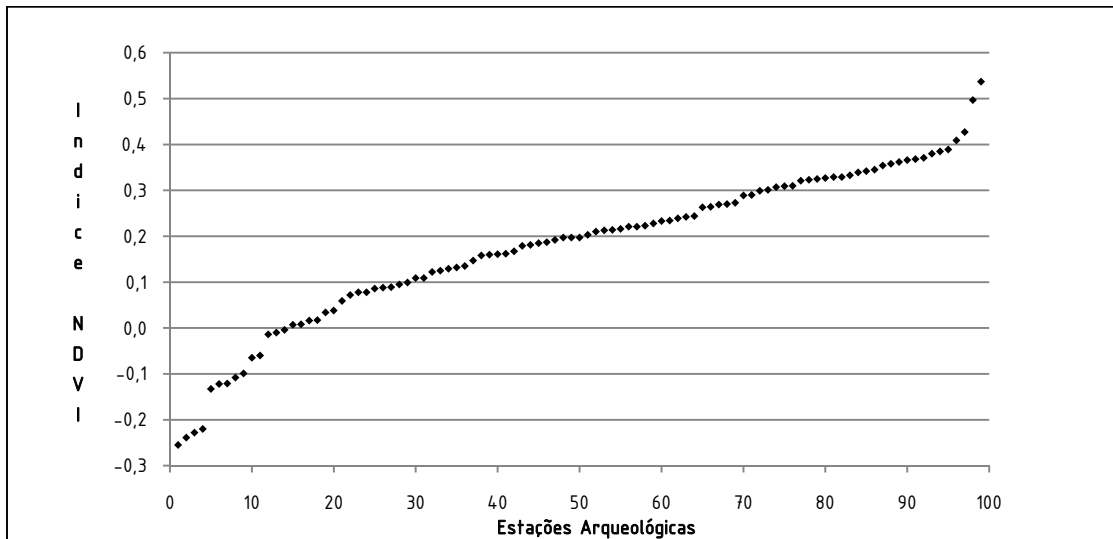
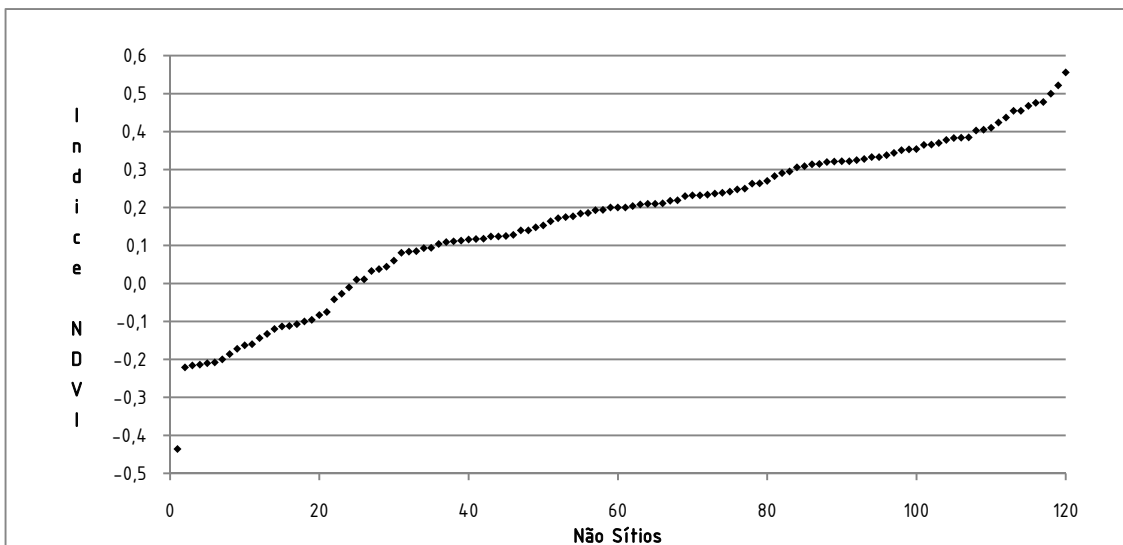


Gráfico 4 Distribuição do NDVI nos NS (ordem crescente)



3.3. Tasseled Cap – Greeness / Wetness

A transformação "tasseled cap"⁴⁵ é útil para comprimir informação espectral de algumas bandas numa só (Huang, C. [et al.], 2002). Criado em 1976 por R. Kauth e G. Thomas tinha como objectivo reduzir as 6 bandas do satélite Landsat TM em apenas 3 bandas, *brightness* – brilho, *wetness* – humidade e *greeness* – verdura (Lea, R.D., 2005). Contudo, para a presente dissertação apenas vamos elaborar a transformação "greeness" e "wetness". Na pesquisa bibliográfica efectuada, esta transformação apenas aparece enunciada num artigo (Vaughn, S. and Crawford, T., 2009), mas referindo-se a uma interessante análise sobre estruturas no subsolo, a depressões causadas por intervenções de carácter antrópico que podem originar vegetação diferente na superfície, assim como, diferentes níveis de água no subsolo.

3.3.1. Greeness

A transformação "*greeness*" foi inicialmente concebida para estudar o comportamento espectral do milho, no entanto, revelou-se útil em estudos florestais, ajudando a caracterizar espécies, idades e estrutura dos povoamentos (Lillesand, T. [et al.], 2008) Esta transformação responde à combinação da elevada absorção de clorofila nas bandas do visível e da elevada reflectância da estrutura da folha na banda do NIR, característica da vegetação verde saudável (ver anexo 3). Para calcular a transformação "*greeness*" são necessárias imagens ortorectificadas e livres de nuvens. Neste trabalho serão usadas as imagens do satélite Landsat ETM+ (ver tabela 6) que serão processadas segundo a seguinte fórmula (Huang, C. [et al.], 2002):

$$\text{Greeness} = (-0,3344 * \text{Banda1}) + (-0,3544 * \text{Banda2}) + (-0,4556 * \text{Banda3}) + (0,6966 * \text{Banda4}) + (-0,0242 * \text{Banda5}) + (-0,2630 * \text{Banda7})$$

Pela análise dos gráficos 5 e 6 e da tabela 11 podemos observar pequenas divergências entre os valores, já que são os valores mínimos que apresentam maiores divergências (-169,352 para as EA e 135,251 para os NS). Os restantes valores são muito próximos, sendo de destacar a proximidade do desvio padrão (31,114 nas EA para 30,477 nas NS) e da média que é quase igual nas duas amostras (-39,833 nas EA para 38,006 nos NS). Com a leitura dos gráficos podemos ver que em qualquer uma das amostras, a grande maioria das ocorrências dá-se entre os valores -50 e 0. Nas duas amostras, os valores mínimos aparentam ser "*outliers*".

O teste de M-W só vem confirmar que os valores atrás referidos expressam a existência de uma diferença significativa entre as duas amostras, o valor de p (-0,690) é mais alto que o valor de alpha (ver tabela 12), logo, o índice de "*greeness*" não vai entrar na criação do MP.

⁴⁵ Transformação usada para comprimir informação espectral em algumas bandas com características físicas, como o "*greeness*" ou o "*wetness*" Huang, C.; Wylie, B.; Yang, L.; Homer, C.; Zylstra, G. - [Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance](http://www.informaworld.com/10.1080/01431160110106113). *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 23. n.º 8 (2002). p. 1741 - 1748. Consult. em August 06, 2009. Disponível em WWW: <<http://www.informaworld.com/10.1080/01431160110106113>>. 0143-1161

Tabela 11 – Estatísticas do Greeness

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	-169,352	-135,251
Máximo	14,148	20,357
Desvio Padrão	31,114	30,477
Média	-39,833	38,006

Tabela 12 – Teste de M-W para Greeness

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	-0,399
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	0,690
Alpha	0,05

Gráfico 5 Distribuição do índice *Greeness* nas EA (ordem crescente).

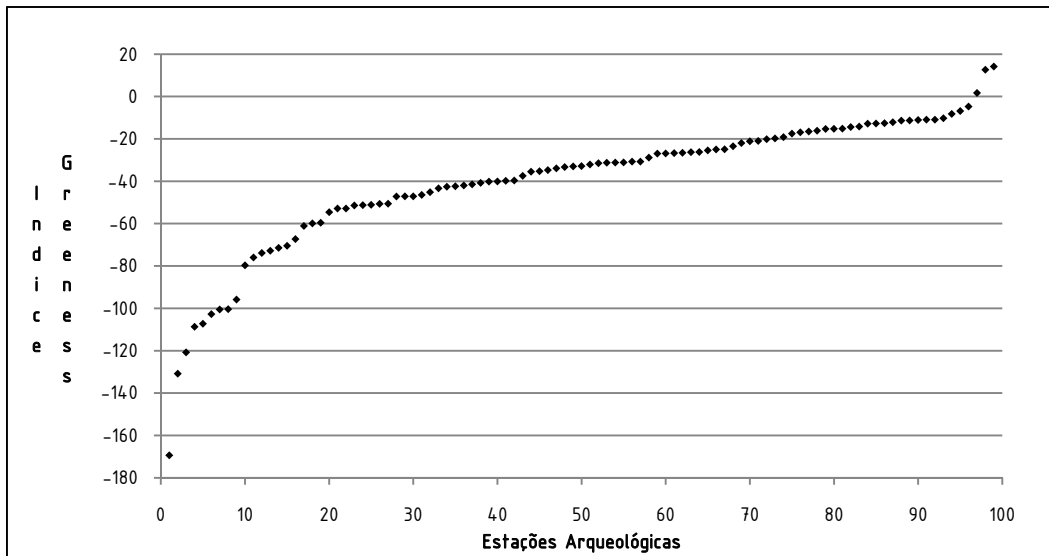
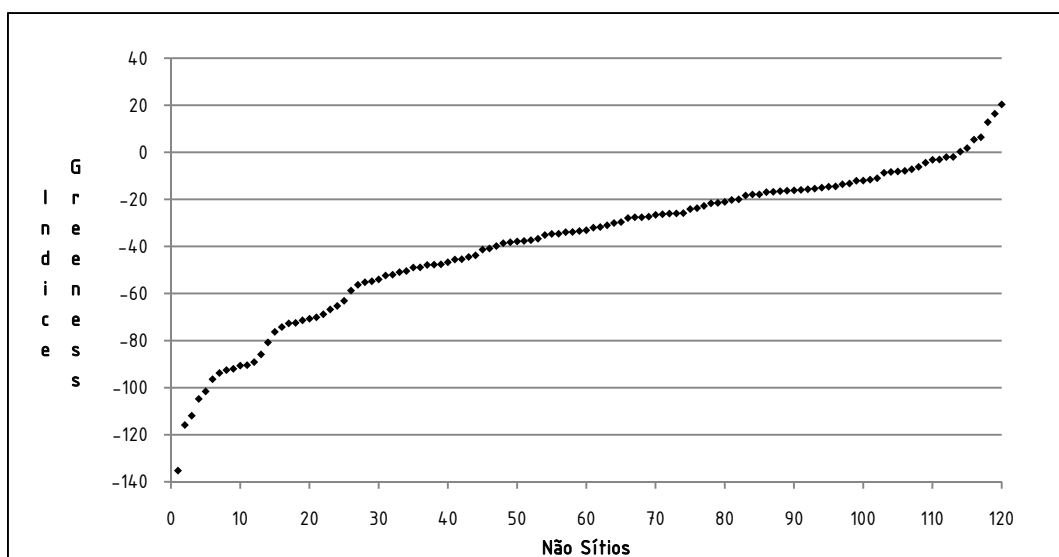


Gráfico 6 Distribuição do índice *Greeness* nos NS (ordem crescente).



3.3.2. Wetness

A transformação “*wetness*”⁴⁶ (ver anexo 4) é sensível ao nível de humidade e água existente na cobertura vegetal e no solo (Huang, C. [et al.], 2002). Para proceder a esta transformação serão usadas as mesmas imagens do satélite Landsat ETM+, sobre as quais executamos a seguinte fórmula:

$$\text{Wetness}=(0,2626*\text{Banda1})+(0,2141*\text{Banda2})+(0,0926*\text{Banda3})+(0,0656*\text{Banda4})+(-0,7629*\text{Banda5})+(-0,5388*\text{Banda7})$$

Pela análise dos dados da tabela 13 e dos gráficos 7 e 8 podemos observar que as observações feitas nas EA e nos NS apresentam valores e distribuições muito semelhantes. As diferenças mais expressivas situam-se nos valores mínimos (-182,172 para as EA e -190,545 para os NS) e nos máximos (-7,769 para as EA e 9,663 para os NS). Os valores relativos ao desvio padrão (36,344 para as EA e 35,841 para os NS) e à média (-67,597 para as EA e -64,234 para os NS) são bastante próximos entre as amostras, denunciando a não existência de grandes diferenças. Ainda podemos verificar que quase todas as ocorrências, para ambas as amostras, balizam-se entre o valor -120 e 0.

Tabela 14 – Estatísticas de Wetness.

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	-182,172	-190,545
Máximo	-7,769	9,663
Desvio Padrão	36,344	35,841
Média	-67,597	-64,234

Tabela 13 – Teste de M-W para Wetness

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	-0,664
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	0,507
Alpha	0,05

Com a execução do teste de M-W (tabela 14) o valor de p (0,507) é superior ao valor de *alpha*, como tal devemos assumir que as amostras não apresentam diferenças significativas entre si pelo que o índice de “*wetness*” não vai entrar na criação do MP.

⁴⁶ O Wetnes contrasta a soma das faixas visível e infravermelho próximo, com a soma das bandas de ondas curtas de infravermelho Jin, Suming; Sader, Steven A. - Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 94. n.º 3 (2005). p. 364-372. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V6V-4F2B7GS-1/2/e03885f8af8274f8e8b6792ac39a5a22>>. 0034-4257

Gráfico 7 Distribuição do índice *Wetness* nas EA (ordem crescente).

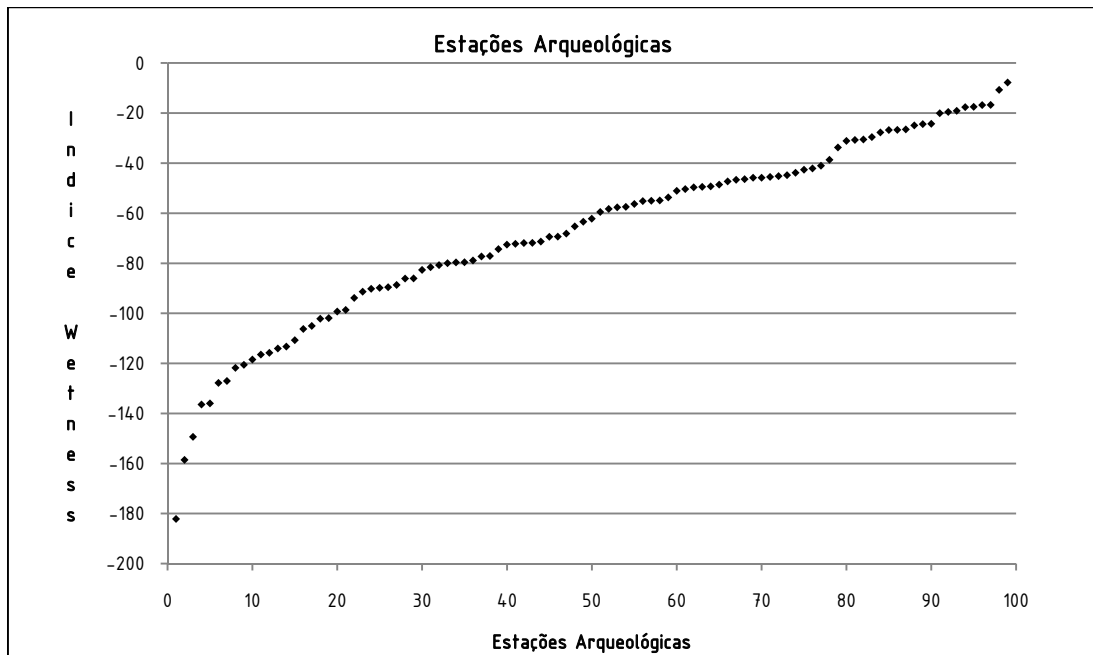
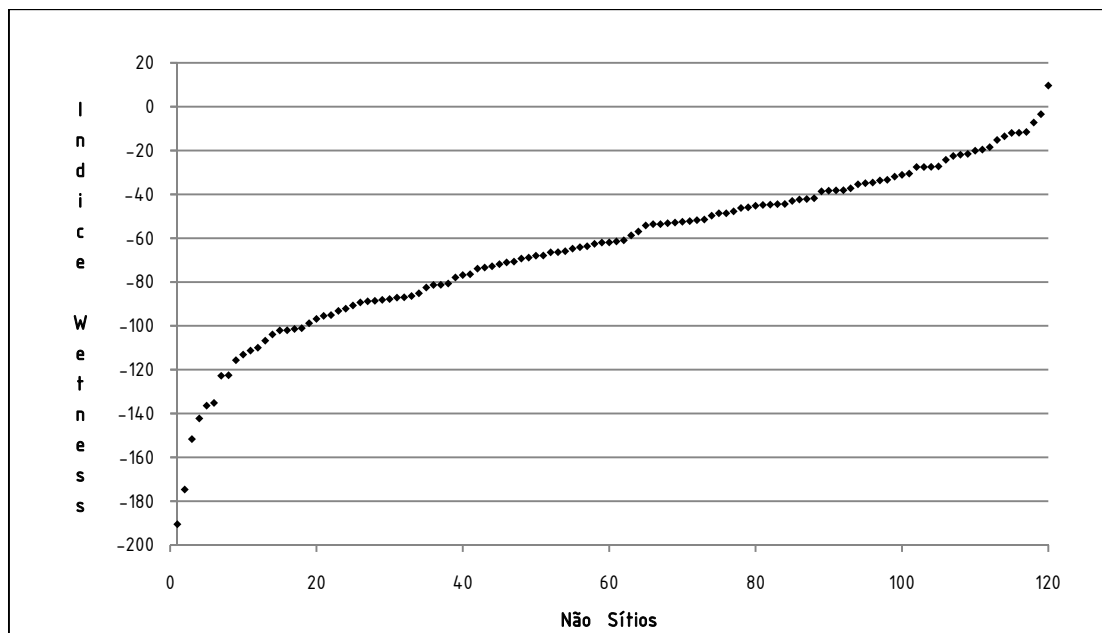


Gráfico 8 - Distribuição do índice *Wetness* nos NS (ordem crescente).



3.4. Uso do Solo

O actual uso do solo é uma variável que nem sempre é usada para a criação de modelos preditivos. A verdade é que acções passadas podem condicionar o actual uso do solo, tal como demonstra um estudo arqueológico/ecológico realizado numa floresta francesa, onde se conclui que no lugar de antigas instalações agrícolas romanas existe uma maior diversificação de espécies florestais (Dambrine, E. [et al.], 2007). Na Coreia, para a concepção de um MP, foi utilizado o mapeamento do uso do solo, de

modo a extrair-se apenas as áreas com vegetação (Verhaaren, B. [et al.]). No MP criado para o Algarve foi contabilizado o nível 1 de informação da CLC, territórios artificializados, áreas agrícolas, florestas e meios semi-naturais, zonas húmidas e massas de água (Vaz, E.M.d.N., 2008).

Para a presente análise utilizaram-se os dados referentes ao nível 3⁴⁷ (ver anexo 5) e ao nível 1⁴⁸ de informação da Corine Land Cover –CLC 2000 (Painho, M. and Caetano, M., 2006). Na tabela 15 e no gráfico 9, verifica-se que o uso actual do solo entre as EA e os NS⁴⁹ difere um pouco, existindo classes de ocupação que apenas registam ocorrências nos NS.

Tabela 15- Uso do solo em EA e em NS (CLC 2000 - nível 3).

Classes	Intervalo Por classe	Sítios Arqueológicos		Não -Sítios	
		Ocorrências	Percentagem	Ocorrências	Percentagem
111	Tecido urbano contínuo	0	0,00%	1	0,83%
112	Tecido urbano descontínuo	1	1,01%	5	4,17%
121	Indústria, comércio e equipamentos gerais	0	0,00%	1	0,83%
211	Culturas anuais de sequeiro	0	0,00%	2	1,67%
212	Culturas anuais de regadio	0	0,00%	4	3,33%
221	Vinhas	1	1,01%	0	0,00%
231	Pastagens	0	0,00%	3	2,50%
241	Culturas anuais associadas às culturas permanentes	7	7,07%	21	17,50%
242	Sistemas culturais e parcelares complexos	0	0,00%	10	8,33%
243	Agricultura com espaços naturais	5	5,05%	11	9,17%
244	Sistemas agro-florestais	0	0,00%	1	0,83%
311	Florestas de folhosas	6	6,06%	4	3,33%
312	Florestas de resinosas	12	12,12%	8	6,67%
313	Florestas mistas	29	29,29%	14	11,67%
321	Pastagens naturais	4	4,04%	2	1,67%
322	Matos	6	6,06%	5	4,17%
324	Espaços florestais degradados, cortes e novas plantações	25	25,25%	23	19,17%
332	Rocha nua	1	1,01%	1	0,83%
333	Vegetação esparsa	2	2,02%	3	2,50%
512	Planos de água	0	0,00%	1	0,83%

Relativamente às EA, a maior percentagem das ocorrências dá-se em florestas mistas (classe 313 – 29,29%), com um total de 29 observações em 99. Relativamente aos NS, obtivemos mais observações em espaços florestais degradados, cortes e novas plantações (classe 324–19,17%), com 24 observações. As maiores disparidades de ocorrências entre as EA e os NS ocorrem nas classes 313 (29,29% de EA

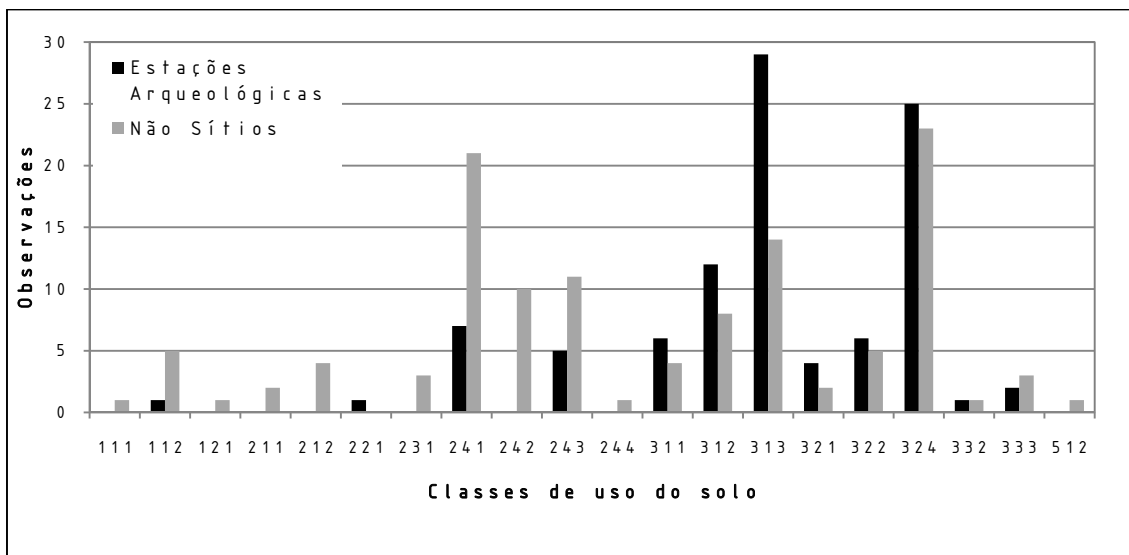
⁴⁷ O nível 3 é o mais desagradado de 3 níveis hierárquicas, possuindo 44 classes.

⁴⁸ O nível 1 é o menos desagradado de 3 níveis hierárquicas, possuindo 5 classes.

⁴⁹ Para a análise do uso do solo utilizamos uma amostra de 120 NS para poder efectuar o teste do X².

contra 11,67% de NS), 241 (7,07% de EA contra 17,50% de NS) e na classe 324 (25,25% de EA contra 19,17% de NS).

Gráfico 9 – Ocorrências por classe de uso do solo.



Não deixa de ser interessante salientar que se apenas tivermos em conta o primeiro nível de classificação da CLC (ver tabela 16), observamos que 85 EA se encontram na classe 3, florestas e meios semi-naturais, contudo, é fácil reparar que os NS se encontram quase na totalidade divididos entre a classe 2 e 3. Mas será isso suficiente para deduzir que as duas amostras não são diferentes entre si? Aplicado o teste do X^2 , tanto com os dados provenientes do nível 3 de classificação como do nível 1 (tabelas 9 e 10, respectivamente), constata-se que o valor do X^2 calculado ultrapassa o valor crítico (tabela 17), como tal, a hipótese nula tem de ser rejeitada, ou seja, existe uma dependência entre as duas amostras, por isso, o uso do solo não pode ser usado na construção do presente modelo preditivo.

Tabela 16 - Uso do solo em Estações Arqueológicas e em Não Sítios (nível 1)

Classes	Estações Arqueológicas	Não Sítios
1 Territórios artificializados	1	7
2 Área com ocupação agrícola	13	52
3 Florestas e meios semi-naturais	85	60
5 Superfícies com água	0	1

Tabela 17 - Valores do chi-quadrado obtidos para a ocupação do solo.

Chi-quadrado	Nível 1	Nível 3
Valor calculado	31,486	41,760
Valor crítico	7,815	30,144

3.5. Orientação de encostas

A orientação de encostas é um item ponderado em quase toda a bibliografia consultada, podendo ser justificada por motivos simples, uma vez que diferentes exposições conferem graus de protecção diferentes e de insolação. Por exemplo, encostas orientadas a sul possuem um balanço energético anual mais positivo, sendo por isso, mais quentes (Vaz, E.M.d.N., 2008).

Os dados iniciais desta análise consideram valores desde 0 (para superfícies planas) até 360 graus (ver anexo 6), contudo, para melhor interpretação dos resultados, organizamos os dados de acordo com os pontos cardeais e colaterais conforme expresso na tabela 18⁵⁰ (Conolly, J. and Lake, M., 2008).

Tabela 18 – Orientação de encostas e observações efectuadas.

Classes	Valores	EA	NS
1	0 - Plano	1	2
2	0,001-22,4999 - E	6	5
3	22,5-67,4999 - NE	10	11
4	67,5-112,4999 - N	15	23
5	112,5-157,4999 - NW	17	15
6	157,5-202,4999 - W	11	19
7	202,5-247,4999 - SW	13	15
8	257,5-292,4999 - S	11	12
9	292,5-337,4999 - SE	10	13
10	337,5-360 - E	5	5

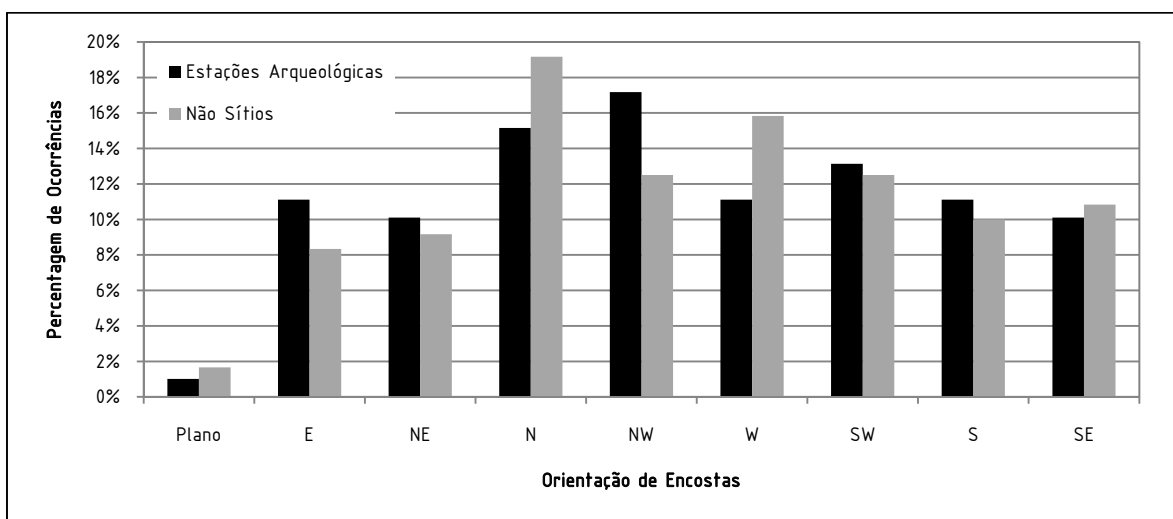
É importante salientar que esta tradicional classificação de orientações de encostas não se encontra apta a ser utilizada directamente, já que a classe 2 e 10 pertencem ao mesmo ponto cardinal, como tal, para uma leitura correcta das ocorrências reestruturamos os dados em 9 classes (pontos cardeais, colaterais e áreas planas) organizadas por percentagens (ver tabela 19).

Tabela 19 – Ocorrências por Pontos Cardeais e Colaterais.

Classes	Estações Arqueológicas		Não Sítios	
	Ocorrências	Percentagem	Ocorrências	Percentagem
Plano	1	1,01%	2	1,67%
E	11	11,11%	10	8,33%
NE	10	10,10%	11	9,17%
N	15	15,15%	23	19,17%
NW	17	17,17%	15	12,50%
W	11	11,11%	19	15,83%
SW	13	13,13%	15	12,50%
S	11	11,11%	12	10,00%
SE	10	10,10%	13	10,83%

⁵⁰ Esta reclassificação é obtida automaticamente através do comando "aspect", as extensão "3D analyst" no software "Arcgis".

Gráfico 10 – Distribuição de ocorrências, por porcentagem, por orientação de encostas.



Pela análise da tabela 19 e do gráfico 10 facilmente se percebe que são as encostas orientadas para Noroeste que dominam as EA (17,17%) sendo as encostas voltadas a Norte as que possuem mais ocorrências nos NS (19,17%). No entanto, numa leitura geral, as diferenças de ocorrências entre as EA e os NS ocorrem a Este (11,11% de EA contra 8,33% de NS), a Norte (15,15% de EA contra 19,17% de NS), a Noroeste (17,17 de EA contra 12,5% de NS) e a Oeste (11,11% e EA contra 18,83% de NS).

As diferenças entre as EA e os NS, apesar de aparentemente não serem muito significativas, são relevantes. Pela análise dos valores da tabela 20 constatamos que o valor calculado é mais baixo que o valor crítico, como tal, devemos assumir que não existe significância estatística entre a orientação de encostas das EA com as encostas dos NS. Podemos assim incluir a orientação de encostas na construção do MP.

Tabela 20 – Chi-Quadrado calculado para a orientação de encostas.

Chi-quadrado (χ^2)	Valores
Valor calculado	2,962
Valor crítico	15,507

3.6. Litologia

A análise litológica da área de estudo é uma das mais elementares análises elaborada por diversos autores (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). Contudo, a sua aplicação para a construção do MP nem sempre pode ser usada. Para estudos de áreas geográficas pequenas e bem delimitadas pode ocorrer a predominância total de um tipo de rocha, o que não dá nenhum contributo para o MP. Por exemplo, na criação de um MP para o auxílio da gestão de florestas da província de Ontário, no Canadá, a geologia foi usada para descrever a área de estudo (Bona, L.D., 2000) e para um estudo realizado em

Portugal, com o objectivo de encontrar áreas com potencial arqueológico de cronologia romana, a litologia foi tida em conta como variável independente para a criação de um MP (Rua, H., 2009).

A área de estudo, embora seja uma região onde predominam os granitos, possui outras rochas como substrato (ver anexo 7), logo seria interessante analisar a forma como as EA estão distribuídas pelas diferentes litologias existentes.

Deste modo, pela consulta da tabela 21 e do gráfico 11 podemos observar que as EA e os NS, manifestam uma clara predominância para a primeira classe (granitos e rochas afins), podendo em parte, ser justificada pela predominância desta classe na área de estudo. Contudo, comparando os dados das EA e dos NS podemos observar que, em percentagem, existe uma leve tendência nas EA para a classe 1 (83,84% nas EA contra 75% nos NS). As restantes classes quase não tem expressão, no entanto, devemos referir a classe 7 (xistos, grauvaques), uma vez que constitui a segunda classe que apresenta mais ocorrências para as EA e para os NS, apresentando os NS uma percentagem pouco superior às EA (9,09% nas EA contra 11,67% nos NS). As restantes classes quase não possuem expressão, sendo importante salientar a existência de classes (4, 8 e 12) que apenas possuem ocorrências nas EA (com 1,01% para cada ocorrência) e a existência das classes (2, 6, 11 e 14) que apenas possuem ocorrências nos NS (ocorrências essas que variam entre 0,83 e 1,67%).

Tabela 21 - Chi-Quadrado calculado para a incidência Litológica.

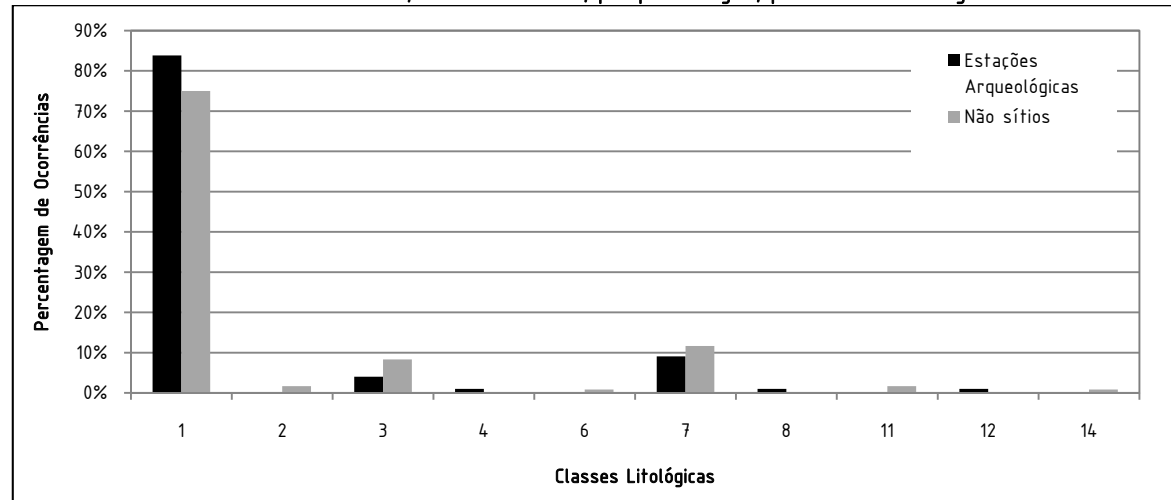
Chi-quadrado (X^2)	Valores
Valor calculado	11,029
Valor crítico	16,919

Elaborando o teste do X^2 (tabela 22), verificamos que o valor calculado é inferior ao valor crítico. Como tal, não é possível rejeitar a hipótese nula, logo a litologia fará parte do MP.

Tabela 22 – Ocorrências por incidência litológica.

Classe	Designação	Estações Arqueológicas		Não sítios	
		Ocorrências	Percentagens	Ocorrências	Percentagens
1	Granitos e rochas afins	83	83,84%	90	75,00%
2	Areias e cascalheiras	0	0,00%	2	1,67%
3	Xistos, grauvaques (Complexo xisto-grauvaquico)	4	4,04%	10	8,33%
4	Aluviões	1	1,01%	0	0,00%
6	Aplito-pegmatitos	0	0,00%	1	0,83%
7	Xistos, grauvaques	9	9,09%	14	11,67%
8	Dunas e areias eólicas	1	1,01%	0	0,00%
11	Conglomerados, xistos carbonosos, xistos argilosos	0	0,00%	2	1,67%
12	Areias, calhaus rolados, arenitos pouco consolidados, argilas	1	1,01%	0	0,00%
14	Xistos, anfibolitos, micaxistos, grauvaques quartzitos, rochas carbonatadas, gnaises	0	0,00%	1	0,83%

Gráfico 11 – Distribuição de ocorrências, por percentagem, por incidência litológica.



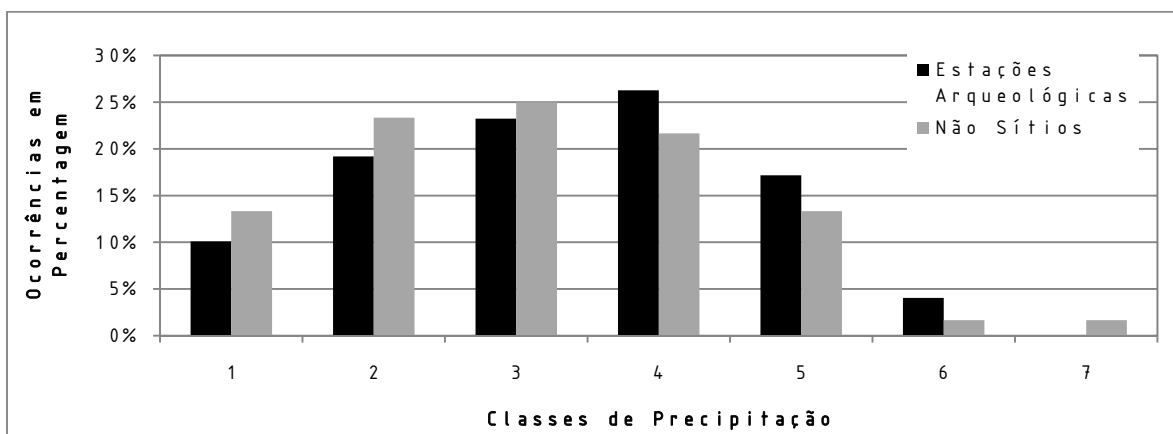
3.7. Precipitação

A existência de recursos, favoráveis à subsistência humana, nomeadamente o acesso à água se pode colocar ao dispor do homem na forma de precipitação está sempre presente na concepção de MP. Como tal, a precipitação, essencial a vários ciclos naturais, quando em excesso ou em escassez pode constituir uma condicionamento natural importante na fixação humana⁵¹. Para a presente análise foram utilizados os valores médios de precipitação correspondentes ao período compreendido entre os anos de 1930 e 1961⁵² (ver anexo 8).

Tabela 23 – Ocorrências por classe de precipitação.

Pluviosidade mm/ano	Classes	Estações Arqueológicas		Não Sítios	
		Ocorrências	Porcentagem	Ocorrências	Porcentagem
1000-1199	1	10	10,10%	16	13,33%
1200-1399	2	19	19,19%	28	23,33%
1400-1599	3	23	23,23%	30	25,00%
1800-1999	4	26	26,26%	26	21,67%
2000-2399	5	17	17,17%	16	13,33%
2400-2799	6	4	4,04%	2	1,67%
2800-2999	7	0	0,00%	2	1,67%

Gráfico 12 – Distribuição de ocorrências, em percentagem, por classe de precipitação.



Pela análise conjunta da tabela 23 e do gráfico 12 podemos observar algumas diferenças entre as percentagens de EA e de NS. A classe 1, classe 2 e classe 3 apresentam uma percentagem de ocorrências superiores nos NS comparativamente às EA. Na classe 4, classe 5 e na classe 6 existe uma percentagem superior de ocorrências nas EA comparativamente aos NS., A classe 7 apenas apresenta ocorrências nos NS, não existindo nenhuma EA nesta classe.

Tabela 24 – Chi-Quadrado calculado para a precipitação.

Chi-quadrado (X²)	Valores
Valor calculado	4,760
Valor crítico	12,592

⁵¹ No trabalho já mencionado de Rua, 2009 a precipitação foi umas das variáveis analisadas pela autora.

⁵² Dados obtidos através do Atlas do Ambiente (ver tabela 4).

Pelos dados da tabela 24 podemos confirmar que o valor de X^2 calculado é menor do que o valor crítico, como tal a hipótese nula não pode ser rejeitada e a precipitação pode ser utilizada para a construção do MP.

3.8. Declives

Os declives constituem uma das mais importantes e comuns análises que se efectua na concepção de modelos preditivos⁵³, já que se encontra directamente relacionado com a capacidade de movimento humano, o uso e a capacidade do solo (Conolly, J. and Lake, M., 2008). Deste modo, foi criado um mapa de declives onde se registam valores que variam desde o 0° (áreas planas) até aos 57° de declive (ver anexo 9).

Pela análise dos dados da tabela 25 e dos gráficos 13 e 14 podemos afirmar que os valores mínimos são iguais nas duas amostras (0°), sendo o valor máximo dos NS mais elevado do que as EA (31,2° nos NS contra 26,4° nas EA), ainda é importante salientar que o valor máximo das EA apresenta características de um "outlier". Os valores máximos relativos à média e ao desvio padrão de ambas as amostras são dispares, revelando diferenças importantes. É possível ainda verificar que até aos 12° temos a quase totalidade das EA, já nos NS encontram-se maioritariamente até 17°, revelando a preferência para a fixação de habitats em vertentes com menor inclinação.

Tabela 26 – Valores estatísticos referentes à variável - declives.

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	0	0
Máximo	26,428	31,234
Desvio Padrão	4,552	6,854
Média	5,984	9,556

Tabela 25 – Teste de M-W para os declives.

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	-4,072
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	< 0,0001
Alpha	0,05

⁵³ Num interessante artigo sobre MP e tecnologia espacial, encarando-os como um importante recurso para a gestão territorial, Dore, Christopher D.; Wandsnider, LuAnn - [GIS and Archaeological Site Location Modeling](#). Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. - Modeling for Management in a Compliance World. , salientam que os declives são a uma das mais importantes e incontornáveis variáveis que devem constar na análise.

Gráfico 13 - Distribuição dos declives nas EA (ordem crescente).

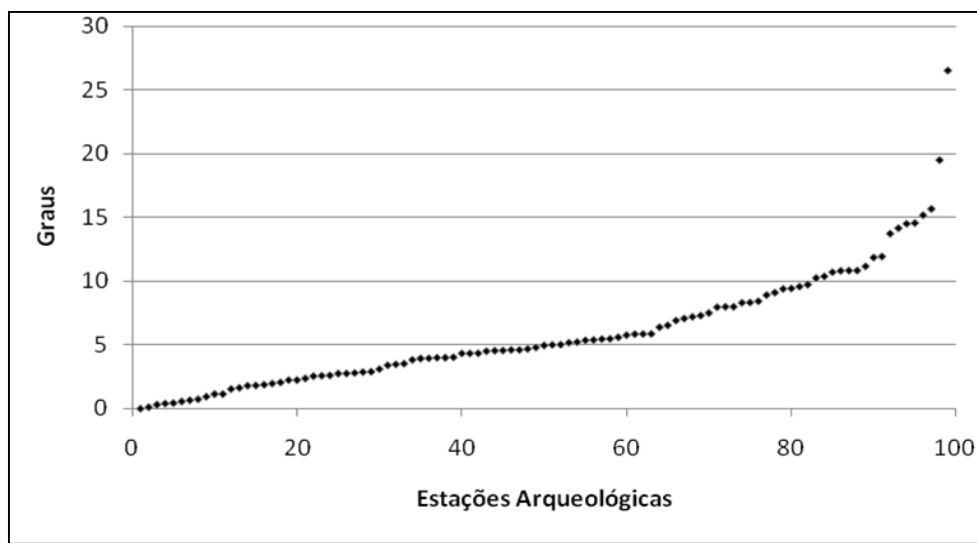
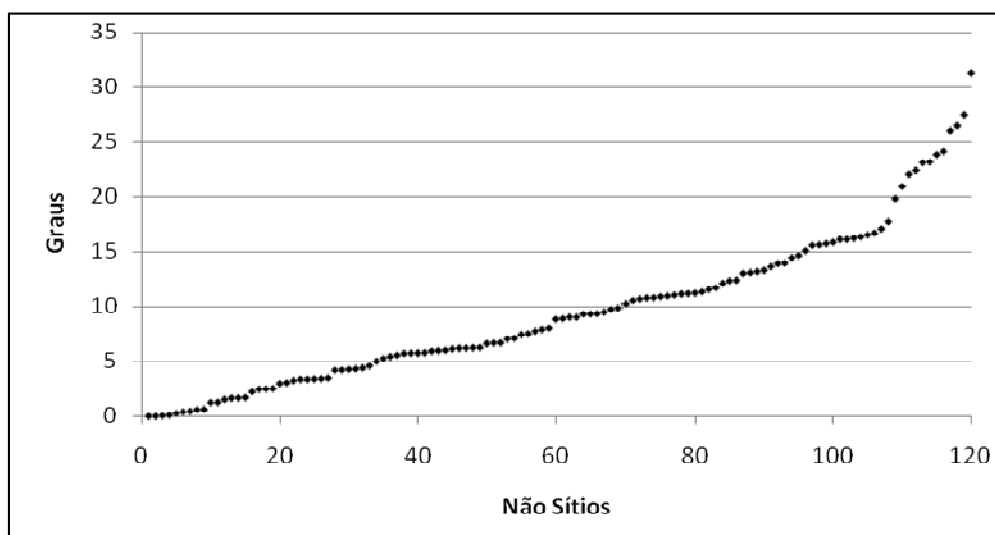


Gráfico 14 - Distribuição dos declives os NS (ordem crescente).



O teste de M-W (ver tabela 26) veio confirmar a interpretação feita pela leitura dos gráficos, o valor de p é inferior ao valor de α e como tal, existe uma diferença significativa entre amostras e os declives, os quais têm de ser ponderados na construção do MP.

3.9. Custo às linhas de água

A água foi e será sempre, um dos factores vitais para a sobrevivência do ser humano, como tal, o acesso a ela é um dos factores de análise essenciais para a construção de quase todos os MP. Para esta análise, autores diferentes optam por abordagens diferentes. É o caso de um MP usado em Belize, em que foi utilizada a distância euclidiana medida desde as estações arqueológicas até à linha de água mais próxima (Vaughn, S. and Crawford, T.). Contudo, outros autores defendem que a distância euclidiana não é transmissora do verdadeiro esforço necessário para se ter acesso às linhas de água e defendem

a criação de um mapa de custo como alternativa (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). Como tal, seguimos o exemplo do MP elaborado para a Virgínia, para o qual foi realizado um mapa de custo, tendo em conta os declives do terreno (Duncan, R.B. and Beckman, K.A., 2005). Na concepção de um mapa de custo, foi utilizado o mapa de declives usado na presente dissertação e a rede hídrica (ver anexo 10), tendo sido utilizado o comando "*Cost Weighted*" da extensão "*Spatial Analyst*" do programa Arcgis9.2.

Numa leitura rápida dos gráficos 15 e 16 e da tabela 27 podemos observar logo algumas diferenças, pois nos gráficos a distribuição dos valores entre amostras difere. Para começar, os valores mínimos apresentam pouca diferença (16,448 nas EA e 0 nos NS), ao contrário dos valores máximos (7042,425 nas EA e 4252,665 nos NS). Podemos ainda verificar que existe um número considerável de NS com um valor de custo 0 ou muito próximo do 0, sendo que, grande parte das observações, dá-se até ao custo acumulado de 1500. As EA localizam-se quase todas entre o valor 0 e os 3000, talvez explicável pela localização estratégica das EA se efectuar em áreas altas e não no fundo dos vales. Os restantes valores, o desvio padrão (1301,116 nas EA contra 821,881 nos NS) e a média (1732,25 nas EA contra 573,829 nos NS) apresentam valores muito contrastantes denunciando o que foi confirmado pelo teste de M-W, *i.e.*, existe uma diferença significativa entre as duas amostras, visto que o valor de P é inferior ao valor de *alpha* (ver tabela 28), como tal o custo às linhas de água vai constar do MP.

Tabela 27 – Estatísticas do custo às linhas de água

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	16,488	0,000
Máximo	7042,425	4252,665
Desvio Padrão	1301,116	821,881
Média	1732,250	573,829

Tabela 28 – Teste de M-W para o custo às linhas de água.

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	7,670
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	<0,0001
Alpha	0,05

Gráfico 15 Distribuição do custo às linhas de água nas EA (ordem crescente).

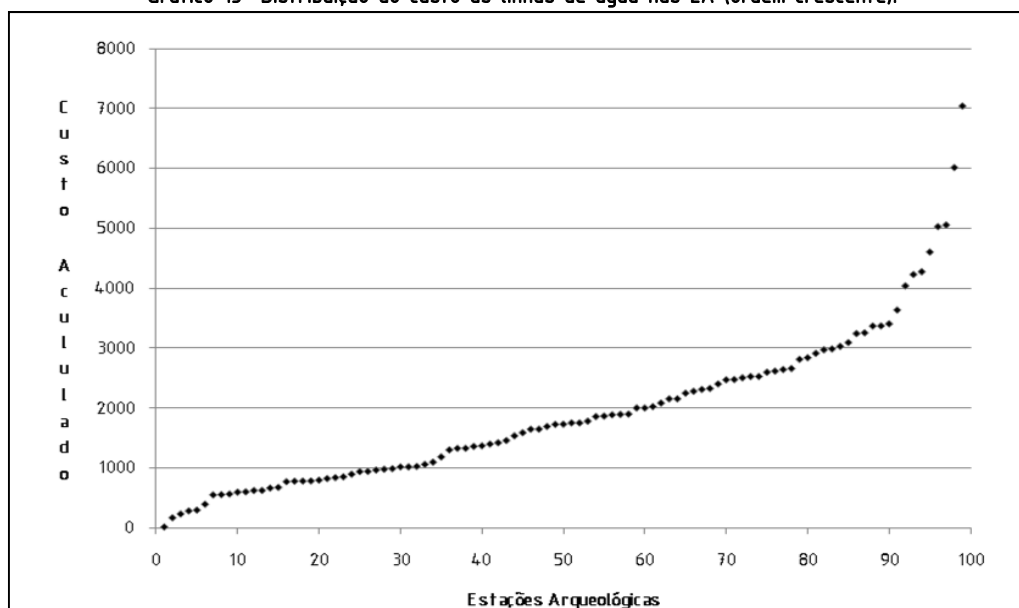
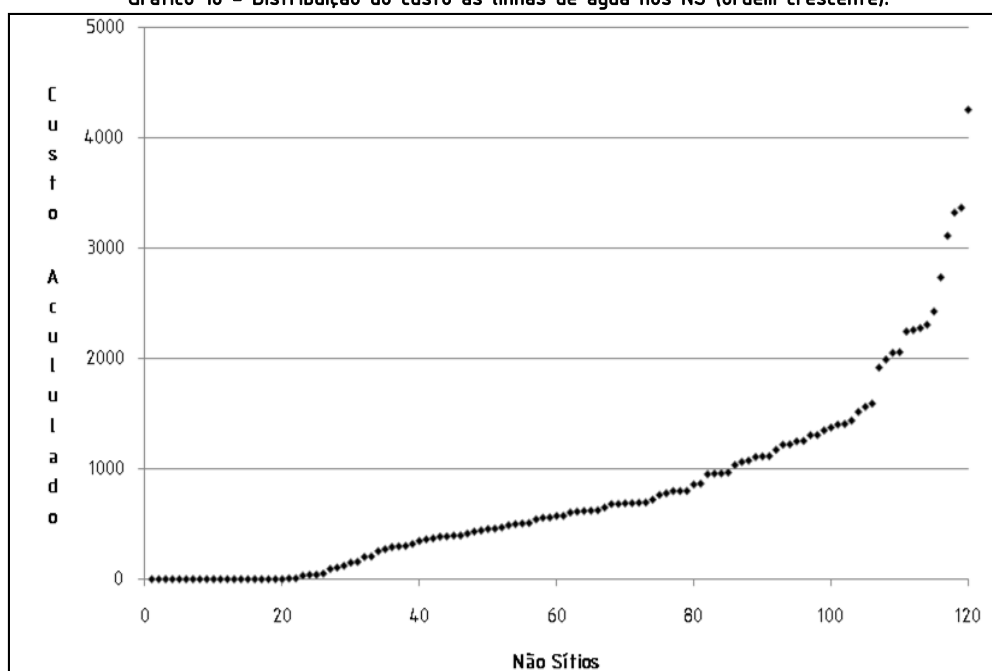


Gráfico 16 - Distribuição do custo às linhas de água nos NS (ordem crescente).



3.10. Sombreamento

A análise ao sombreamento⁵⁴ (ver anexo 11) está directamente relacionada com os declives e a orientação de encostas, com a conjugação dos dois é estimada a intensidade da luz reflectida, com a premissa que o observador se encontra perpendicular à superfície terrestre e se considera um determinado azimute de iluminação, SE para o nosso caso de estudo (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002).

⁵⁴ Esta análise foi elaborada a partir do MDT, usando o comando "hillshade", da extensão "Spatial Analyst" do programa Arcgis 9.2, tendo como resultado um mapa na escala de cinzentos com um ranking de 0 a 254.

Esta análise justifica-se por contemplar uma condicionante ambiental simples, a exposição solar que pode influenciar a temperatura e a circulação atmosférica local, logo, condicionar de modo decisivo o local de implantação de povoados. De resto, foi também uma das variáveis consideradas num MP realizado para a região do Algarve (Vaz, E.M.d.N., 2008).

Gráfico 17 - Distribuição do sombreamento nas EA (por ordem crescente).

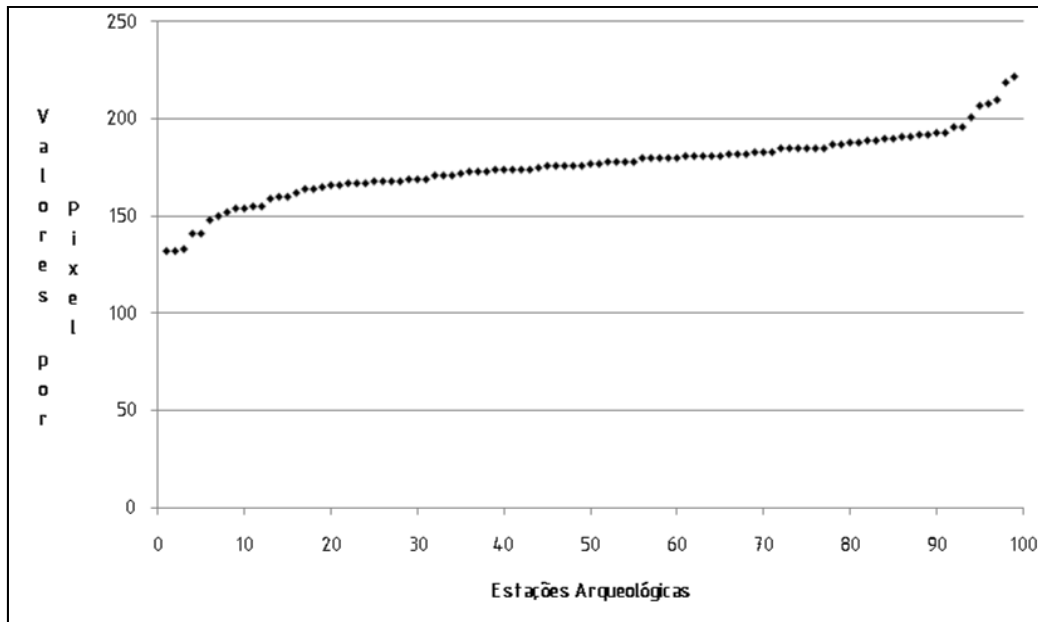
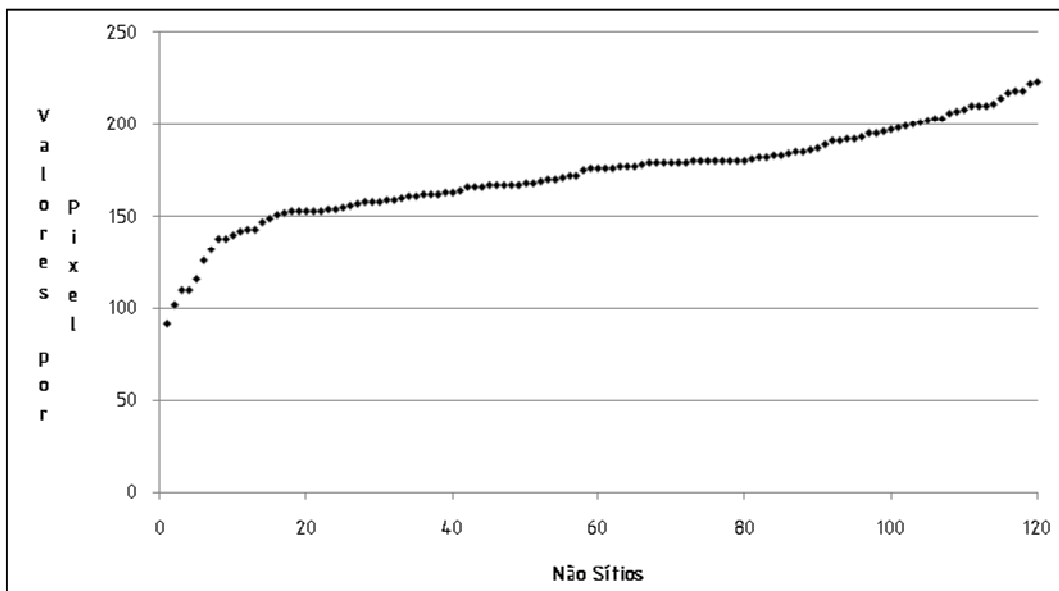


Gráfico 18 - Distribuição do sombreamento nos NS (por ordem crescente).



Pela leitura dos gráficos 17 e 18 e dos valores da tabela 29 podemos verificar que os valores das duas amostras são muito semelhantes, registando a maior diferença nos valores mínimos, 132 nas EA e 92 nos NS. Os valores máximos (222 as EA e 223 nos NS), assim como as médias (175,929 nas EA e 173,050 no NS) apresentam valores quase iguais, denunciando que as mostras não possuem muitas

diferenças entre si. A distribuição dos valores pelas duas amostras é muito semelhante, quase todas as ocorrências dão-se entre os 150 e os 200. Mas com a execução do teste de M-W depararmos que o valor de P (0,335) ultrapassa o valor de *alpha*, ou seja, não existe uma diferença significativa entre as duas amostras, como tal, o sombreamento não será usado para a criação de MP.

Tabela 29 – Estatísticas do Sombreamento.

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	132,000	92,000
Máximo	222,000	223,000
Desvio Padrão	16,519	25,003
Média	175,929	173,050

Tabela 30 – Teste de M-W para o sombreamento

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	0,965
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	0,335
Alpha	0,05

3.11. Acumulação de Fluxos

A acumulação de fluxos (ver anexo 12) é uma variável muito importante, pois encontra-se relacionada com os declives e a altimetria. As áreas de fundo de vale acumulam mais fluxos, as áreas de topo de montanha não acumulam fluxos. Tendo em conta que o tipo de EA analisadas privilegia-se as áreas altas com boa visibilidade e naturalmente terão valores de acumulação de fluxos muito baixos.

Pela análise da tabela 31 podemos observar que apesar do mínimo apresentar valores iguais (1), os valores máximos são completamente discrepantes, nas EA temos 4 e nos NS 1267, no desvio padrão os valores são igualmente discrepantes, 0,373 nas EA contra 155,548 nos NS e a média também é reveladora de discrepâncias, apresentando 1,061 as EA e 38,558 os NS.

Pela análise da tabela 31 e pelo gráfico 19 podemos observar que as EA possuem todas o valor 0, ou seja, não possuem acumulação de fluxos devido a se localizarem em topos de montes. Pelo gráfico 20 podemos observar que a existência de valores próximos de 0, sendo o valor máximo um outlier (3776).

Com a análise dos gráficos 19 e 20 podemos verificar que os valores apresentados na barra vertical apresentam intervalos díspares provocados pelas diferenças nos valores nas amostras recolhidas. Verifica-se que as EA apresentam valores significativamente mais baixos que os NS. Mas com a tabela 32, onde se encontram os resultados do teste de Mann Whitney, podemos observar que o valor do Z crítico é negativo e o valor de p inferior ao alfa definido, como tal, a hipótese nula não pode ser rejeitada e o escoamento deve ser incluído no MP.

Tabela 31 – Estatísticas de Escoamento.

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	0	0
Máximo	0	3776
Desvio Padrão	0	33,088
Média	0	53,908

Tabela 32 – Teste M-W para o Escoamento.

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	-10,111
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	< 0,0001
Alpha	0,05

Gráfico 19 Distribuição do escoamento nas EA (ordem crescente).

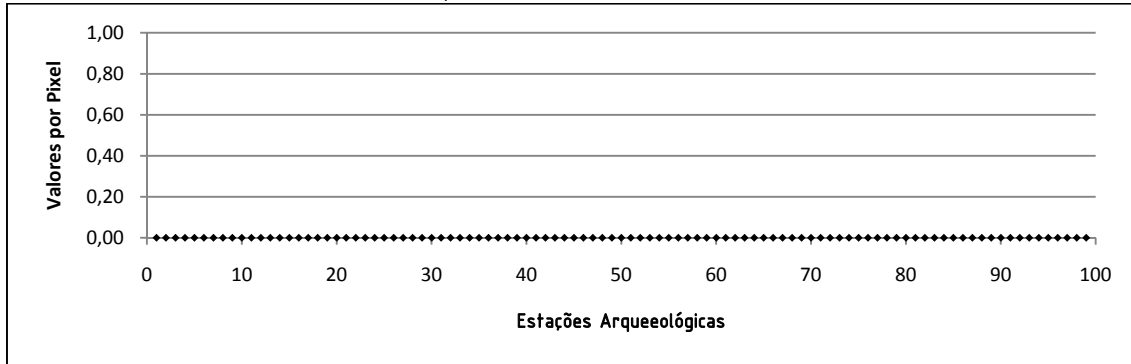
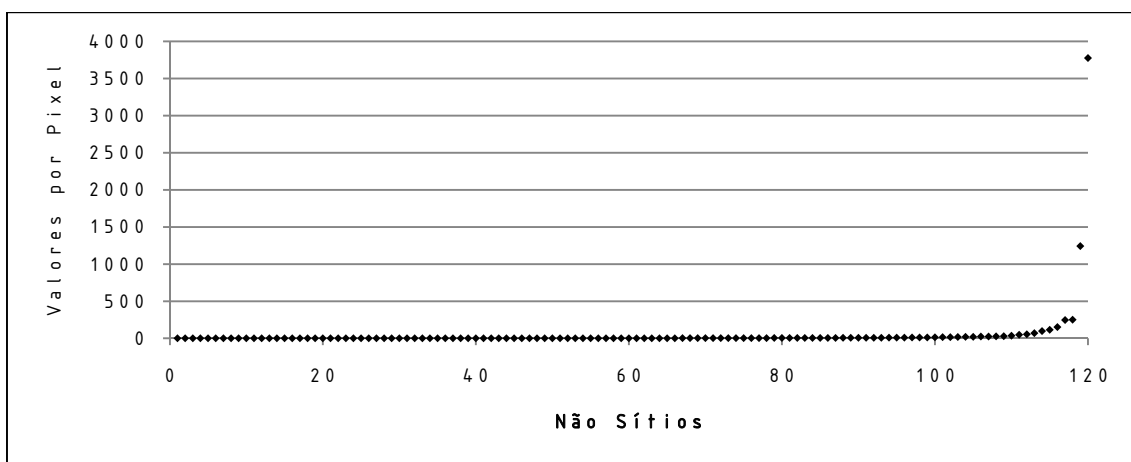


Gráfico 20 - Distribuição do escoamento nos NS (ordem crescente).



3.12. Insolação

À semelhança de alguns autores iremos usar a insolação, *i.e.*, a radiação solar recebida numa determinada área da superfície, como uma variável independente. A criação de um mapa de radiação solar envolve a análise desde a altitude, ao declive e à orientação de encostas (ver anexo 13). O espaço temporal da análise será o da manhã de 22 de Dezembro⁵⁵, ou seja, uma manhã fria de inverno⁵⁶ (Duncan, R.B. and Beckman, K.A., 2005).

⁵⁵ Foi utilizado o comando "*area solar radiation*" da extensão do Spatial Analyst, do Arcgis 9.2, como tal, foi necessário utilizar o MDT como "input" e respeitar os parâmetros geográficos para a área de estudo. As unidades apresentadas para esta análise são *watts* por hora, por cada metro quadrado de cada célula.

⁵⁶ Nem todos os autores são claros na escala temporal da análise da radiação solar. Os critérios aqui seguidos são os que Beckman (data) definiu para um MP na Virginia.

Gráfico 21 - Distribuição da insolação nas EA (ordem crescente).

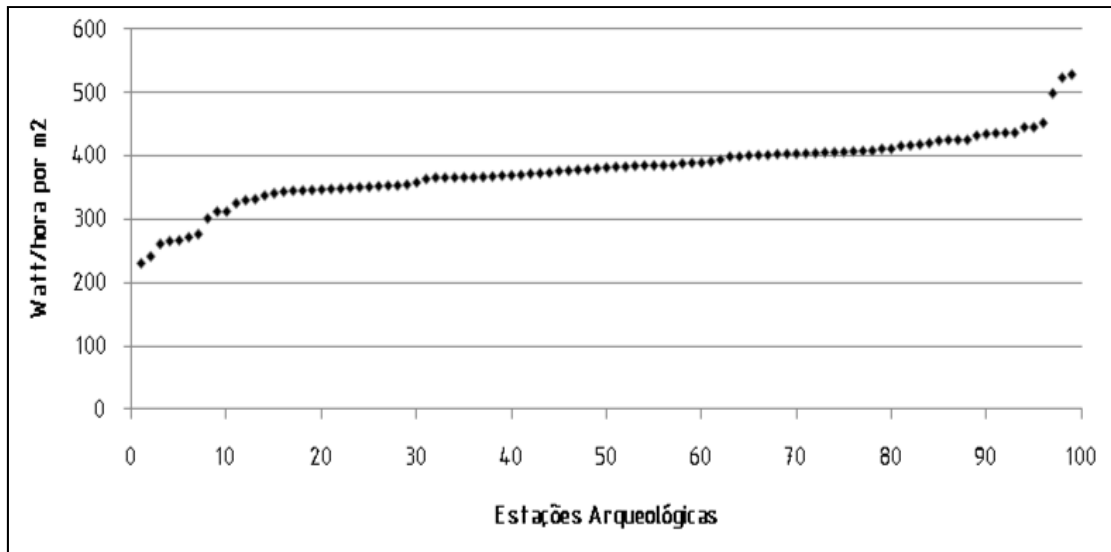
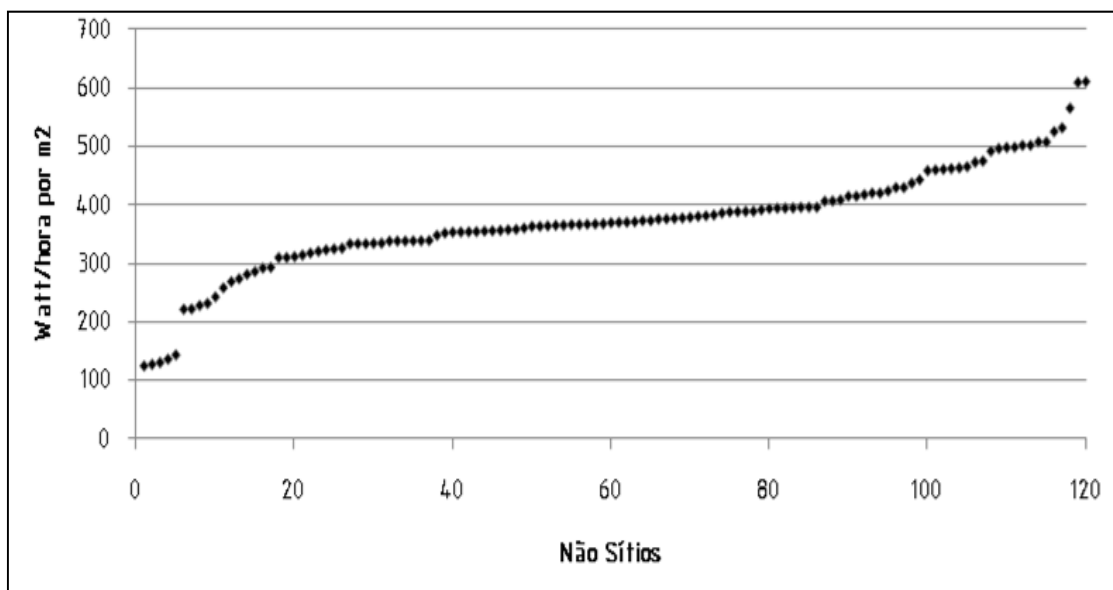


Gráfico 22 - Distribuição da insolação nos NS (ordem crescente).



Pela análise à tabela 33 verificamos que os mínimos e os máximos das EA e dos NS são díspares. Nos mínimos temos nas EA 230,505 watts e nos NS temos 124,325 watts. O mesmo acontece com os máximos, nas EA temos 528,159 watts e nos NS temos 610,300 watts. Contudo, observamos que a média e o desvio padrão apresentam valores muito próximos e, com a ajuda dos gráficos 21 e 22, podemos verificar que não existem diferenças significativas entre as duas amostras, pois a grande maioria das observações das EA balizam-se entre os 300 e os 450 watts e nos NS balizam-se entre os 250 e os 500 watts. Com a execução do teste M-W (ver tabela 34) observamos que o valor de p (0,306) é superior ao de α , como tal não existe uma diferença significativa entre as duas amostras, a insolação não poderá ser usada na construção do MP.

Tabela 33 – Estatística da Insolação.

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	230,505	124,325
Máximo	528,159	610,300
Desvio Padrão	51,205	88,676
Média	378,109	371,584

Tabela 34 – Teste de M-W para a Insolação.

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	1,024
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	0,306
Alpha	0,05

3.13. Curvatura

Não se tratando de uma variável muito utilizada – o índice de curvatura – a sua utilização poderá ser interessante na medida em que são destacadas superfícies côncavas e convexas. As ocupações passadas nas EA poderão ter causado alterações topográficas suficientes ao ponto de se diferenciarem dos NS. Contudo, na bibliografia consultada, este índice apenas foi aplicado num estudo realizado para analisar paisagens em sítios arqueológicos da Idade do Bronze e do Ferro na Noruega (Fry, G.L.A. [et al.], 2004). Deste modo, com o comando “curvature” da extensão “Spatial Analyst” do programa “Arcgis” foi criado um mapa referente ao índice de curvatura, onde os valores negativos representam superfícies côncavas e os valores positivos representam superfícies convexas. O valor 0 (zero) representa áreas planas (ver anexo 14).

Como facilmente se depara pela leitura da tabela 35 e dos gráficos 23 e 24 esta variável apresenta-se como a mais contrastante entre as amostras. A primeira conclusão que podemos tirar é a ausência de EA em superfícies concavas, o valor mínimo é 0, ou seja superfície plana. Por outro lado, a distribuição de superfícies concavas e convexas encontram-se tão uniformemente distribuídas, nos NS, que até a média apresenta o valor zero, ou seja, o índice de valores côncavos é igual ao índice de valores convexas, por isso, um anula o outro. Os valores máximos também são dispares, o valor máximo das EA 4,331 contra 1,487 para no NS, revelando a preferência por superfícies convexas das EA. Perante estas discrepâncias, o teste de M-W só vem confirmar o que é evidente, o valor de P é inferior ao valor de *alpha* revelando a diferença significativa entre as duas amostras (tabela 36), por isso a curvatura vai constar do MP.

Tabela 35 – Estatísticas do Índice da Curvatura.

Valores	Estações Arqueológicas	Não-sítios
Mínimo	0,000	-1,739
Máximo	4,331	1,487
Desvio Padrão	0,784	0,435
Média	0,917	0,000

Tabela 36 – Teste de M-W para o índice de curvatura

Mann-Whitney	Valores
Z Valor calculado	9,980
Z Valor crítico	1,960
Two-tailed p-value	< 0,0001
Alpha	0,05

Gráfico 23 - Distribuição do índice de curvatura nas EA (ordem crescente).

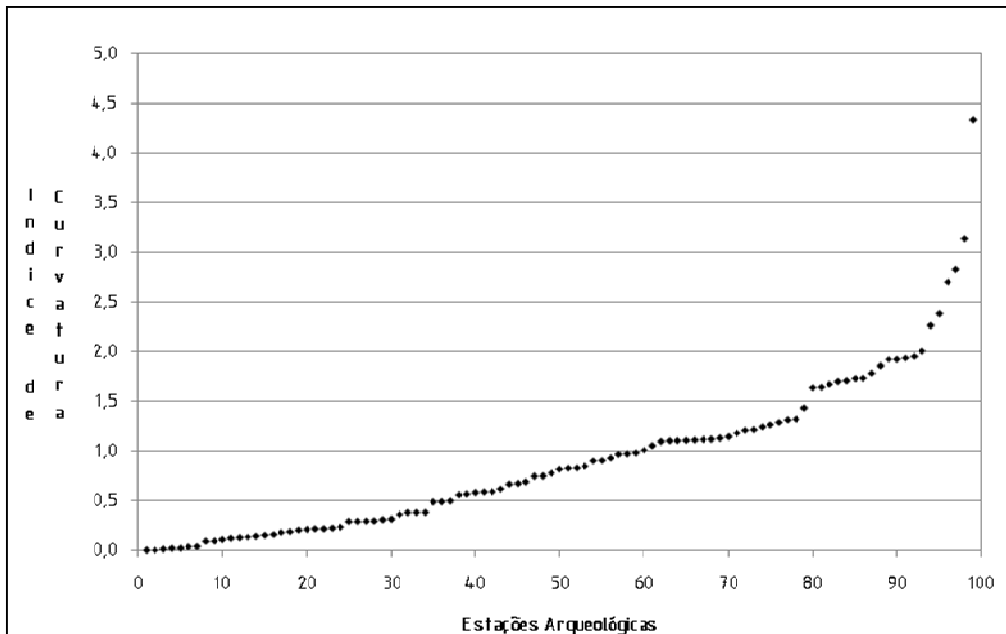
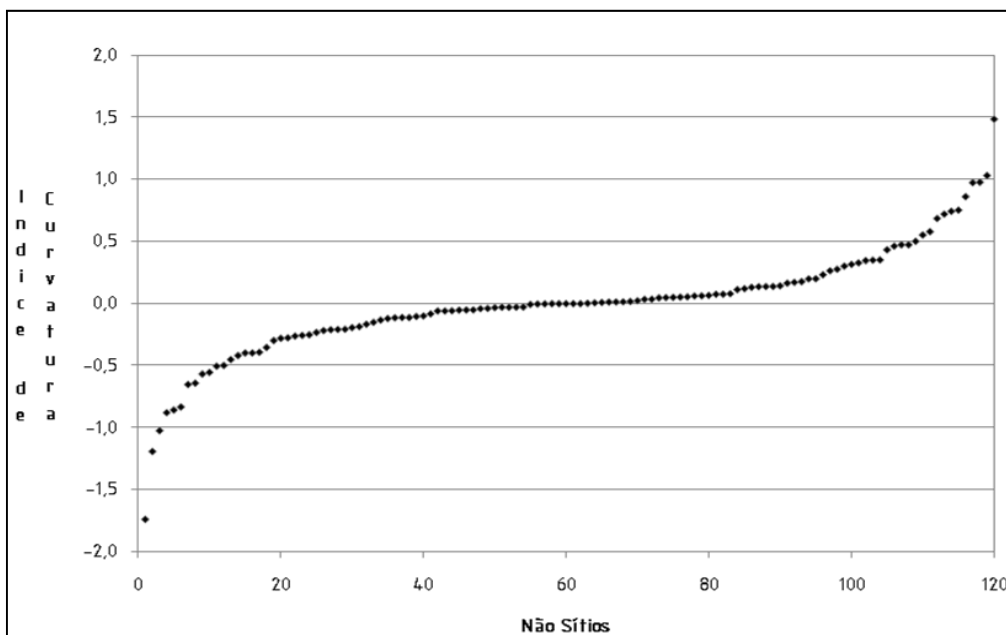


Gráfico 24 Distribuição do índice de curvatura nos NS (ordem crescente).



CAPÍTULO 4

Aplicação do Modelo Preditivo: o mapa de Probabilidade de ocorrência

4.1 – Regressão Logística Binária e Índice de Ganho

4.2 – Aplicações do resultado do modelo preditivo

4.2.1. Confrontação do Modelo com a Realidade – Alguns Exemplos

4.2.2. O Mapa de Probabilidade de Ocorrência como Ferramenta de Prospecção Arqueológica – Algumas Vantagens e Limitações

4.2.3. A Delimitação de Áreas de Salvaguarda de EA nos PDM

4.3 – Conclusões

4. Aplicação do modelo preditivo: o mapa de probabilidade de ocorrência.

4.1. Regressão logística binária e índice de ganho.

Em muitas situações práticas o investigador vê-se envolvido na necessidade de construir um modelo matemático com o objectivo de estudar alguns fenómenos observados. Modelo esse que deve servir para predição e controle, mas ao mesmo tempo tem de se aproximar da realidade, de uma forma simples, ou seja, o modelo deve conter a informação fundamental para a sua compreensão de forma a não tornar o sistema complexo e difícil de manipular (Queiroz, N.M.d.O.B., 2004).

Após a análise de todas as variáveis e tendo seleccionado aquelas que podem contribuir para o MP, torna-se necessário avaliar qual o peso e de que forma cada uma das variáveis seleccionadas intervêm no MP. As diferentes variáveis encontram-se com escalas diferentes (umas nominais, outras ordinais) e por isso, é necessário normalizá-las e atribuí-lhes uma ponderação.

Uma solução encontrada por vários investigadores (Vaughn, S. and Crawford, T., Vaz, E.M.d.N., 2008, Warren, R.E. and Asch, D.L., 2005), de várias áreas, consiste no emprego de regressões⁵⁷, principalmente a regressão logística⁵⁸. Estas regressões são métodos estatísticos óptimos para se ponderar forças e fraquezas dos modelos, sendo usados tanto para modelos que contemplam EA como espólio arqueológico (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002).

A regressão logística é usada na previsão da probabilidade da ocorrência de determinado evento (Matos, M.A., 1995), que para o nosso caso serão as áreas de potencial arqueológico, i.e., as áreas do NW português sobre as quais existe ou não, uma forte probabilidade de encontrarmos estações arqueológicas da Idade do Ferro, face às variáveis consideradas no modelo preditivo. Este método não cria áreas do tipo verdadeiro ou falso, presente ou ausente mas sim, áreas com uma probabilidade de ocorrência estabelecida numa escala de 0 a 1 (Landau, S. and Everitt, B.S., 2004).

A regressão logística produz um operador da mesma forma que uma regressão múltipla (Landau, S. and Everitt, B.S., 2004), contudo, difere uma vez que entra com dados binários, 0 e 1 (Landau, S. and Everitt, B.S., 2004), como forma de distinção da informação a ser processada. As EA vão possuir o valor de 1 e os NS vão possuir o código 0.

A regressão logística pode ser obtida através da seguinte fórmula:

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

Sendo p a probabilidade, exp eleva o valor de e⁵⁹ ao valor entre parêntesis, a corresponde ao valor de intercepção de y⁶⁰, β refere-se aos coeficientes de regressão e X às variáveis independentes (G.Hatzinikolaou, E., 2006).

⁵⁷ A regressão tanto pode ser usada para fins explicativos (i.e., para explicar uma relação), como para fins preditivos (i.e., prever um determinado valor sem ter a necessidade de recorrer à sua medição).

⁵⁸ Este método também é conhecido por modelo logit ou classificador de máxima entropia (referência).

⁵⁹ Número de Euler – 2,71828182845905 (aproximadamente)

⁶⁰ O valor de intercepção de y obtém-se quando um ponto passa pelo valor 0 do eixo x.

Para o nosso caso, obtivemos os seguintes valores⁶¹ de intercepção de Y e dos coeficientes que permitiram fazer a regressão logística expressa na tabela 37.

Tabela 37 – Valores de Intercepção de Coeficientes.

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

Podemos observar que os valores dos coeficientes para a altimetria, precipitação e custo às linhas de água são muito baixos, denunciando pouco contributo para o MP. Como tal, no SPSS⁶² foram analisadas duas regressões logísticas, uma com as variáveis existentes na tabela 37 e outra regressão sem as 3 variáveis referidas neste parágrafo. Analisando a taxa sensibilidade de predição da primeira regressão observamos que esta possui 94,5% de sucesso. Com segunda regressão obtivemos 92,2% de taxa de sensibilidade. Ou seja, apesar da altimetria, da precipitação e do custo às linhas de água não possuírem coeficientes altos, a sua inclusão ajuda a melhorar a eficácia de predição.

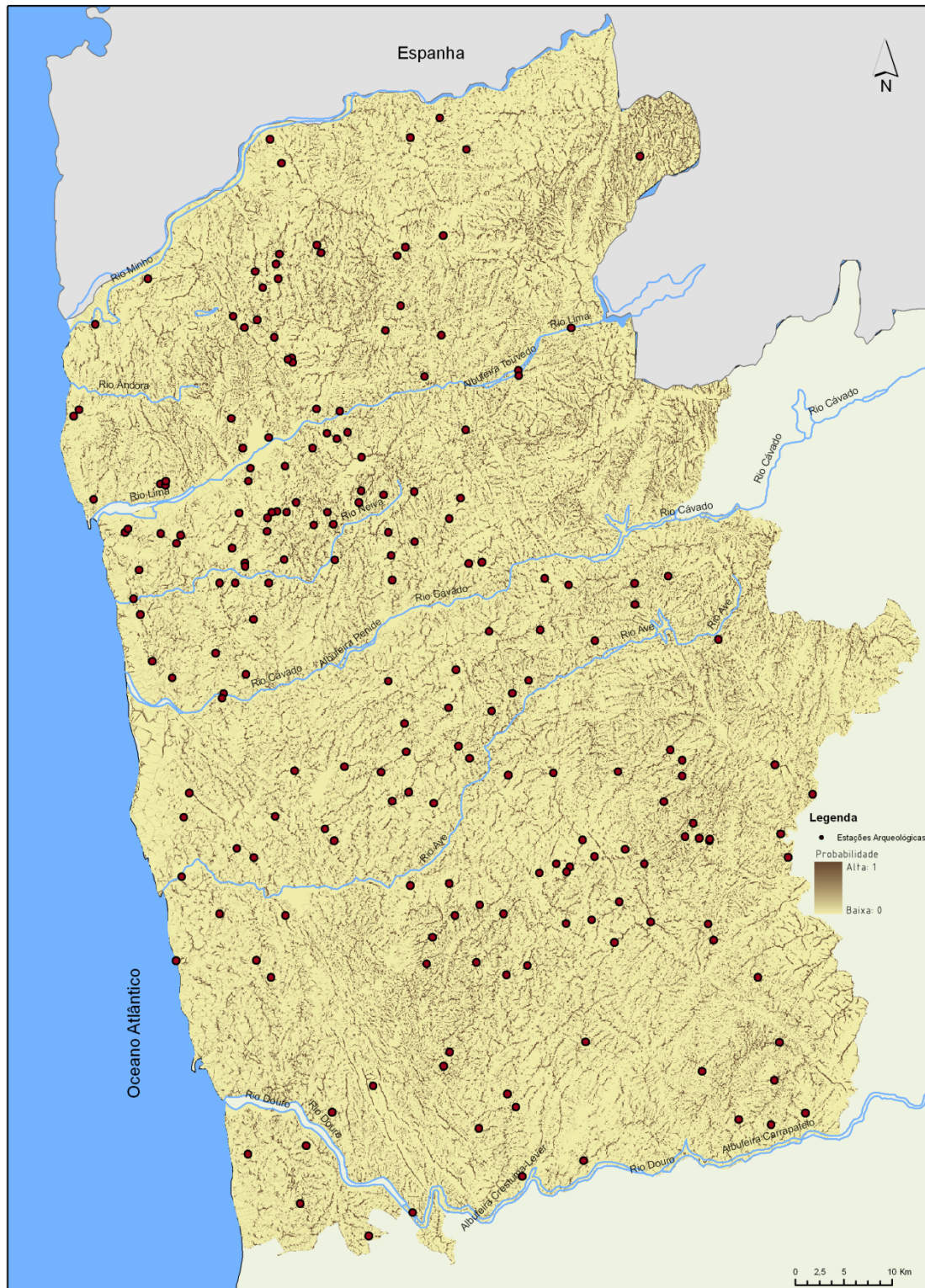
$$P = 1 / (1 + \text{EXP}(-(-1,32571173023494 + 0,00269935607533322 * (\text{Altimetria}) - 0,303782232704661 * (\text{Orientação de encostas}) + 0,0142036658737281 * (\text{Litologia}) + 0,00140418450739576 * (\text{Precipitação}) - 0,751637481437817 * (\text{Declives}) + 0,00199279368559892 * (\text{Custo a linhas de água}) + 7,02274342118466 * (\text{Curvatura}) - 32,6545045263554 * (\text{Fluxo})))$$

Com a fórmula acima transcrita foi possível combinar todos os temas, num único mapa com probabilidade de ocorrência de EA da Idade do Ferro para a área de estudo (ver Figura 21). Podemos facilmente observar a existência de uma grande quantidade de áreas onde a probabilidade de ocorrência de EA é 0, fraca probabilidade (muito baixo potencial) e áreas de maior probabilidade com valores próximos de 1 (muito alto potencial) que constituem pequenos filamentos.

⁶¹ Para estes cálculos utilizamos o programa XLSTAT.

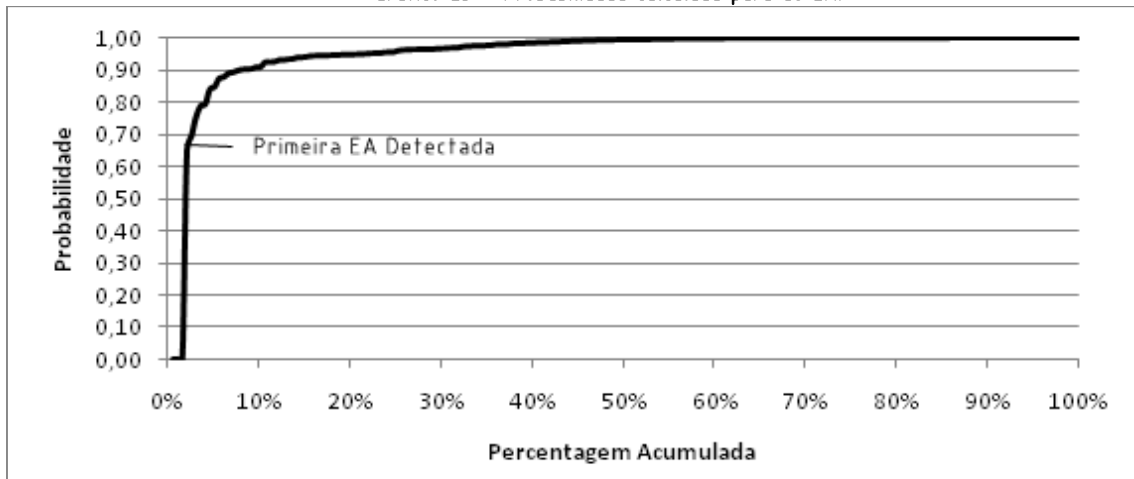
⁶² Statistical Package for Social Sciences

Figura 21 – Probabilidade de ocorrência de estações arqueológicas Idade do Ferro.



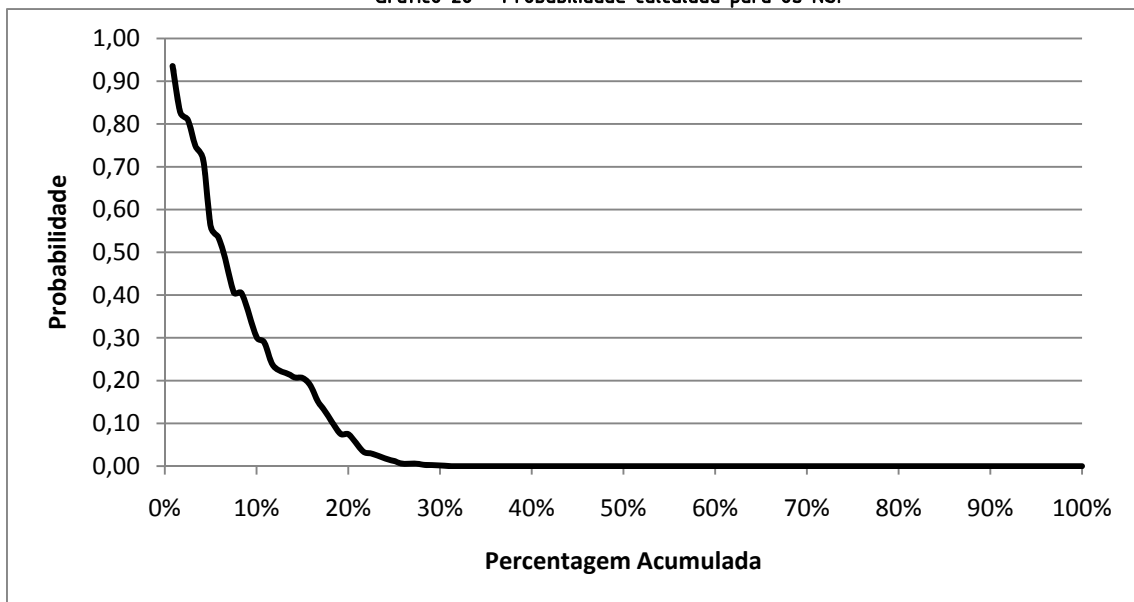
Uma vez criado o MP foi necessário validar esse resultado e para tal será necessário verificar a variação da probabilidade calculada na localização do todo o universo das EA assim como a variação da probabilidade calculada na localização dos NS (Conolly, J. and Lake, M., 2008).

Gráfico 25 – Probabilidade calculada para as EA.



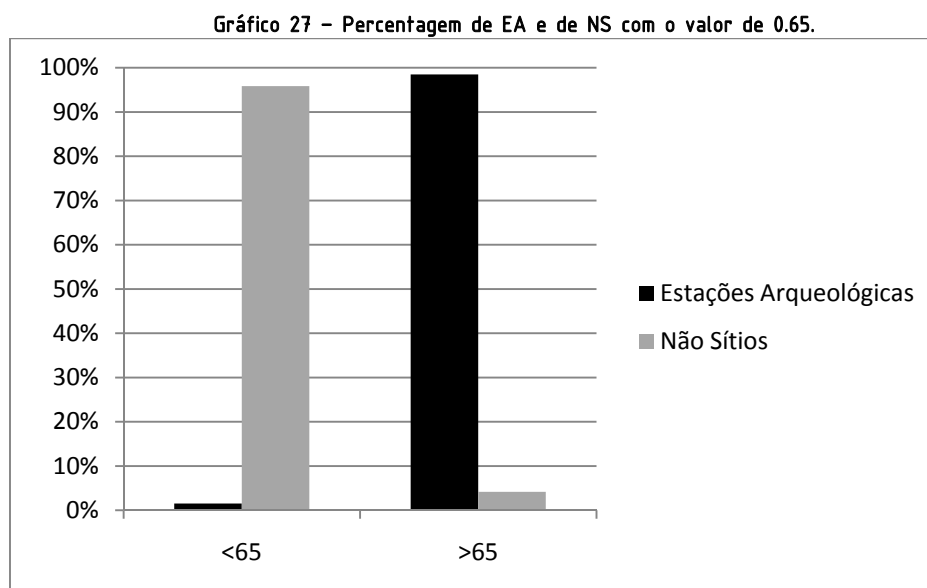
Pela leitura dos dados expressos no Gráfico 25 podemos observar que apenas existe uma pequena percentagem de EA (1,52%) com probabilidade de 0, de resto já esperado, existindo um grande salto no valor da probabilidade das EA. A primeira EA que possui o valor 0,65 de probabilidade e cerca de 90% das EA apresentam valores de probabilidade igual ou superior a 0,9.

Gráfico 26 – Probabilidade calculada para os NS.



Por outro lado, analisando dados referentes aos NS (ver Gráfico 26) podemos observar que apenas cerca de 30 % dos NS possuem um valor de probabilidade superior a 0, contudo trata-se de uma probabilidade com tendência decrescente, uma vez que a partir dos 20% esta é inferior a 0,1.

Apenas com estes dois gráficos poderíamos afirmar que o MP criado, em termos estatísticos, se tinha revelado óptimo na previsão de localização de EA, contudo peca por excesso, visto que existem demasiadas áreas com probabilidade de ocorrência onde não são conhecidas EA. Contudo, ainda é possível afinar um pouco mais o valor de probabilidade satisfatória do modelo, executando alguns testes que ajudem a definir o grau de probabilidade mais eficaz para a detecção de EA. No fundo iremos colocar toda a área que regista uma probabilidade de ocorrência inferior ao grau definido, como uma área única de fraca probabilidade e as restantes áreas que manifestam um grau de probabilidade superior ao limiar definido, como área única de elevada probabilidade.



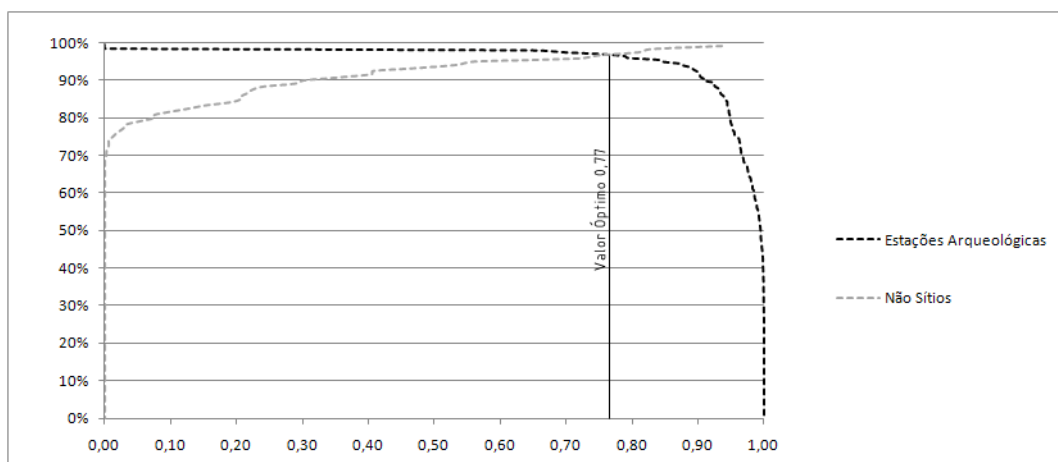
Pode-se definir que o grau de confiança surge a partir do momento em que começam a ser detectadas EA. A EA com o valor de probabilidade mais baixo e superior a 0 regista o valor de 0.65 (Ver Gráfico 26). Desta forma foram organizadas duas classes, uma pertencendo a valores inferiores a 0.65 e outra com valores superiores a 0.65. Pelos dados do Gráfico 27 verifica-se que mais de 90% dos NS se encontram numa classe inferior a 0.65, enquanto as EA apenas possuem 1,5% de presenças. Na classe superior a 0.65 temos 98,48% das EA e apenas 4,17% dos NS. Para testar a eficácia desta classificação podemos calcular o índice de ganho (Conolly, J. and Lake, M., 2008):

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

Esta fórmula permite estimar índices de ganho que variam desde o valor 1 (altamente preditiva), 0 (sem perda) e -1 (predição contrária ao que era suposto). Como tal para esta classificação, o total da área predita representa 6,45% e o total de EA observadas nesta área representa 98,45%, logo obtém-se com um ganho de 0,93.

Em 1988, Kvamme utilizou um modelo de gráfico capaz de definir o índice de probabilidade ótimo. Trata-se de um gráfico que representa a percentagem acumulada (eixo Y) de EA e de NS contrastando-os com o grau de probabilidade (eixo X). O valor de probabilidade ótimo é definido pelo valor apresentado no eixo X quando as duas linhas (EA e NS) se cruzam. Para o MP criado, o valor de probabilidade ótimo obtido é de 0.77 (Gráfico 28). Como tal, foi criado um novo mapa (ver Figura 22) que representa apenas dois tipos de áreas, ou seja, áreas com valores inferiores a 0.77 e áreas com valores superiores a 0.77, correspondendo a áreas de muito baixa probabilidade ou de muito alta probabilidade. Perante esta nova reclassificação, 96.97% das EA e 2.50% dos NS encontram-se em áreas cuja probabilidade é superior a 0.77. Por outro lado, 97.50% dos NS e 3.03% das EA encontram-se com valores inferiores a 0.77 (ver Gráfico 29). Os pixéis com valores superiores a 0.77 ocupam 5.02% da área de estudo, o que permite obter um índice de ganho de 0.95.

Gráfico 28 - Definição do valor Ótimo.



A escolha da probabilidade com o valor ótimo permite aumentar o índice e ganho, visto que existiu uma redução da área de probabilidade, mas existiu também uma perda, ainda que pouco expressiva, de EA que deixaram de ser detectadas. Desta forma, obtivemos o mapa que representa o corolário final do nosso modelo preditivo

Gráfico 29 - Percentagem de EA e de NS com o valor de 0.77.

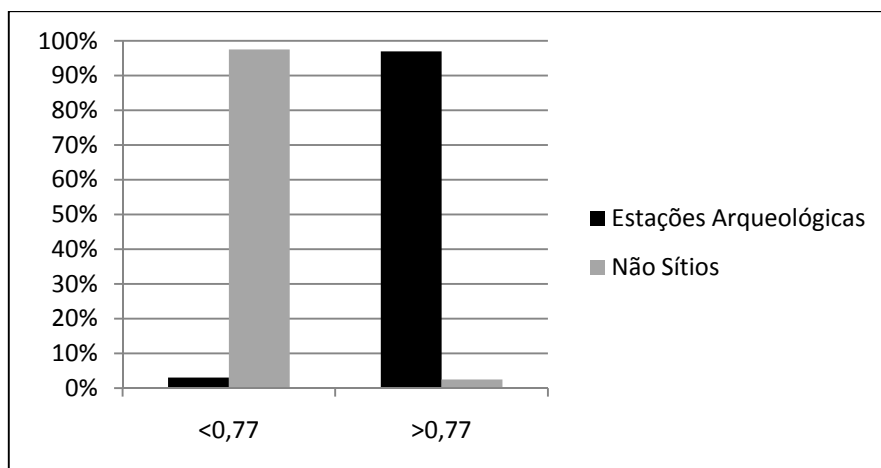
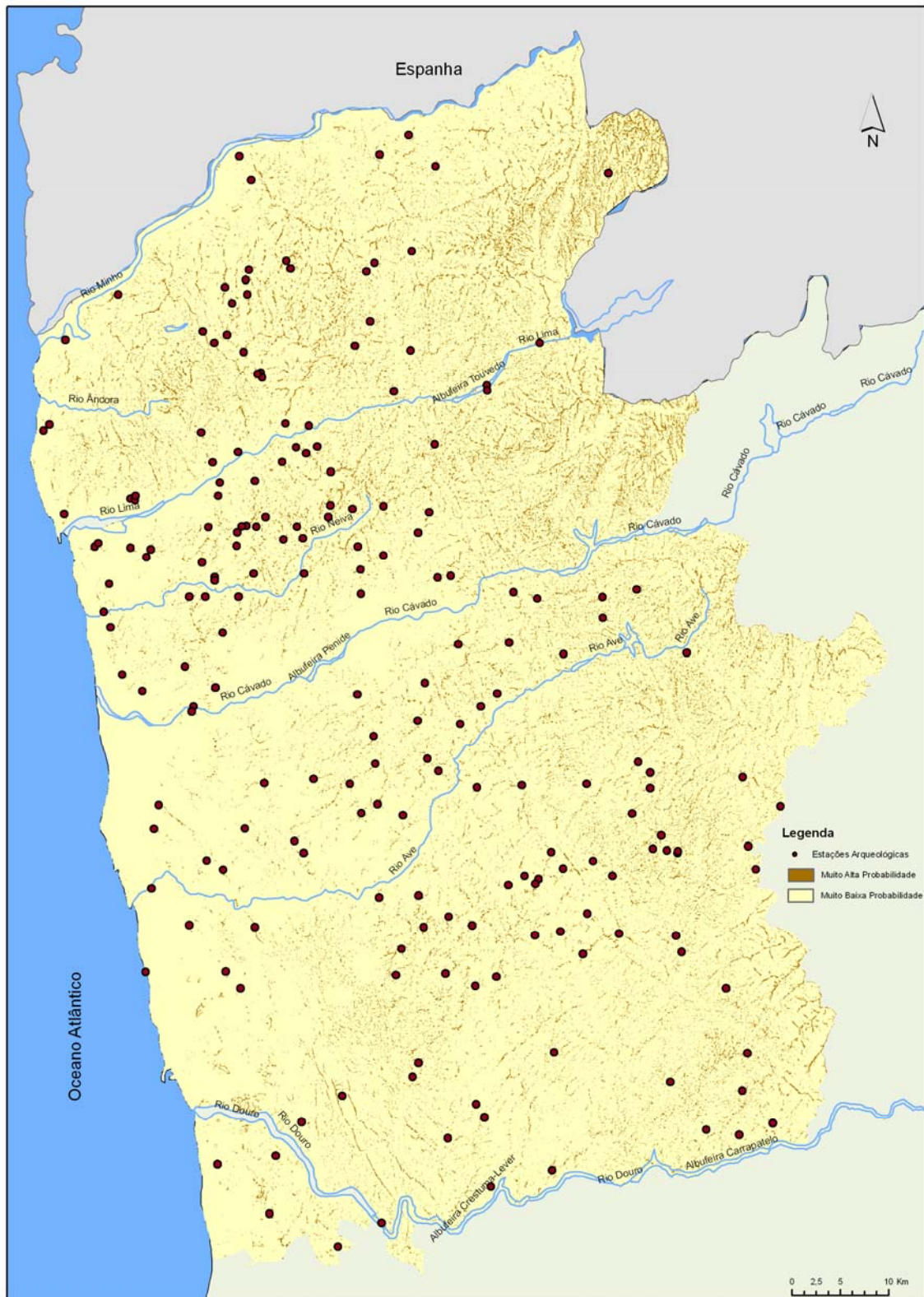


Figura 22 – Aplicação do índice ótimo para a localização de áreas de potencial arqueológico.



4.2. Aplicações do resultado do modelo preditivo.

Os gráficos e valores apresentados no ponto anterior dão uma boa perspectiva acerca da eficácia do MP, contudo falta analisar na prática a aplicação do MP construído. Torna-se necessário compreender a porque motivo existiram 3 EA que tiveram o valor 0 de probabilidade, exemplificar o comportamento do mapa em EA conhecidas e ponderar a sua utilização no ordenamento do território assim como na investigação arqueológica.

4.2.1. Confrontação do modelo com a realidade – alguns exemplos.

A análise dos resultados do mapa que obtivemos tem de ser acompanhada por uma interpretação visual e confrontação com a realidade. Como tal, a primeira observação e reparo que fazemos ao modelo apresentado consiste no excesso de áreas preditas. Este aspecto encontra-se bem saliente na área do Gerês, onde se sabe que as cotas altimétricas ultrapassam os valores máximos que referimos no ponto 1 capítulo 3 da presente dissertação, isto é os 1030 metros. Este problema pode ser resolvido com o aumento de NS na concepção do MP de forma a proporcionar mais dados sobre o território (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002), ou ainda, pela eliminação das áreas que se localizam acima de determinado limiar de altitude, o que de certa forma poderia ser muito arriscado.

Podemos também afirmar que é um método com algum grau de falibilidade, porque como vimos, existem 3 EA que obtiveram o valor de probabilidade 0 (ver Figura 23). A EA do Vau localiza-se numa área de encosta, muito próximo de linhas de água, ao contrário da maioria das EA. A EA de Santa Comba localiza-se igualmente próximo de linhas de água e numa área plana, completamente oposta ao típico deste tipo de EA. A EA de S. Paio localiza-se numa pequena elevação junto ao mar e não foi analisada por falta de dados alguma informação base, como tal, não obteve qualquer valor de probabilidade.

Outra constatação refere-se ao valor de probabilidade que se encontra anexado a cada pixel, o qual pode variar significativamente na área de uma EA conhecida, sendo, geralmente, a acrópole⁶³ a possuir o valor mais elevado. Na Figura 24 podemos observar o exemplo da Cividade de Bagunte, localizada no concelho Vila do Conde, onde observamos que o valor de pixel mais forte se encontra junto do marco geodésico e da área onde se localizam os vestígios arqueológicos, mas também significativo, é verificar que na encosta, não é favorável à implantação da EA, os valores se aproximam de 0.

⁶³ Acrópole é a parte mais elevada de um povoado (Priberam)

Figura 23 - EA não detectadas no MP.

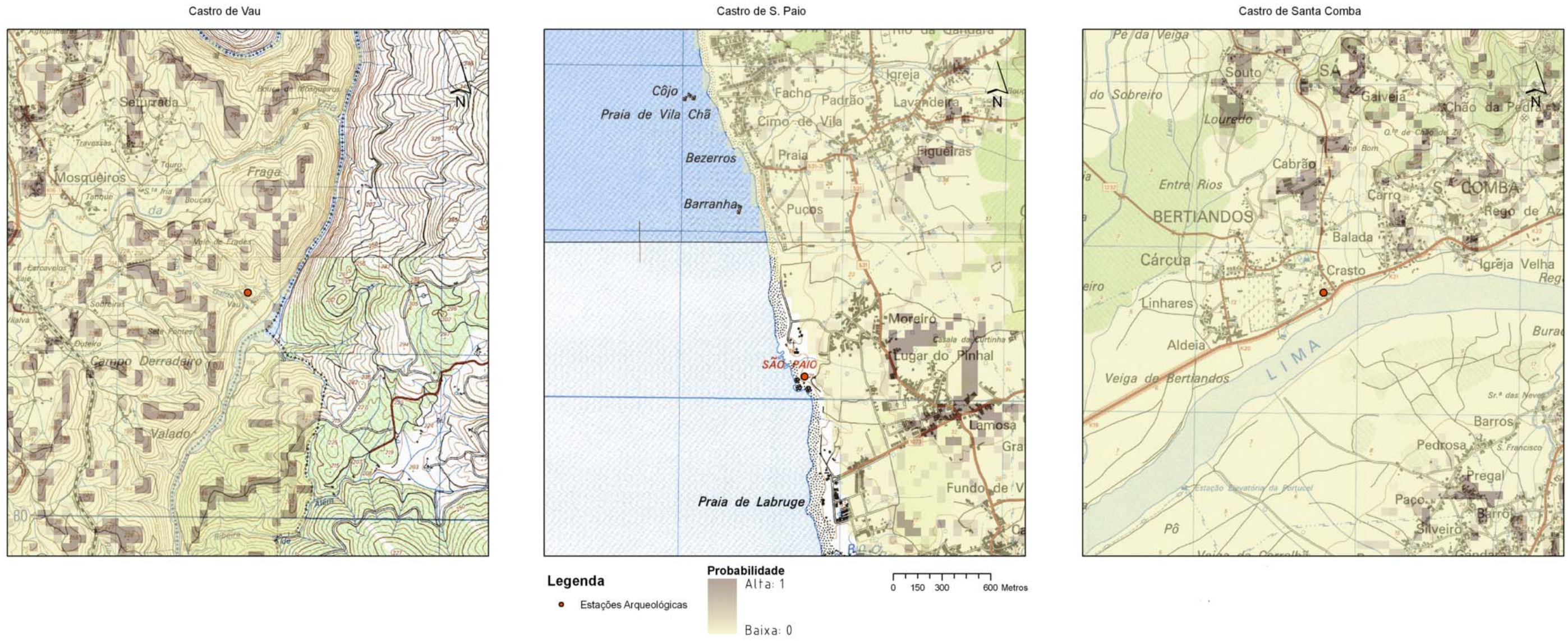
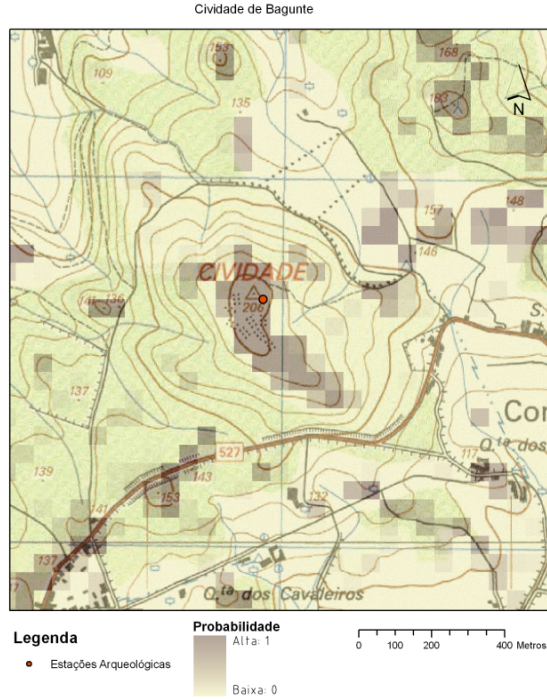
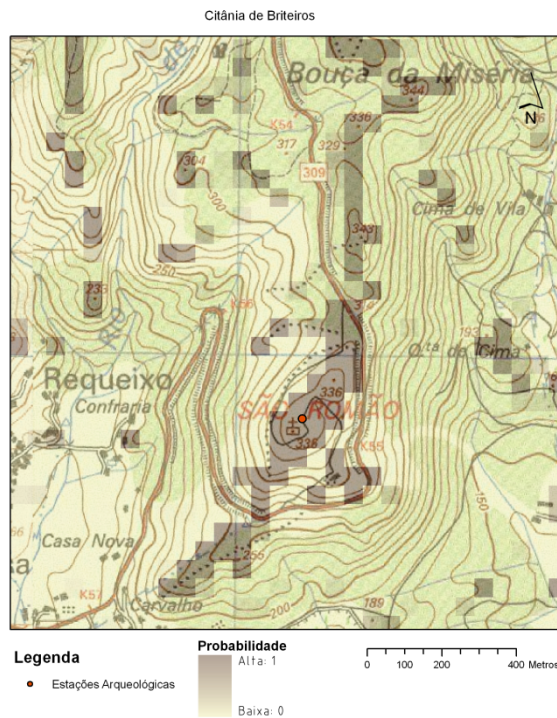


Figura 24 – Comportamento do Modelo Preditivo na Cidade de Bagunte (Vila do Conde).



Noutros casos, como na Citânia de Briteiros (Figura 25), localizada no concelho de Guimarães, podemos observar que, aparentemente, a área detectada poderá ser superior à área da EA. Podemos observar que os pixéis com valores de maior probabilidade estendem-se no sentido Norte-Sul, contudo, também é possível observar a sua maior concentração na área da EA.

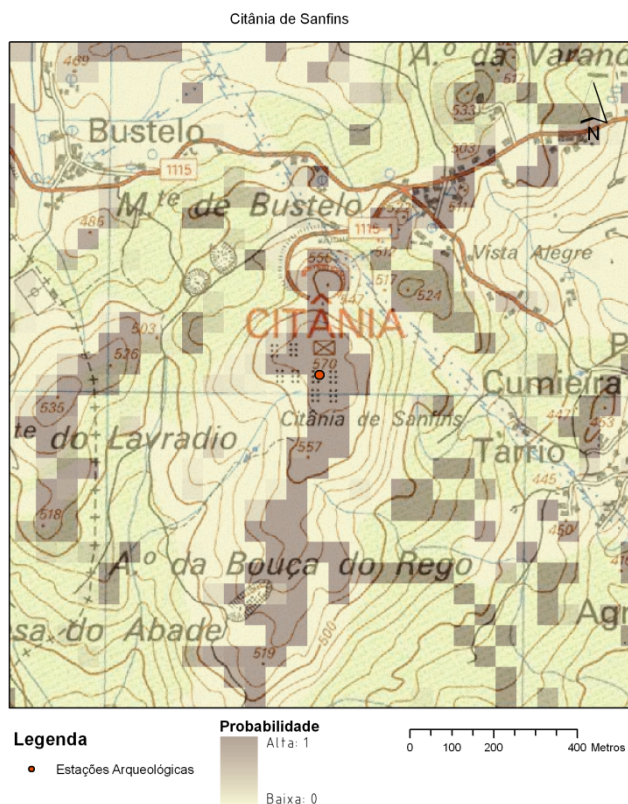
Figura 25 – Comportamento do Modelo Preditivo na Citânia de Briteiros (Guimarães).



Noutros casos, como na Citânia de Sanfins, no concelho de Paços de Ferreira, a EA não é delimitada apenas num dos seus quadrantes. Pela Figura 26 podemos verificar que no quadrante sul a

mesma não se encontra delimitada, contudo, tal como na EA anterior podemos observar que no centro da citânia existem mais pixéis com valores elevados de probabilidade

Figura 26 - Comportamento do Modelo Preditivo na Citânia de Sanfins (Paços de Ferreira).



Também verificamos que as áreas de maior probabilidade ocupam o topo de elevações, característica típica deste tipo de EA. No entanto, cremos que se fosse possível a inclusão de mais variáveis no MP poderíamos obter um modelo mais preciso. Uma dessas variáveis que seria interessante incluir, mas que é composta por dados algo complexos, seria relativo aos modos de vida dos seus habitantes, nomeadamente, a quantidade de terra arável que seria necessário para se alimentarem⁶⁴.

Por outro lado, este método ao definir a probabilidade, está a definir áreas de potencial ocorrência de vestígios arqueológicos, contudo, não apresenta áreas concretas e, como tal, deve ser interpretado como uma carta de referência para guiar a investigação e como carta de auxílio para a tomada de decisões em termos de ordenamento do território. Em locais onde não se conheça efectivamente a realidade arqueológica dessa área, este tipo de modelos pode constituir um bom ponto de partida para a investigação.

⁶⁴ Este tema já foi abordado por outros autores que salientam a importância desse dado, mas que ainda não se encontram definidos os critérios Lopes, António Baptista - *Proto-História e Romanização O Baixo Minho*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2003.

4.2.2. O mapa de probabilidade de ocorrência como ferramenta de prospecção arqueológica – algumas vantagens e limitações.

A prospecção arqueológica⁶⁵ superficial é um trabalho necessário para a identificação de EA, no entanto, muitas vezes esta actividade torna-se complexa devido ao custo de recursos humanos, bem como, à morosidade própria deste tipo de trabalho. Deste modo, os MP podem surgir como ferramenta de apoio na selecção de áreas a prospectar.

Se a cada investigador fosse proporcionado um mapa do potencial arqueológico, obviamente, que existiria a tentação de unicamente prospectar os locais de maior potencialidade, em detrimento das restantes áreas. Contudo, raros são os trabalhos que possuem meios suficientes para prospectar intensivamente uma determinada região, como tal, é frequente o recurso a outras técnicas com o objectivo de identificar áreas que devem ser prospectadas (Bahn, P. and Renfrew, C., 1998).

A fotografia aérea já é usada desde 1913 na arqueologia (numa escavação no Sudão), e desde essa data tem sido usada como meio de apoio a escavações e prospecções (Bahn, P. and Renfrew, C., 1998). Tal como num mapa de potencial arqueológico, a fotografia aérea tem de ser devidamente tratada e interpretada e não dispensa o reconhecimento de campo (Bahn, P. and Renfrew, C., 1998), mas serve de referência para o trabalho de campo.

Por outro lado, existem técnicas de prospecção que consistem na selecção de amostras aleatórias de áreas a ser prospectadas, tentando desta forma representar um universo arqueológico.

Todas as técnicas de prospecção arqueológica têm as suas valências e os seus defeitos, uma prospecção sistemática talvez seja o melhor método, mas também se encontra limitado à atenção e capacidade do prospectador. O MP apresentado apenas está vocacionado para a detecção de áreas e cingido a uma cronologia específica, enquanto que a prospecção arqueológica superficial regista qualquer vestígio detectado. Aqui reside uma especificidade deste MP que se aplica especialmente ao estudo de uma cronologia concreta.

Contudo, foi elaborado um teste ao concelho de Amares com o mapa de potencial arqueológico, mas com a aplicação do índice óptimo. O concelho de Amares localiza-se no distrito de Braga, e é limitado a norte/nordeste por terras de Bouro, a sudeste por Vieira do Minho, a sul por Póvoa de Lanhoso, a sudoeste por Braga e a Noroeste por Vila Verde.

Do ponto de vista arqueológico, apenas duas das EA, do universo utilizado, se localizam neste concelho, contudo, consultámos alguma bibliografia onde foi possível encontrar algumas referências a EA da Idade do Ferro⁶⁶.

Através da análise da sobreposição do MP com as cartas militares (1:25000) foi elaborado uma proposta de áreas a serem prospectadas (ver Tabela 38 e Figura 27). Com a análise da toponímia das cartas militares e do MP foi possível sugerir 39 locais onde existe um elevado potencial de EA da Idade do Ferro.

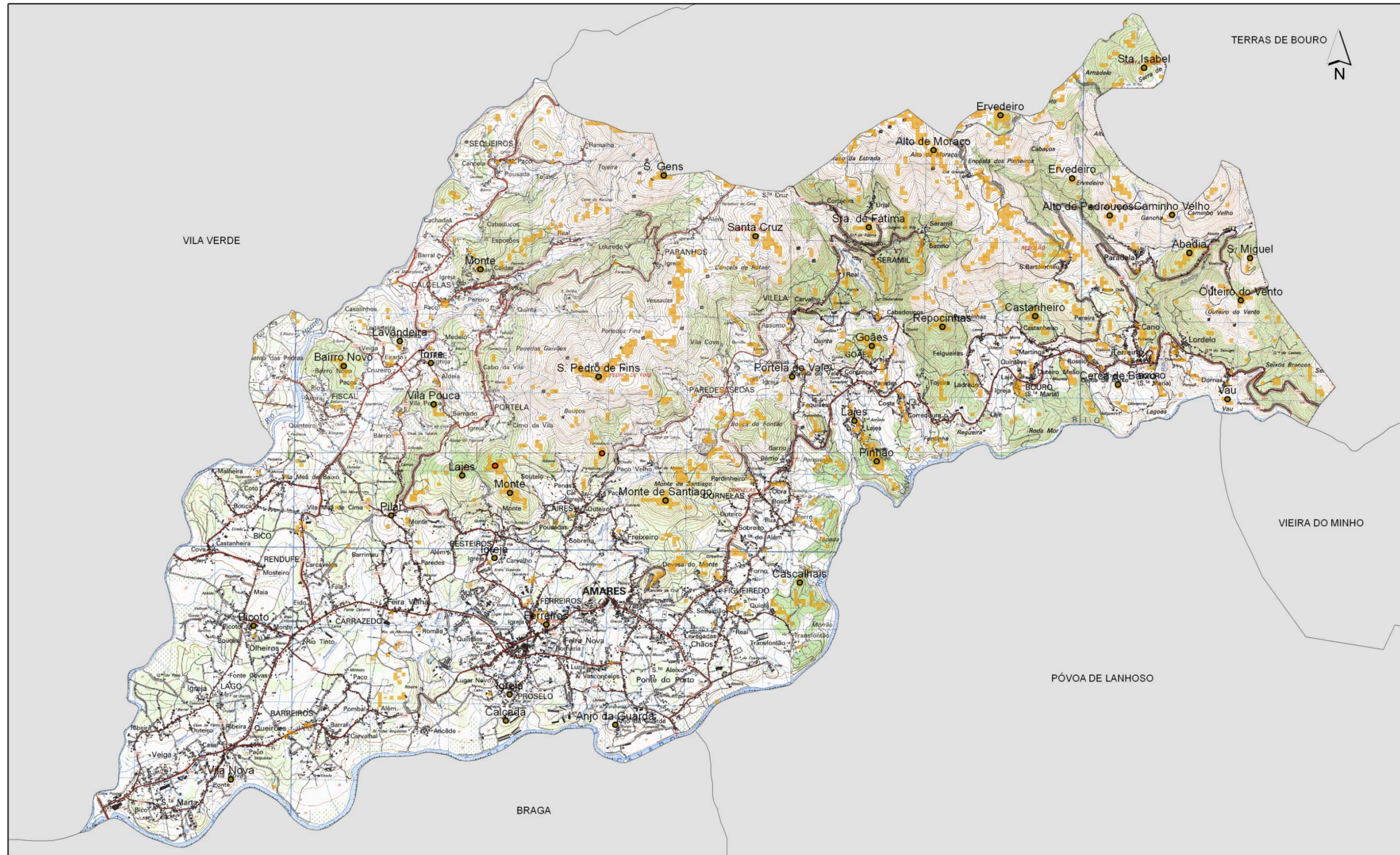
⁶⁵ A prospecção arqueológica superficial pode ser assistemática ou sistemática. A primeira baseia-se em trabalho de campo com uma trajectória definida, onde se regista todos os achados. A segunda baseia-se na criação de um rigorosa rede, que divide a área de estudo em sectores que são prospectados de forma ordenada, sendo feito o registo minucioso de todos os achados.

⁶⁶ Foi ainda encontrada a referência bibliográfica a mais 8 EA da idade do Ferro (Silva, 2007), no concelho de Amares, tentámos localizar essas EA através da toponímia, contudo não foi possível localizar nenhuma delas.

Tabela 38 – Áreas sugeridas para prospeção.

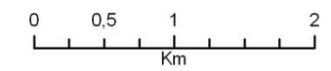
Topónimo	Freguesia
Ponte Nova	Lago
Igreja	Prozelo
Calçada	Prozelo
Anjo da Guarda	Prozelo
Vértice Geodésico / Igreja	Ferreiros
Igreja	Besteiros
Monte	Besteiros
Lajes	Besteiros
Picoto	Rendufe
Paços / Bairro Novo	Fiscal
Pilar	Fiscal
Igreja	Torre
Lavandeira	Torre
Vila Pouca	Torre
Monte	Caldelas
S. Pedro de Fins	Caldelas
S. Gens	Sequeiros
Cascalhais	Dornelas
Monte de Santiago	Dornelas
Pinhão	Goães
Lajes	Goães
Goães	Goães
Portela	Vilela
Santa Cruz	Vilela
Alto de Moraço	Seramil
Sra. De Fátima	Seramil
Santa Isabel	Bouro (Sta. Marta)
Ervedeiro	Bouro (Sta. Marta)
Castanheiro	Bouro (Sta. Marta)
Pereira	Bouro (Sta. Marta)
Alto de Pedrouços	Bouro (Sta. Marta)
Caminho Velho	Bouro (Sta. Maria)
Abadia	Bouro (Sta. Maria)
Cerca de Baixo	Bouro (Sta. Maria)
Vau	Bouro (Sta. Maria)
Outeiro do Vento	Bouro (Sta. Maria)
Quinta do Castelo	Bouro (Sta. Maria)
Abadia	Bouro (Sta. Maria)
S. Miguel	Bouro (Sta. Maria)

Figura 27 - Áreas de Potencial Arqueológico no Concelho de Amares.



Legenda

- Áreas Detectadas
- Estações Arqueológicas
- Locais de Sugeridos



4.2.3. A delimitação de áreas de salvaguarda de EA nos PDM.

Aproveitando a actual fase de elaboração de novos PDM⁶⁷ em que muitos municípios se encontram, iremos elaborar uma análise comparativa das áreas propostas para a protecção do património arqueológico confrontando-as com os dados do MP criado com o valor óptimo (ver Figura 22).

O município escolhido foi o da Trofa porque actualmente possui uma nova proposta de PDM que se encontra em discussão pública⁶⁸. Pertencente ao distrito do Porto, o município da Trofa é composto por oito freguesias, com um total de 71.73 Km² e cerca de 38000 habitantes (INE – dados de 2006). Encontra-se delimitado a norte por Vila Nova de Famalicão, a este por Santo Tirso, a sul pela Maia e a oeste por Vila do Conde.

Na proposta de regulamento deste PDM, na subsecção II, encontram-se identificados as zonas de protecção, nas quais se inclui o património arqueológico, a saber:

“Subsecção II

Património Arqueológico

Artigo 22º

Identificação

O património arqueológico, identificado na Planta de Ordenamento – Património, integra:

- a) Património classificado e em vias de classificação;
- b) Zonas de Potencial Arqueológico, definidas com base em referências documentais, toponímicas ou eventuais achados.

Artigo 23º

Zona de Potencial Arqueológico

1 - Nas áreas que integram as ZOPA, assinaladas na Planta de Ordenamento – Património, qualquer tipo de obra que implique alteração, movimentação ou remoção de solos independentemente do fim a que se destine, é sujeito a parecer da Câmara Municipal e parecer vinculativo da entidade da tutela competente, definindo o tipo de trabalhos a realizar, designadamente, acompanhamento arqueológico e ou realização de sondagens arqueológicas.

2 - As medidas de protecção e valorização preconizadas nos relatórios dos trabalhos arqueológicos exigidos por lei são objecto de parecer da Câmara Municipal e parecer vinculativo da entidade da tutela competente”.

Pela leitura dos artigos 22º e 23º deparamos com a distinção de dois tipos de zonas, uma onde se insere o património classificado e em vias de classificação, outra, adequada ao tema da presente dissertação, as ZOPA, porque trabalham com a potencialidade da existência de EA numa determinada área. Como tal, iremos verificar se as ZOPA coincidem com os dados do MP que construímos.

Segundo a informação contida nas fichas de património do PDM, existem 2 zonas⁶⁹ que podem ser comparadas, uma relativa ao Castro de Alvarelhos⁷⁰ (freguesia de Alvarelhos) e a zona da Subidade (freguesia de São Cristóvão do Muro e São Mamede do Coronado).

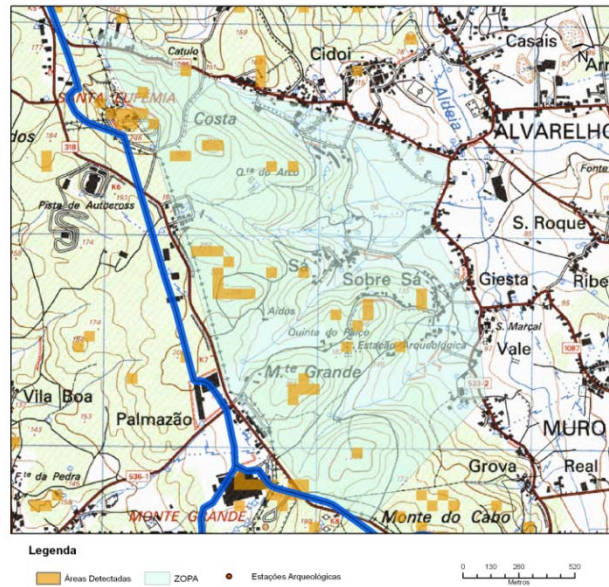
⁶⁷ “O plano director municipal estabelece a estratégia de desenvolvimento territorial, a política municipal de ordenamento do território e de urbanismo e as demais políticas urbanas, integra e articula as orientações estabelecidas pelos instrumentos de gestão territorial de âmbito nacional e regional e estabelece o modelo de organização espacial do território municipal” – Coimbra: CCDRC. Disponível em WWW: <<http://www.ccdrc.pt/prot/pdm>>.

⁶⁸ Discussão pública de 24 de Julho a 1 de Outubro de 2009

⁶⁹ Existem outras 4 ZOPA, mas foram excluídas da presente dissertação por se dedicarem à protecção de EA de cronologias diferentes.

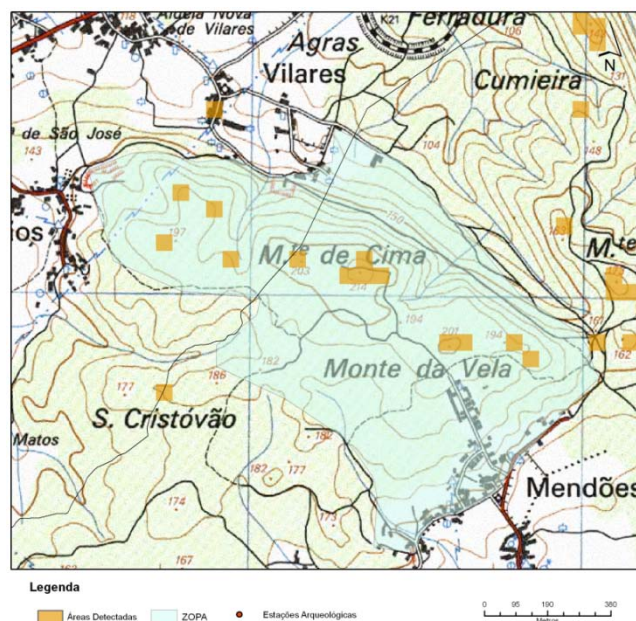
O castro de Alvarelhos foi alvo de várias intervenções nos anos 90 do século passado, o que permitiu definir, além da ocupação da Idade do Ferro, outras ocupações, nomeadamente durante a Idade Média (base de dados do IPA). Como podemos verificar pela Figura 28, na proposta de PDM figura uma Zona Especial de Protecção bem definida, contudo, o MP detectou a área principal da EA.

Figura 28 – Castro de Alvarelhos, ZOPA e áreas detectadas no Modelo Preditivo.



A ZOPA da Subidade (com o topónimo Monte de Cima na Carta Militar) segundo a ficha de património do PDM trata-se de uma EA da Idade do Ferro (ver Figura 29) onde foi encontrado algum espólio cerâmico (Base de dados do IGESPAR). É com agrado que verificámos que esta EA se encontra também localizada no MP construído.

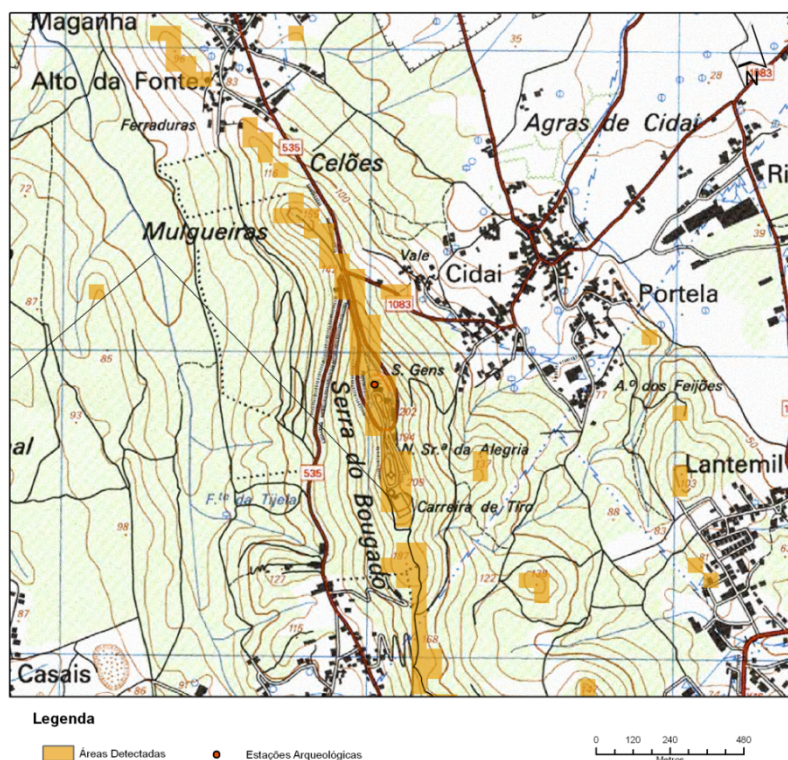
Figura 29 – Subidade, ZOPA e área detectada.



⁷⁰ Esta EA, é monumento nacional desde 1910 e apesar de já se encontrar protegido por uma Zona Especial de Protecção (portaria 106/93) consta das ZOPA na presente proposta para PDM.

Apesar de não constar na revisão do PDM, na freguesia do Bougado encontra-se uma EA da Idade do Ferro que foi delimitado pelo MP. Trata-se da EA de S. Gens de Cidai (Silva, A.C.F.d., 2007) e que ocupa o topo da serra do Bougado, onde actualmente existe uma capela (ver Figura 30).

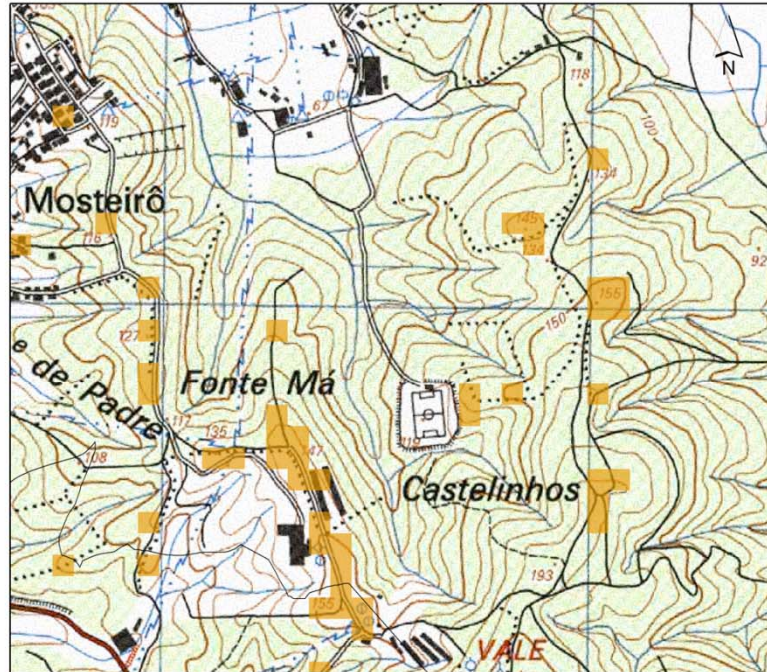
Figura 30 – Estação Arqueológica de Cidai.



Existem outros locais promissores, do ponto de vista arqueológico, quando se junta a informação toponímica das Cartas Militares e os dados do MP. Um desses locais localiza-se na freguesia do Bougado e tem como topónimo Castelinhos (ver Figura 31). Este local fica a norte do marco geodésico do Vale e próximo de um campo de futebol. Outro local promissor localiza-se na freguesia de Coronado, a sul de Água Levada onde temos o topónimo Facho, o que em muitas situações corresponde a um ancestral ponto de vigia (<http://deaveiroportugal.blogspot.com>).

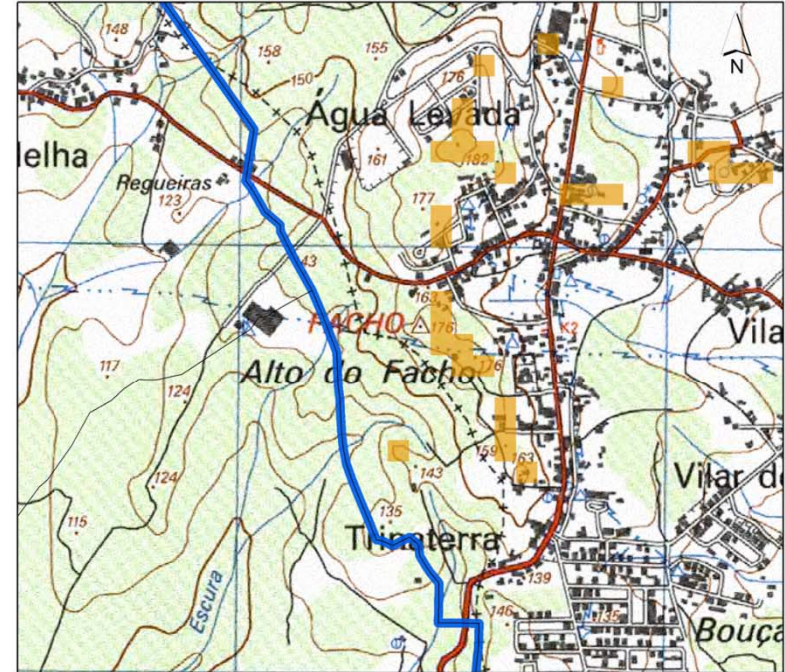
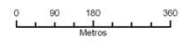
Podemos concluir que as ZOPA propostas por este PDM são insuficientes face à informação contida no MP. As EA da Idade do Ferro que justificaram as ZOPA criadas foram todas detectadas e foi detectada outra EA que não consta do presente plano, assim como também se demonstrou que mais duas áreas, Castelinhos e Facho, que apesar de, até à data, não existir nenhuma referência bibliográfica a EA nestes locais, a informação toponímica local e os dados do MP indicam uma forte probabilidade de ocorrência de uma EA, o que de certa forma justifica a criação de ZOPA em redor destes locais.

Figura 31 – Área dos Castelinhos e do Facho detectados pelo Modelo Preditivo.



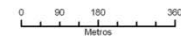
Legenda

Áreas Detectadas



Legenda

Áreas Detectadas



4.3. Conclusão

Desde os anos 80 do século passado que os modelos preditivos são usados como ferramentas complementares ao ordenamento do território, em algumas zonas do Canadá, Estados Unidos da América e mais recentemente em alguns países europeus, como na Noruega (Wheatley, D. and Gillings, M., 2002). A criação de modelos preditivos surge como um método prático e económico para a detecção de áreas com potencial arqueológico. Na presente dissertação foi criado um modelo preditivo para a criação de potenciais áreas com habitats da Idade do Ferro no Noroeste de Portugal.

Com uma amostra de 99 EA, foi elaborada uma análise de variáveis independentes através de testes de significância, o que permitiu uma apurada e correcta selecção das variáveis que influenciaram a implantação de EA. De um total de 14 variáveis analisadas apenas 8 demonstraram possuírem diferenças significativas das EA para o resto do território de estudo.

Com o recurso à regressão logística foi possível criar um mapa de potencial arqueológico com valores inscritos numa escala de 0 a 1. Numa abordagem inicial, constatamos que 98.48% das EA (num universo de 198 EA) possuem um valor superior a 0.65 (valor escolhido como o menor das EA e acima do valor 0), verificando-se que apenas 1,52% possuem o valor 0. Também é interessante verificar que 95.83% dos NS encontram-se com valores abaixo de 0.65 e apenas 4.17% encontra-se com valores superiores a 0.65 (ver Tabela 39).

Tabela 39 – Percentagens de EA e de NS para 0.65

Valores	Estações Arqueológicas	Não Sítios
<0,65	1,52%	95,83%
>0,65	98,48%	4,17%

Com os mesmos dados, mas estabelecendo o valor probabilístico óptimo de 0.76, 96.97% das EA localizam-se em pixéis com valores acima do valor óptimo, ficando apenas 3.06% abaixo deste valor. Em relação aos NS, 97.50% localizam-se em valores abaixo dos 0.77 sobrando apenas 2.50% de NS em pixéis acima dos 0.77 (Tabela 40).

Tabela 40 – Percentagens de EA e de NS para 0.77

Valores	Estações Arqueológicas	Não Sítios
<0,77	3,03%	97,50%
>0,77	96,97%	2,50%

Com o valor probabilístico de referência em 0.66 obtivemos 6.45% da área de estudo como área de potencial arqueológico e um índice de ganho de 0.93. Com o valor probabilístico óptimo (0.77) obteve-se uma redução da área de potencial arqueológico para 5.02% da área de estudo e obtivemos um índice de ganho de 0.95. Ao mesmo tempo que foi elevado o valor probabilístico de referência, menos EA são detectadas, mas a área de potencial é reduzida o que permite um aumento do índice de ganho.

Numa aplicação do MP criado a um PDM, facilmente deparamos que as ZOPA nele contidas estão em número insuficiente. As duas ZOPAS associadas à Idade do Ferro inseridas no PDM foram assinaladas

pelo MP, contudo também detectámos uma EA não incluída nas ZOPA, assim como outras duas zonas com topónimos associados a EA da Idade do Ferro, que não constam no PDM.

Apesar do estudo elaborado na presente dissertação estar confinado a uma área geográfica e cronológica, os resultados obtidos foram bastante animadores. Consideramos que a utilização deste tipo de modelos representa uma mais-valia na prospecção arqueológica e na definição de áreas de forte potencial arqueológico, as quais podem perfeitamente ser integradas em PDM, salvaguardando-se essas áreas de usos que comprometam a sua preservação.

CAPÍTULO 5

Bibliografía

Bibliografia:

- Coimbra: CCDRC. Disponível em WWW: <<http://www.ccdrc.pt/prot/pdm>>.
- Informação Geodésica. Lisboa: Instituto Geográfico Português. Disponível em WWW: <<http://www.igeo.pt/produtos/geodesia/vg/rgn/rgn.asp>>.
- Dictionary of Archaeology. New Lanark: 1997.
- Abreu, Mila Simões de - Para além do Alqueva. Almada: Almadan, 2002. Disponível em WWW: <<http://www.almadan.publ.pt/escavando11.htm>>.
- Afonso, José da Conceição - A Carta Municipal do Património e os Planos Directores Municipais de 2ª Geração. Castelo Branco: Ordem dos Arquitectos, 2005. Disponível em WWW: <<http://www.oasrs.org/conteudo/agenda/CartaMunPatrimonio-Conclusoes.pdf>>.
- Alarcão, Jorge - Para uma Conciliação das Arqueologias. Edições Afrontamento, 1996.
- Albuquerque, J. de Pina Manique e - Regiões Naturais: Paisagem. Impressa no Instituto Hidrográfico. Atlas do Ambiente, 1984. Consult. em 2009. Disponível em WWW: <http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente&grupo=&tema=c_paisagem>.
- Araújo, M. A. - Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto. Porto: 1991.
- Araújo, M. A.; Gomes, A.; Chaminé, H. I.; Fonseca, P. E.; Pereira, L. C. Gama; Jesus, A. Pinto de - Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto-Espinho (W de Portugal): implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozóica. *Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe*. Vol. 28. (2003). p. 79-105.
- Bahn, Paul ; Renfrew, Colin - Arqueología, Teorías, Métodos y Prácticas. 2ª. Madrid: Akal, 1998. 84-460-0234-5
- Banks, William E.; d'Errico, Francesco; Dibble, Harold L.; Krishtalka, Leonard; West, Dixie; Olszewski, Deborah I.; Peterson, A. Townsend; Anderson, David G.; Gilliam, J. Christopher; Montet-White, Anta; Crucifix, Michel; Marean, Curtis W.; Sánchez-Goni, María-Fernanda; Wohlfarth, Barbara; Vanhaeren, Marian - Eco-Cultural Niche Modeling: New Tools for Reconstructing the Geography and Ecology of Past Human Populations. PaleoAnthropology Society, 2006. Disponível em WWW: <http://specify5.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Betal_PA_2006.pdf>.
- Banks, William E.; d'Errico, Francesco; Peterson, A. Townsend; Vanhaeren, Marian; Kageyama, Masa; Sepulchre, Pierre; Ramstein, Gilles; Jost, Anne; Lunt, Daniel - Human ecological niches and ranges during the LGM in Europe derived from an application of eco-cultural niche modeling. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 35. n.º 2 (2008). p. 481-491. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WH8-4P48213-1/2/552d9c91190c9989a916b59d1b7d662e>>. 0305-4403
- Bona, Luke Dalla - Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modeling kit. Philadelphia: 2000. - Protecting Cultural Resources through Forest Management Planning in Ontario Using Archaeological Predictive Modeling.
- Brandt, Roel; Groenewoudt, Bert J.; Kvamme, Kenneth L. - An Experiment in Archaeological Site Location: Modeling in the Netherlands using GIS Techniques. *World Archaeology*. Vol. Vol. 24, N.º 2. n.º Analytical Field Survey (1992). p. 268-282. Disponível em WWW: <<http://www.jstor.org/stable/124828?origin=JSTOR-pdf>>.
- Cardozo, Mário - Francisco Martins Sarmiento - Esboço da sua Vida e Obra científica. Guimarães: Sociedade Martins Sarmiento, 1961. Disponível em WWW: <http://www.csarmiento.uminho.pt/docs/sms/fms_biografia/Biografia%20de%20FMSarmiento%20M_C_.pdf>.
- Casaca, João; Matos, João; Baio, Miguel - Topografia Geral. Lisboa: Lidel, 2000.
- Cavalli, Rosa Maria; Colosi, Francesca; Palombo, Angelo; Pignatti, Stefano; Poscolieri, Maurizio - Remote hyperspectral imagery as a support to archaeological prospection. *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 8. n.º 3 (2007). p. 272-283. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W6G-4PKXPYR-8/2/58b3d022d02940ff1e3a7d4a7f229624>>. 1296-2074
- Conolly, James; Lake, Mark - Geographical Information Systems in Archaeology. 3ª. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 978-0-521-79330-8
- COUDE-GAUSSSEN, G. - Nouvelles observations sur la glaciation des montagnes du Nord-Ouest du Portugal. Coruña: 1983.

- Cunningham, Karen Marie - Site Suitability Analysis of Stone Circle Sites in McKenzie County, North Dakota, at Site 32MZSWC. *Resource Analysis*. Vol. 10. (2008). p. 11. Disponível em WWW: <<http://www.gis.smumn.edu/GradPapers.html>>.
- Dambrine, E.; Dupouey, J.-L.; Laut, L.; Humbert, L.; Thion, M.; Beaufile, T.; Richard, H. - PRESENT FOREST BIODIVERSITY PATTERNS IN FRANCE RELATED TO FORMER ROMAN AGRICULTURE. *Ecology*. Vol. 88. n.º 6 (2007). p. 1430-1439. Disponível em WWW: <<http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/05-1314>>.
- De Laet, V.; Paulissen, E.; Waelkens, M. - Methods for the extraction of archaeological features from very high-resolution Ikonos-2 remote sensing imagery, Hisar (southwest Turkey). *Journal of Archaeological Science*. Vol. 34. n.º 5 (2007). p. 830-841. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WH8-4M7KB33-1/2/812767666c002cbab915eafac40b733e>>. 0305-4403
- Dinis, A. P. - Ordenamento do território do Baixo Ave no Iº Milénio A.C.. Porto: Faculdade de Letras, 1993.
- Dore, Christopher D.; Wandsnider, LuAnn - GIS and Archaeological Site Location Modeling. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. - Modeling for Management in a Compliance World.
- Duncan, Richard B.; Beckman, Kristen A. - Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modeling kit. Philadelphia: Taylor & Francis, 2005. 3 - The Application of GIS Predictive Site Location Models within Pennsylvania and West Virginia.
- Ferreira, A. Brum - Problemas da evolução geomorfológica quaternária no noroeste de Portugal. Cuadernos do Laboratório Xeológico de Laxe, 1983.
- Ferreira, Armando Mateus - Métodos Estatísticos e Delineamento Experimental Disponível em WWW: <http://docentes.esa.ipcb.pt/mede/apontamentos/testes_nao_parametricos.pdf>.
- Fry, G. L. A.; Skar, B.; Jerpåsen, G.; Bakkestuen, V.; Erikstad, L. - Locating archaeological sites in the landscape: a hierarchical approach based on landscape indicators. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 67. n.º 1-4 (2004). p. 97-107. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V91-48CFSFF-1/2/7bb3047b6585418799a7f661145a45f0>>. 0169-2046
- G.Hatzinikolaou, Eugenia - GIS and Archaeological Site Location Modeling. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. 20 - Quantitative Methods in Archaeological Prediction: From Binary to Fuzzy Logic.
- Gaspar, Joaquim Alves - CARTAS E PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS. 3ª. Lisboa: LIDEL, 2005. 972-757-371-1
- Hodder, Ian; Horton, Clive - Análise Espacial em Arqueologia. Barcelona: Editorial Crítica, 1990. 84-7423-475-1
- Hooder, Ian - Theory and practice in archaeology. London: 2005. - Process is too important to be left to the processualists.
- Howey, Meghan C. L. - Using multi-criteria cost surface analysis to explore past regional landscapes: a case study of ritual activity and social interaction in Michiqan, AD 1200-1600. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 34. n.º 11 (2007). p. 1830-1846. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WH8-4N7Y8DS-1/2/09f34e2815687f80cf2e7cbff30955d0>>. 0305-4403
- Huang, C.; Wylie, B.; Yang, L.; Homer, C.; Zylstra, G. - Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 23. n.º 8 (2002). p. 1741 - 1748. Consult. em August 06, 2009. Disponível em WWW: <<http://www.informaworld.com/10.1080/01431160110106113>>. 0143-1161
- Jin, Suming; Sader, Steven A. - Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 94. n.º 3 (2005). p. 364-372. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V6V-4F2B7GS-1/2/e03885f8af8274f8e8b6792ac39a5a22>>. 0034-4257
- Kucukkaya, Ayse Gulcin - Photogrammetry and remote sensing in archeology. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. Vol. 88. n.º 1-3 (2003). p. 83-88. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TVR-4CKBRS1-2/2/e6934c0e02d225eae3735342847bcbf3>>. 0022-4073
- Kvamme, Kenneth - GIS and Archaeological Site Location Modeling. London: Taylor & Francis, 2006. - There and Back Again: Revisiting Archaeological Locational Modeling.

- Kvamme, Kenneth L. - Recent directions and developments in geographical information systems. *Journal of Archaeological Research*. Vol. Volume 7. n.º Number 2 (2006). p. 153-201. Disponível em WWW: <<http://www.springerlink.com/content/3285560145856222/>>.
- Landau, Sabine; Everitt, Brian S. - A handbook of statistical analyses using SPSS. Boca Raton: Chapman & Hall, 2004.
- Lea, Ronnie D. - A Comparison of forest change detection methods and implications for forest management. Missouri: University of Missouri-Columbia, 2005.
- Lillesand, Thomas; Kiefer, Ralph; Chipman, Jonathan - Remote sensing and image interpretation. 6. John Wiley & Sons, 2008.
- Lock, Gary; Harris, Trevor - Archaeology and the Information Age. Routledge, 1992. Disponível em WWW: <<http://www.informaworld.com/smpp/content-content=a727886594>>.Cap. - Visualizing spatial data: the importance of Geographic Information Systems. 978-0-415-07858-0
- Lock, Gary; Harris, Trevor - GIS and Archaeological Site Location Modeling. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. - Enhancing Predictive Archaeological Modeling: Integrating Location, Landscape, and Culture.
- Lopes, António Baptista - Proto-História e Romanização O Baixo Minho. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2003.
- Maktav, D.; Crow, J.; Kolay, C.; Yegen, B.; Onoz, B.; Sunar, F.; Coskun, G.; Karadogan, H.; Cakan, M.; Akar, I.; Uysal, C.; Gucluer, D.; Geze, B.; Ince, G. - Integration of remote sensing and GIS for archaeological investigations. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 30. n.º 7 (2009). p. 1663 - 1673. Consult. em August 23, 2009. Disponível em WWW: <<http://www.informaworld.com/10.1080/01431160902909026>>. 0143-1161
- Marques, João - Necrópole destruída perto de Baleizão. *Pública*. (2006). Disponível em WWW: <<http://jornal.publico.clx.pt/noticias.asp?a=2006&m=10&d=23&uid=&id=103613&sid=11447>>.
- Martin, J. F. Fowler - Satellite remote sensing and archaeology: a comparative study of satellite imagery of the environs of Figsbury Ring, Wiltshire. *Archaeological Prospection*. Vol. 9. n.º 2 (2002). p. 55-69. Disponível em WWW: <<http://dx.doi.org/10.1002/arp.181>>. 1099-0763
- Matos, Manuel António - Manual Operacional para a Regressão Linear FEUP, 1995. Disponível em WWW: <<http://paginas.fe.up.pt/~mam/regressao.pdf>>.
- Mink, Philip B.; Stokes, B. Jo; Pollack, David - GIS and Archaeological Site Location Modeling. London: Taylor & Francis, 2006. - Points vs. Polygons: A Test Case Using a Statewide Geographic Information System.
- Morais, Carlos Mesquita - Escala de Medida, Estatística Descritiva e Inferência Estatística 2005. Disponível em WWW: <<http://www.ipb.pt/~cmm/contenudos/estdescr.pdf>>.
- Niknami, K. - Landscape Archaeological Heritage Management in the Information Age. Alexandria, EGYPT: UNESCO, 2006. Disponível em WWW: <<http://www.virtualworldheritage.org/index.cfm?pg=PapersProjects&l=en>>.
- Ninfo, Andrea; Fontana, Alessandro; Mozzi, Paolo; Ferrarese, Francesco - The Map of Altinum, Ancestor of Venice 2009.
- Painho, Marco; Caetano, Mário - Cartografia de ocupação do solo Portugal continental 1985-2000 CORINE Land Cover 2000. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.
- Parcak, Sarah H. - Satellite remote sensing for archaeology. Oxon: Taylor & Francis e-Library, 2009.
- Pedrosa, A. - Serra do Marão. Estudo de Geomorfologia. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 1999.
- Queiroz, Niedja Maristone de Oliveira Barreto - Regressão logística - uma estimativa Bayesiana aplicada na identificação de fatores de risco para HIV, em doadores de sangue. Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004.
- Richards, Julian D. - Recent Trends in Computer Applications in Archaeology *Journal of Archaeological Research*. Vol. Volume 6. n.º Number 4 (1998). p. 331-382. Disponível em WWW: <<http://www.springerlink.com/content/g0154h27363j6878/>>.
- Rua, Helena - Geographic information systems in archaeological analysis: a predictive model in the detection of rural Roman villae. *Journal of Archaeological Science*. Vol. 36. n.º 2 (2009). p. 224-235. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WH8-4TF7CG4-2/2/c8eb2fc4d9b59de28b53c3126e8383df>>. 0305-4403
- Silva, António Manuel - O Projecto PAIVAR, um plano de investigação arqueológica de âmbito regional. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2003. Disponível em WWW: <<http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/2915.pdf>>.

- Silva, Armadno Coelho Ferreira da - A Cultura Castreja no Noroeste de Portugal: Habitat e Cronologia. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 1983/1984. Disponível em WWW: <<http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/3630.pdf>>.
- Silva, Armando Coelho Ferreira da - A cultura Castreja no Noroeste de Portugal. 2ª. Paços de Ferreira: Câmara Municipal de Paços de Ferreira, 2007.
- Silva, Armando Coleho F. - A evolução do habitat castrejo e o processo de proto-urbanização no Noroeste de Portugal durante o 1º milénio a.C. Porto: Faculdade de Letras, 1995. Disponível em WWW: <<http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/2036.pdf>>.
- Soares, Laura - A importância das formações superficiais no âmbito dos processos de erosão hídrica e movimentos de vertente noo NW de Portugal. Porto: Universidade do Porto, 2008.
- Teixeira, Manuel - A história urbana em Portugal. Lisboa: 1993. Disponível em WWW: <<http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1223290786U1mKK3no2Zu36NC6.pdf>>.
- Vaughn, Sallie; Crawford, Tom - A predictive model of archaeological potential: An example from northwestern Belize. *Applied Geography*. Vol. In Press, Corrected Proof, 2009. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V7K-4W0348M-1/2/c69bd9f609a25eb755931c161f8da6c0>>. 0143-6228
- Vaz, Eric Moreira de Noronha - Gis from a cultural heritage perspective. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2008.
- Verhaaren, Bruce; Levenson, James; Kuiper, James - GIS and Archaeological Site Location Modeling. Filadelfia: Taylor and Francis, - Relating Cultural Resources to Their Natural Environment Using the IEDROK GIS: A Cultural Resources Management Tool for the Republic of Korea1.
- Warren, Robert E.; Asch, David L. - Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modeling kit. Philadelphia: 2005. - A Predictive Model of Archaeological Site Location in the Eastern Prairie Peninsula.
- Wheatley, David; Gillings, Mark - Spatial Technology and Archaeology. London: Taylor & Francis, 2002.
- Zilhão, João - O Paleolítico Superior da Estremadura Portuguesa. Lisboa: Universidade de Lisboa, 1997.

Cartografia

- Carta Administrativa Oficial de Portugal. Lisboa: Instituto Geográfico Português, 2008. Disponível em WWW: <http://www.igeo.pt/produtos/cadastro/caop/caop_vigor.htm>.
- Carta Litológica. Lisboa: Imprensa no Instituto Hidrográfico / Atlas do Mbiente, 1892. Disponível em WWW: <http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente&grupo=&tema=c_clitologica>.
- Corine Land Cover 2000. Lisboa: 2006. Disponível em WWW: <http://www2.apambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=10141033&docs=10139584&cboui=10139584>.
- Precipitação - Quantidade Total Lisboa: Instituto Hidrográfico / Atlas do Ambiente, 1974. Disponível em WWW: <http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente&grupo=&tema=c_pretotal>.
- Carta Militar de Portugal, 1/25 000, folhas nºs 28,42,43, 56, 57, 71, 83, 96, 97, 98, 103 e 110 Lisboa.

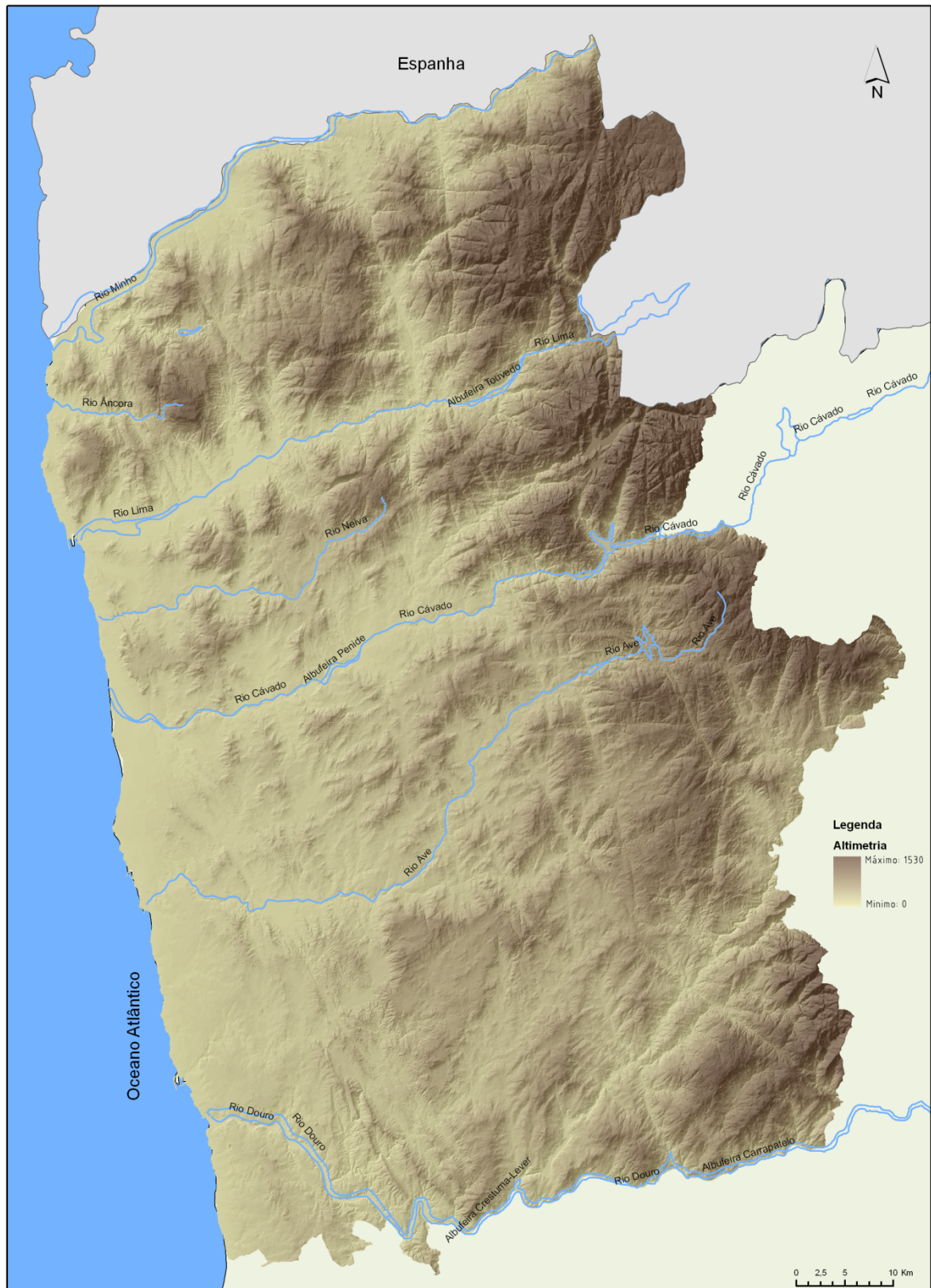
Imagens de Satélite

Cena p-204, r-31, 24/06/2000, Landsat 7 ETM+ (National Aeronautics and Space Administration Landsat Program, 2000, Landsat ETM+scene LG1p204_r031_7t20000624, SLC-Off, USGS, Sioux Falls, 06/24/2000)

Cena N40W008 SRTM (National Aeronautics and Space Administration & National Geospatial-Intelligence Agency) California Institute of Technology, Sioux Falls, 2000

ANEXOS

Anexo 1 – Altimetria da área considerada no modelo preditivo.



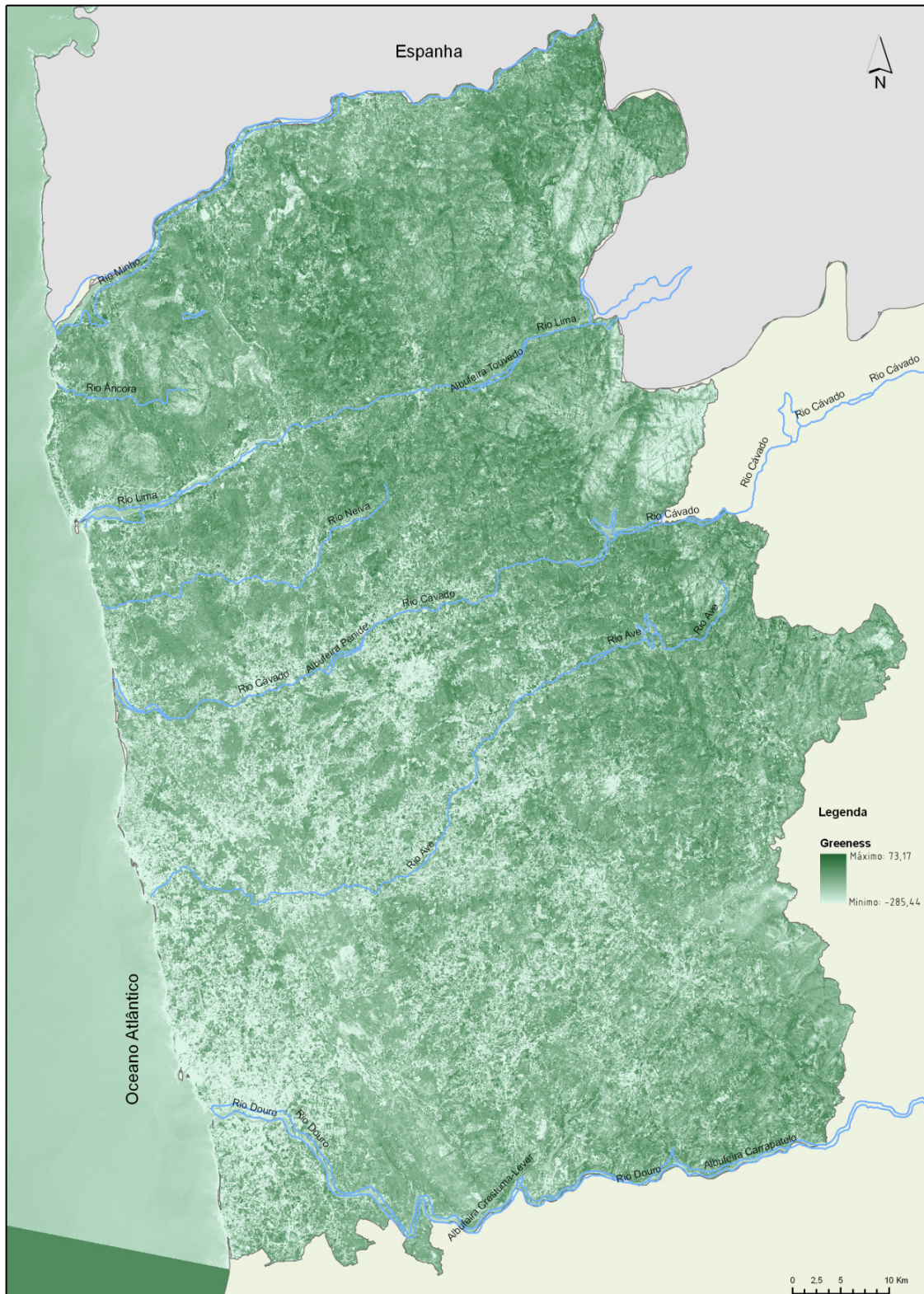
(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 2 – Índice Normalizado de Vegetação para a área considerada no modelo preditivo.



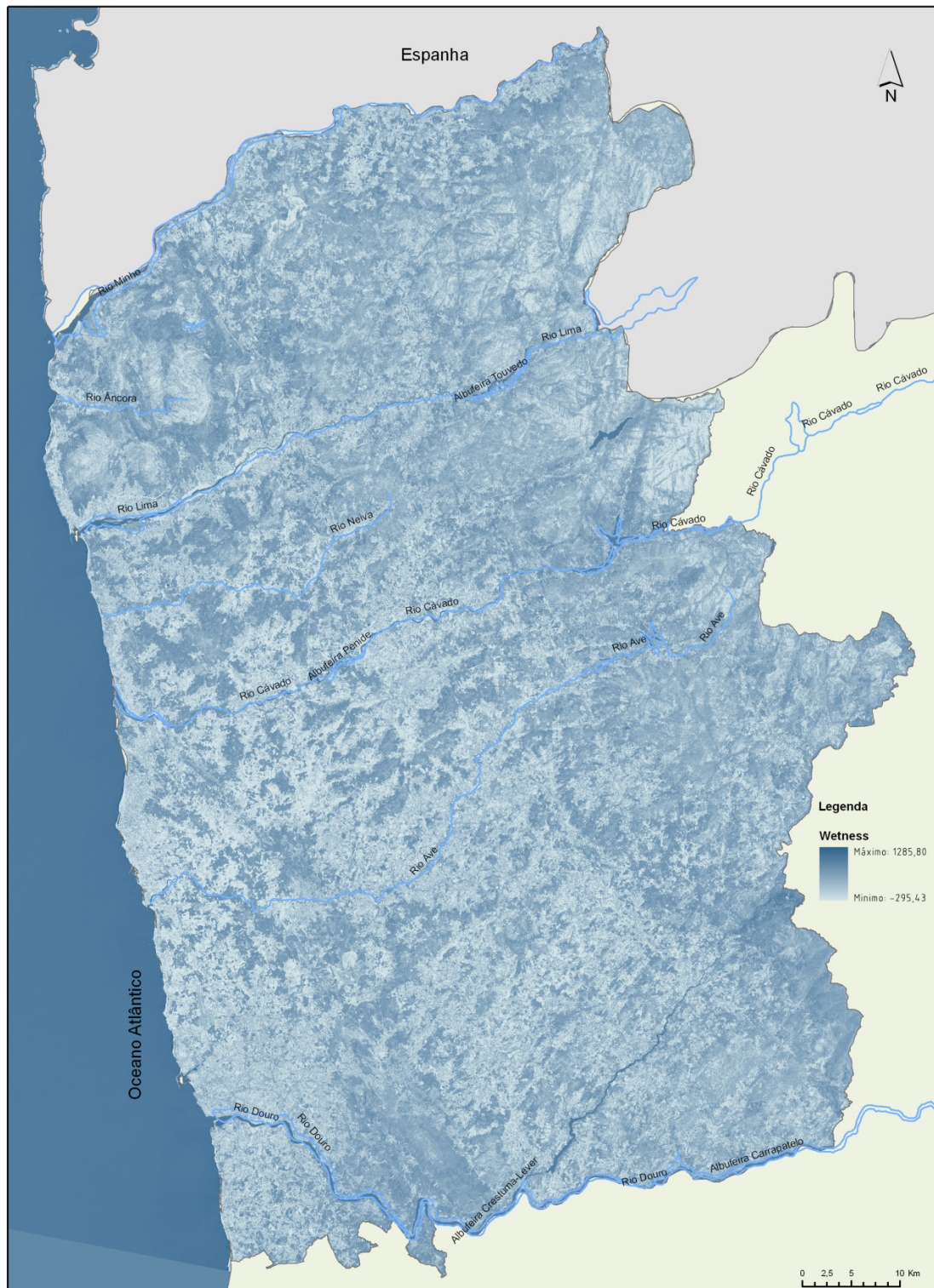
(Base cartográfica e espectral – imagem do satélite Landsat 7, 2000)

Anexo 3 – Tasseled Cap – Greenness para a área considerada no modelo preditivo.



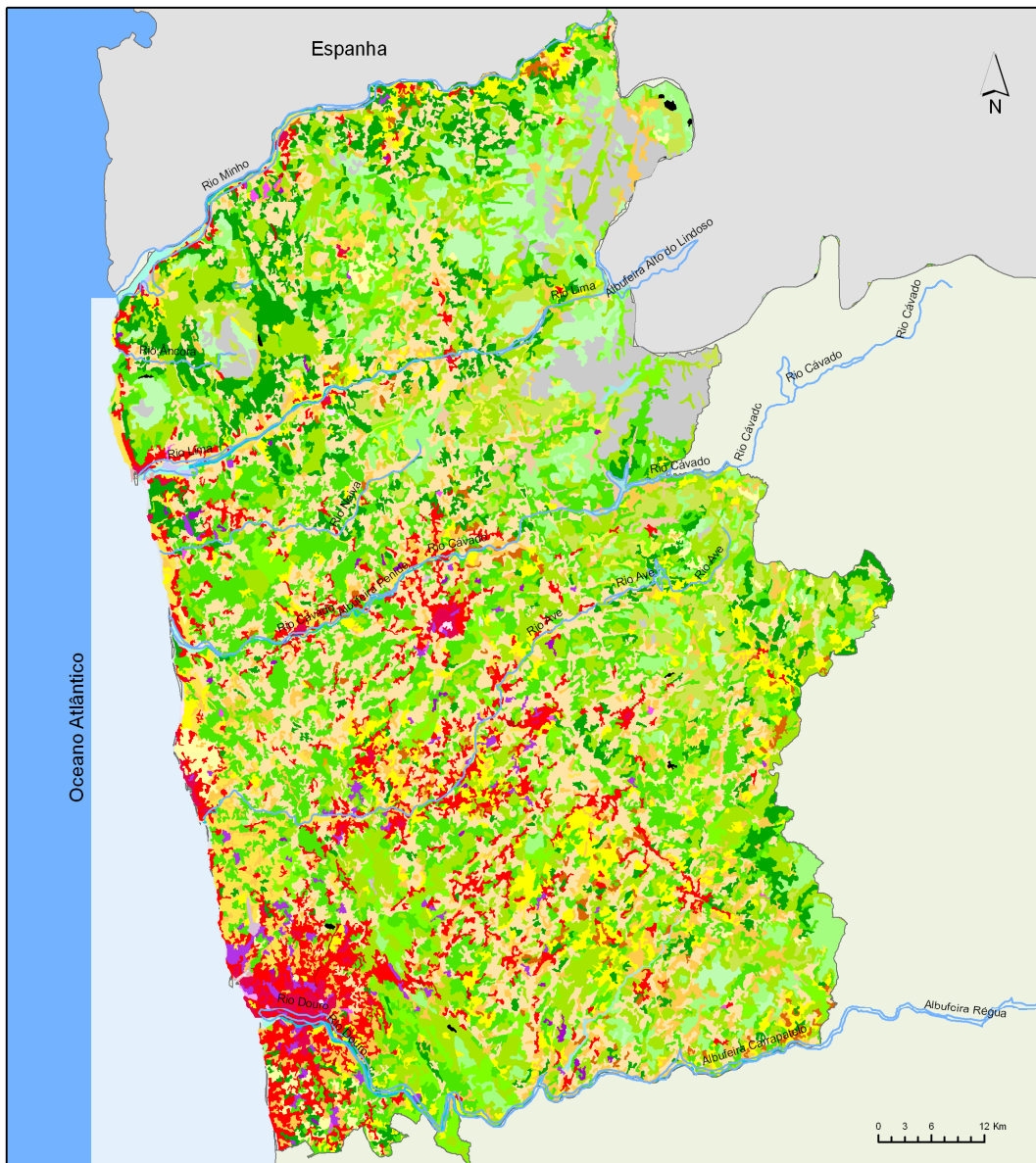
(Base cartográfica e espectral – imagem do satélite Landsat 7, 2000)

Anexo 4 – Tasseled Cap – Wetness para a área considerada no modelo preditivo.



(Base cartográfica e espectral – imagem do satélite Landsat 7, 2000)

Anexo 5 – Uso do Solo para a área considerada no modelo preditivo.

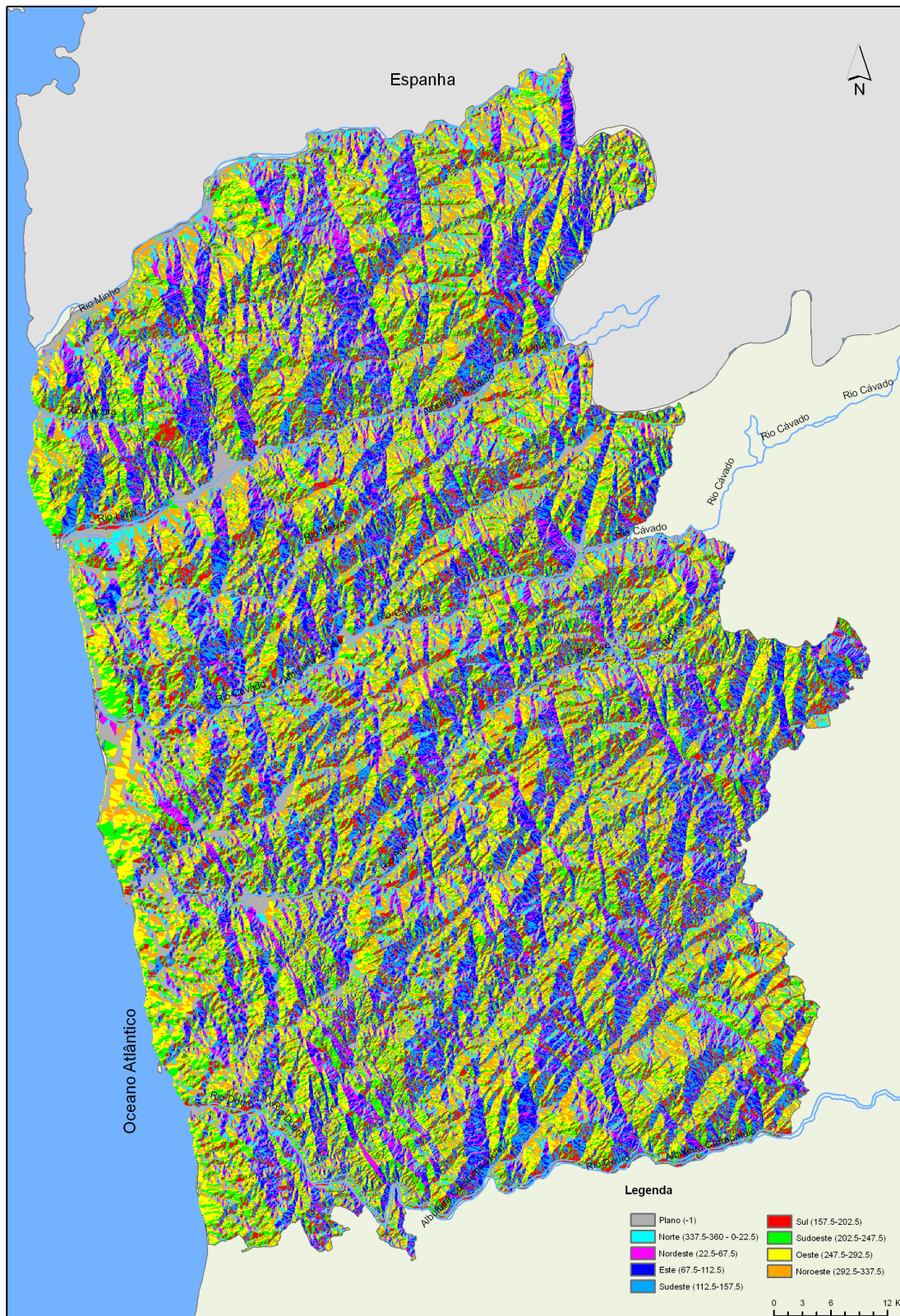


Legenda

111 - Tecido urbano contínuo	211 - Culturas anuais de sequeiro	312 - Florestas de resinosas	511 - Linhas de água
112 - Tecido urbano descontínuo	212 - Culturas anuais de regadio	313 - Florestas mistas	512 - Planos de água
122 - Redes viárias e ferroviárias e espaços associados	221 - Vinhas	321 - Pastagens naturais	522 - Estuários
123 - Zonas portuárias	222 - Pomares	322 - Matos	523 - Mar e oceano
124 - Aeroportos	231 - Pastagens	324 - Espaços florestais degradados, cortes e novas plantações	
131 - Áreas de extração mineira	241 - Culturas anuais associadas às culturas permanentes	331 - Praias, dunas e areais	
133 - Áreas em construção	242 - Sistemas culturais e parcelares complexos	332 - Rocha nua	
141 - Espaços verdes urbanos	243 - Agricultura com espaços naturais	333 - Vegetação esparsa	
142 - Equipamentos desportivos e de lazer	244 - Sistemas agro-florestais	334 - Áreas áridas	
	311 - Florestas de folhosas	421 - Sapais	

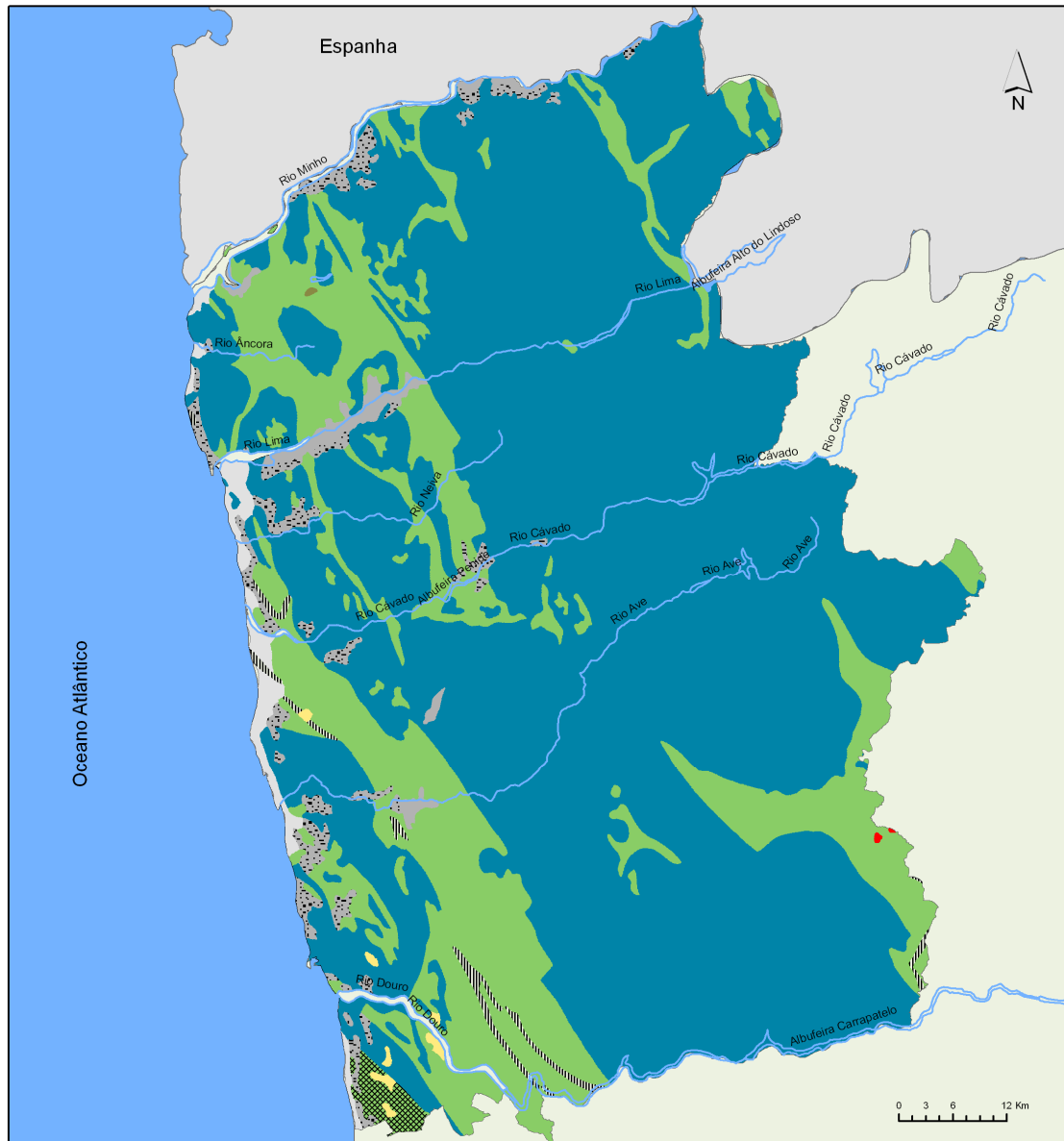
(Fonte: Corine Land Cover-2000)

Anexo 6 – Orientação de Encostas para a área considerada no modelo preditivo.



(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 7 – Litologia para a área considerada no modelo preditivo.



Legenda

Formações Sedimentares

- Aluviões - HOLOCÉNICO
- Dunas e areias eólicas - HOLOCÉNICO
- Areias e cascalheiras - PLISTOCÉNICO
- Areias, calhaus rolados, arenitos pouco consolidados, argilas - PLIO-PLISTOCÉNICO

Formações Sedimentares e Metamórficas

- Conglomerados, xistos carbonosos, xistos argilosos - PERMO-CARBÓNICO CONTINENTAL
- Xistos argilosos, grauvaques, arenitos - CARBÓNICO MARINHO E DEVÓNICO

Rochas carbonatadas - DO CARBÓNICO MARINHO AO PRÉCAMBRICO

Quartzitos - DO DIVÓNICO AO ORDOVÍCIO

Xistos, grauvaques (Complexo xisto-grauvaquico) - DO CAMBRÍCO AO PRÉCAMBRICO

Xistos, grauvaques - SILURÍCO O ORDOVÍCIO

Xistos, anfibolitos, micaxistos, grauvaques quartzitos, rochas carbonatadas, gnaises - PRÉCAMBRICO

Rochas Eruptivas Vulcánicas

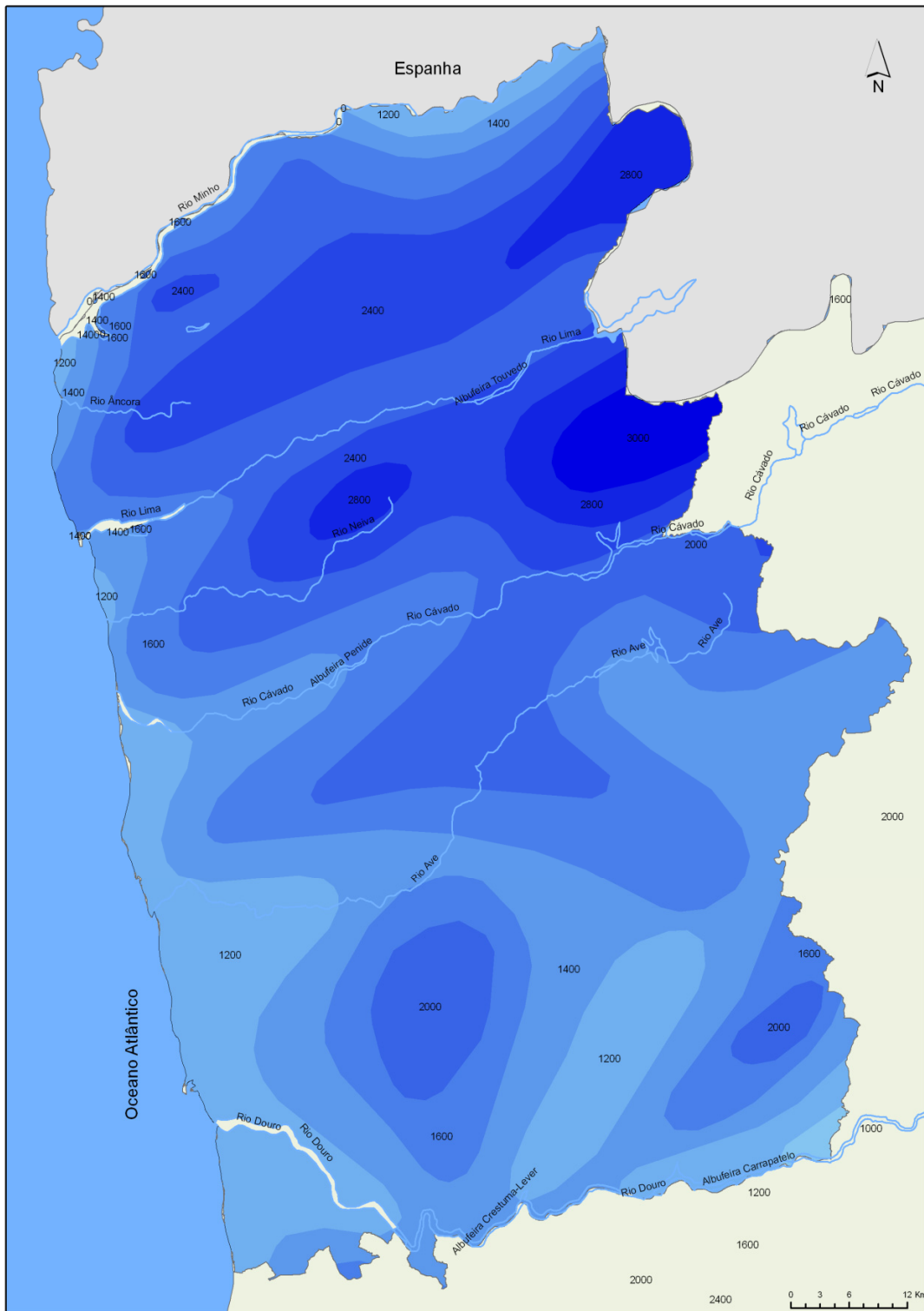
Aplito-pegmatitos; Microgranitos; Porfiros graníticos; Traquitos

Rochas Eruptivas Plutónicas

Granitos e rochas afins; Quartzodiorito

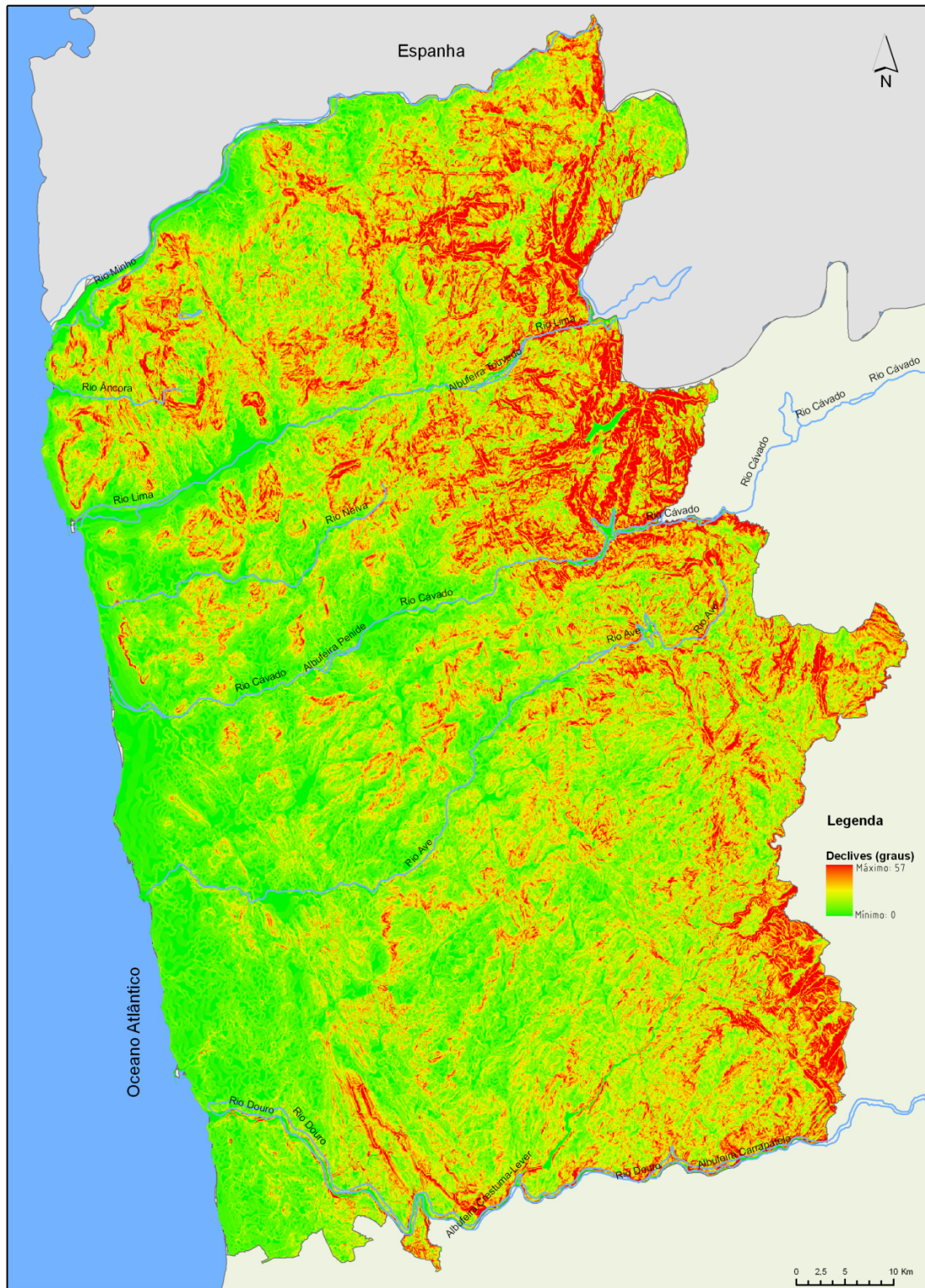
(Fonte – Altas do Ambiente)

Anexo 8 – Precipitação em mm para a área considerada no modelo preditivo.



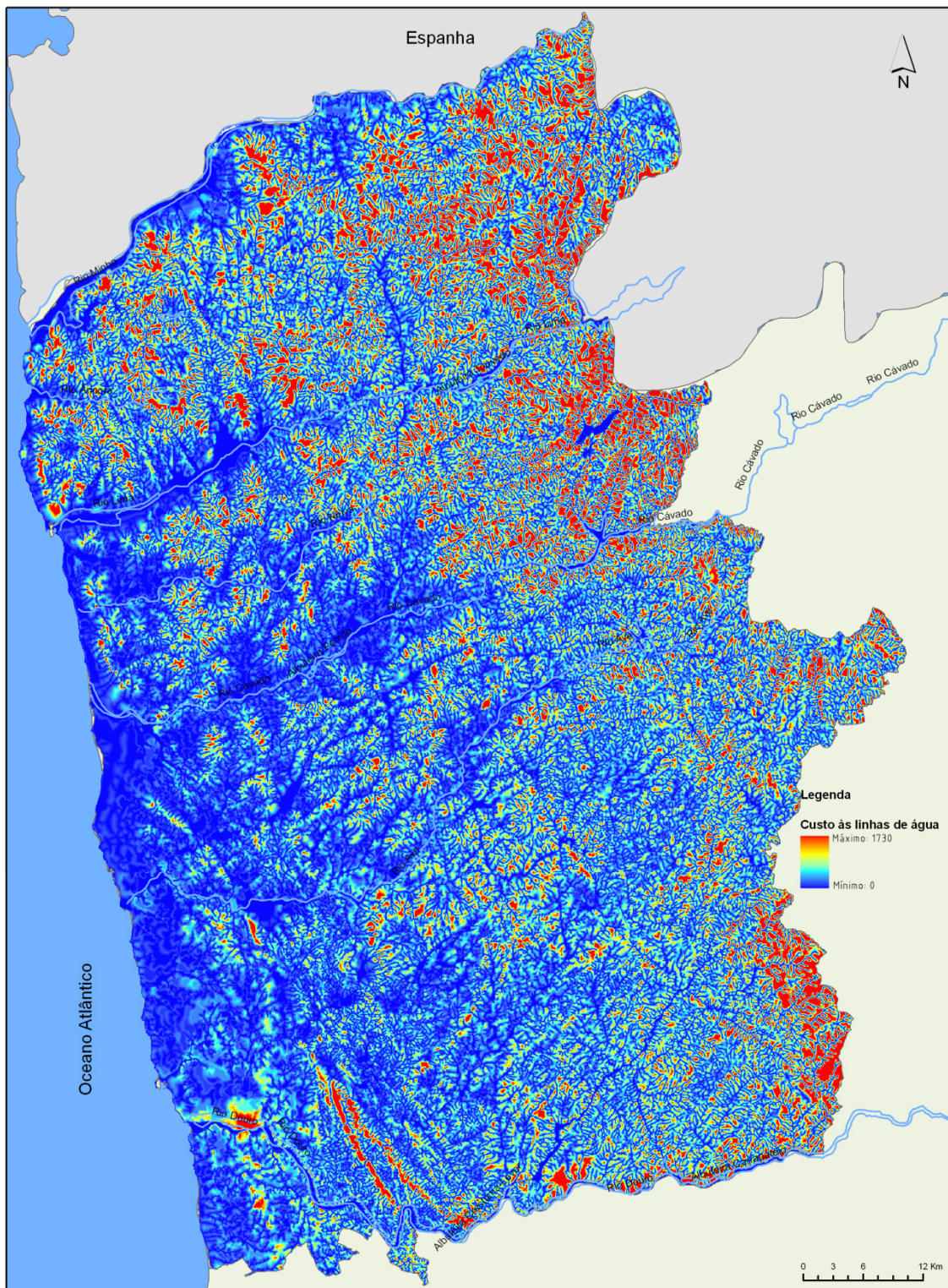
(Fonte - Atlas do Ambiente)

Anexo 9 – Declives para a área considerada no modelo preditivo.



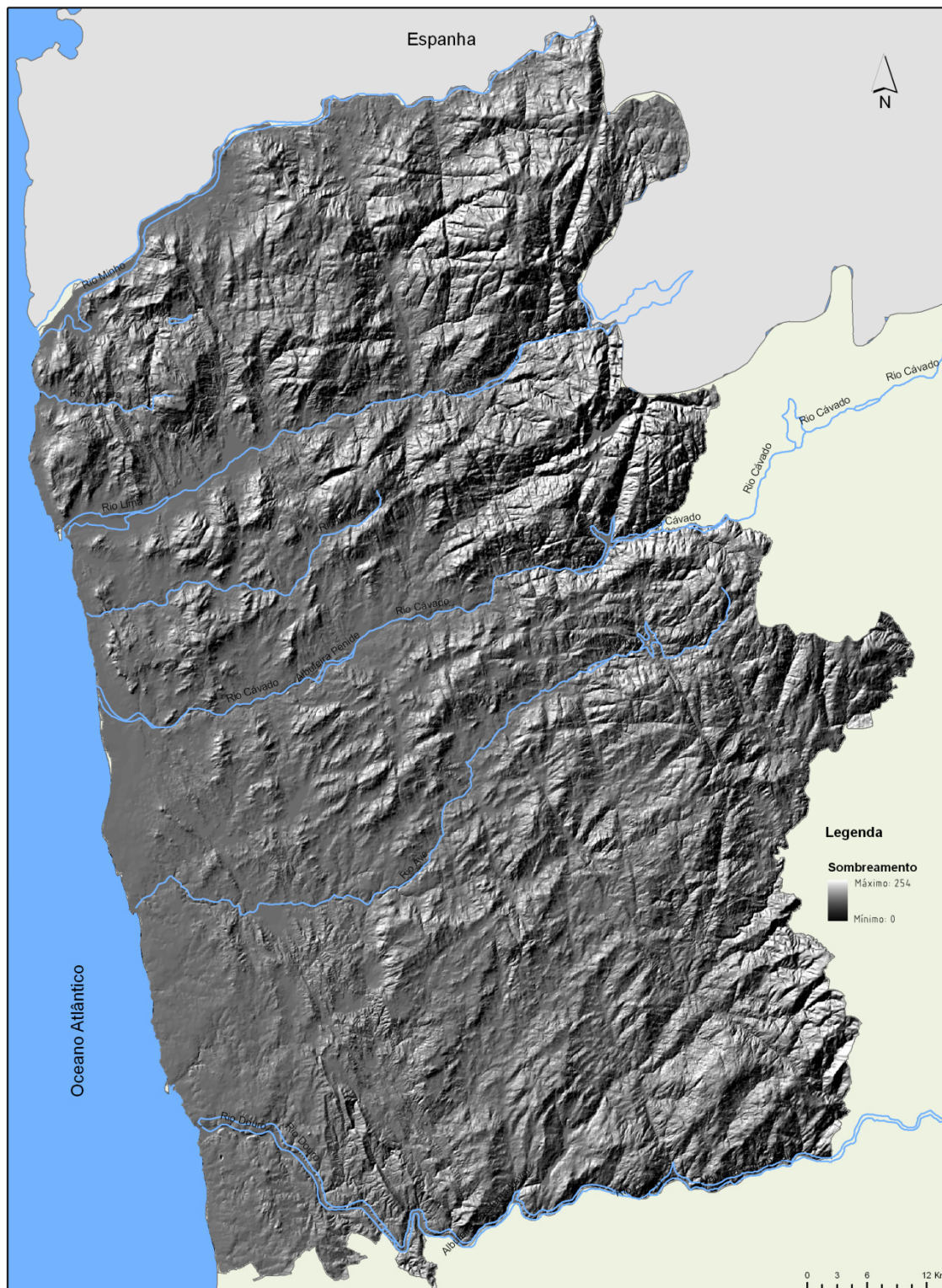
(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 10 – Custo às linhas de água para a área considerada no modelo preditivo.



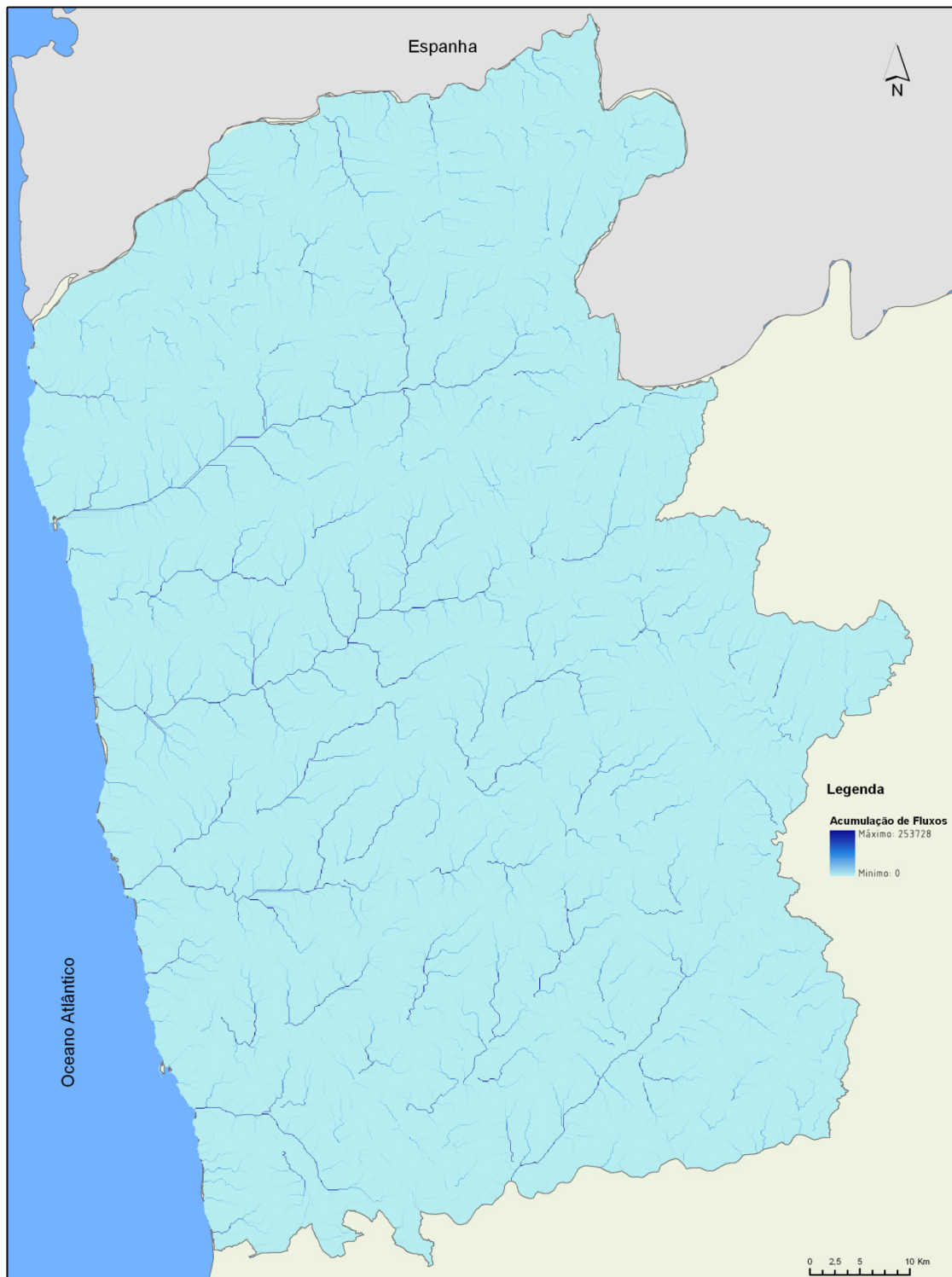
(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 11 – Sombreamento para a área considerada no modelo preditivo.



(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 12 – Acumulação de Fluxos para a área considerada no modelo preditivo.



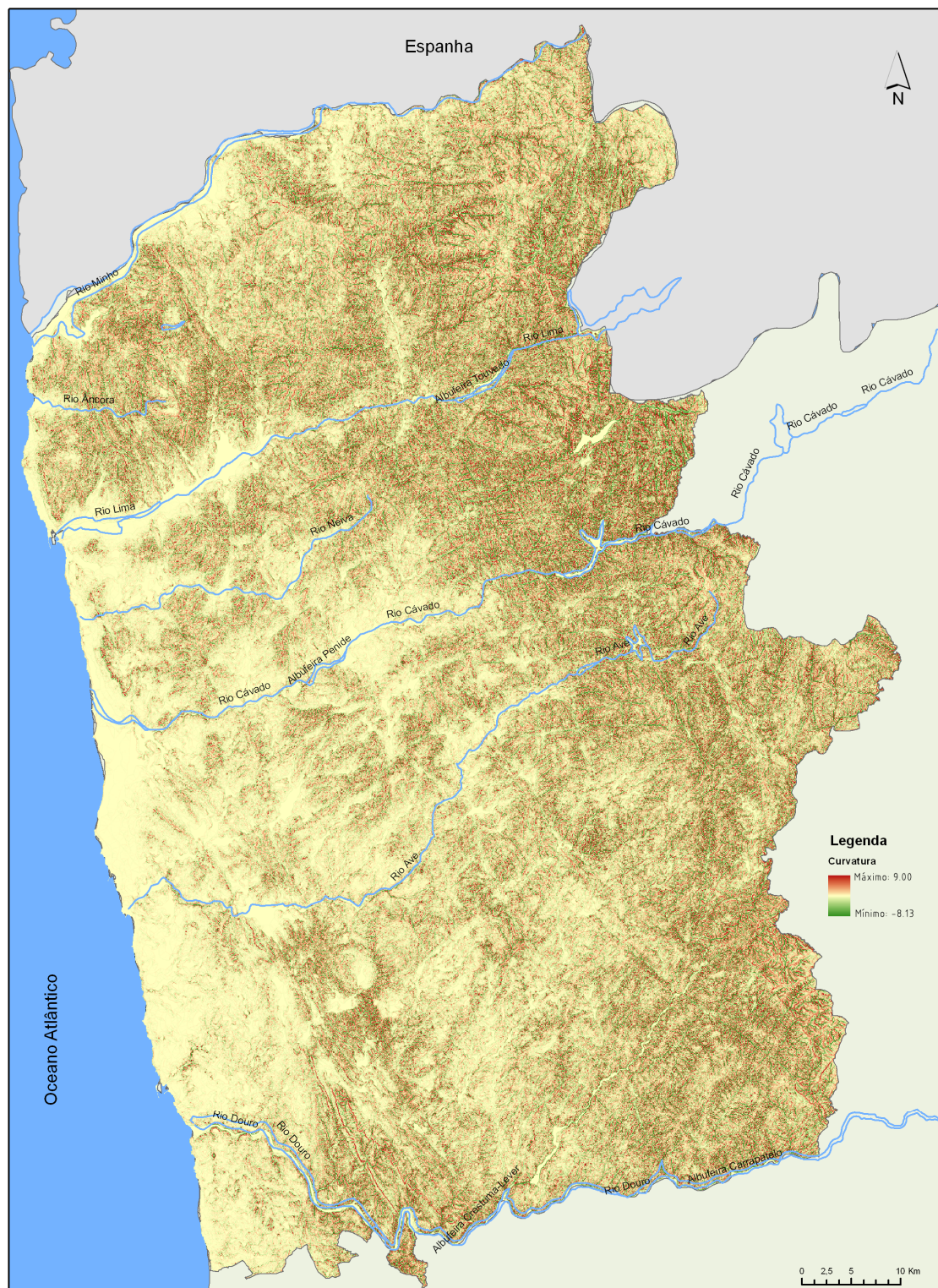
(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 13 – Insolação para a área considerada no modelo preditivo.



(Base cartográfica e altimétrica – modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)

Anexo 14 – Índice de Curvatura para a área considerada no modelo preditivo.



(Base cartográfica e altimétrica - modelo digital de elevação gerado a partir da informação altimétrica dos dados SRTM)