

---

# Os sistemas de informação geográfica na pesquisa arqueológica: um modelo preditivo na detecção de *villae* em meio rural

HELENA RUA\*

## R E S U M O

Este artigo pretende sintetizar o trabalho desenvolvido para a dissertação de doutoramento na área de Engenharia de Território sobre o tema: *Os sistemas de informação geográfica na detecção de villae em meio rural no Portugal Romano: um modelo preditivo*. O trabalho foi estruturado de modo a analisar a adequação dos Sistemas de Informação Geográfica – SIG aos propósitos da pesquisa arqueológica. Para o efeito, fez-se primeiramente uma caracterização genérica dos métodos de levantamento arquitectónico no domínio da arqueologia, em paralelo com uma recolha de implementações SigArqueo, a nível internacional, no contexto do estado da arte, de modo a alcançar o objectivo proposto: a elaboração de um modelo preditivo que permita inferir acerca da existência de *villae* em meio rural. Esta sequência de procedimentos permitiu estabelecer fases de análise de aproximação ao objectivo do trabalho.

## A B S T R A C T

This paper sets out to synthesize work developed for a doctoral dissertation in the area of Territorial Engineering entitled: *Geographic information systems in the detection of villae in rural Roman Portugal: a predictive model*. This work was designed to analyze the suitability of Geographic Information Systems (GIS), for the purposes of archaeological research. To this end, firstly architectural surveying in the field of archaeology was described generically while examples of the implementation of GisArcheo at international levels and in state of art contexts were collated, this in order to realize the proposed aim: the construction of a predictive model that might make it possible to infer the existence of *villae* in rural settings. This sequence of procedures made it possible to establish phases of analysis leading to the achievement of the objectives of this work.

## Objectivos do trabalho

Constituiu-se como objectivo principal do desenvolvimento do trabalho a determinação das condicionantes que influenciaram os sistemas construtivos romanos, passíveis de se detectarem no meio ambiente em que se inserem, quer a nível local quer a nível regional, e, com base nas características ambientais dominantes obtidas a partir de casos de estudo previamente seleccionados, determinar outros locais onde se verifique a mesma conjugação de factores — potenciais sítios arqueológicos.

Essa determinação, para além de ser um modo de obter indicadores que proporcionem a organização de novas campanhas, constitui, principalmente, uma advertência para eventuais intervenções de expansão urbanística que venham a ser projectadas para essas zonas, contribuindo, deste modo, para a defesa do património cultural.

Em paralelo, a conversão da informação de natureza arqueológica em dados a manipular em SigArqueo obriga a avaliar o modo de considerar essa informação e ao estabelecimento de operações que identificam e quantificam as características dos vestígios, e contribui para a permanente actualização da discussão da adequação dos SIG, enquanto metodologia de análise espacial, aos estudos arqueológicos.

A hierarquização da informação e dos temas considerados, segundo a sua importância para a época a que o estudo se refere, com base na medição das características físico-ambientais de casos conhecidos, foi estabelecida de modo a poder obter valores característicos dos locais em função dos grupos sociais que os ocupam, para, depois, poder utilizar esses dados na pesquisa a áreas mais alargadas e detectar sítios semelhantes. Por outro lado, procurou-se organizar a sequência de operações a implementar no modelo SigArqueo com uma estrutura aberta que possibilitasse a sua permanente actualização e experimentação, de modo a contribuir, igualmente, para o prosseguimento de novos estudos deste âmbito e para o conhecimento do passado não escrito.

Por fim, pode dizer-se que, como em qualquer trabalho desta natureza, se pretende contribuir com meios que permitam novos modos de inferir o passado.

## Projecto e método de pesquisa

Para a determinação de um padrão de ocupação nos termos dos objectivos propostos, começou-se por recolher informação que permitisse seleccionar casos de estudo e, tanto quanto possível, procurou-se utilizar sítios que já se encontrassem georreferenciados. Para o efeito, foi elaborado um levantamento do património romano, de forma a poder ponderar as opções de escolha de entre os vestígios disponíveis e onde foi considerada, preferencialmente, a região sul de Portugal, correspondendo a uma zona suficientemente ampla e relativamente homogénea do ponto de vista morfológico.

Apesar de se terem identificado numerosas *villae*, raras são as suficientemente escavadas para se poder fazer ideia da respectiva globalidade (Alarcão, 1988, p. 107) — *pars urbana* e *pars rustica*. Por esta razão, numa primeira fase da implementação do modelo preditivo optou-se por ponderar a escolha em termos por tipologia e dimensão da edificação, existência de elementos decorativos, nomeadamente mosaicos, que permitisse antever uma afinidade em termos culturais e económicos em relação aos ocupantes. No entanto, não foi descurada a possibilidade de, mais tarde, aferir a escolha em função da especificidade de produção de cada sítio: *villa* agrícola, *villa* piscatória e *villa* fortificada/administrativa.

Como aferição e validação do modelo preditivo a implementar, foram seleccionados dez casos de estudo. O número de casos escolhidos resultou do compromisso entre o total de casos obti-

Nome	Características
Cardílio	<i>villa</i> (e importante complexo termal)
Freiria	<i>villa</i> (termas e celeiro)
Torre de Palma	<i>villa</i> (termas, templo e criação de cavalos)
Santa Vitória do Ameixial	<i>villa</i> (e termas)
Abicada	<i>villa</i>
São Cucufate	<i>villa</i> (termas, templo e produção agrícola)
Pisões	<i>villa</i> (e termas)
Manuel Galo	<i>villa</i> fortificada
Montinho das Laranjeiras	<i>villa</i>
Milreu	<i>villa</i> (termas e templo)



Fig. 1 Ilustração da georreferenciação do património romano classificado e identificação dos casos de estudo.

dos na pesquisa bibliográfica e o número mínimo de casos necessários para se considerarem representativos num estudo de natureza estatística.

Foi ainda ponderada a disponibilidade de dados acerca do ambiente físico e sua relação com as características culturais, tendo como base a hipótese de que os vestígios que permaneceram até à actualidade, especialmente edificações, correspondem a zonas onde os factores ambientais se preservaram, permitindo, assim, encontrar padrões comuns capazes de racionalizar e orientar a descoberta arqueológica no período romano.

Após a selecção dos dez casos de estudo procedeu-se à recolha de informação específica relacionada com estes sítios, nomeadamente topográfica e hidrográfica, elementos gráficos das estruturas arquitectónicas e ambiental.

Para poder efectuar comparações entre os diferentes sítios foi necessário compatibilizar dados de diferentes origens, para permitir, posteriormente, a sua sobreposição. Assim, para os dados relativos à topografia dos locais, foi utilizada a cartografia digital à escala 1:25 000 (IgeoE < <http://igeoe.pt> > consultado de Janeiro de 1999 a Outubro de 2001).

Os elementos gráficos relacionados com o levantamento de estruturas arquitectónicas tiveram diferentes origens e tratamentos. Para os casos onde foi possível obter informação desenhada efectuou-se a respectiva conversão digital; de desenhos de campo feitos à escala 1:20, por ter sido possível aceder a esses elementos para um dos casos de estudo – Freiria – que resultou na aproximação mais rigorosa; até à conversão da informação obtida nos elementos bibliográficos de dois casos de estudo – Milreu e São Cucufate – apesar da margem de erro ser grande para os propósitos arqueológicos. Quanto aos restantes sete casos que, por diferentes razões, não foi possível dispor de dados suficientemente fiáveis e úteis para as necessidades da presente modelação, apenas se efectuou a georreferenciação de sítios/localização do ponto central, mas considerando

o seu futuro reaproveitamento para a obtenção de outros dados relacionados com a determinação da extensão das propriedades e, até, desenvolver hipóteses de reconstituição virtual do espaço arqueológico. Contudo, torna-se importante ponderar aspectos relacionados com a normalização de procedimentos, quer do levantamento gráfico quer da reprodução dessa informação.

Dada a escassez da informação relacionada com os aspectos arqueológico/ambientais, optou-se por utilizar parâmetros e temas de Base de Dados SIG já existentes, passíveis de serem implementados na modelação preditiva. Os dados utilizados correspondem a temas do Atlas do Ambiente (CNIG < <http://snig.cnig.pt> > [consultado de Janeiro de 1999 a Maio de 2001]), com a vantagem de serem disponibilizados em formato digital mas com o inconveniente de o serem a uma escala muito abrangente aos propósitos arqueológicos, visto tratar-se de registos estatisticamente mais resumidos.

Quadro 1. Temas e coberturas utilizados no modelo SigArqueo

Designação	Tema	Descrição	Classe	
1	SIT	Localização dos sítios de estudo	Localização do ponto central de cada sítio	Pontos
2	BAC	Sub-bacia hidrográfica	Área de limite da sub-bacia hidrográfica que contém o ponto central de cada sítio	Polígono
3	LIM	Limite do rectângulo envolvente à sub-bacia hidrográfica	Área acrescentada à sub-bacia hidrográfica para determinação da área de influência de cada sítio	Polígono
4	NASC	Carta de nascentes minerais	Registo das principais explorações de nascentes de água mineral	Pontos
5	ALT	Altimetria à escala 1:25 000	Troço da carta militar	Linhas
6	HID	Hidrografia à escala 1:25 000	Troço da carta militar	Linhas
7	TEMP	Temperatura	Valores médios anuais, em graus centígrados	Polígono
8	SOLO	Constituição dos solos	Áreas representativas das unidades pedológicas dominantes	Polígono
9	SISM	Sismicidade histórica	Registo das ocorrências sísmicas a partir de 1956	Polígono
10	RADI	Radiação solar	Valores médios anuais (kcal/cm <sup>2</sup> ) da quantidade total da radiação global	Polígono
11	PRET	Precipitação (quantidade total)	Valores médios anuais (mm) da quantidade total	Polígono
12	PRED	Precipitação (número de dias do ano)	Valores médios anuais de dias com precipitação ≥ 1 mm	Polígono
13	PAIS	Paisagem	Desagregação dos níveis de informação da carta das regiões naturais e caracterização do território segundo tipos de paisagem	Polígono
14	INSO	Insolação	Valores médios anuais em horas	Polígono
15	HUMI	Humidade do ar	Valores médios (%) da humidade relativa às 9 T.M.G.	Polígono
16	ESCO	Escoamento	Valores anuais (mm) da quantidade de água na rede hidrográfica	Polígono
17	LITO	Carta litológica	Unidades litológicas	Polígono
18	ECOL	Carta ecológica	Zonas ecológicas (fito-edafoclimática)	Polígono
19	BACI	Bacias hidrográficas principais	Limites das principais bacias hidrográficas	Polígono
20	AQUI	Recursos aquíferos subterrâneos	Produtividades médias (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> , dia)	Polígono
21	ACID	Acidez e alcalinidade dos solos	Classes de pH em água	Polígono
22	(NOME)	Levantamento arqueológico	Dados do levantamento arqueológico das estruturas arquitectónicas, dos locais de estudo	Polígono
23	(NOME)	Imagem de satélite	Fotografias (filme infravermelho falsa cor) rasterizadas e ortorrectificadas (base: carta militar 1:25 000) à escala 1:40 000 (erro máximo admissível: 10 metros)	Imagem raster
24	(NOME)	Levantamento topográfico do local	Utilização de dados a uma escala mais aproximada	Linhas
25	VIAS	Vias romanas	Integração da informação publicada, sem correcção local	Linhas
26	FREG	Freguesias - Continente - Freguesias	Carta administrativa de Portugal (2.ª edição), divisão administrativa por Freguesias, Concelhos e Distritos	Polígono
27	CONC	Concelhos - Continente - Concelhos	Limites de Concelhos	Polígono
28	DIST	Distritos - Continente - Distritos	Limites de Distritos	Polígono
29	CONT	Limite do Continente	Limite do Continente	Polígono

O resultado da recolha foi tão diverso, conforme pode ser consultado no Quadro 1, que obrigou a ponderar a informação não só em temas mas, também, em grupos temáticos e a salvaguardar a sobreposição da informação entre escalas semelhantes, do geral para o pormenor. Contudo, dispor de informação a nível nacional está em conformidade com a pesquisa automática que se pretende implementar a uma área mais alargada.

Para poder efectuar operações de medição e de sobreposição de dados, sobre os temas seleccionados, foi necessário atribuir um limite que correspondesse à extensão da propriedade rústica dos dez casos de estudo, ultrapassando, deste modo, as indefinições dos limites fundiários e permitindo que se estabelecessem valores para cada indicador SigArqueo considerado.

Deste modo, a partir do ponto central de cada caso de estudo, determinou-se a sub-bacia hidrográfica de cada sítio, medida à linha de água mais próxima utilizando, para o efeito, a cartografia à escala 1:25 000. Ao polígono assim determinado, que se utilizou como hipótese de desenvolvimento do trabalho e que permitiu obter resultados bastante promissores na implementação do modelo preditivo, foi acrescentada a área correspondente à regularização da figura geométrica, de modo a ultrapassar as diversidades que pudessem ocorrer das diferentes localizações do ponto central, procurando compensar eventuais erros e omissões, e os inconvenientes das incertezas associadas à determinação proposta, que se designou por área de influência.

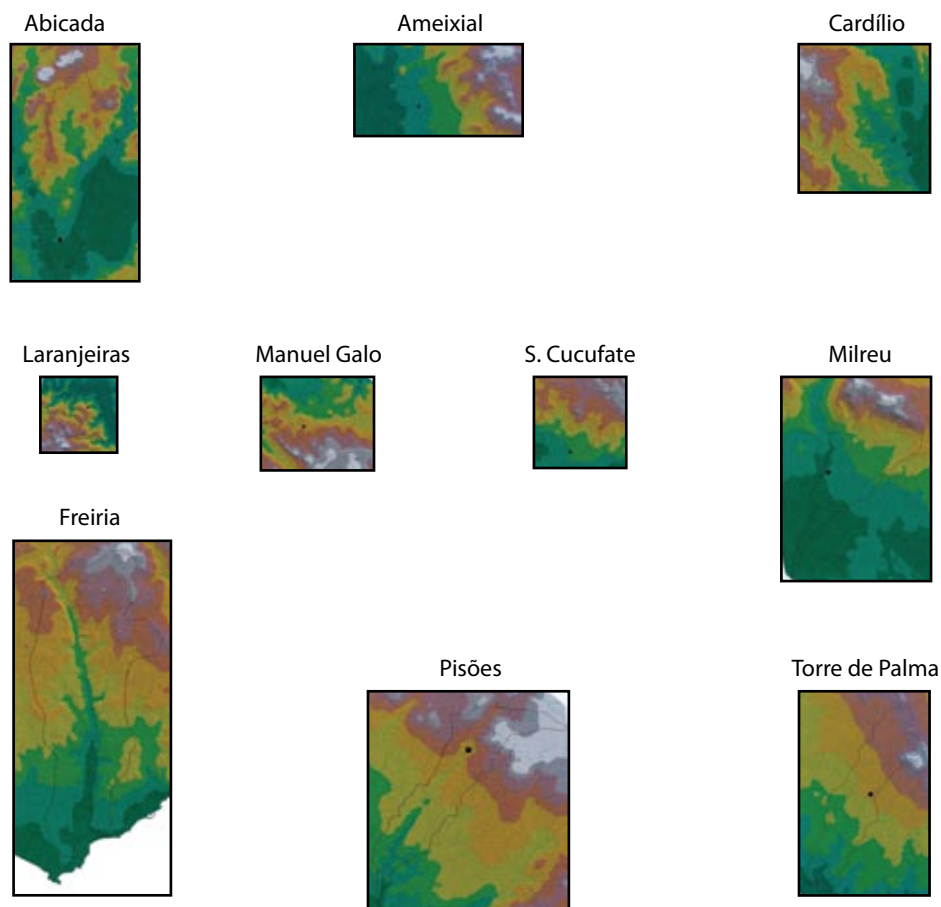


Fig. 2 Áreas de influência e limites atribuídos a cada sítio, para utilização na modelação preditiva.

Quadro 2. Matriz e histogramas dos valores dominantes dos casos de estudo

	GESTÃO DAS ÁGUAS										ACÇÃO DO SOL				FACTORES SOCIAIS E OUTROS			
	hid	pred	pret	esco	nasc	humi	aqui	baci	temp	inso	radi	vias		sism				
	Rede hidrográfica (distância à linha de água mais próxima, em metros)	Precipitação - n.º dias no ano (valores médios anuais-dias)	Precipitação total (valores médios anuais em mm)	Escoamento (valores médios anuais em mm)	Nascentes de água mineral (distância à nascente mais próxima, em metros)	Humidade do ar (valores médios anuais em %)	Recursos aquíferos subterâneos (produtividades médias em m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> dia)	Baixas hidrográficas principais (n.º de baixas milénios na área de estudo)	Temperatura (valores médios anuais em graus centígrados)	Insoiação (valores médios anuais em horas)	Radiação solar (valores médios anuais em kcal/cm <sup>2</sup> )	Vias romanas (distância à via romana mais próxima, em metros)	Levantamento arqueológico (localização do ponto 0,0)		Sismicidade histórica (classificação de intensidades máximas, escala de Mercalli modificada)			
											M	P						
Abicada	97.343	75.0	584.992	120.726	5833.907	80.0	200.0	Várias	18.779	3195.04	161.69	1867.174	158778.810	20704.710	10.00			
Ameixial	94.003	100.0	700.000	200.000	27434.678	70.0	142.6	1	17.302	2900.00	155.00	350.810	239555.000	214765.300	8.00			
Cardílio	83.832	100.0	724.995	197.537	19967.720	80.0	500.0	1	17.500	2788.43	149.46	355.606	165978.420	276180.820	9.00			
Freiria	83.355	100.0	732.913	244.034	6401.911	80.0	100.0	1 + Várias	16.343	3044.28	159.98	3328.830	96511.472	195510.193	9.14			
Laranjeiras	45.951	50.0	500.000	86.920	18670.072	84.4	43.5	1	17.500	3073.84	160.00	141.647	258327.040	55955.870	8.00			
Manuel Galo	19.797	75.0	500.000	100.000	8647.890	75.0	50.0	1	17.500	3000.00	160.00	2434.739	230000.000	63830.000	8.00			
Milreu	136.864	75.0	625.749	141.233	13995.105	75.0	200.0	Várias	20.000	3125.01	165.00	551.161	220398.400	14396.250	10.00			
Pisões	20.483	75.2	699.897	193.856	5510.000	80.0	73.3	1	16.000	3000.00	160.00	2226.360	216170.000	114500.000	7.00			
S. Cucufate	92.854	75.0	700.000	200.000	17916.822	79.5	300.0	1 + 1	17.500	3000.00	155.00	4185.204	225170.000	139620.000	7.00			
Torre de Palma	80.281	100.0	600.000	150.494	11224.522	70.0	196.5	1	17.500	2900.00	155.00	1165.150	255763.600	232890.400	7.72			

	CONSTITUIÇÃO DOS SOLOS																					
	solo acid lito eco pais																					
	Decives (classes de percentagem de inclinação – células de 2 x 2 m)																					
	Orientações (valores médios do local e percentagens - células de 2 x 2 m)																					
	Solo (unidades pedológicas)																					
	Acidez e alcalinidade dos solos (classes de pH em água)																					
	Carta biológica (complexos biológicos, períodos geológicos)																					
	Carta ecológica (zonas ecológicas)																					
	Paisagem (tipos de paisagem)																					
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-8	8-20	20-36	>36	Plano	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Solos (unidades pedológicas)	Acidez e alcalinidade dos solos (classes de pH em água)	Carta biológica (complexos biológicos, períodos geológicos)	Carta ecológica (zonas ecológicas)	Paisagem (tipos de paisagem)
Abicada	0.37	0.12	0.10	0.09	0.20	0.11	0.01	0.00	0.10	0.03	0.04	0.07	0.13	0.13	0.12	0.13	0.15	51% Cambissolos + 49% Luvidissolos	12.23	96% Sedimentar + 4% Sedimentar e metamórfica	51% Fitoclimática + 47% Edafo climática	51% Policultura algarvia (euromediterrânica) + 25% Formações lagunares e sapais + 16% Lezíria e regadios mediterrânicos + 8% Rios, lagoas e albufeiras
Ameixial	0.17	0.16	0.13	0.08	0.18	0.28	0.01	0.00	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.07	0.14	0.23	0.23	100% Luvidissolos	11.00	100% Sedimentar e metamórfica	100% Fitoclimática	70% Campina + 30% Policultura mediterrânica
Cardílio	0.22	0.13	0.12	0.11	0.26	0.16	0.01	0.00	0.08	0.04	0.03	0.14	0.19	0.13	0.11	0.12	0.11	100% Cambissolos	5.51	100% Sedimentar	100% Fitoclimática	100% Policultura mediterrânica
Freiria	0.18	0.10	0.11	0.11	0.31	0.17	0.02	0.00	0.11	0.02	0.02	0.07	0.13	0.15	0.16	0.16	0.13	82% Luvidissolos + 18% Vertissolos	11.48	84% Sedimentar + 3% Rochas eruptivas e vulcânicas	100% Fitoclimática	100% Policultura mediterrânica
Laranjeiras	0.21	0.02	0.02	0.03	0.08	0.31	0.32	0.02	0.01	0.07	0.06	0.15	0.18	0.09	0.08	0.08	0.09	87% Litossolos	4.35	97% Sedimentar e metamórfica	87% Fitoclimática	87% Campina + 13% Rios, lagoas e albufeiras
Manuel Galo	0.27	0.08	0.07	0.07	0.26	0.24	0.01	0.00	0.15	0.08	0.08	0.17	0.08	0.05	0.06	0.11	0.11	100% Litossolos	5.00	100% Sedimentar e metamórfica	100% Fitoclimática	100% Campina
Milreu	0.22	0.12	0.10	0.08	0.22	0.22	0.04	0.00	0.07	0.02	0.02	0.06	0.09	0.12	0.19	0.21	0.14	65% Cambissolos + 35% Luvidissolos	11.62	100% Sedimentar	100% Edafo-climática	93% Policultura algarvia (euromediterrânica) + 7% Lezíria e regadios mediterrânicos
Pisões	0.50	0.23	0.11	0.07	0.07	0.02	0.00	0.00	0.12	0.03	0.03	0.04	0.05	0.12	0.15	0.18	0.16	50% Planossolos + 37% Luvidissolos + 13% Vertissolos	5.33	84% Sedimentar e metamórfica	100% Fitoclimática	100% Campina
S. Cucufate	0.25	0.08	0.08	0.08	0.30	0.21	0.00	0.00	0.15	0.03	0.03	0.04	0.07	0.12	0.19	0.19	0.13	99% Cambissolos + 1% Luvidissolos	5.06	57% Rochas eruptivas plutónicas + 43% Sedimentares e metamórficas	100% Fitoclimática	83% Policultura mediterrânica + 17% Campina
Torre de Palma	0.18	0.25	0.18	0.11	0.19	0.09	0.00	0.00	0.08	0.01	0.02	0.04	0.07	0.08	0.14	0.28	0.22	100% Luvidissolos	5.00	81% Sedimentar + 19% Rochas eruptivas e plutónicas	100% Fitoclimática	100% Campina

Não obstante as incertezas relativamente à hipótese formulada que permitiu ultrapassar o desconhecimento da verdadeira extensão da *pars rustica*, os resultados obtidos são bastante interessantes porque reflectem áreas classificadas grandes herdades, segundo os critérios do que seria uma grande propriedade agrícola antes da mecanização da agricultura, com áreas perfeitamente compatíveis com o percurso pedonal característico das zonas rurais.

Com base nas condições pré-estabelecidas, determinaram-se dez propriedades rurais, que podem ser classificadas como sendo: uma grande (Freiria), três médias (Milreu, Abicada e Pisões) e seis pequenas (Torre de Palma está na transição), que, por sua vez, permitiram a determinação dos valores ambientais característicos de cada caso de estudo.

Deste modo, efectuaram-se medições e comparações de dados, entre diferentes *villae*, organizaram-se quadros comparativos de factores ambientais e ponderou-se a informação de modo a determinar índices que pudessem vir a ser implementados na pesquisa automática. A informação foi estudada por temas, em quatro grupos dominantes, de modo a permitir efectuar a sobreposição da informação, primeiramente em cada eixo e, depois, entre eixos, e a determinar valores característicos, quer da produção agrícola e dos recursos hídricos, quer da ocupação urbana, de forma a alcançar o objectivo proposto.

O cruzamento temático da informação, de acordo com a frequência dos temas detectada nos casos de estudo, permite vir a obter, em sucessivas fases de pesquisa, indicadores que caracterizem a correlação entre os vários eixos, nomeadamente, um índice dos recursos hídricos, da gestão das águas e da acção do sol que, quando relacionados com o índice da produção agrícola (resultante da constituição dos solos), seja o indicador da ocupação rural da *villa*, que, quando cruzado com a ocupação urbana (*pars urbana* da *villa*), resultante dos factores sociais e de outros, permita determinar a provável ocupação da *villa* em toda a sua extensão. Apesar de, nesta primeira modelação, não ser possível determinar um valor característico de uma *villa* em meio rural, o estabelecimento de uma hierarquia permitiu construir um modelo suficientemente flexível para que novos temas possam vir a ser considerados, assim como aferir valores, de modo a contribuir para a sua constante renovação.

Para a sobreposição da informação ponderaram-se os temas e intervalos de acordo com o que se atribuiu ser a sua importância para o período cultural em questão, estabelecidos por afinidade e por consulta directa a especialistas desta área que se disponibilizaram para o efeito, de modo a proceder à sua classificação exhaustiva, assim como dos intervalos considerados. A acessibilidade ao modo como os dados foram estruturados assim como o seu nível de detalhe, foram a principal razão da ponderação atribuída a cada tema. A utilização destes parâmetros, ainda que genéricos, permite compreender a tendência natural da sequência da análise e detalhar, em modelações sucessivas, os temas que se demonstrem mais adequados ao objectivo da análise. Por outro lado, a permanente aferição, de acordo com novos dados que, entretanto, venham a ser obtidos, é uma possibilidade SigArqueo.

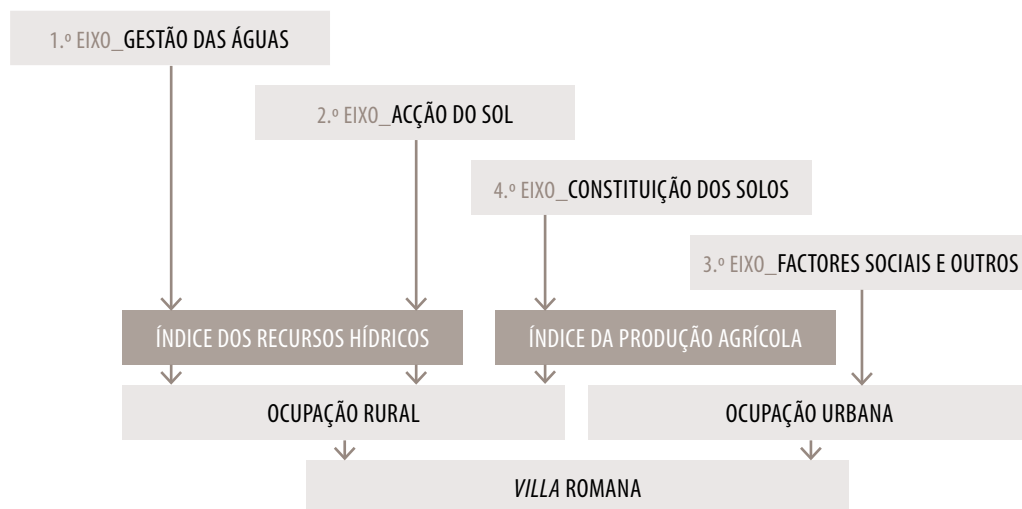


Fig. 3 Esquema da organização dos temas utilizados na pesquisa automática.

**Quadro 3. Temas, ordem de grandeza e factores de ponderação utilizados na modelação SigArqueo**

Pesos		GESTÃO DAS ÁGUAS	Pesos		ACÇÃO DO SOL	Pesos		FACTORES SOCIAIS E OUTROS	Pesos		CONSTITUIÇÃO DOS SOLOS
Temas	Intervalos		Temas	Intervalos		Temas	Intervalos		Temas	Intervalos	
10		<b>Rede hidrográfica (distância à linha de água mais próxima em metros)</b>	8		<b>Temperatura (valores médios anuais em graus centígrados)</b>	8		<b>Vias romanas (distância à via romana mais próxima em metros)</b>	10		<b>Declive (classes de percentagem de inclinação – células de 2 x 2 m)</b>
	10	1: x <= 100 m		10	1: x >= 16,0 °C		10	1: x <= 3500 m		10	1: 0 <= x <= 3
	9	2: + 100 m		8	2: 12,5 <= x <= 16,0 °C		5	2: + 3500 m		5	4 <= x <= 20
	8	3: + 100 m		6	3: 7,5 <= x <= 12,5 °C					4	2: 3 <= x <= 4
	7	4: + 100 m		4	4: x <= 7,5 °C					4	3: x <= 20
9		<b>Precipitação – n.º dias no ano (valores médios anuais-dias)</b>	7		<b>Insolação (valores médios anuais em horas)</b>	3		<b>Levantamento arqueológico (localização do ponto 0,0)</b>	9		<b>Orientações (valores médios do local e percentagens – células de 2 x 2 m)</b>
	10	1: 75 <= x <= 100 dias		10	1: 2800 <= x <= 3000 horas					10	1: SE <= x <= NO
	5	2: 50 <= x <= 75 dias e x >= 100 dias		9	2: 2600 <= x <= 2800 horas e x >= 3000 horas					5	x = Plano
	3	3: x <= 50 dias		8	3: 2400 <= x <= 2600 horas					4	2: E <= x <= SE
				6	4: 2200 <= x <= 2400 horas						3: NO <= x <= E
				4	5: 2000 <= x <= 2200 horas						
				2	6: 1800 <= x <= 2000 horas						
				1	7: x <= 1800 horas						
8		<b>Precipitação total (valores médios anuais em mm)</b>	5		<b>Radiação solar (valores médios anuais em Kcal/cm²)</b>	2		<b>Sismicidade histórica (isossistas de intensidades máximas, escala de Mercalli modificada)</b>	8		<b>Solos (unidades pedológicas)</b>
	10	1: 500 <= x <= 700 mm		10	1: 150 <= x <= 160 Kcal/cm²		4	1: Zona de Intensidade 8		10	1: Luvissoles
	7	2: x <= 500 mm e 700 <= x <= 1000 mm		8	2: 140 <= x <= 150 Kcal/cm² e x >= 160 Kcal/cm²		3	2: Zona de Intensidade 7 e Zona de Intensidade 9		9	2: Cambissolos
	6	3: 1000 <= x <= 1400 mm		6	3: x <= 140 Kcal/cm²		2	3: Zona de Intensidade 6 e Zona de Intensidade 10		8	3: Litossolos
	5	4: 1400 <= x <= 2000 mm					1	4: Zona de Intensidade 5		7	4: Vertissolos
	3	5: 2000 <= x <= 2800 mm								6	5: Planossolos
	1	6: x <= 2800 mm								5	6: Fluvissoles
										4	7: Solonchaks
										3	8: Podzols
										2	9: Regossolos
										1	10: Rankers
7		<b>Escoamento (valores médios anuais em mm)</b>							6		<b>Acidez e alcalinidade dos solos (classes de pH em água)</b>
	10	1: 100 <= x <= 200 mm								10	1: 5,6 <= x <= 6,5
	7	2: 25 <= x <= 100 mm e 200 <= x <= 400 mm								8	2: 4,6 <= x <= 5,5 e 5,6 <= x <= 7,3
	5	3: x <= 25 mm e 400 <= x <= 800 mm								5	3: x <= 4,5 e 6,6 <= x <= 8,5
	4	4: 800 <= x <= 1400 mm								2	4: 7,4 <= x <= 8,5 + (5,6 a 6,5)
	3	5: 1400 <= x <= 2200 mm									
	1	6: x >= 2200 mm									
5		<b>Nascentes de água mineral (distância à nascente mais próxima em metros)</b>							5		<b>Carta litológica (complexos litológicos, períodos geológicos)</b>
	10	1: 7000 <= x <= 14000 m								10	1: Formações sedimentares e metamórficas
	9	2: x <= 7000								9	2: Formações sedimentares
	7	3: 14000 <= x <= 21000 m								7	3: Rochas eruptivas plutónicas
	5	4: + 7000 m								5	4: Rochas eruptivas vulcánicas
	3	5: + 7000 m									
4		<b>Humidade do ar (valores médios anuais em %)</b>							4		<b>Carta ecológica (zonas ecológicas)</b>
	10	1: 75 <= x <= 80 %								10	1: Basal (inferior a 400 m)
	8	2: 70 <= x <= 75 % e 80 <= x <= 85 %								8	2: Submontano (400 a 700 m)
	7	3: 65 <= x <= 70 % e x >= 85 %								5	3: Montano (700 a 1000 m)
	5	4: x <= 65 %								2	4: Altimontano (1000 a 1300 m)
										1	5: Erminiano (superior a 1300 m)
3		<b>Recursos aquíferos subterrâneos (produtividades médias em m³/Km².dia)</b>							3		<b>Paisagem (tipos de paisagem)</b>
	10	1: 100 <= x <= 200								10	1: Campina (sequeiro estreme) Policultura Submediterrânea Policultura Algarvia (euromediterrânea)
	8	2: 250 <= x <= 300								9	2: Lezíria, Regadios Mediterrâneos Formações Lagunares e Sapais Rios, Lagoas e Albufeiras
	7	3: 400 <= x <= 500								7	3: Charneca (mata baixa durifolia) Montado (sobre e azinho) Áreas Metropolitanas
	6	4: x <= 50								5	4: Ribeira Atlântica (regadio estreme) Ribeira Subatlântica (regadio dominado) Ribeira Subatlântica (regadio dominante)
										4	5: Dunas Litorais Subserra Erminiana Marinha (pinhal denso em dunas)
										3	6: Montanhas Granito e Xisto (niv. florestal) Montanhas Granito e Xisto (niv. pastoril) Douro Vinhateiro (monocultural)
										2	7: Relevos Calcários Gandara (tojal, sub-serra nordestina)
										1	8: Terra Quente Transmontana (policultura) Meia-encosta Nordeste Terra Fria Transmontana
2		<b>Bacias hidrográficas principais (localização)</b>									
	3	1: 1									
	1	2: Várias									



A estruturação dos temas por quatro grandes eixos permitiu organizar a informação, aceder e analisar cada tema individualmente, e ponderar a sua importância na caracterização social da época a que o estudo se reportava, de forma a sistematizar as operações de sobreposição a uma pesquisa do tipo exclusivo, ou seja, do tipo 0 e 1 (Sim ou Não; ou Há ou Não-há), de modo a poderem ser utilizados na pesquisa ao potencial arqueológico de uma região alargada.

Após a ponderação dos temas, intervalos e eixos, procedeu-se à elaboração do modelo SigArqueo de determinação de *villae* em meio rural, através da sobreposição de temas, respeitando a ordem estabelecida e exposta, com a respectiva correspondência gráfica.

### **Sistematização das operações de sobreposição (*Overlay*)**

A sobreposição da informação foi efectuada de dois modos:

- por sobreposições binárias, que permitiu a determinação de ocorrência de indicadores afins como indutores de potenciais sítios;
- por somas ponderadas, que resultou na determinação de áreas de igual preferência para a conjugação de factores dos temas ponderados.

### **Sobreposições binárias**

No método de sobreposições binárias, a informação, hierarquizada de modo a efectuar operações de *overlay* por eixos e entre eixos, permitiu obter uma área onde se procedeu à análise das orientações e dos declives mais favoráveis para a instalação de uma *villa* em meio rural. Com este procedimento obtiveram-se seis locais – potenciais sítios arqueológicos – que correspondem às variáveis ambientais inicialmente seleccionadas. A medição de variáveis ambientais características de sítios arqueológicos permite a determinação de novos sítios, mas a obtenção de resultados implica a verificação da correspondência entre o modelo e a realidade, o que pode ser efectuado por pesquisa bibliográfica aos dados existentes e por confirmação no local.

Para os resultados obtidos efectuou-se a sobreposição com os registos existentes, bibliográficos, tais como a Carta Arqueológica e a base de dados do IPA (< <http://www.ipa.min-cultura.pt> > [consultado de Janeiro a Outubro de 2001]) – tendo-se verificado a predominância de *villae* fortificadas na região – e os de natureza gráfica, tais como a cartografia e as imagens aéreas – o que resultou numa grande correspondência de alinhamentos entre o modelo e a realidade (indiciando a existência de vias). A análise no local das zonas mais promissoras permitiu constatar que:

- os resultados excluía as zonas correspondentes aos vestígios de ocupação mais recente, nomeadamente islâmico-medievais;
- o tipo de solo também teve um peso determinante na pesquisa, uma vez que as zonas de edificações foram igualmente excluídas;
- foram detectadas infraestruturas de apoio rural, provavelmente correspondentes a pré-existências;
- e que os alinhamentos resultavam do diferente crescimento da vegetação local (diferentes constituições da camada superficial do solo).

A certeza quanto à existência de vestígios arqueológicos enterrados só poderá ser comprovada com trabalhos de escavação.

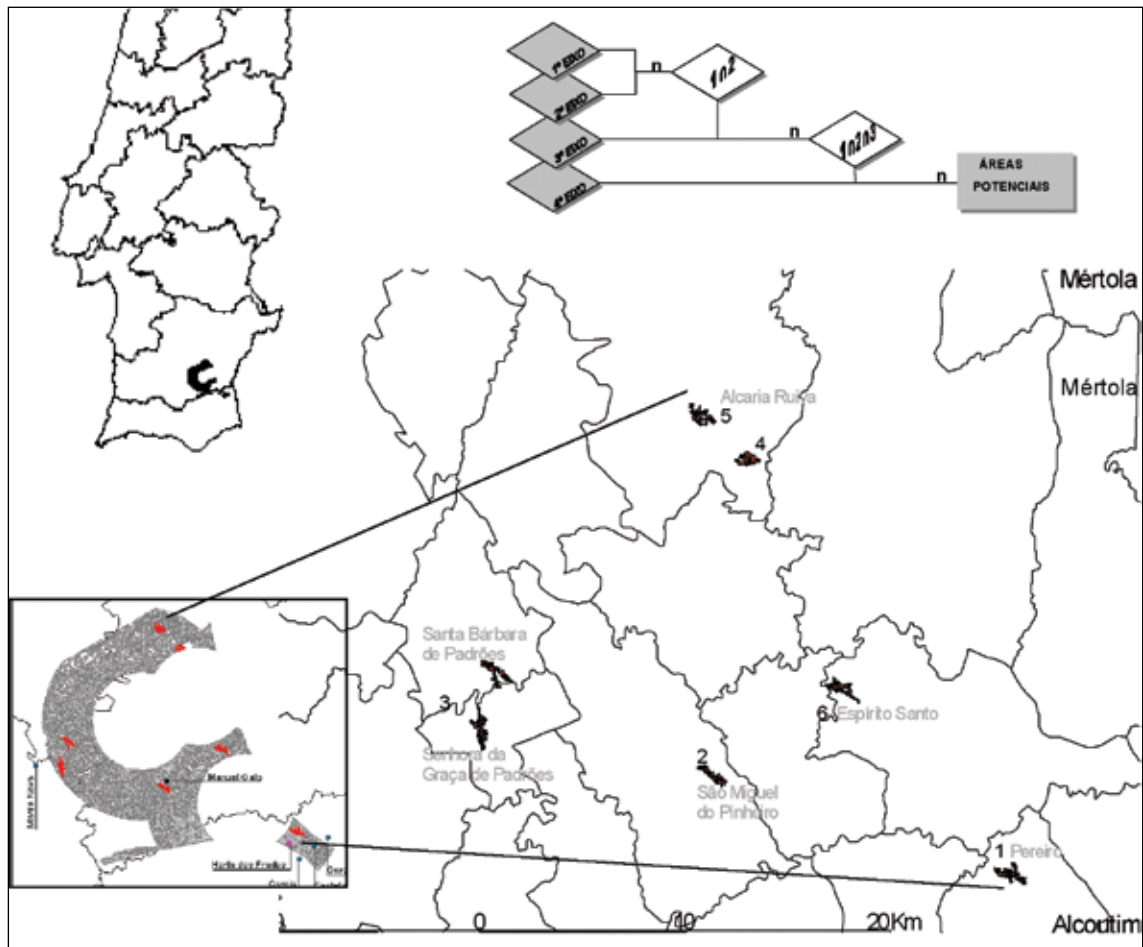


Fig. 4 Resultado da pesquisa automática: seis sítios a prospectar.



Fig. 5 Sobreposição de uma das potenciais áreas – São Miguel do Pinheiro – ao respectivo ortofoto; e uma sugestão de área a prospectar.

### Método das somas ponderadas

A sobreposição da informação pelo método das somas ponderadas corresponde à repartição de áreas, por sucessivas intersecções, de acordo com a classificação atribuída. A implementação deste tipo de análise, apesar do nível de generalização da informação considerada, permite determinar áreas de igual potencial arqueológico e efectuar uma pré-selecção dessas áreas, que vise proporcionar uma pesquisa de maior detalhe em fases subsequentes.

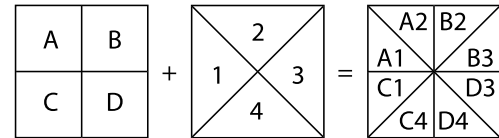


Fig. 6 Esquema da equivalência gráfica dos métodos de somas ponderadas.

A sobreposição da informação permitiu determinar áreas de igual preferência para a conjugação de factores dos temas ponderados (em que as áreas de igual ponderação foram delimitadas, pelo que se designou, por isolinhas arqueológicas). Essa ponderação variou entre 1 e 75 e, para efeitos de prosseguimento do estudo, validaram-se os primeiros 20%, ou seja, valores entre 60 e 75. As áreas correspondentes a estas primeiras classificações foram interseccionadas com a divisão cartográfica à escala 1:25 000, o que resultou numa sobreposição com 529 cartas. Dessas, seleccionaram-se novamente os primeiros 10% com a classificação mais elevada, correspondendo a 53 cartas (i. e., 2% do total), para se poder iniciar a experimentação a uma análise mais pormenorizada; o objectivo último será o estabelecimento de procedimentos que permitam a análise de todas essas áreas. O resultado intermédio agora obtido, apesar de corresponder a uma área muito mais alargada do que a da anterior modelação, por sobreposições binárias, voltou a validar as mesmas zonas como sendo de elevado potencial.

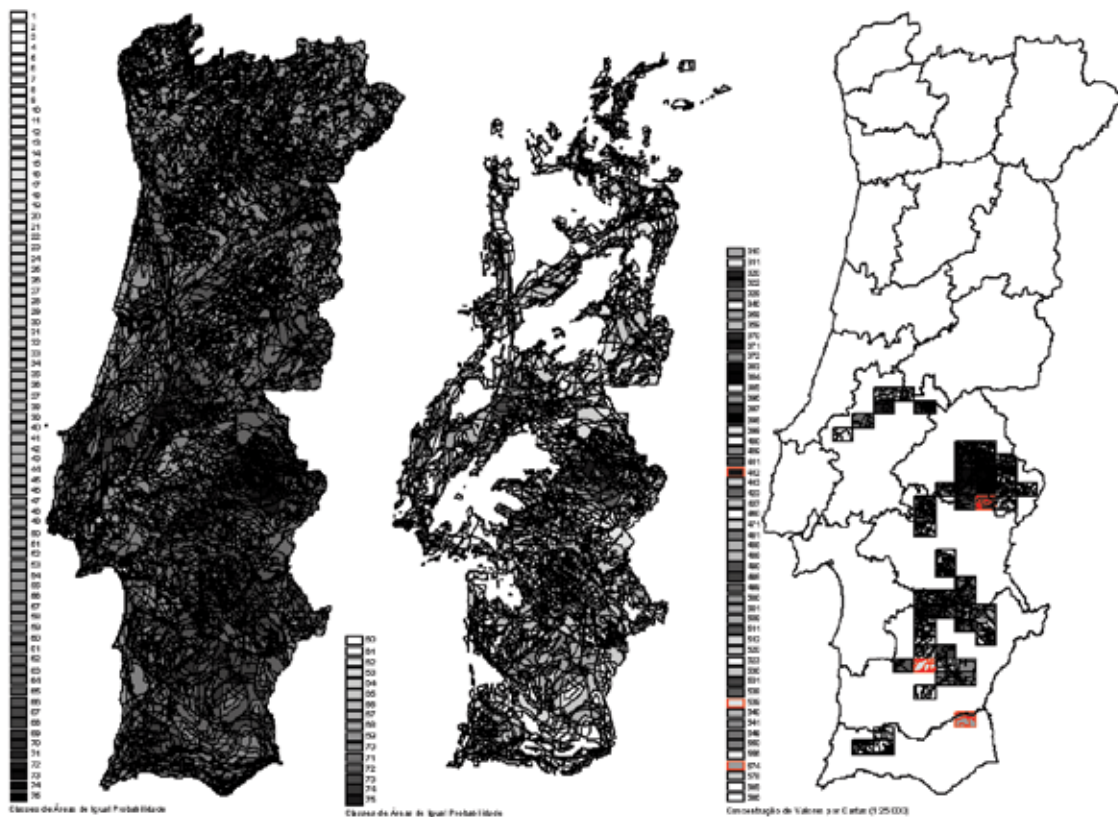


Fig. 7 Resultado da pesquisa por ponderação de valores, determinação de áreas de igual preferência e selecção das zonas de maior acumulação com base na divisão cartográfica da escala 1:25 000.

Nessas 53 cartas procedeu-se à pesquisa das características ambientais genéricas para o período cultural em questão, nomeadamente em termos de declives e orientações, e, nas que revelaram maior afinidade de factores, tais como orientações predominantes a Sul e a Este (cartas 412, 539 e 574), procedeu-se, então, à especificidade da pesquisa das características ambientais romanas para a escolha dos locais mais propícios para a instalação de uma propriedade (*pars rustica*), quer em termos de qualidade do solo para a produção agrícola quer em termos de dimensão, e, depois, do sítio mais adequado para a localização da casa (*pars urbana*), que correspondesse às necessidades técnicas para uma construção dessa natureza. Esta fase da análise é susceptível de pesquisa a uma escala mais pormenorizada.

De acordo com as preocupações ambientais romanas para a escolha de um espaço onde instalar uma *villa* em meio rural — de produção agrícola — nas três cartas onde predominavam as orientações mais favoráveis, foram seleccionados os locais em que a conjugação de factores era a mais bem classificada em termos de produção agrícola, utilizando para isso informação à escala 1:25 000. Como, em qualquer das três cartas, os valores mais elevados se agrupavam na mesma área, estabeleceu-se um limite de 6000 x 6000 km<sup>2</sup>, equivalente a uma propriedade de dimensão média. E, nas zonas assim determinadas, seleccionaram-se as que correspondiam às preocupações ambientais romanas para a instalação da *pars urbana* da *villa*: pequena encosta, traseiras para o rio, eventualmente vista de mar/rio e bons ventos.

Por fim, efectuou-se a sobreposição dos resultados obtidos pelo método das somas ponderadas aos registos existentes, quer em termos de pesquisa bibliográfica de referência quer em termos de pesquisa local — *field walk*.

A consulta à base de dados do IPA permitiu comprovar a existência de muitos vestígios romanos na zona agora obtida, especialmente alcarias. Por sua vez, a pesquisa ao Campo Arqueológico

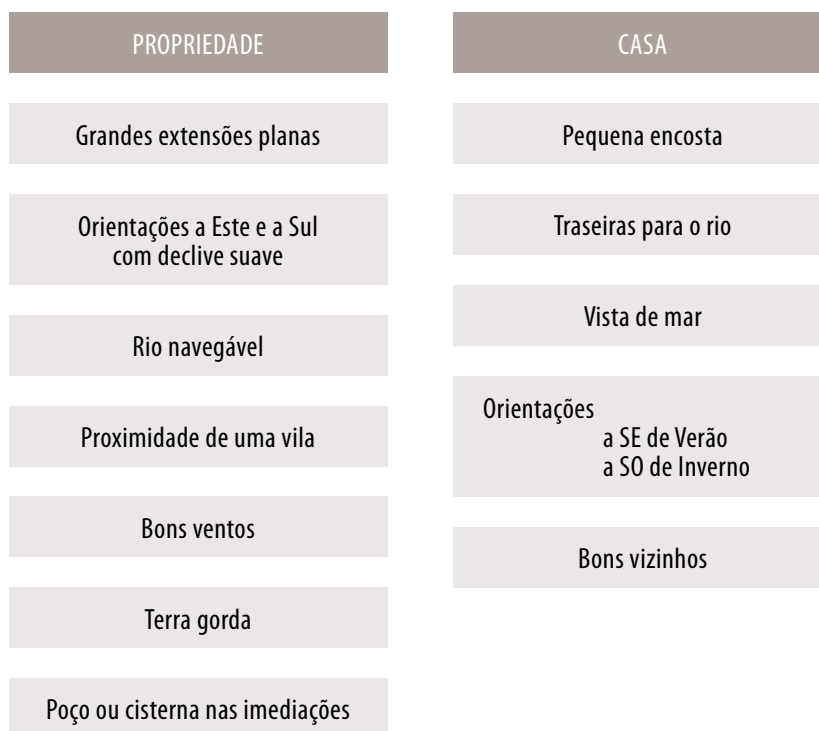


Fig. 8 Esquema das preocupações ambientais na época romana, para a *pars rustica* e para a *pars urbana*.

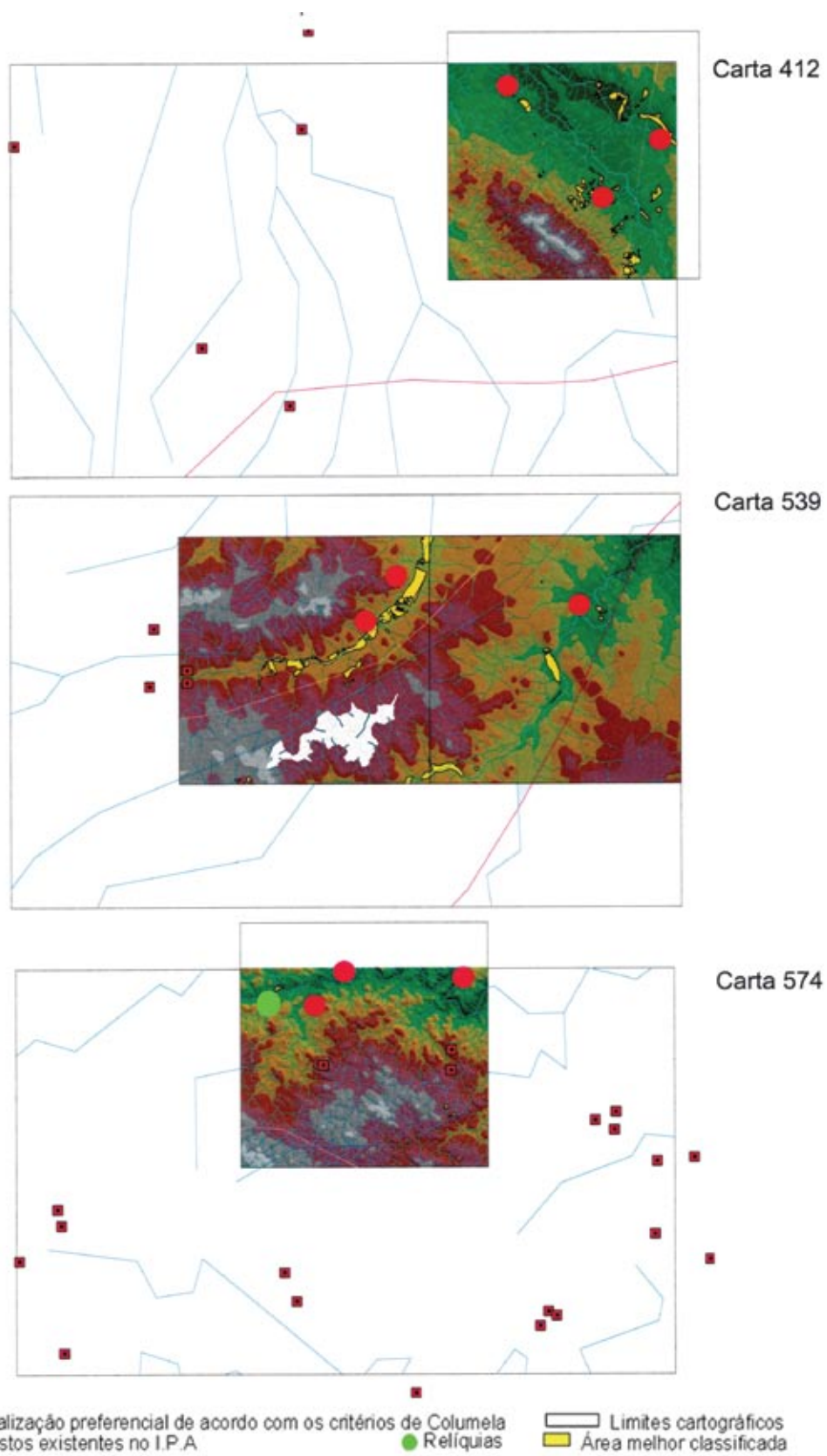


Fig. 9 Ilustração do modelo digital de terreno das áreas de maior potencial nas Cartas 412, 539 e 574 (dados à escala 1:25 000).

de Mértola permitiu detectar a existência de edificações, efectuadas segundo o método construtivo tradicional na região — alvenaria de pedra vã-xisto — de difícil datação e, na proximidade de uma das hipóteses de localização da casa romana, existe um pequeno povoado islâmico (Relíquias), do tipo fortificado, com espólio de superfície datando do século V d.C., provavelmente correspondendo à persistência de uma anterior ocupação romana, muito comum na região. Para validar estes resultados será necessário proceder a escavações.

### Comparação dos resultados intermédios

Com a implementação do presente modelo SigArqueo verifica-se que, apesar de não terem sido especificadas algumas características associadas aos casos de estudo, tais como a tipologia de produção dominante associada a cada *villa* — rural ou industrial — que, por sua vez, influenciava a respectiva organização social e estrutural, bem como a determinação da área da *pars rustica*, que tornaria mais criteriosa a quantificação dos coeficientes de ponderação dos temas utilizados, a estruturação e manipulação da informação disponível permitiu obter indicações quanto ao potencial arqueológico de uma região.

Com efeito, os locais determinados por sobreposição binária correspondem aos de maior probabilidade de ocorrência no método de somas ponderadas. O que pode dever-se: à utilização dos mesmos dados; ao seu nível de generalização; ou à necessidade da sua melhor especificação, que permita, também, esclarecer a persistência dos resultados de classificar como elevado potencial arqueológico uma região com características tão particulares, onde predominam as *villae* fortificadas.

Dos resultados intermédios agora obtidos, apesar de ambos terem conduzido a resultados semelhantes, pode concluir-se que as sobreposições binárias se revelaram adequadas à determinação de sítios — áreas com características ambientais específicas (pesquisa arqueológica) — i.e., é um método indicado quando se pretende encontrar um resultado muito específico. E que o método de somas ponderadas, por enquanto, tem uma implantação preferencial na hierarquização do potencial arqueológico (planeamento arqueológico), ou seja, como um instrumento de apoio à elaboração de cartas de condicionantes de uma região.

### Conclusões

Com o desenvolvimento deste trabalho pensa-se ter contribuído para um novo modo de inferir o passado, pelo controlo dos vestígios no tempo e no espaço em que se integram, nomeadamente pela georreferenciação de estruturas e artefactos, pela determinação de classes e tipos no meio ambiente em que se inserem, e pela medição de densidades e de distribuições de ocorrências de espólio durante o processo de escavação. E, conseqüentemente, contribuir para a gestão integrada dos recursos culturais e para a pesquisa arqueológica de diferentes cenários passados.

Para poder alcançar os objectivos propostos, foi necessário estabelecer um conjunto de procedimentos que se espera virem a implementar-se como normas comuns a qualquer intervenção arqueológica, nomeadamente quanto à fase de levantamento, de modo a permitir a conjugação da informação recolhida nos diferentes espaços e tempos, e à consideração da informação no modelo SigArqueo. Refira-se que a sequência de operações a implementar no modelo, que permitiu obter conclusões e alcançar o objectivo proposto quer quanto a hipóteses de ocupações arqueológicas

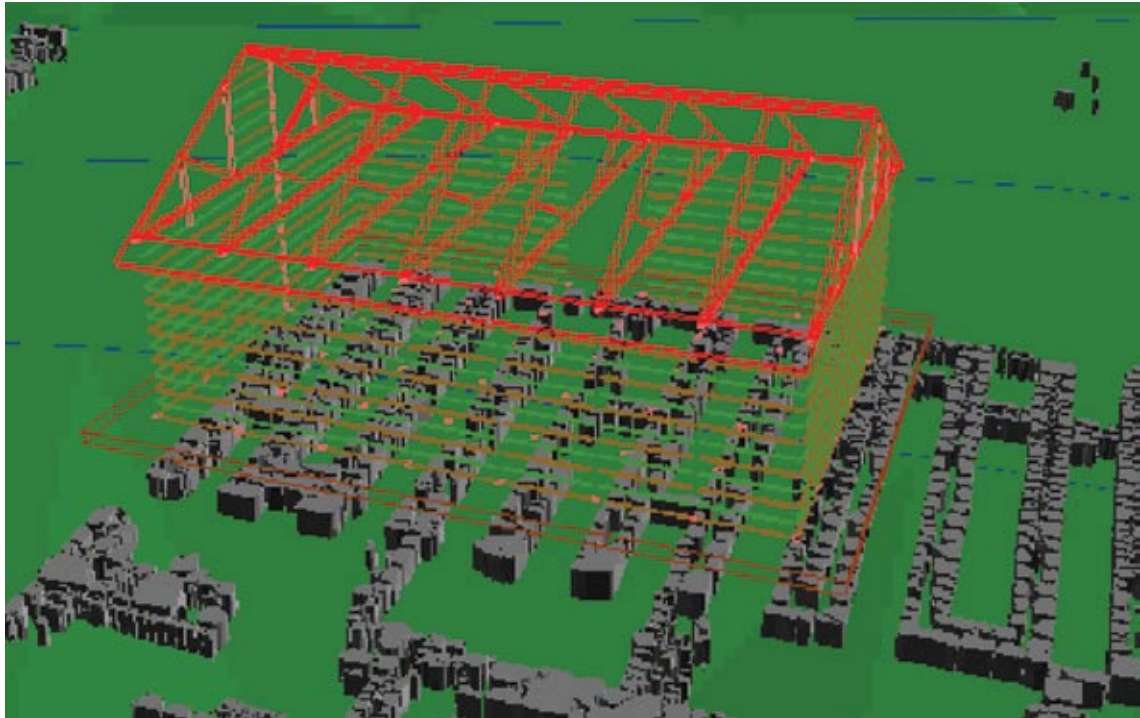


Fig. 10 Hipótese de reconstituição da casa do celeiro do Casal da Freiria, integrando a informação associada com o levantamento arqueológico das estruturas arquitectónicas.

quer no sentido de determinar o potencial arqueológico local e regional, para além de inovadora, é suficientemente flexível para ser utilizada e otimizada em trabalhos desta natureza, de modo a concorrer, também, num procedimento normativo, fundamental para que possam vir a efectuar-se comparações entre desenvolvimentos distintos.

Com este desenvolvimento torna-se, assim, possível a fundamentação de decisões em trabalhos de análise de impacto e de planeamento ambiental, quer em zonas de expansão urbanística, de modo a minimizar a destruição de eventuais vestígios arqueológicos, quer em Planos Directores Municipais, como forma de acautelar o ordenamento do território e o uso do solo no contexto do planeamento urbanístico. Nomeadamente tirando partido dos instrumentos disponibilizados pelo Sistema Nacional de Gestão Territorial que, através dos diferentes planos — Regional, Inter-municipal e Municipal — estabelece níveis de aproximação ao ordenamento do território, desde a macro-escala até ao pormenor. Prever a integração de diferentes intervenções arqueológicas, à escala local, num único plano, é um modo de contribuir para a correcção de disfunções dos projectos elaborados a nível regional, tal como se encontra previsto no actual regime jurídico.

Podem ainda explorar-se outros desenvolvimentos que permitam dinamizar o âmbito destes instrumentos para além do que se encontra actualmente previsto, tais como a análise baseada no registo de fenómenos e na previsão de actualização dessa informação que, para este tema específico, se reflecte na Carta Arqueológica, onde se registam as condicionantes culturais em função do período histórico. Com a integração dos dados recolhidos pelo Observatório do Sistema Nacional de Informação Territorial podem vir a identificar-se áreas afins de ocorrência de índices ambientais/culturais, de modo a determinar áreas de potencial arqueológico, cuja informação deverá integrar as Cartas de Condicionantes.

A conjugação de dados históricos, existentes e potenciais, será um modo mais rigoroso de analisar a informação relativa a épocas anteriores que se poderão reflectir em análises mais objectivas, contribuindo decisivamente para a definição dos princípios de orientação da disciplina do território, que poderão reflectir-se em condicionantes na aprovação de projectos, de acordo com o potencial da área em que se localizam, de modo a garantir a prevenção e a recuperação do futuro património.

A nível local, prevê-se a ampla utilização dos modelos SigArqueo nas implementações de reconstituição virtual, integrando a informação recolhida, e na acessibilidade da informação arqueológica, permitindo novas pesquisas de acordo com novas inferências que entretanto venham a desenvolver-se.

---

#### NOTAS

- \* Instituto Superior Técnico  
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa – Portugal  
e-mail: hrua@civil.ist.utl.pt

---

#### BIBLIOGRAFIA

ALARCÃO, J. de (1988) - *O domínio romano em Portugal*. Lisboa: Europa-América.