

ESTUDOS PRÉ-HISTÓRICOS

volume 18

Artes Rupestres II
Actas da Mesa-Redonda



Ficha técnica

Título: Actas da II Mesa-Redonda. Artes Rupestres da Pré-história e da Proto-história. Estudo, Conservação e Musealização de Maciços Rochosos e Monumentos Funerários (Porto, Faculdade de Letras, 10, 11 e 12 de Novembro de 2011)

Coordenação: Maria de Jesus Sanches e Domingos Cruz

Design da capa: A. Fernando Barbosa

Maquetagem e paginação: Tiago Gil

Propriedade: Centro de Estudos Pré-históricos da Beira Alta. Apartado 50 — 3501-908 Viseu. cepba@sapo.pt

Distribuição (edições em papel):

Livraria Sousa e Almeida, Rua da Fábrica, 40-42 — 4050-245 Porto. geral@sousaealmeida.com

Portico Librerías, Muñoz Seca, 6 — 50006 Zaragoza (Espanha). portico@librerias.es

ISBN: 978-972-99352-7-5 | *Suporte:* electrónico | *Formato:* PDF

Ilustração da capa: “máscara” do Abrigo 15 A do Regato das Bouças, Serra de Passos (Mirandela)

Estudos Pré-históricos é uma publicação não periódica vocacionada para a divulgação de estudos e outros textos sobre o património arqueológico e a Pré-história do Centro de Portugal, em particular da região da Beira Interior. É seu objectivo contribuir para o conhecimento da ocupação pré-histórica do território, como também a divulgação e protecção do património arqueológico.

Este volume dos Estudos Pré-históricos foi publicado, em formato digital, em Dezembro de 2016

<http://estudospre-historicos.weebly.com>

CENTRO DE ESTUDOS PRÉ-HISTÓRICOS DA BEIRA ALTA

ESTUDOS PRÉ-HISTÓRICOS

VOL. XVIII

Actas da II Mesa-Redonda

Artes Rupestres da Pré-história e da Proto-história:

Estudo, Conservação e Musealização de Maciços Rochosos e Monumentos Funerários

Rock Arts of Prehistory and Protohistory:

Study, Heritage Conservation and Musealization of Rock Art Massifs and Funerary Megalithic Monuments

10, 11 e 12 de Novembro de 2011

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Maria de Jesus Sanches | Domingos Cruz

Coordenação / Editors

UISEU

2013

ÍNDICE

Apresentação do volume	11
<i>About this publication</i>	
Domingos J. Cruz e Maria de Jesus Sanches	
 Linhas programáticas da II Mesa Redonda “Artes Rupestres”	 13
<i>Programmatic orientations of the second Roundtable "Rock Arts"</i>	
Maria de Jesus Sanches e Domingos J. Cruz	
 Conservar: produzir passado	 15
<i>Heritage conservation: the past producing</i>	
Susana Jorge	
 Orientação das vertentes e conservação de arte rupestre: dados meteorológicos preliminares acerca do complexo de arte rupestre ao ar livre do Vale do Côa	 19
<i>Slope aspect and rock art conservation: preliminary meteorological data regarding the open-air Coa Valley rock art complex</i>	
António Pedro Batarda Fernandes	
 O Abrigo de Parada, um sítio de arte rupestre do Vale do Sabor (Alfândega da Fé, Bragança, Trás-os-Montes)	 41
<i>The Parada Rockshelter, a rock art site in the valley of Sabor (Alfândega da Fé, Bragança, Trás-os-Montes)</i>	
Joana Castro Teixeira	
 Escarpas rochosas e pinturas na Serra de Passos/ Sta Comba (Nordeste de Portugal)	 71
<i>Rock Escarpments and its schematic paintings in Passos/Sta Comba Mountain (Northeast of Portugal)</i>	
Maria de Jesus Sanches, Pedro Rafael Morais, Joana Castro Teixeira	
 Fraga da Pena. Architecture of a granitic tor in the 3rd millennium BC	 119
<i>Fraga da Pena: arquitectura cosmológica de um maciço rochoso no final do 3º milénio AC</i>	
António Carlos Valera	
 O abrigo da Foz do rio Tua-Alijó (Trás-os-Montes, Portugal). Identificação e estudo preliminar	 131
<i>The Foz do Tua rockshelter (Alijó, Trás-os-Montes, Portugal). Archaeological identification and preliminary study</i>	
Joana Castro Teixeira, Joana Valdez, Maria de Jesus Sanches	

ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES E CONSERVAÇÃO DE ARTE RUPESTRE: DADOS METEOROLÓGICOS PRELIMINARES ACERCA DO COMPLEXO DE ARTE RUPESTRE AO AR LIVRE DO VALE DO CÔA

SLOPE ASPECT AND ROCK ART CONSERVATION: PRELIMINARY METEOROLOGICAL DATA REGARDING THE OPEN-AIR COA VALLEY ROCK ART COMPLEX

*António Pedro Batarda Fernandes**

Resumo

Este artigo apresenta muito sucintamente dados preliminares sobre os padrões microclimáticos registados pelas quatro estações meteorológicas localizadas no Parque Arqueológico Vale do Côa. A investigação aqui apresentada faz parte de um doutoramento, submetido à School of Applied Sciences, Bournemouth University, sob orientação do Professor Timothy Darvill, que teve como objectivo criar uma escala de urgência de intervenção conservativa na arte rupestre ao ar livre do Vale do Côa. Este projecto lidou com a identificação e utilização de diferentes variáveis na avaliação da condição dos afloramentos com arte rupestre do Côa. Este artigo examina a relação entre orientação cardinal dos afloramentos e painéis gravados e o seu estado de conservação. De uma forma global, investigação levada a cabo teve como propósito principal melhor informar, gerir e, especialmente, priorizar possíveis intervenções futuras de conservação (FERNANDES, 2012).

Palavras-chave: orientação cardinal, conservação de arte rupestre ao ar livre

Abstract

This paper very briefly presents preliminary data on climatic patterns recorded by the four weather stations located in the Côa Valley Archaeological Park. Research presented here is part of a doctoral thesis submitted to the School of Applied Sciences, Bournemouth University, under the supervision of Professor Timothy Darvill, aimed at creating a conservation intervention emergency scale for the Côa Valley open-air rock-art. This project dealt with the identification and use of different variables in assessing the condition of rock art outcrops in the Côa. This article analyses the connection between aspect of the engraved outcrops and panels and their current condition. The overarching aims of carried out research were to better inform, manage and especially prioritize possible future conservation interventions (FERNANDES, 2012).

Keywords: aspect, open-air rock-art conservation

1. INTRODUÇÃO

Apesar do ‘benigno’ clima quente e seco, característico da região durante a presente época geológica, ter permitido a sobrevivência da arte rupestre ao ar livre do Vale do Côa até os dias de hoje (juntamente com baixa interferência humana resultante do subdesenvolvimento económico crónico da área), evidências de motivos incompletos devido à fractura da rocha hospedeira são relativamente comuns e constituem uma indicação clara da natureza implacável dos processos de meteorização activos. As variáveis climáticas são um dos factores decisivos em tais processos. Os mais de mil afloramentos de arte

* Fundação Côa Parque. antoniobatarda@arte-coa.pt

rupestre do Vale do Côa situam-se em vertentes com diversa orientação cardeal com predominância para uma exposição a SE (ver Fig. 1 e 2)¹. Assim, análises microclimáticas são fundamentais para apurar se diferentes orientações irão diversamente determinar o grau de meteorização e erosão de afloramentos e painéis de arte rupestre com distintas exposições.

2. ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES E METEORIZAÇÃO (DE ARTE RUPESTRE)

Os mecanismos pelos quais a orientação cardeal influencia as dinâmicas de meteorização da pedra são determinados por complexos processos interconectados e ainda não totalmente compreendidos. Estes incluem ciclos de expansão e retracção da rocha devido a condições climáticas mutáveis, tais como insolação, fenómenos ligados a baixas temperaturas ou erosão eólica, ou ainda a biodeterioração. Por exemplo, sendo que a insolação determina a temperatura e humidade em qualquer superfície pétrea, os ciclos de expansão e retracção da rocha podem diferir significativamente conforme a orientação cardeal dessas superfícies (WEISS *et al.*, 2004). Díez Herrero *et al.* (2006) investigaram a forma como a insolação afecta a conservação de pinturas rupestres e, de maior interesse para o caso em apreço, o seu suporte rochoso. Os autores chegaram à conclusão de que os arenitos e siltitos que constituem o suporte rochoso da arte rupestre estudada têm diferentes taxas de meteorização consoante a orientação cardeal a que se expõem. Foi sugerido que faces rochosas expostas a SE apresentam um ritmo de meteorização mais lento do que aqueles orientados a W, um facto que os autores relacionam com os diferentes momentos do dia em que as superfícies em causa recebem luz solar (DÍEZ HERRERO *et al.*, 2006: 1005).

Por outro lado, a orientação das vertentes determina a quantidade de radiação solar atingindo a vegetação. Por sua vez, este facto irá determinar não só o ritmo de crescimento da vegetação, mas também as espécies existentes em vertentes com diferente orientação (BENNIE *et al.*, 2008). Por exemplo, as briófitas, em climas quentes e secos do hemisfério norte, crescem em superfícies rochosas expostas a N já que esses organismos requerem um ambiente húmido e sombrio para subsistirem (PORLEY e HODGETTS, 2005: 80-1). Assim, painéis de arte rupestre expostos a N serão mais propensos aos efeitos nocivos da colonização por estes organismos, mesmo que a presença destas espécies ‘apenas’ contribua para enfraquecer ainda mais superfícies rochosas já de si frágeis devido a outros mecanismos de meteorização, pois que a ecologia destes organismos dá sempre origem a processos de alteração bioquímica (ALTIERI e RICCI, 1997; BLAND e ROLLS, 1998: 159-61). De forma contrária, outras espécies que exigem luz solar em maior quantidade para se desenvolverem, tais como arbustos e árvores e até mesmo líquenes, estarão presentes em maior número e atingindo maiores dimensões em superfícies (e vertentes) expostas a S (BENNIE *et al.*, 2008: 48).

Embora a investigação que incide sobre este tema seja diminuta, alguns casos concretos merecem referência. Assim, Hall *et al.* (2005), trabalhando nas Montanhas Kunlun (China), concluíram que existem diferenças perceptíveis na biodeterioração de superfícies de blocos de granito expostos a diferentes orientações. Grab (2007), tendo como caso de estudo a cordilheira Sul-Africana do Drakensberg (situada pois no hemisfério sul), descobriu que há uma vincada disparidade na medição de temperaturas à superfície e a 10 cm. de profundidade entre faces rochosas expostas a S e N. O autor sugere que os processos de intemperismo serão controlados, em grande medida, pelas incidências térmicas na rocha. Por outro lado, Paradise (2002) investigou a ligação entre meteorização e orientação cardeal no caso de antigas pedreiras de arenito em Petra, Jordânia. Este autor identificou uma maior meteorização das faces rochosas expostas a S, o que é atribuído a uma maior incidência solar que amplificará o efeito negativo dos ciclos diários de aquecimento e arrefecimento da rocha. É também sugerido que maiores taxas de intemperismo são mais bem explicadas por factores externos (humidade disponível e insolação) do que pelas características intrínsecas da rocha em questão, nomeadamente a sua densidade. Finalmente, há uma interessante

¹ Para mais informações sobre a arte rupestre do Vale do Côa, Baptista e Fernandes (2007) oferecem um bom ponto de partida. Fernandes (2007 e 2008) fornece uma descrição detalhada dos problemas de conservação no Côa e acções implementadas até agora.

referência para um caso onde, numa ilha fluvial do Rio Columbia (Oregon, EUA), a escassez de motivos de arte rupestre com uma determinada exposição (no caso, N) é ligada a uma maior incidência de ciclos de congelamento-descongelamento à superfície da rocha (LOUBSER *et al.*, 2000).

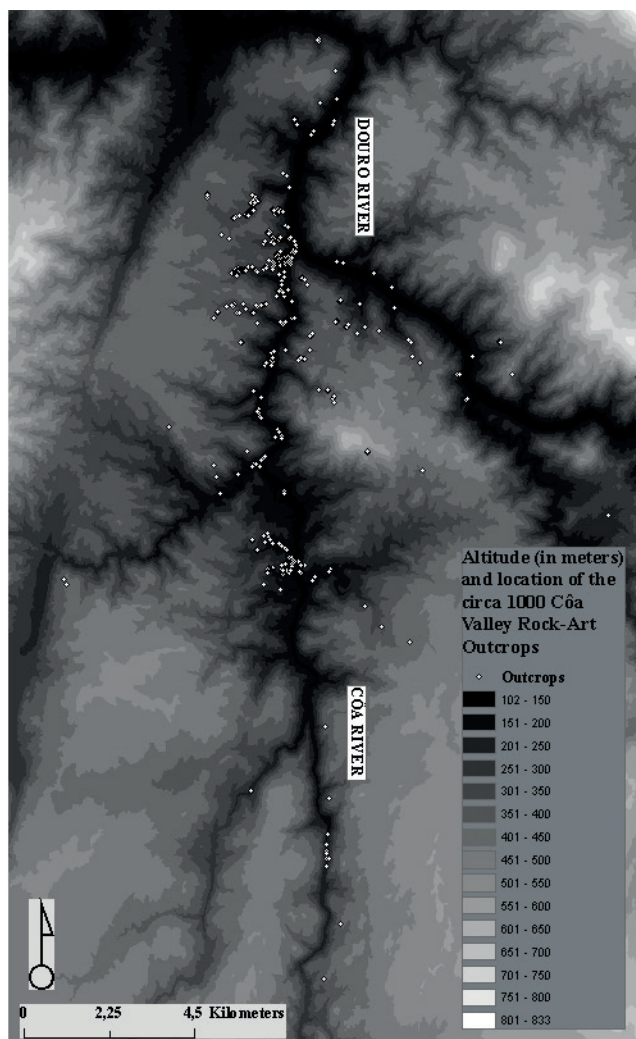


Fig. 1 — Localização e altitude de afloramentos de arte rupestre do Vale do Côa.



Fig. 2 — Orientação cardinal na área de estudo. Mapa produzido no software ArcView 9 usando um MDT (Modelo de Elevação Digital) com uma resolução de 10 metros fornecido pelo Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt).

3. CLIMA NA REGIÃO DO BAIXO VALE DO CÔA.

O Atlas Ibérico do Clima, de acordo com o sistema de classificação climática de Köppen-Geiger, categoriza a área da Península Ibérica onde o parque está localizado como “temperada com verão seco ou quente” (AEMET e IMP, 2011: 15-18). Este tipo de clima, que abrange a maior parte do território da península, com predominância na sua metade sul, caracteriza-se por uma temperatura média do mês mais frio entre 0 e 18 °C e do mês mais quente superior a 22 °C. São ainda áreas de baixa precipitação, em média menos de 400 mm por ano.

4. DADOS MICROCLIMÁTICOS

A monitorização microclimática de sítios e superfícies de arte rupestre pode fornecer dados úteis sobre a conexão entre o clima e a ocorrência de fenómenos de meteorização. Em conformidade com o

que foi realizado noutros sítios de arte rupestre (HOERLE e SALOMON, 2004), o Parque Arqueológico do Vale do Côa instalou, em Janeiro de 2004, numa vertente com orientação W uma estação meteorológica no Núcleo de Arte Rupestre da Penascosa, doravante referida como PEN1². Em Março de 2010, três outras estações foram instaladas em vertentes com orientações N (Núcleo de Arte Rupestre do Vale de José Esteves, VJE), E (Núcleo de Arte Rupestre da Canada do Inferno, CINF) e S (Núcleo de Arte Rupestre da Penascosa, PEN2) com o objectivo de conseguir caracterizar variações microclimáticas relacionáveis com diferentes orientações cardeais³.

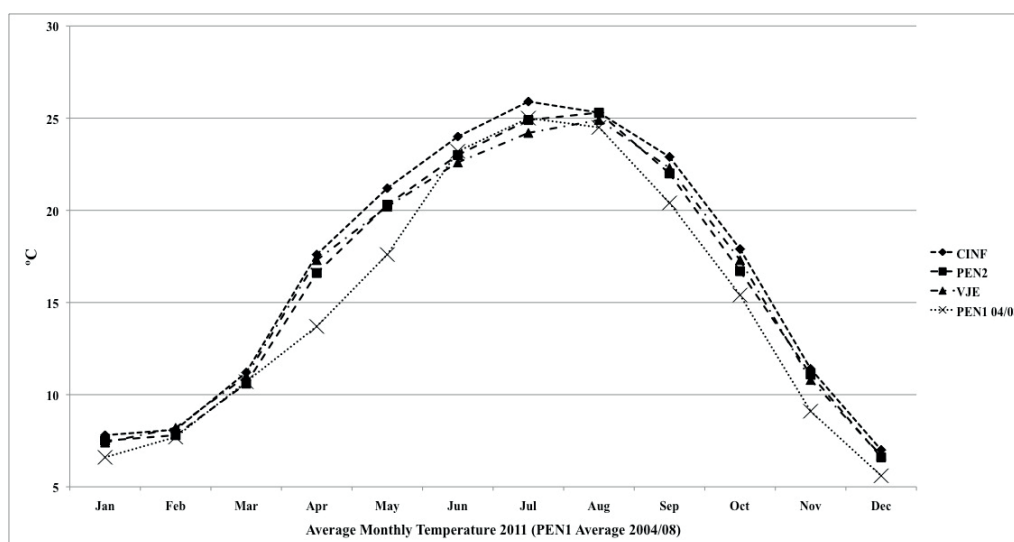


Fig. 3 — Média mensal de valores de temperatura em 2011 para CINF, PEN2 e VJE e no período 2004/08 para PEN1.

4.1. Temperatura do ar

Os dados reunidos pelas quatro estações em funcionamento no Parque relativamente à temperatura média mensal podem ser consultados na Figura 3. Em 2011, os valores de temperatura média mensal registados por CINF (a estação instalada na encosta exposta a E) foram consistentemente superiores (em mais de 1 °C), durante os meses mais quentes do ano. PEN2, a estação exposta a S, apresenta o segundo valor mais alto durante o verão. Além disso, quando comparando os valores registados por CINF e PEN2 com a temperatura média mensal registada por PEN1 (exposta a W) no período 2004/08, as temperaturas de verão apresentam uma curva similar, apesar das novas estações terem registado valores

² Uma WatchDog modelo 700, em conformidade com as normas estabelecidas pela Organização Meteorológica Mundial para este tipo de equipamento (WMO, 1996), instalada a uma altitude de 130 metros acima do nível do mar. O intervalo de recolha de dados foi fixado em 15 minutos desde o lançamento da estação até Setembro de 2006 e, a partir desta data, em 30 minutos. Infelizmente, uma vez que PEN1 está a funcionar incorrectamente desde o final de 2008, os dados disponíveis restringem-se apenas até ao final desse ano. Além disso, se PEN1 foi equipado com dois sensores de temperatura da rocha, estes foram instalados a uma profundidade de 60 cm em dois afloramentos distintos. Por outro lado, ao contrário das outras estações, PEN1 não tem um sensor de humectação da folha instalado.

³ Três WatchDog modelo 2000, em conformidade com as normas estabelecidas pela Organização Meteorológica Mundial para este tipo de equipamento (WMO 1996), com excepção da medição da velocidade do vento que é realizada a uma altura de 1,5 m acima do solo, em vez dos recomendados 10 m. Nestas três novas estações foram instalados sensores de temperatura à superfície e de humectação da folha. Os intervalos de leitura, excepto quando notado, foram fixadas em 15 minutos. A estação VJE foi instalada a uma altitude de 300 metros acima do nível do mar enquanto CINF e PEN2 foram colocadas em altitudes de 150 e 170 metros, respectivamente. Infelizmente, alguns impedimentos dificultaram o posicionamento 'perfeito' de VJE, a estação exposta a N. Por um lado, era necessário instalar as estações em terrenos cuja propriedade fosse do Parque já que não estavam disponíveis fundos para comprar ou arrendar terrenos para esse fim. Por outro lado, instalando as estações nos sítios de arte rupestre propriedade do Parque disponíveis para visita pública e vigiados por vigilantes contratados, tornaria mais fácil evitar actos de vandalismo ou mesmo o roubo das estações. A escolha do local para instalar a estação exposta a N afigurou-se complicada uma vez que nenhuma vertente considerável com essa orientação se localiza dentro de terrenos detidos pelo Parque. Portanto, a opção recaiu na instalação da estação exposta a N perto do novo Museu do Côa. Infelizmente, este local resultou na colocação da estação a uma altitude 'demasiado' elevada (considerando a localização a baixa altitude a que se situam a generalidade dos afloramentos de arte rupestre do Côa) e não no ponto (o sopé sombrio de uma encosta virada a N) onde seria expectável recolher dados climatéricos mais 'extremos'.

ligeiramente superiores. Tal facto significará que 2011 foi um ano mais quente do que a média para a região, tal como evidenciado pelos dados recolhidos por PEN1 de 2004 a 2008. Uma comparação dos valores recolhidos durante a primavera reforça esta conclusão. O Quadro I resume os dados referentes aos dias com temperatura $\geq 25^{\circ}\text{C}$ e $\leq 0^{\circ}\text{C}$ recolhidos por todas as quatro estações. Relativamente aos dias com temperatura $\leq 0^{\circ}\text{C}$, algo surpreendentemente, considerando-se a sua exposição a N, VJE apresenta o valor mais baixo. Valores para dias com temperatura $\geq 25^{\circ}\text{C}$ são novamente mais elevados para PEN2 e CINF com VJE apresentando o valor mais baixo, que também é o mais próximo da média gravada por PEN1 no período 2004/08. Valores para todas as estações respeitantes à Variação de Temperatura Diurna (VTD) nos dias com a temperatura mais alta e mais baixa registados e dias com a temperatura mais alta e mais baixa medidas nos meses de Abril e Outubro podem ser consultados na Figura 4. Os valores de VTD correspondem ao que genericamente seria expectável no contexto geográfico do Vale do Côa. De facto, regiões secas do interior são mais propensas a experimentar valores de VTD superiores (na ordem dos 30°C) do que as zonas húmidas costeiras que normalmente apresentam amplitudes com metade desse valor ou até mesmo inferiores (AHRENS, 2007: 63).

QUADRO I — Valores médios para PEN1 no período 2004/08 e valores totais para 2011 nas restantes estações

	CINF	PEN2	VJE	PEN1 (Média 2004/08)
<i>N.º de dias com temperatura $\geq 25^{\circ}$</i>	194	199	162	161,8
<i>N.º de dias com temperatura $\leq 0^{\circ}$</i>	27	31	23	50
<i>Precipitação total (em mm)</i>	326,6	333,2	370,8	386,24
<i>Nº de dias com chuva</i>	96	96	96	82,8

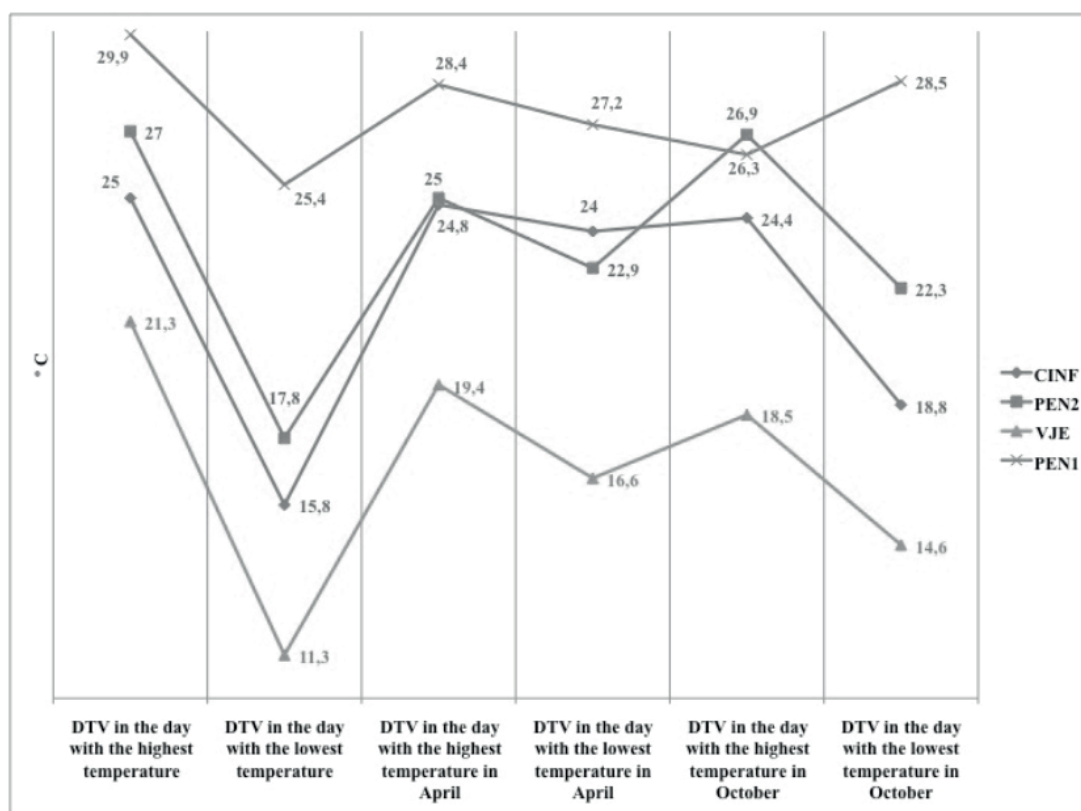


Fig. 4 — Variação de Temperatura Diurna em dias seleccionados registados por CINF, PEN2, VJE e PEN1.

4.2. Precipitação

Os valores totais respeitantes à precipitação recolhidos pelas novas estações (CINF, PEN2 e VJE) mostram que VJE atingiu o valor mais alto, que também é o mais próximo da média registada por PEN1 no período 2004/08 (ver Quadro I). A média de precipitação mensal em 2011 e no período 2004/08 para PEN1 encontra-se na Figura 5. O número de dias com chuva registado pelas novas estações é razoavelmente mais elevado do que o valor médio medido por PEN1 no período 2004/08 (Quadro I). Por outro lado, os maiores valores de precipitação registados durante um dia e durante uma hora são novamente similares em todas as três estações novas e mesmo em PEN1, considerando apenas os valores medidos durante uma hora (Fig. 6). Quanto à precipitação durante um dia, PEN1 registou um valor muito maior do que as outras estações. Tal discrepância é expectável uma vez que PEN1 recolheu a sua série de dados durante um período de tempo mais longo, aumentando assim a probabilidade de registo de valores mais extremos. Além disso, o maior valor diário registado na rede de estações meteorológicas regionais do IM para o período 1961-90 foi de 124,8 mm em Moimenta da Beira (IM 2010), bem abaixo do intervalo de valores máximos diários possíveis de precipitação (297-388 mm) calculados para a região (BRANDÃO *et al.*, 2001: 16-17). Esta publicação indica ainda que as áreas em Portugal onde a ocorrência de eventos extremos de pluviosidade é mais expectável não coincidem com a localização do Parque.

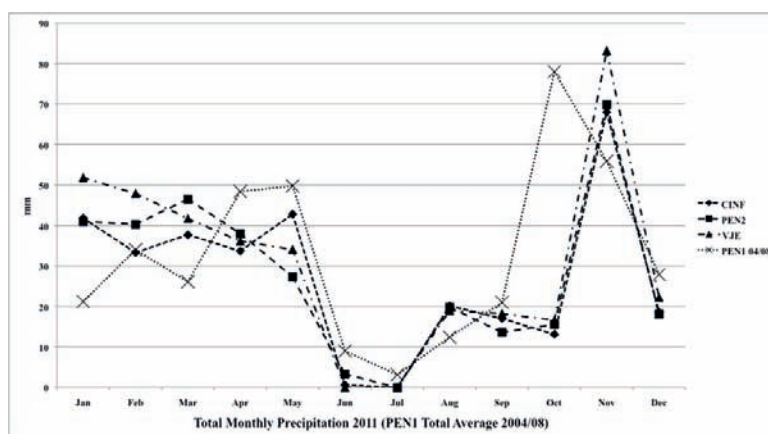


Fig. 5 — Valores totais de precipitação mensal em 2011 para CINF, PEN2 e VJE e médios mensais durante o período 2004/08 para PEN1.

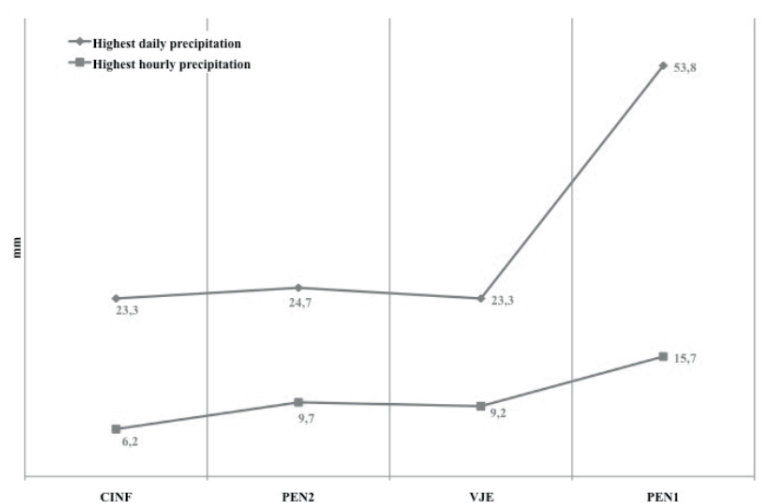


Fig. 6 — Valores de precipitação máxima durante um dia e durante uma hora registados por todas as estações.

4.3. Temperatura à superfície da rocha

Sensores de temperatura foram instalados em superfícies rochosas conectados às estações do Parque localizando-se em todas as categorias de orientação cardinal principais (com a exceção de W como acima notado): CINF-B (E); PEN2-B (S) e VJE-B (N)⁴. Os Quadros II e III apresentam um resumo dos dados de temperatura à superfície registados em 2011 por CINF-B e PEN2-B. Uma comparação dos dados disponíveis de temperatura média mensal registados à superfície por CINF-B e PEN2-B com temperatura do ar em 2011 registada por CINF, PEN-2, VJE e a série 2004/08 de PEN1 encontra-se na Figura 7.

QUADRO II — Valores de temperatura à superfície registados por CINF-B em 2011.

	CINF-B (°C)		
	Mais alta	Média	Mais baixa
Janeiro	26,6°	9,3°	-3,1°
Fevereiro	34,7°	11,5°	-1,8°
Março	40,1°	15,2°	1,8°
Abril	46,5°	23,3°	9,4°
Maio	52,3°	27,4°	12,3°
Junho	57,1°	31°	13,2°
Julho	55,9°	33,1°	15,8°
Agosto	58,3°	32,5°	14,7°
Setembro	54,3°	29,1°	13,3°
Outubro	50,4°	23,6°	6,4°
Novembro	35,4°	13,4°	4,8°
Dezembro	33°	9,2°	-1,8°
Temperatura mais alta / Mais baixa	58,3°	-	-3,1°
Média anual	45,3°	21,5°	7°
N.º de dias com temperatura ≥25°	295		
N.º de dias com temperatura ≤0°	13		

Para fins de comparação e verificação mas também para tentar minorar parcialmente as limitações acima mencionadas no registo da temperatura à superfície experienciados por VJE-B, os dados recolhidos durante 2011 por sensores de temperatura instalados por Joana Marques (TMPJM)⁵ em superfícies de afloramentos localizados em todas as categorias de orientação cardinal principais – VC1-B e B-VC5 (E), VJERTS-B (S), CA1-B (W) e VJE16-B (N) – foram também considerados. Ao contrário do que ocorre com os sensores do Parque, o sensor exposto a S (VJERTS-B) registou a temperatura média mensal mais alta, imediatamente seguida pelo sensor exposto a E (VC1-B) (Fig. 8). A mesma Figura mostra também que apenas o sensor exposto a N (VJE16-B) atingiu valores mais baixos do que a temperatura do ar medida pelas estações do Parque.

⁴ Sensor de temperatura externo WatchDog 3367 com escala/resolução de -32 a 100 °C e precisão de ±0,6 °C. Salvo indicação contrária, os intervalos de medição foram programados em 15 minutos. Infelizmente, o sensor VJE-B foi vandalizado em Junho de 2010 e não foi possível substituí-lo. Assim, os dados de VJE-B só estão disponíveis do dia 1 de Março até 31 de Maio de 2010.

⁵ Estes sensores (DS1923 Hygrochron Temperature/Humidity Logger iButton com um intervalo de funcionamento de -20 a 85° C e resolução de medição de 0,5 °C) foram instalados em diferentes faces de afloramentos no decurso do doutoramento da bióloga Joana Marques sobre a colonização líquénica na área do Parque (MARQUES *et al.*, 2011). VC1-B teve um intervalo de medição fixado em 30 minutos, CA1-B 60 minutos até 03/11/2011 e, daí em diante, 30 minutos. Os sensores VJERTS-B e VJE16-B tinham intervalos de medição fixados em 60 minutos. VJERTS-B foi lançado em 07/02/2011 e VJE16-B em 15/04/2011 enquanto que VC1-B e CA1-B recolheram dados durante todo o ano de 2011.

QUADRO III — Valores de temperatura à superfície registados por PEN2-B em 2011.

	PEN2-B (°C)		
	Mais alta	Média	Mais baixa
Janeiro	22,2°	8,2°	-3°
Fevereiro	29,3°	9,2°	-1,9°
Março	34,2°	12,9°	0,9°
Abril	45,2°	20,3°	9,2°
Maio	50,1°	25°	10,9°
Junho	54,6°	36°	22,9°
Julho	55,3°	31,8°	15,8°
Agosto	57,1°	31,1°	14,2°
Setembro	50,9°	26,9°	12,1°
Outubro	46,8°	20,7°	6,1°
Novembro	27,2°	12,1°	5°
Dezembro	18,3°	7,5°	-1,5°
Temperatura mais alta/Mais baixa	57,1°	-	-3°
Média anual	40,9°	20,1°	7,5°
N.º de dias com temperatura $\geq 25^\circ$	235		
N.º de dias com temperatura $\leq 0^\circ$	14		

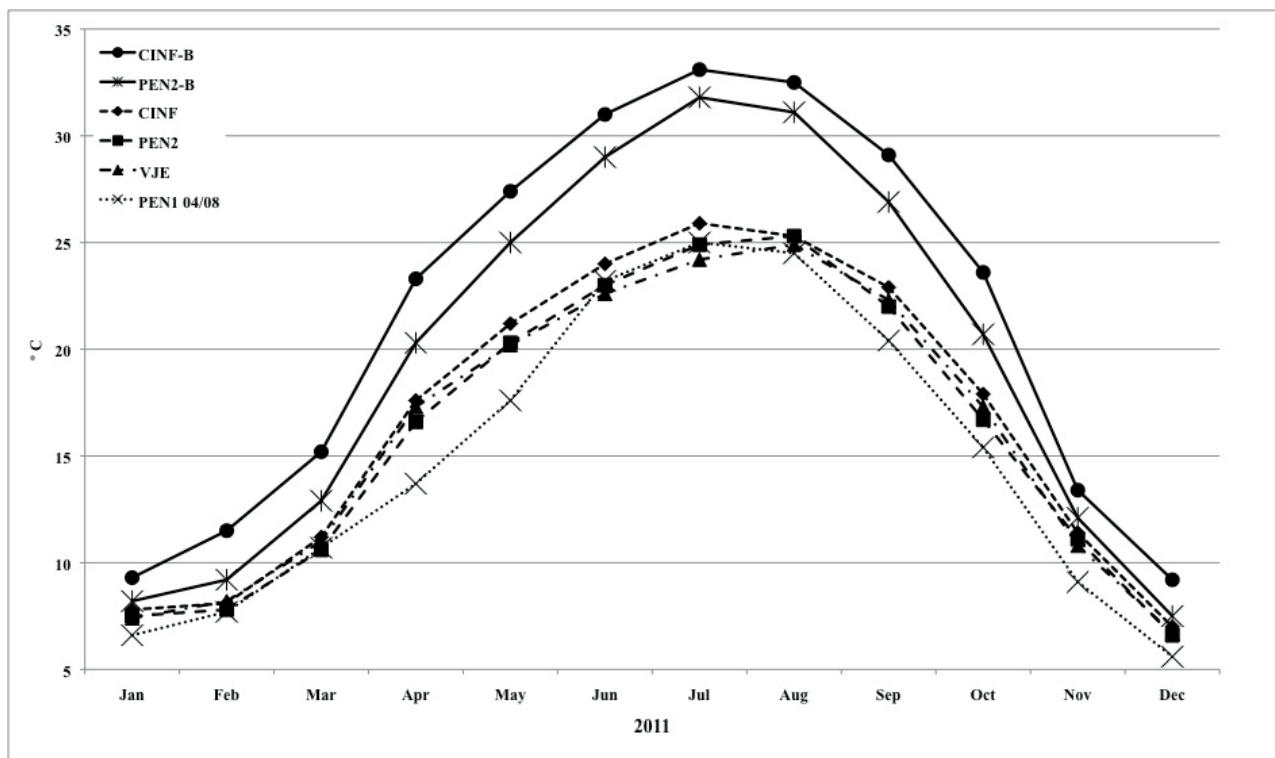


Fig. 7 — Temperaturas mensais médias em CIN-F-B, PEN2 B, CIN-F, PEN2 e VJE para 2011. PEN1 apresenta dados referentes ao período de 2004/08.

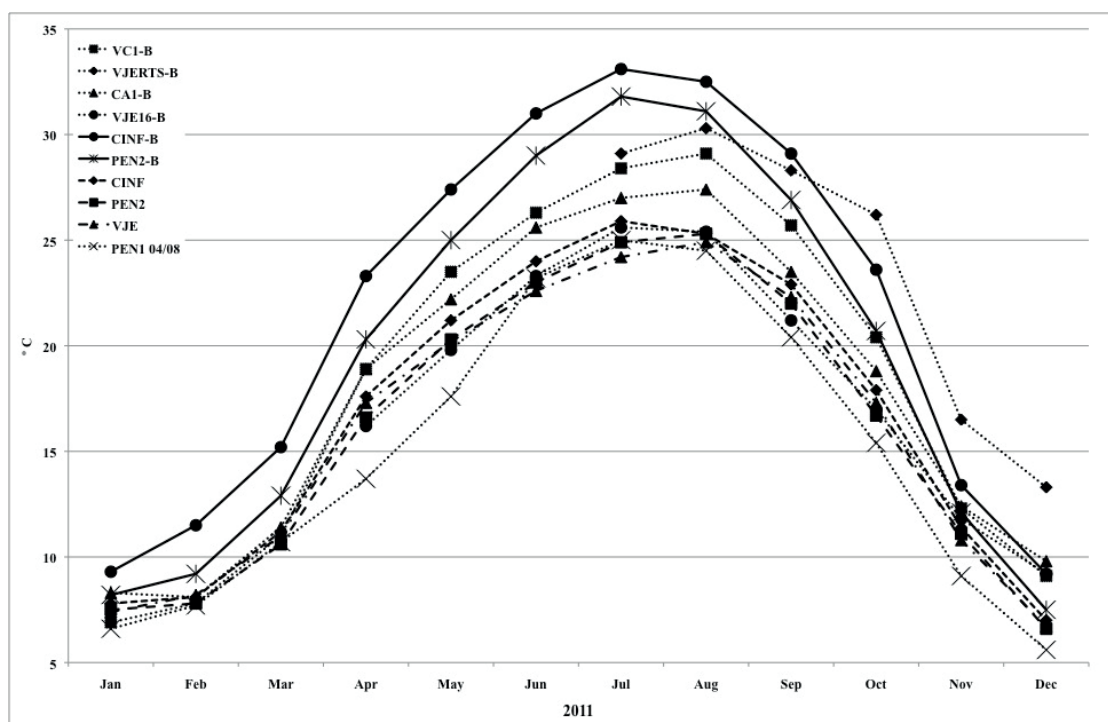


Fig. 8 — Comparação de valores registados pelos sensores TMPJM com os valores de temperatura do ar medidas pelas estações do Parque em 2011 e no período 2004/08 no caso de PEN1. Os valores de CINF-B e B-PEN2 são também inseridos para fins comparativos.

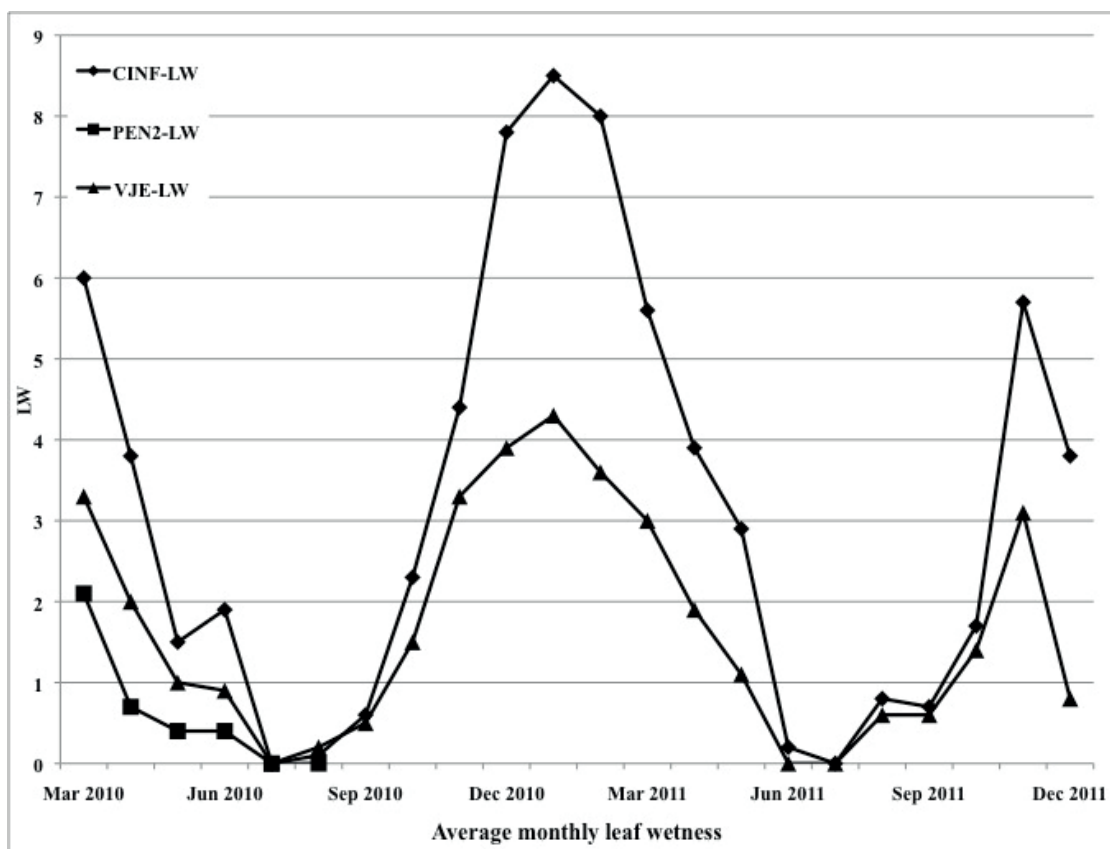


Fig. 9 — Dados disponíveis sobre valores mensais médios de humectação da folha (Março de 2010 até Dezembro de 2011).

4.4. Humidade à superfície da rocha

Sensores de humectação da folha (LW)⁶ foram instalados em CINF, PEN2⁷ e VJE. A Figura 9 apresenta os dados disponíveis para as três estações. CINF-LW atingiu os valores mais altos tendo sido apenas, marginalmente, superada por VJE-LW em Agosto de 2010. Os valores registados por PEN2-LW até Agosto de 2010 sugerem que no restante período analisado este sensor teria, mais ou menos consistentemente, atingido os valores mais baixos. Dias individuais⁸, nos quais nenhuma precipitação ocorreu, foram também analisados em detalhe. Dados do dia 14 de Março de 2010 (Fig. 10) indicam que CINF-LW atingiu os valores mais altos tendo inclusivamente estado completamente húmido grande parte da noite. Por outro lado, enquanto CINF-LW registou um aumento rápido até atingir o valor mais elevado testemunhando também um rápido declínio, VJE-LW sofreu vários episódios de subida e descida dos valores relativamente abruptos, nomeadamente no período 01:30 – 03:00 GMT.

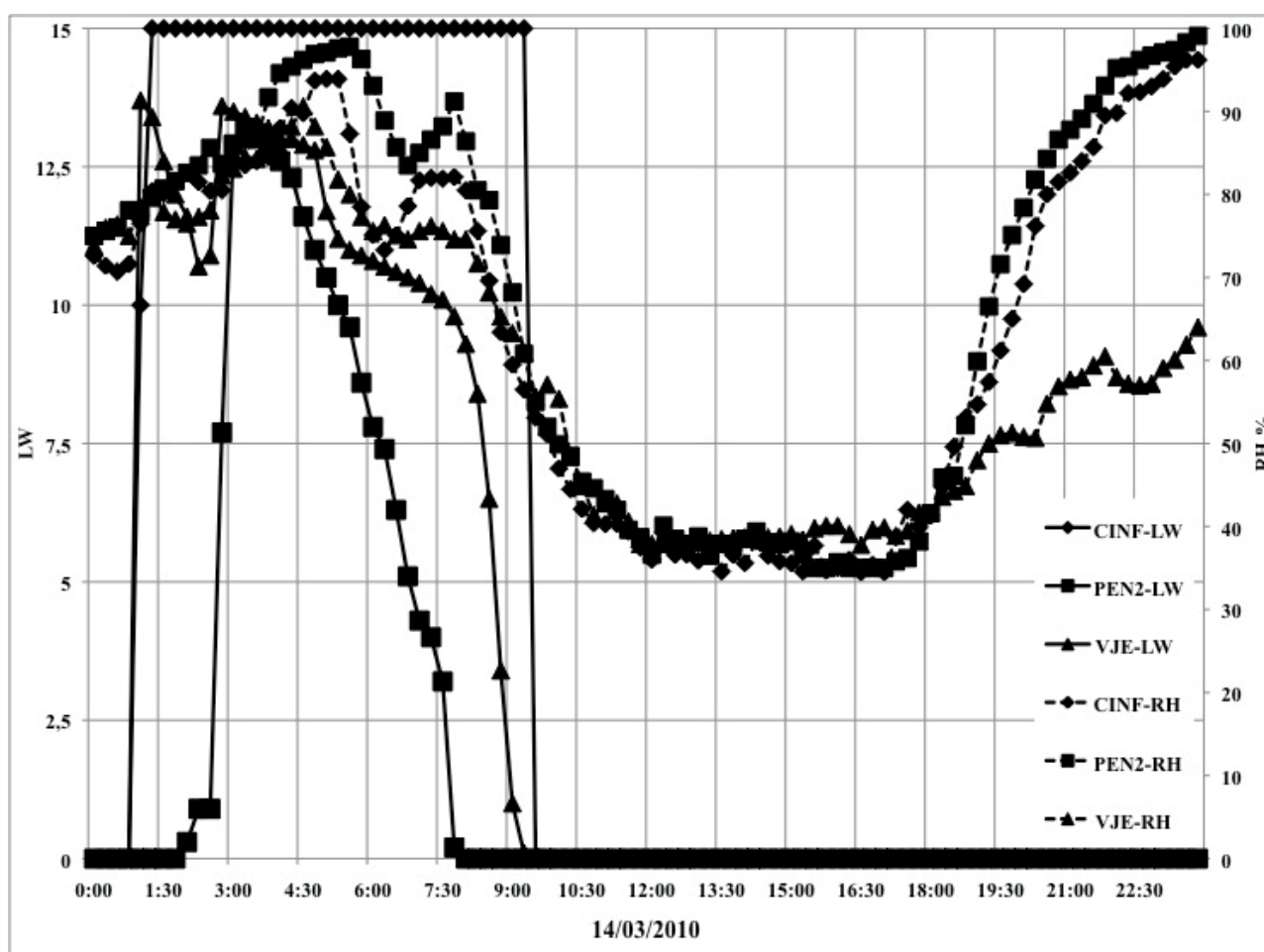


Fig. 10 — Valores de humectação da folha e humidade relativa no dia 14 de Março de 2010.

⁶ WatchDog Leaf Wetness Sensor 3666, com medição de humidade usando uma escala de 0-15, em que 0 corresponde a totalmente seco e 15 a completamente húmido.

⁷ Infelizmente, o sensor instalado em PEN2 deixou de funcionar em Agosto de 2010 tendo sido impossível substituí-lo.

⁸ Destes, o dia 14 de Março de 2010 forneceu os dados mais relevantes.

QUADRO IV — Valores de radiação solar em 2011 para CINF, PEN2 e VJE.

	Total em Kcal/cm2		
	CINF	PEN2	VJE
Janeiro	3,74828958	4,10688279	4,01135688
Fevereiro	6,44897763	6,78567366	6,89401953
Março	9,32514426	9,55304271	10,01008719
Abril	14,43888864	14,4635391	15,99191064
Mai	18,23170392	18,41109732	19,79836326
Junho	19,58627466	20,75596695	22,13961921
Julho	20,00576268	21,89556675	22,86155934
Agosto	16,86424869	16,74942831	18,63994221
Setembro	13,34678292	13,09524498	14,37003513
Outubro	9,71970219	10,17620892	7,50006378
Novembro	3,89358963	4,32572553	4,27205808
Dezembro	3,56511042	4,15340892	3,68629776
Total anual	139,1744752	144,4717859	150,175313

4.5. Radiação solar

VJE, a estação exposta a N, registou a maior quantidade de radiação solar em 2011 (Quadro IV). Por outro lado, mesmo considerando flutuações expectáveis, motivadas por mudanças na cobertura de nuvens que, num certo momento, podem afectar a quantidade de radiação solar que atinge a localização precisa de cada estação, VJE consistentemente e ao longo dos quatro dias específicos analisados (ver 4.7.), atingiu também os valores mais elevados. Assim, é provável que os valores de radiação solar diária em qualquer local determinado estejam sujeitos a variações aleatórias, nomeadamente aquelas relacionadas com a mudança de condições de céu. Considerando o acima exposto, sugere-se que apenas o montante anual total ‘recebido’ por uma determinada estação deverá ser considerado na tentativa de utilizar a radiação solar como factor de diferenciação do estado de conservação dos afloramentos tendo por base a sua exposição cardeal.

4.6. Velocidade e direcção do vento

Os regimes de direcção de vento em 2011 diferem amplamente entre as três estações (Fig. 11). Além disso, os valores registados não estão de acordo com a direcção predominante do vento estabelecida para Portugal (NW) (AZEVEDO, 1990: 14-15). Evidentemente, um ano de registos, especialmente quando se compara com uma série de dados abrangendo várias décadas, não permite tirar conclusões claras. De qualquer modo, durante 2011, é possível observar que em CINF e PEN2 o vento soprou predominantemente de direcções perpendiculares à orientação das encostas onde essas estações se situam (E e W em CINF e S e N em PEN2). VJE, provavelmente devido à altitude mais elevada em que se localiza, apresenta um regime de direcção de vento mais variado, sendo que N representa apenas cerca de 8 por cento dos dados registados. Estas diferenças podem provavelmente encontrar uma explicação parcial em factores microtopográficos específicos, ou seja, no caso de PEN2 e VJE, a configuração exacta dos vales onde se encontram. Acredita-se que a única conclusão possível de estabelecer é que, durante 2011, os períodos de acalmia foram muito mais reduzidos em VJE do que em PEN2 e, mais particularmente, CINF. A altitude mais elevada a que se encontra VJE pode ajudar a explicar esta discrepância. Além disso, diferenças nos regimes de velocidade de vento podem, uma vez mais, ser atribuídas à maior elevação em que VJE está posicionada.

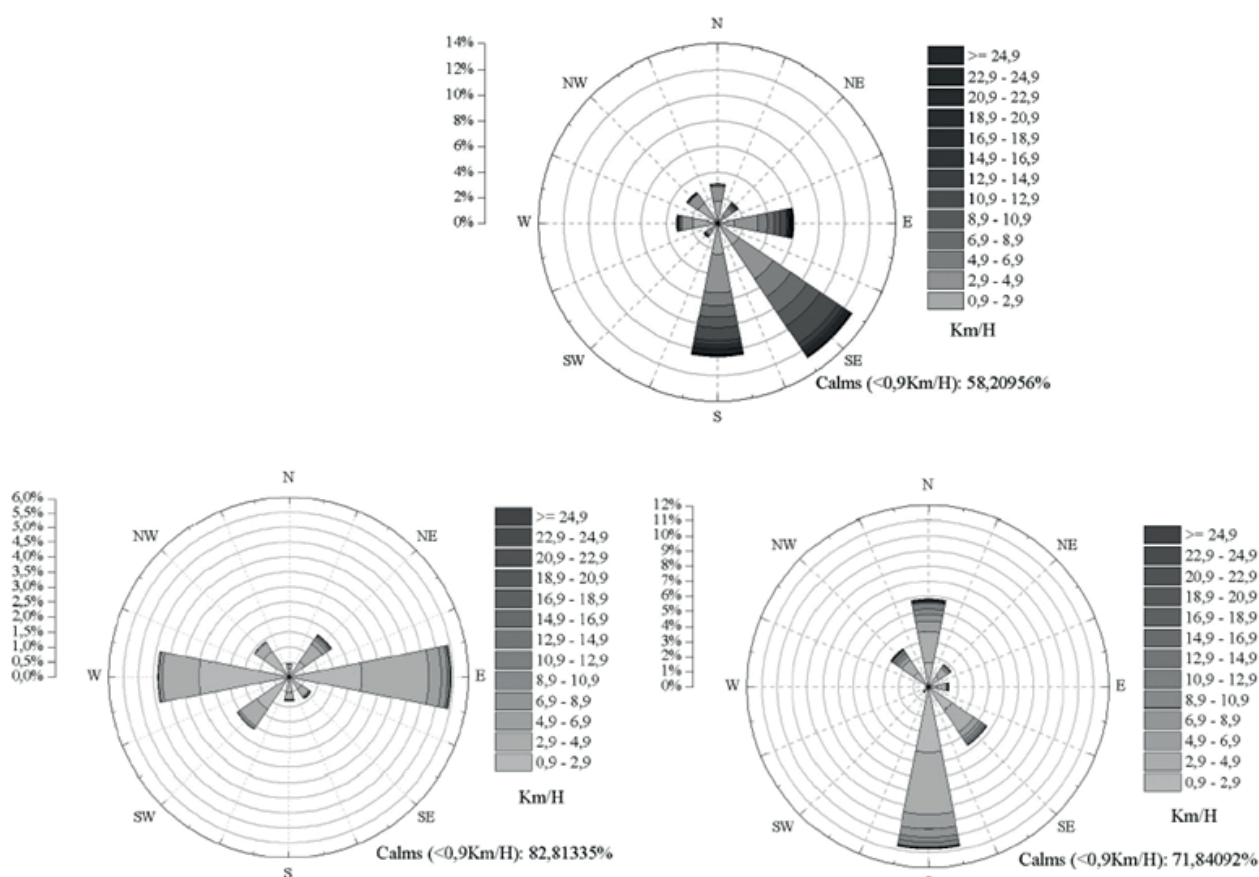


Fig. 11 — Dados de direcção e velocidade do vento para 2011 em CINF (esquerda), PEN2 (direita) e VJE (topo).

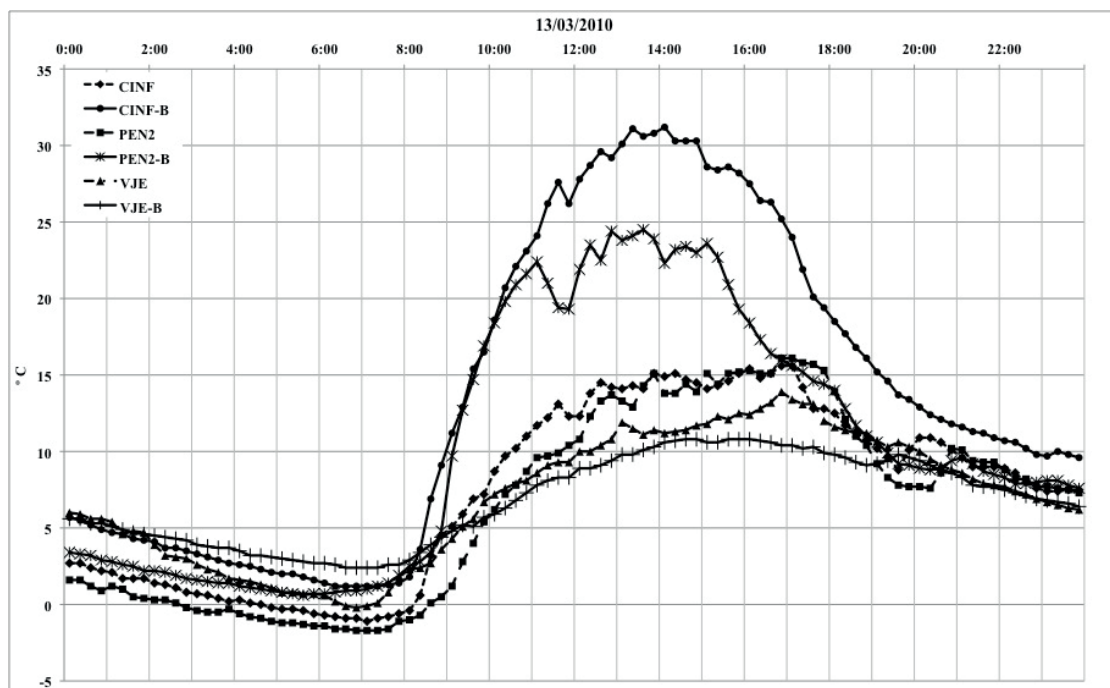


Fig. 12 — Temperatura registada 13 de Março de 2010.

4.7. Variação de temperatura diária e horária

Se os dados apresentados acima são importantes para a caracterização do microclima, a análise diária e horária das variações de temperatura é indiscutivelmente mais relevante para tentar determinar qual o impacto que essas variáveis podem ter nos processos de meteorização de superfícies de arte rupestre expostas a diferentes orientações cardeais. Assim, alguns dias e períodos de uma hora foram seleccionados para serem analisados detalhadamente. O dia 13 de Março de 2010 (Fig. 12) foi escolhido pois todos os três sensores de temperatura à superfície da rocha do Parque estavam operacionais. Além disso, foi um dia de inverno, com temperaturas do ar atingindo valores abaixo de 0 °C. A Figura 12 mostra que, enquanto as temperaturas do ar mergulharam abaixo de 0 °C (embora marginalmente, especialmente no caso de VJE), as temperaturas à superfície da rocha não excedem tal limiar. Além disso, enquanto os valores de temperatura registados por VJE (tanto VJE como VJE-B), se mantiveram bastante estáveis⁹ e similares aos valores de temperatura do ar registados pelas outras estações, os valores inscritos por PEN2-B e especialmente CINF-B dispararam durante a tarde atingindo em CINF-B 31,2 °C, o que na verdade constitui uma notável VTD de precisamente 30 °C. Variações razoavelmente elevadas na temperatura à superfície da rocha são também dignas de nota. Por exemplo, no período das 11:00 às 11:30 GMT, o valor registado por PEN2-B caiu precisamente 3 °C enquanto das 11:00 às 11:15 GMT a redução foi de aproximadamente metade desse valor.

O dia mais quente de 2011 (26 de Junho) exhibe algumas semelhanças e diferenças vincadas quando comparado com os dias mais frios (Fig. 13). Por exemplo, enquanto a VTD medida pelo sensor de temperatura à superfície de rocha é consideravelmente elevada (quase 35 °C para CINF-B), a temperatura do ar tem um comportamento menos ‘exuberante’, especialmente considerando o período mais quente do dia. Além disso, mudanças rápidas de temperatura à superfície da rocha possuem amplitudes semelhantes às dos dias mais frios.

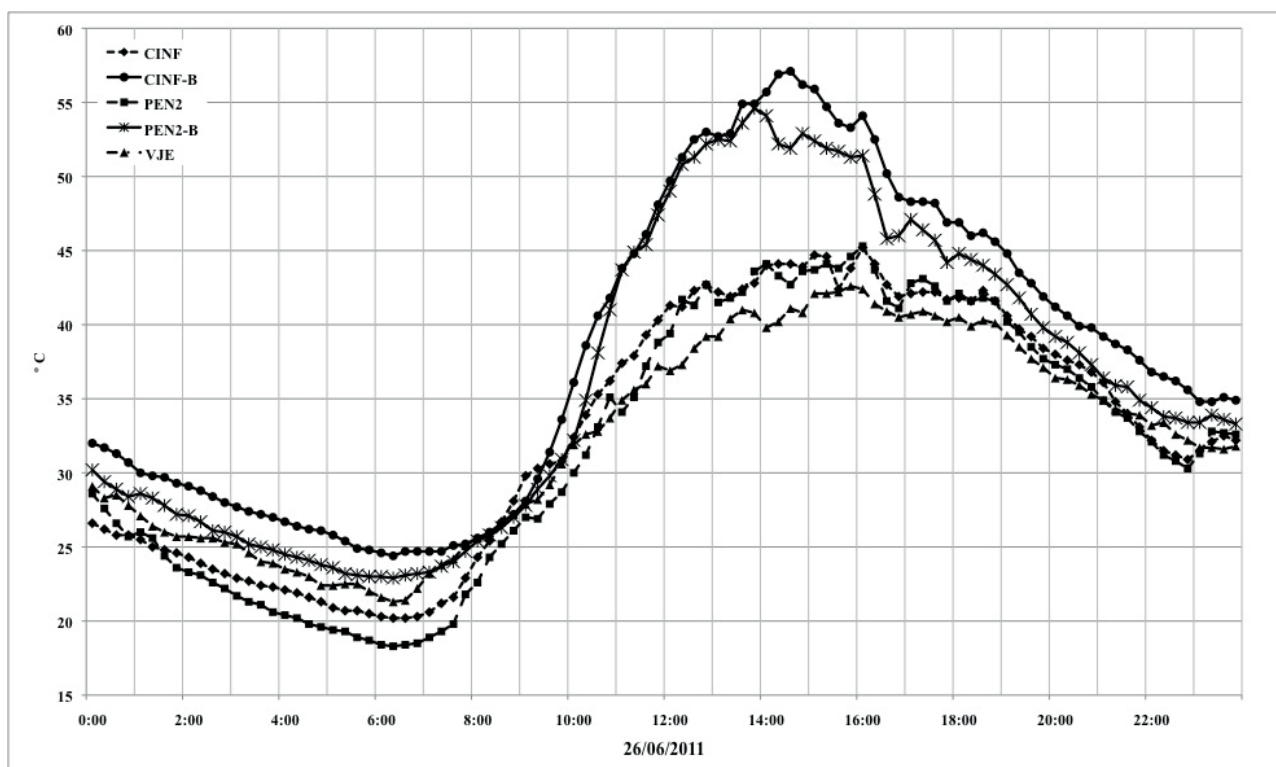


Fig.13 — Temperaturas registadas para dia 26 de Junho de 2011.

⁹ O sensor de temperatura à superfície registou mesmo valores mais baixos durante a tarde do que a temperatura do ar, provavelmente devido ao posicionamento deste numa área sombria.

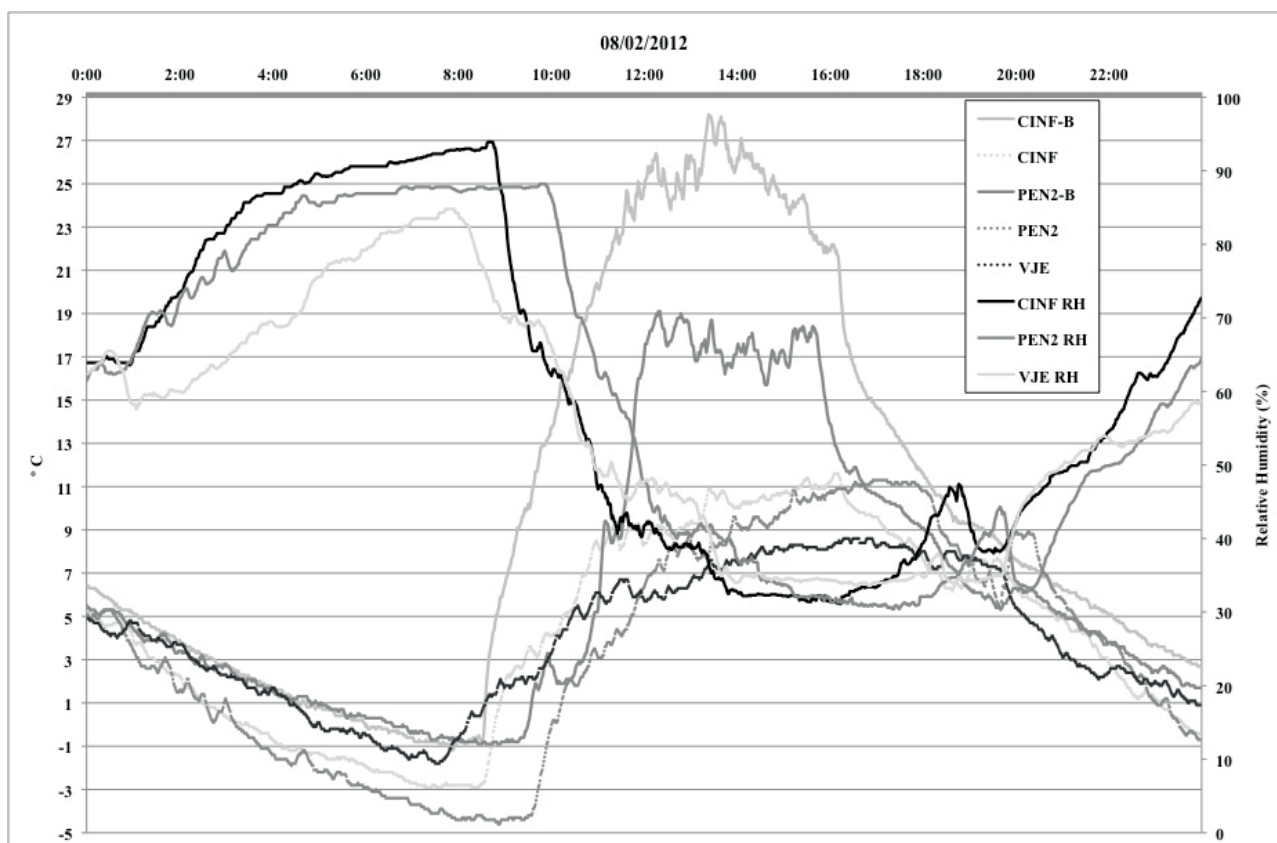


Fig. 14 — Valores de temperatura (recolhidos com intervalo de um minuto) para o dia 8 de Fevereiro de 2012.

Dois dias foram escolhidos para análise com intervalos definidos em um minuto. A Figura 14 exhibe os valores de temperatura e de humidade relativa para o 8 de Fevereiro de 2012, dia em que as temperaturas alcançaram valores abaixo de 0 °C. Um facto já sugerido pelas recolhas realizadas com um intervalo de 15 minutos, torna-se mais claro na consulta da Figura 15: além de atingir temperaturas mais baixas, PEN2-B passa por mudanças de temperatura de menor amplitude do que CINF-B. No período analisado, PEN2-B sofreu uma variação de cerca de 2 °C enquanto CINF-B atingiu cerca de 4 °C. O dia 6 de Julho de 2012 foi também registado com um intervalo de um minuto, quer pelos dois sensores B do Parque quer pelos sensores TMPJM (Fig. 16). Sendo que este foi um dia sem nuvens, as condições atmosféricas não conseguirão explicar as discrepâncias observadas¹⁰. Enquanto os valores registados pelos sensores B do Parque seguem de uma forma geral a tendência já identificada, apesar de PEN2-B (o sensor exposto a S) apresentar valores superiores a CINF-B, os sensores TMPJM apresentam valores algo intrigantes. Em primeiro lugar, VC5-B (o sensor exposto a E) registou um aumento da temperatura cerca de uma hora depois do nascer do sol (que ocorreu no dia considerado às 06:03 GMT¹¹) semelhante aos apresentados pelos sensores B do Parque, ainda que não atingindo valores de temperatura tão elevados. No entanto, este aumento ocorreu cerca de duas horas mais cedo do que em CINF-B (também exposto a E), um facto que terá que ver com a maior altitude a que VC5-B está posicionado. Isto significa que o sol começou a brilhar sobre a localização do sensor apenas cerca de uma hora depois do nascer do sol ao contrário das aproximadamente 3 horas que demorou antes de atingir a posição de CINF-B. As discrepâncias entre os valores registados pelos sensores VC5-B e VJERTS-B (exposto a S) são, no entanto, mais difíceis de

¹⁰ Deve ser notado que uma análise das discrepâncias entre os valores fornecidos por TMPJM e os sensores do Parque deve levar em conta que TMPJM não mede directamente a temperatura à superfície da rocha, as diferentes resoluções de medição dos distintos equipamentos, diferenças na altitude onde estes se localizam, mas principalmente o facto de que os sensores do Parque utilizados estão localizados no vale do Rio Côa, menos cavado do que os vales que formam as linhas de água tributárias (do Côa mas também do Douro) onde estão posicionados os sensores TMPJM.

¹¹ Hora exacta em que ocorreu o nascer do sol foi determinada recorrendo a <http://www.sunrisesunsetmap.com/>

explicar, especialmente considerando a curva de aumento de temperatura de PEN2-B (exposto também a S). Deve-se ainda destacar que apenas VJERTS-B não registou uma temperatura mais elevada do que a temperatura do ar mais alta desse dia. Se o aumento de temperatura registado por CA1-B (W) e VJE16-B (N) estão dentro dos valores esperados, o não aumento significativo durante todo o dia em VJERTS-B é completamente inexplicável sem considerar a (aparentemente decisiva) influência de factores microtopográficos.

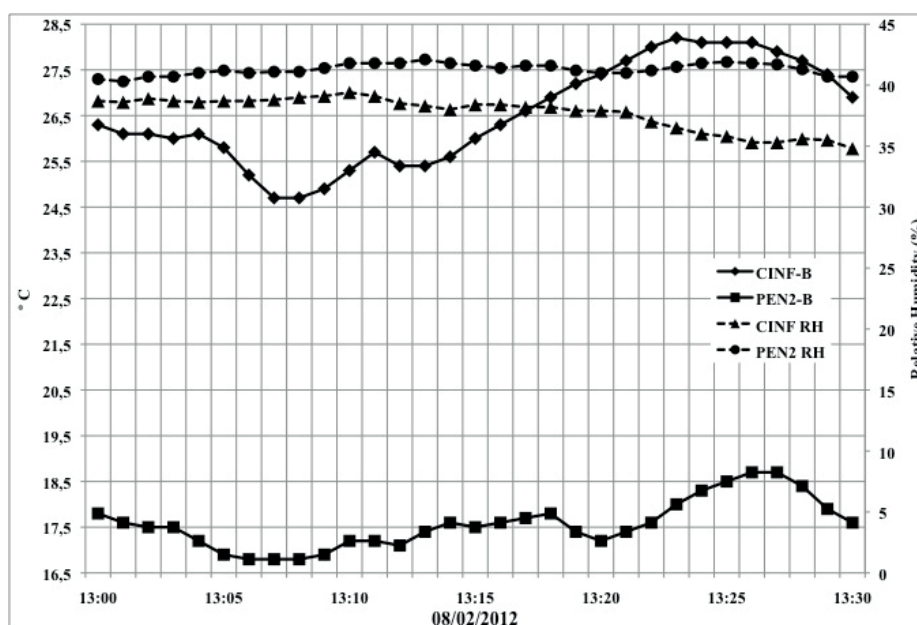


Fig. 15 — Variação de temperatura ao minuto e valores de humidade relativa entre as 13:00 e 13:30 GMT no dia 8 de Fevereiro de 2012 para CINF-B e PEN2 B.

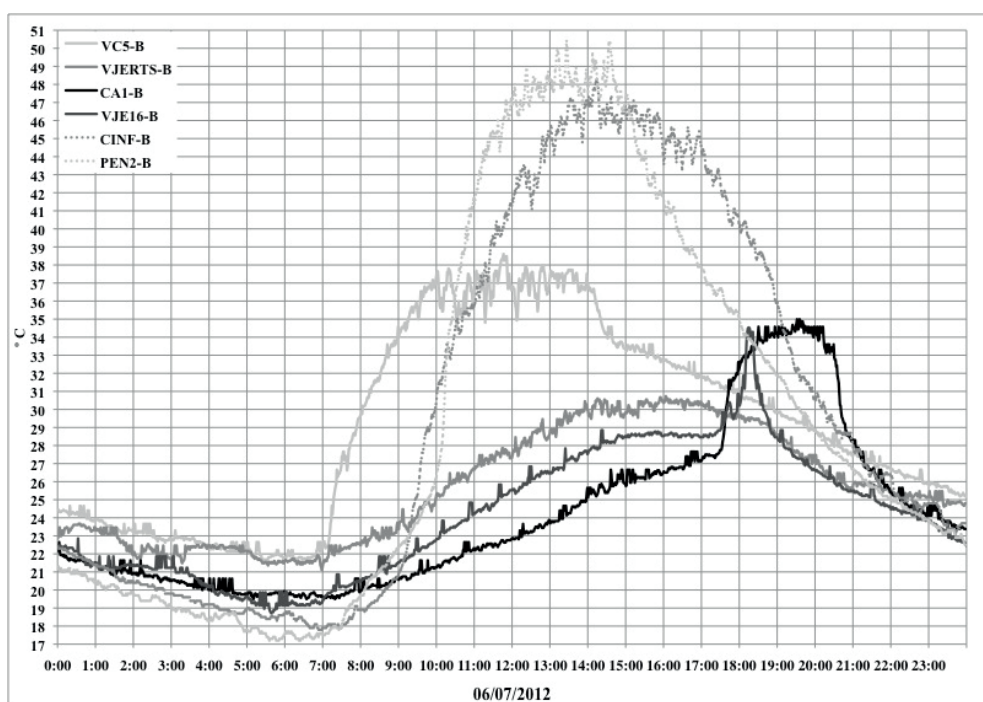


Fig. 16 — Temperaturas registadas pelos sensores do Parque e pelos sensores TPMJM B no dia 6 de Julho de 2012.

5. DISCUSSÃO: ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES E CONSERVAÇÃO DE ARTE RUPESTRE.

As informações disponíveis acima apresentadas relativamente às amplitudes térmicas diárias e horárias não permitem tirar conclusões definitivas sobre a correlação entre orientação das vertentes e conservação de arte rupestre. Se, por um lado, dados obtidos pelas estações do Parque sugerem que exposições a E sofrem as mais elevadas amplitudes diárias de temperatura, também é observável que isso não se traduz em taxas extremas de mudança de temperatura por minuto (1 °C foi o valor mais elevado registado). De facto, as taxas de variação de temperatura por minuto não são tão extremas como as descritas noutras circunstâncias. Meiklejohn *et al.* mencionam valores de mais de 2 °C por minuto, que “podem ser suficientes para induzir fissuras no espaço intersticial entre os grânulos (que compõem uma rocha)” (2009: 976; tradução do autor), ocorrendo no seu caso de estudo.

Todos os dias analisados em maior detalhe sugerem que as taxas de mudança de temperatura por minuto são semelhantes nas exposições cardeais consideradas. Os valores de VTD seguem um padrão ligeiramente diferente sendo que a orientação S apresenta a quase totalidade de todos os valores mais altos registados, seguida de perto por E. No entanto, os dados disponíveis fornecidos pelos sensores TMPJM sugerem que as orientações S (seguidas de E, W e N) sofrem os maiores valores de VTD e também de alteração por minuto de temperatura. Estas conclusões são até certo ponto confirmadas pelo número de dias medidos pelas estações do Parque em 2011 com temperatura média do ar ≥ 25 °C: a estação exposta a S experienciou a maior quantidade seguida pelas estações E e N.

Por outro lado, os registos para 2011 de humectação sugerem que faces expostas E atingem maiores níveis de humidade. Já os dados relativos à pluviosidade sugerem que encostas e afloramentos possuindo uma exposição N são mais propensos a processos de meteorização e erosão fomentados ou amplificados pela precipitação. De facto, VJE (exposta a N) registou os maiores valores de precipitação por uma margem relativamente considerável sendo que as estações expostas a S e E apresentam valores bastante semelhantes. No entanto, isso poderá dever-se a uma flutuação anual pontual tal como sugerem os valores médios mais elevados durante o período 2004/08 para PEN1. Além de variações entre diferentes anos, é muito provável que ocorram flutuações entre estações diversamente localizadas. Os dados de precipitação registados pelas estações do Parque em 2010 confirmam tal proposição já que VJE não registou a maior quantidade de precipitação (que ocorreu em PEN2) sendo também que foi bastante superior em PEN2 durante o mês de Setembro do que nas outras duas estações. Por outro lado, episódios súbitos de precipitação muito elevada não permitem relacionar esta variável com diferentes orientações cardeais pois que os valores para 2011 são bastante homogêneos. Além disso, o maior valor de precipitação registado por PEN1 durante o período 2004/08 foi relativamente diminuto.

Dados para 2011 colocam a estação exposta a N (VJE) como aquela que recebeu a maior quantidade de radiação solar. Este é um resultado bastante desconcertante uma vez que não só a literatura especializada, mas também o conhecimento empírico indica marcadamente que, no hemisfério norte, as encostas expostas a norte recebem uma menor quantidade de radiação solar. Por outro lado, um cálculo da radiação solar total na região durante 2008 mostra claramente que as encostas expostas a N recebem quantidades muito menores do que vertentes com outras orientações (ver Fig. 17). O mesmo cálculo forneceu também os valores de radiação solar alcançados em 2008 na localização precisa de vários afloramentos de arte rupestre do Côa. Não surpreendentemente, os afloramentos expostos a N apresentam os valores mais reduzidos¹². Assim, níveis mais elevados de humidade ocorrerão, numa forma geral, em encostas possuindo tal exposição. No entanto, os resultados totais divergentes registados pelas estações do Parque devem ser mais uma vez interpretados tendo em conta as suas diferentes localizações precisas. O mesmo critério deve ser aplicado na interpretação das informações fornecidas pela análise detalhada de dias concretos juntamente com o reconhecimento de como as condições de céu (diariamente, mas também a cada hora) podem diferir significativamente entre as diferentes localizações das estações.

¹² Embora os valores referidos respeitem a 2008 propõe-se que, descontando pequenas flutuações pontuais, serão também válidas para 2011 no que concerne à distribuição da radiação solar pelas diferentes exposições uma vez que a configuração topográfica da região se manteve.

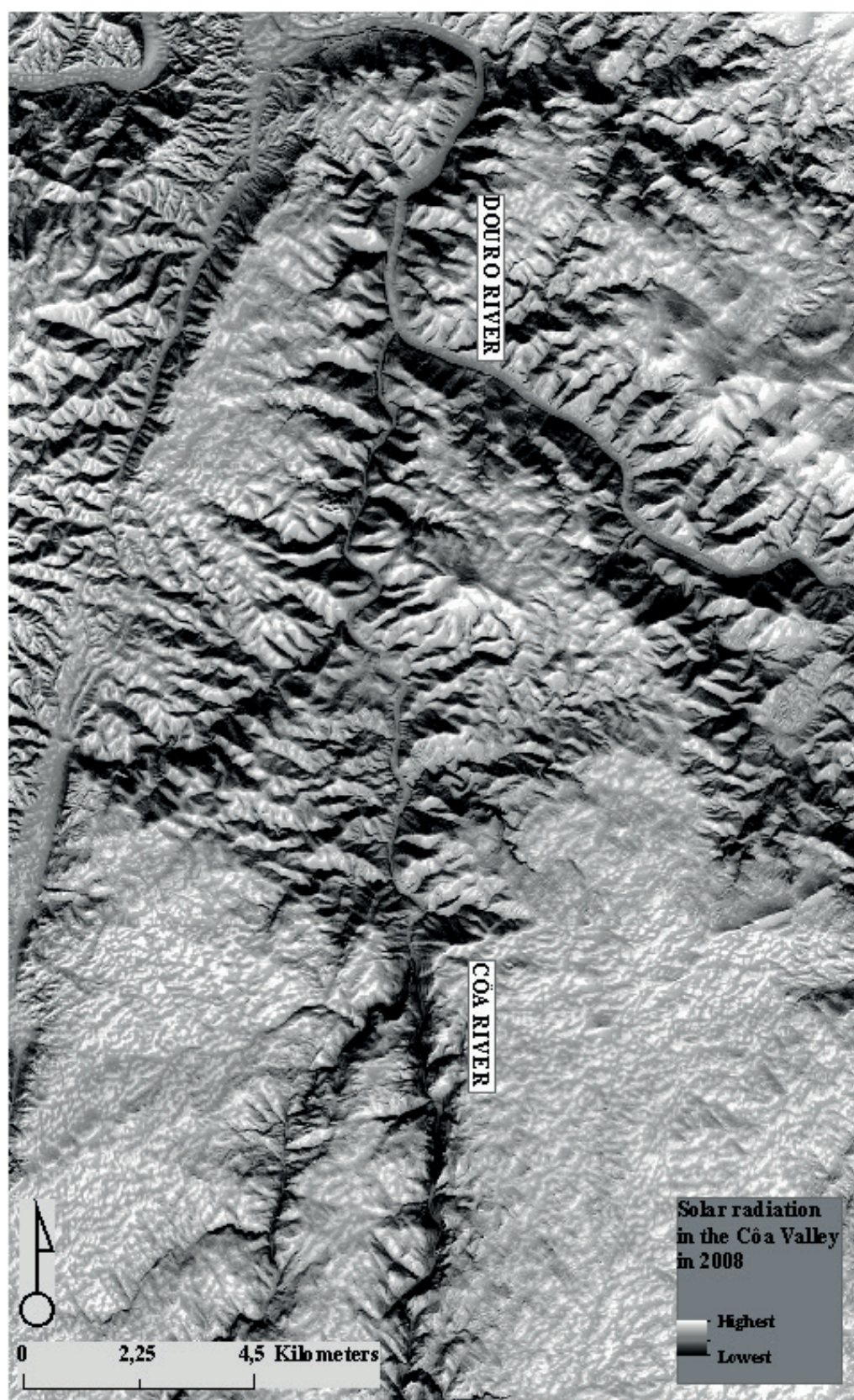


Fig. 17 — Radiação solar na área de estudo. Mapa produzido no ArcView 9 usando um MDT com uma resolução de 10 metros fornecida pelo Instituto Geográfico Português (IGEO - www.igeo.pt). Refere-se à radiação solar média.

Dados fornecidos pelas estações do Parque são também inconclusivos quanto à direcção do vento e os padrões de velocidade. A localização precisa das estações não permite inferências relevantes no que diz respeito à relação entre erosão, diferentes orientações cardeais e regimes de vento. Sugere-se pois que a erosão eólica afectará de forma aleatória afloramentos com diferentes orientações, sugerindo-se ainda que aqueles localizados nas encostas mais abrigadas e em altitudes mais baixas sofrerão uma menor erosão. No entanto, uma validação com maior grau de certeza desta sugestão implica a existência de uma série de dados cobrindo um maior período de tempo.

A conclusão mais importante que pode ser inferida a partir dos dados analisados é que a temperatura à superfície de rocha não desce abaixo de 0°C (a condição essencial para mecanismos de meteorização motivados por baixas temperaturas, como a crioclastia, ocorrerem) tanto quanto acontece com os valores de temperatura do ar. Além disso, os sensores TMPJM não registaram qualquer valor abaixo de 0 °C durante 2011. Por outro lado, os dados registados em dias precisos sugerem que PEN2-B (o sensor exposto a S) sofre períodos diários um pouco mais longos (embora marginalmente) em que as temperaturas permanecem abaixo de 0 °C. Além disso, embora PEN2-B tenha registado um dia extra de temperaturas inferiores a 0 °C do que CINF-B (14 contra 13), não atingiu a temperatura mais baixa apresentando ainda um maior valor médio anual mais baixo do que CINF-B (7,5 °C contra 7 °C).

Neste ponto deve-se notar que o impacto específico que as diferentes variáveis atmosféricas têm nos processos de meteorização e erosão da rocha podem possuir um carácter ambíguo. Por exemplo, a radiação solar determina, em grande medida e em qualquer tipo de rocha, a frequência e características dos ciclos de expansão e retracção. Duma forma geral, pode ser aventado que afloramentos que recebem mais luz solar (no hemisfério norte, aqueles expostos a S) se encontram mais sujeitos ao impacto prejudicial da radiação solar do que aqueles localizados em orientações mais ‘sombrias’. Por outro lado, também se poderá afirmar que afloramentos localizados em áreas que recebem mais luz solar secarão mais rapidamente após um episódio de precipitação. Sendo que a circulação de água pelas encostas pode fazer aumentar o risco de fractura da rocha e aumentar a meteorização física, uma secagem mais rápida da encosta poderá fazer reduzir esse risco.

Alguns autores sugerem que em encostas expostas a N “menor luz solar permite a ocorrência de ciclos de humectação e secagem menos frequentes” do que aqueles que ocorrerão naquelas orientadas a S (PARADISE, 2002: 1; tradução do autor). Se, no hemisfério norte e em geral, encostas (e afloramentos) expostas a N estarão mais sujeitas aos mecanismos de meteorização relacionados com a presença de água, pois terão um nível maior de humidade devido a uma menor quantidade de luz solar recebida, aquelas orientadas a S serão mais propensas aos mecanismos de meteorização conectados com a insolação. Encostas expostas a E e W encontrar-se-ão pois posicionadas a meio caminho entre estes dois extremos.

Se forem consideradas as condições presentes de sobrevivência do complexo de arte rupestre do Vale do Côa¹³, verificar-se-á, já que afloramentos gravados localizados em encostas expostas a E e S superam largamente aqueles situados nas outras categorias de orientação cardinal, que os mecanismos de meteorização motivados pela humidade, incidência solar e presença de organismos causadores de biodeterioração terão um maior impacto na conservação diferencial. No entanto, esta hipótese só será válida se de facto existirem (aproximadamente) iguais percentagens de afloramentos com superfícies ‘graváveis’ expostas a todas as categorias de orientação cardinal. No entanto, tal não acontece, uma vez que existe uma prevalência global de superfícies (gravadas ou não) orientadas a SE e NW (AUBRY *et al.*, 2012)¹⁴. Assim, estes autores sugerem que superfícies expostas a NW sofreram mais vincadamente os efeitos negativos motivados pela biodeterioração. Para explicar tal facto, duas hipóteses são avançadas

¹³ Deve-se notar neste ponto que Mário Reis, arqueólogo da Fundação Côa Parque responsável pela prospecção de arte rupestre na região, refere, após análise detalhada de vários factores humanos e naturais que ao longo do tempo poderão ter promovido o desaparecimento de afloramentos insculturados, que “a taxa global de destruição de gravuras, de todas as épocas, não deverá ser excessivamente grande, e que o que hoje ainda existe é uma percentagem muito significativa do total que já existiu” (REIS, 2011: 54).

¹⁴ A área considerada no estudo de Aubry *et al.* (2012) corresponde aos Núcleos de Arte Rupestre situados na zona da confluência do Côa com o Douro.

pelos autores. A primeira aventa que, após episódios de gravação durante o final do Paleolítico superior, os factores de biodeterioração terão, desde então, promovido o desaparecimento dos motivos gravados em painéis expostos a NW. Alternativamente, Aubry *et al.* sugerem que superfícies com essa exposição apresentavam, no final do Paleolítico superior, níveis de biodeterioração mais elevados devido à acção de líquenes e briófitas. Assim, estes afloramentos não terão sido escolhidos para serem gravados devido ao fraco estado de conservação da própria superfície rochosa. Considerando a análise mais detalhada que a este propósito realizaram do caso específico da rocha 16 do Vale de José Esteves, os autores, tentando encontrar um meio-termo entre estas duas hipóteses, propõem que os processos de meteorização e biodeterioração, que ainda seguem o seu curso, se terão iniciado após os episódios de gravação no final do Paleolítico superior tendo atingido um pico de incidência durante o período compreendido entre o Holoceno inferior e médio (AUBRY *et al.*, 2012: 862-3). Esta proposição é algo intrigante já que implicará que não terá ocorrido meteorização e biodeterioração substancial antes desses episódios de gravação, no final do Paleolítico superior, nas superfícies disponíveis (e, presumivelmente, em bom estado) existentes em afloramentos orientados quer a NW quer a SE. Sendo que a exposição dos afloramentos xistosos da região do Baixo Côa, motivada pelo processo de encaixe do sistema fluvial, se terá iniciado há pelo menos cerca de 130.000 anos atrás¹⁵, será problemático sugerir que processos de meteorização e biodeterioração só terão afectado marcadamente as superfícies expostas de afloramentos (contendo ou não arte rupestre) durante os últimos 12 a 14.000 anos.

Além disso, se de facto as briófitas preferem áreas mais sombrias para colonizar, os líquenes estabelecem-se em superfícies expostas a todas as orientações. Assim, uma apreciação da relação entre colonização líquénica, diferentes orientações cardeais e biodeterioração requer uma análise cuidadosa da diversidade líquénica presente em superfícies diferentemente orientadas. Isto deve-se ao facto de ter sido observado que as espécies existentes variam (e assim igualmente os impactos negativos para a condição da rocha, pois que espécies diversas têm ecologias dissimilares) de acordo com a orientação dos painéis colonizados (Joana Marques, comunicação pessoal)¹⁶. Para além do mais, existem autores que duvidam que os líquenes e briófitas desempenhem um papel de grande destaque nas dinâmicas de deterioração da rocha. De facto, é sugerido que é o estado já deteriorado por outros mecanismos de meteorização de superfícies rochosas que atrai e favorece a colonização por parte destes organismos (por exemplo, a existência prévia de fissuras e fracturas) (BAKKEVIG, 2004). Em determinados casos poderá assim ocorrer que líquenes e briófitas não tenham contribuído decisivamente para o mau estado de conservação de uma superfície, tendo esses organismos apenas colonizado de forma oportunista superfícies auspiciosas para o seu desenvolvimento.

Se de facto para os artistas do Paleolítico superior era indiferente a orientação dos painéis a gravar, sugere-se que as questões de biodeterioração não conseguem só por si explicar por que é que os motivos gravados em painéis expostos a NW sobreviveram até aos dias de hoje em tão menor quantidade relativamente àqueles com outras orientações. Uma possível explicação alternativa é que, sendo de facto estas as únicas duas orientações possíveis de existir, pois tal foi determinado pela acção das forças estruturais e cinéticas por detrás da formação dos painéis (AUBRY *et al.* 2012: 857-60), aqueles orientados a NW pura e simplesmente não foram expostos em tanta quantidade como aqueles orientados a SE. Se assim for, diferenciar entre o estado de conservação dos afloramentos e painéis com base na sua orientação cardinal não será muito relevante, uma vez que a distribuição dos afloramentos gravados em diferentes categorias de orientação será muito mais dependente da existência de facto de afloramentos do que de questões de conservação diferencial motivadas pela biodeterioração.

Uma das conclusões que podem ser inferidas a partir da análise dos dados relativamente à relação entre orientação cardinal e conservação diferencial de afloramentos é que as variáveis microclimáticas

¹⁵ PHILLIPS *et al.* (1997) calcularam o início da exposição de quatro afloramentos com arte rupestre através do método radiométrico de datação do ³⁶Cl tendo estimado idades que variam de 16.000 a 136.000 anos BP.

¹⁶ A partir dos seus casos de estudo específicos, há autores que referem que “o relativamente menor desgaste que ocorre nas superfícies rochosas exposta a N pode ser atribuído a um menor desgaste induzido pela presença de líquenes” (PARADISE, 2002: 1; tradução do autor), enquanto outros concluíram não poder estabelecer uma relação clara entre a presença de líquenes em superfícies rochosas expostas a diferentes orientações e biodeterioração (HALL *et al.*, 2005).

se encontram dependentes das características precisas do local de recolha de dados. As características microtopográficas, por exemplo, variam amplamente e estão dependentes da ‘arquitectura’ específica de cada encosta. Assim, as encostas podem possuir recantos ligeira ou marcadamente côncavos que determinarão a existência de áreas que permanecerão remanescentes na sombra por períodos mais longos do que as suas vizinhanças imediatas. A cobertura vegetal (nomeadamente árvores e arbustos de médio ou grande porte) também irá influenciar a extensão das áreas de sombra numa qualquer vertente. A existência de sombra terá evidentemente uma influência directa nas medições de temperatura ou de radiação solar em qualquer localização precisa. Por outro lado, além da altitude específica de um dado local, o contorno duma vertente também poderá determinar variações microclimáticas já que a luz solar atingirá de forma diferente uma encosta mais íngreme do que outra com um declive menos pronunciado. As condições de céu são ainda um outro factor que pode influenciar a quantidade de luz solar que encostas diferentes receberão num determinado período. A única forma de medir rigorosamente as variáveis climáticas tendo em consideração as diferentes condicionantes microtopográficas seria instalar sensores meteorológicos em todos ou grande parte dos afloramentos de arte rupestre do Vale do Côa. Obviamente, tal é impossível. Mesmo a solução minimalista que seria escolher cuidadosamente um número mais reduzido mas ainda considerável de afloramentos poderia ser impraticável devido aos problemas de propriedade de terrenos para instalar as estações meteorológicas que impediram um posicionamento mais adequado para VJE¹⁷.

6. CONCLUSÃO

Considerando a discussão levada a cabo na secção precedente, acredita-se que os dados meteorológicos analisados são, por ora, insuficientes para estabelecer uma relação inequívoca entre orientação cardeal e meteorização diferencial dos afloramentos de arte rupestre do Vale do Côa. As variáveis meteorológicas são de interpretação complexa e um conjunto de dados muito limitado no tempo não permite distinguir padrões que permitam retirar conclusões generalizáveis. No futuro, quando uma série de dados mais alargada for recolhida pelas estações existentes na área do Parque, poderá ser possível identificar padrões climáticos que possam contribuir para a caracterização da situação de risco que cada afloramento gravado apresenta consoante a sua orientação cardeal.

De qualquer modo, é possível relacionar a ordenação final da escala de urgência de intervenção conservativa (o propósito principal do doutoramento cuja pesquisa aqui apresentada faz parte) com a orientação cardeal de todos os afloramentos contidos na amostra que foi objecto de análise (40)¹⁸. A inferência mais significativa é oferecida pela cotação final alcançada pelo conjunto dos afloramentos com painéis expostos a S, já que uma análise daqueles com outras orientações apresenta resultados mais ambíguos. Dos doze afloramentos orientados a S (ou seja, 30 por cento do total da amostra), apenas dois se posicionam na metade da escala com cotações mais elevadas (embora em posições ‘modestas’, 17 e 19) correspondente aos afloramentos em mais frágil estado de conservação. Assim, pode-se afirmar que, pelo menos no caso da amostra considerada, os afloramentos expostos a S se encontram num estado de conservação menos preocupante do que aqueles que possuem outras orientações cardiais. Tal conclusão confirmará, numa primeira análise, uma conservação preferencial dos painéis com esta orientação e que os mecanismos de meteorização motivados pela presença de humidade terão uma acção negativa mais preponderante do que aqueles ligados à insolação e radiação solar. No entanto, também

¹⁷ Ver nota de rodapé 3.

¹⁸ Para além de outras condicionantes de localização espacial (inclinação da vertente, localização em leito de cheia ou diferentes formações geológicas) que foram tidas em conta na escolha dos afloramentos contidos na amostra também a distribuição dos afloramentos de arte rupestre do Vale do Côa pelas diferentes categorias de orientação cardeal foi considerada. Assim, os afloramentos que constituem a amostra (assim como todo o complexo de arte rupestre do Vale do Côa) encontram-se maioritariamente expostos a E seguindo-se depois S, W e finalmente N. Para efeitos de escolha da amostra, não foram considerados elegíveis para inclusão afloramentos presentemente submersos (devido à influência da barragem do Pocinho) ou aqueles situados em terrenos graníticos. Assim, o total considerado foi de 924 afloramentos.

poderá ser sugerido que, sendo esta a orientação ‘inata’ e também preferencial da maioria dos painéis xistosos (gravados ou não) do Vale do Côa, será natural que estes painéis tenham sido gravados em maior número. Assim, a probabilidade estatística de uma maior quantidade dos painéis gravados expostos a S ter sobrevivido até ao presente em melhores condições de conservação será mais elevada.

Fevereiro de 2013.

7. BIBLIOGRAFIA

- AEMET; IMP – *Atlas Ibérico do Clima*. Madrid/Lisboa: Agencia Estatal de Meteorología/Instituto de Meteorologia de Portugal, 2011. 79 p. ISBN: 978-84-7837-079-5.
- AHRENS, Donald – *Meteorology today. An introduction to weather, climate and the environment*. 8.^a ed. Belmont, CA: Thomson/ Brooks/Cole, 2007. 586 p. ISBN 0495011622 9780495011620.
- ALTIERI, Antonella; RICCI Sandra – Calcium uptake in mosses and its role in stone biodeterioration. *International Biodeterioration&Biodegradation*. Amsterdam: Elsevier. ISSN 0964-8305. Vol. 40, n.º 2-4 (1997), p. 201-204.
- AUBRY, Thierry; LUÍS, LUÍS; DIMUCCIO, Luca Antonio – Nature vs. Culture: present-day spatial distribution and preservation of open-air rock art in the Côa and Douro River Valleys (Portugal). *Journal of Archaeological Science*. Londres, Nova Iorque: Academic Press. ISSN 0305-4403. Vol. 39, n.º 4 (2012). p. 848-866.
- AZEVEDO, Anthímio José – *Atlas do Ambiente. Notícia Explicativa I.7. Vento*. Lisboa: Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, 1990.
- BAPTISTA, António Martinho; FERNANDES, António Pedro Batarda – Rock art and the Côa Valley Archaeological Park: A case study in the preservation of Portugal’s Prehistoric parietal heritage. In PETTITT, Paul; BAHN, Paul; RIPOLL, Sergio – *Palaeolithic cave art at Creswell Crags in European context*. Oxford: Oxford University Press, 2007. ISBN 9780199299171 019929917X. p. 263-279.
- BAKKEVIG, Sverre – Rock art preservation: improved and ecology-based methods can give weathered sites prolonged life. *Norwegian Archaeological Review*. Oslo: Universitetsforlaget. ISSN 0029-3652 1502-7678. Vol. 37, n.º 2 (2004), p. 65-81.
- BENNIE, Jonathan; HUNTLEY, Brian; WILTSHIRE, Andrew; HILL, Mark; BAXTER, Robert – Slope, aspect and climate: Spatially and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological Modelling*. Amsterdão: Elsevier. ISSN 1872-7026 0304-3800. Vol. 216, n.º 1 (2008), p. 47-59.
- BLAND, Will; ROLLS, David – *Weathering: An Introduction to the Scientific Principles*. London: Arnold, 1998. 271 p. ISBN 0340677457 9780340677452 0340677449 9780340677445.
- BRANDÃO, C.; RODRIGUES, R.; COSTA, J. P. – *Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal Continental*. Lisboa: Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, 2001.
- DÍEZ HERRERO, Andrés; LARIO GÓMEZ, Javier; GUTIÉRREZ PÉREZ, Ignacio; ALONSO AZCÁRATE, Jacinto; SÁNCHEZ MORAL, Sergio; CAÑÁVERAS JIMÉNEZ, Juan Carlos – Análisis de la insolación directa potencial como factor de degradación de los conjuntos pictóricos rupestres de Villar del Humo (Cuenca). In PÉREZ ALBERTI Augusto; LÓPEZ BEDOYA, Juan – *Geomorfología y territorio. Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela, 2006. ISBN 9788497506410 8497506413. p. 993-1008.
- FERNANDES, António Pedro Batarda – The Conservation Programme of the Côa Valley Archaeological Park: Philosophy, objectives and action. *Conservation and Management of Archaeological Sites*. Londres: James & James. ISSN 1350-5033. Vol. 9, n.º 2 (2007), p. 71-96.
- FERNANDES, António Pedro Batarda – Aesthetics, ethics, and rock art conservation: How far can we go? The case of recent conservation tests carried out in un-engraved outcrops in the Côa Valley, Portugal. In HEYD, Thomas; CLEGG, John – *Aesthetics and Rock Art III Symposium. Proceedings of the XV UISPP World Congress*. Oxford: Archaeopress, 2008. ISBN 9781407303048 140730304X. p. 85-92.
- FERNANDES, António Pedro Batarda – *Natural Processes in the Degradation of Open-Air Rock-Art Sites: An Urgency Intervention Scale to Inform Conservation*. Bournemouth: Bournemouth University, School of Applied Sciences, 2012. Tese de doutoramento.

- GRAB, Stefan Walter – Near-surface rock wall temperatures in high Drakensberg basalt: Spatio-temporal differences and possible implications for weathering. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger. ISSN 0372-8854 0044-2798. Vol. 51, n.º 1 (2007), p. 103-113.
- HALL, Kevin; AROCENA, Joselito; BOELHOUWERS, Jan; LIPING, Zhu – The influence of aspect on the biological weathering of granites: Observations from the Kunlun Mountains, China. *Geomorphology*. Amsterdam: Elsevier. ISSN 0169-555X. Vol. 67, n.º 1-2 (2005), p. 171-188.
- HOERLE, Stéphane; SALOMON, Andrew – Microclimatic data and rock art conservation at Game Pass Shelter in the Kamberg Nature Reserve, KwaZulu-Natal. *South African Journal of Science*. Marshalltown, Transvaal: South African Association for the Advancement of Science. ISSN 0038-2353. Vol. 100, n.º 7-8 (2004), p. 340-341.
- IM. Normal Climatológica para Moimenta da Beira no período 1961-1990. Lisboa: Instituto de Meteorologia. 2010.
- LOUBSER, Johannes; KEYSER, James; YAZZOLINO, Bruno – The establishment of a rock art monitoring program at two sites on Miller Island (Columbia River, Oregon, USA). *International Newsletter on Rock Art*. Foix, France: C.A.R. ISSN 1022-3282. Vol. 25 (2000), p. 11-14.
- MARQUES, Joana; GONÇALVES, João; PAZ-BERMEDEZ Graciela – Lichen induced Mechanical Weathering of Schist in the Côa Valley Archaeological Park (Vila Nova de Foz Côa), Portugal. Poster apresentado no XVIII Simposio de Botânica Criptogâmica, Barcelona, Espanha, 13-16 Junho, 2011.
- MEIKLEJOHN, Ian; HALL, Kevin; DAVID, John – Weathering of rock art at two sites in the KwaZulu-Natal Drakensberg, Southern Africa. *Journal of Archaeological Science*. Londres, Nova Iorque: Academic Press. ISSN 0305-4403. Vol. 36, n.º 4 (2009), p. 973-979.
- PARADISE, Thomas – Sandstone weathering and aspect in Petra, Jordan. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger. ISSN 0372-8854 0044-2798. Vol. 46, n.º 1 (2002), p. 1-17.
- PHILLIPS, Fred; FLINSCH, Montgomery; ELMORE, David; SHARMA, Pankaj – Maximum ages of the Côa valley (Portugal) engravings measured with chlorine-36. *Antiquity*. Gloucester, Inglaterra: Antiquity Publications. ISSN 1745-1744 0003-598X. Vol. 71, n.º 171 (1997), p. 100-104.
- PORLEY, Ron; HODGETTS, Nick – *Mosses and liverworts*. London: Harper Collins, 2005. 495 p. ISBN 0002202123 9780002202121 0007174004 9780007174003.
- REIS, Mário – Prospecção da arte rupestre do Côa: ponto da situação em Maio de 2009. In RODRIGUES, Miguel Areosa; LIMA, Alexandra Cerveira; SANTOS, André Tomás – *Actas do V Congresso de Arqueologia – Interior Norte e Centro de Portugal*. Caleidoscópio: Casal de Cambra, 2011. ISBN 978-989-658-184-8. p. 11-123.
- WEISS, T.; SIEGESMUND, S.; KIRCHNER, D.; SIPPEL, J. – Insolation weathering and hygric dilatation: two competitive factors in stone degradation. *Environmental Geology*. Montpelier, Vermont, EUA: Vermont Geological Survey. ISSN 0071-0857. Vol. 46, n.º 3-4 (2004), p. 402-413.
- WMO – *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. 6.ª ed. Genebra: World Meteorological Organization, 1996. 569 p. OCLC 760874229