

# VARIABILIDADE ESPACIAL DO GELO PRIMAVERIL NOS VINHEDOS DO VINHO VERDE (PORTUGAL)

H. QUÉNOL<sup>1</sup>  
A. MACIEL<sup>2</sup>  
A. MONTEIRO<sup>2</sup>  
et B. BELTRANDO<sup>3</sup>

## Resumo

Na região do Entre Douro e Minho (Norte de Portugal), foi realizado um estudo agrometeorológico em dois *terroirs* vitícolas distanciados de algumas dezenas de quilómetros e com características topográficas e vitícolas bem distintas. O objectivo foi assim fornecer indicações para definir as áreas-tipo ideais, tendo em consideração a variável temperatura, para a implementação da vinha. Para isso, um estudo climático às escalas finas permite compreender a influência local das características da superfície (relevo, ocupação do solo) sobre os parâmetros meteorológicos. Assim, as medições de temperatura e a análise dos estados fenológicos da vinha, realizadas de Fevereiro a Abril de 2003, permitiram evidenciar uma grande variabilidade espaço-temporal do risco de gelo primaveril, não só entre os dois campos experimentais, como no interior de um mesmo *terroir*.

**Palavras-chave:** Climatologia. Escalas finas. SIG. Vinhedo de *vinho verde*. Gelo primaveril.

## Resume

### Variabilité spatiale du gel printanier dans les vignes de Vinho Verde (Portugal)

Dans la région Do Entre Douro e Minho (Nord Portugal), une étude agrométéorologique est réalisée dans deux terroirs viticoles séparés de quelques dizaines de kilomètres mais dont les caractéristiques topographiques et les cépages sont différents. L'objectif est de fournir des indications permettant de mieux définir les types d'espace où, vis à vis des températures, la vigne peut être plantée de manière optimale. Pour cela, une étude climatique aux échelles fines permet de comprendre l'influence locale des caractéristiques de la surface (relief, occupation du sol) sur les paramètres météorologiques. Les mesures de températures et l'analyse de l'état physiologique de la vigne effectuées entre février et avril 2003 ont mis en évidence une forte variabilité spatio-temporelle du risque gélif printanier d'une part, entre les deux sites et d'autre part, à l'intérieur même des terroirs.

**Mots cles:** Climatologie. Échelles fines. SIG. Vignoble du *vinho verde*. Gel printanier.

<sup>1</sup>COSTEL - UMR 6554 LETG - CNRS. Université Rennes 2, Place du Recteur Henri Le Moal, 35043 Rennes Cedex, FRANCE. herve.quenol@uhb.fr

<sup>2</sup> Departamento de Geografia - Universidade do Porto, Via Panorâmica, s/n 4150-564, Porto, PORTUGAL

<sup>3</sup> PRODIG - UMR 8586 - CNRS. Université Denis Diderot Paris 7, 2 place Jussieu 75251 Paris Cedex, FRANCE

## INTRODUÇÃO

Há já alguns anos a esta parte que uma percentagem importante da produção vitícola de vinho verde destina-se à exportação. Esta viragem conduziu a uma acentuada diminuição dos pequenos produtores, que exerciam uma agricultura de subsistência, em favor de uma viticultura de cariz comercial, até então pouco desenvolvida na região. Apesar do número de viticultores e da área total destinada à vinha terem diminuído na região do Entre Douro e Minho, a distribuição espacial das áreas de vinha revelou um aumento nos concelhos no Interior da Região, em detrimento do litoral, nas últimas décadas (dados dos Recenseamentos Agrícolas de 1989 e 1999). Esta tendência transcreveu-se na criação de novos vinhedos em parcelas de maiores dimensões, comparativamente com as formas de condução tradicionais situadas em redor das parcelas agrícolas (latadas) que sofrem uma diminuição (MADUREIRA *et al.* 2002, p.122). O aumento/surgimento das referidas parcelas nos vales do Interior realiza-se sem qualquer preocupação com as condições topoclimáticas (fundamentais para o adequado crescimento das videiras), cuja variação, nesta área, é bastante acentuada, em resultado da topografia acidentada. O clima, muito influenciado pelo relevo (montanhas, colinas), é caracterizado por períodos de calor ou de frio relativamente intensos, possibilitando a ocorrência de riscos para as videiras (geadas primaveris, "stress" hídrico ou térmico).

Ao longo do seu período de crescimento, a videira necessita de condições climáticas específicas para um adequado desenvolvimento. Infelizmente, as condições climáticas ideais para a vinha encontram-se em espaços relativamente restritos, dado que as irregularidades e a natureza da superfície influenciam localmente as variáveis meteorológicas. A topografia (exposição, declive, altitude) e a proximidade de mosaicos de água (lagos, cursos de água, oceano) são outros factores que proporcionam variações nos parâmetros meteorológicos em algumas dezenas de metros e originam uma forte variabilidade espacial dos riscos climáticos (FOULONNEAU, 1967, p.9; CARREGA, 1994, p.21 ; GUYOT, 1997, p.289 ; BONNARDOT *et al.*, 2001, p.110 ; QUÉNOL, 2002, p.21).

Para definir as especificidades climáticas de um vinhedo, as estações meteorológicas de cariz regional estão, frequentemente, demasiado afastadas (em média 1 em cada 30 km no Entre Douro e Minho) (MONTEIRO, 2003, p.233). Isto inviabiliza a demonstração das variações microclimáticas. Perante o espaçamento e escassez dos postos meteorológicos da rede clássica, tornou-se necessária a implementação de um dispositivo de medições meteorológicas adaptado às escalas finas, com o intuito de determinar e compreender a forte variabilidade espacial do clima, principalmente em áreas acidentadas. Foi assim implementado um protocolo de medições meteorológicas e agronómicas (adaptado às escalas finas) em dois vinhedos próximos (menos de 30 km). Estes últimos, bem conhecidos pela qualidade dos seus vinhos, apresentam diferenças significativas nas castas e no tipo de vinho (taxa de álcool, cor, etc.), o que deixa antever condições climáticas locais específicas (REIS, 2002, p.15). Nos dois campos experimentais, os dados meteorológicos (temperatura e humidade relativa) foram registados em contínuo de Fevereiro (início do novo ciclo vegetativo com o abrolhamento) a Outubro (vindimas).

No presente artigo, são apenas apresentados os resultados referentes ao risco de gelo radiativo (na Primavera, de Fevereiro a Maio). O gelo primaveril é um flagelo agrícola relativamente frequente nesta região. As suas consequências podem levar mesmo à destruição total dos gomos e ostentam uma variabilidade espacial fortemente dependente das condições da superfície. Em 1988 e 1998, uma quebra de 40% na produção vitícola (em relação à média de 1978-1988) foi causada por fortes geadas primaveris que destruíram uma parte dos gomos (MADUREIRA *et al.* 2002, p.123).

Esses danos apresentaram variações espaciais, uma vez que alguns viticultores não tiveram qualquer prejuízo e outros perderam a totalidade da colheita.

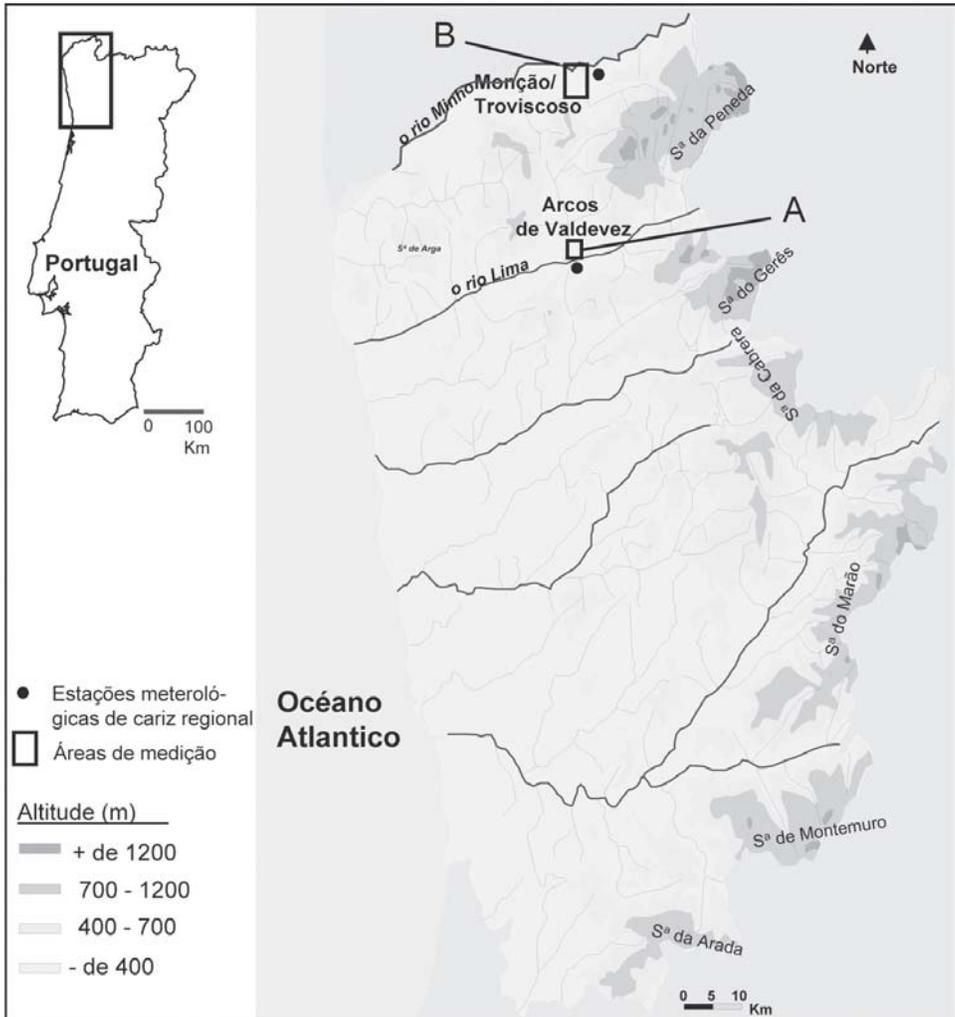
Distinguem-se, resumidamente, dois tipos de gelo: radiativo e advectivo. O gelo advectivo fica a dever-se à chegada de uma massa de ar frio (ventos superiores a 3 m/s) diferente da existente. A variação térmica é muito reduzida e, na maior parte das vezes, após uma forte geada primaveril advectiva, os danos nas videiras são generalizados, sendo a acção da topografia ou do estado do solo insignificante na distribuição espacial dos mesmos. O gelo radiativo ocorre em noites de céu limpo ou pouco nublado e com ventos inferiores a 2 m/s. Este arrefecimento nocturno surge quando o balanço entre a energia recebida pelo solo e aquela reenviada para a atmosfera é negativo. A ausência de radiação solar após o pôr-do-sol origina uma diminuição da temperatura até ao nascer do sol, o que pode levar ao aparecimento de geadas no final da noite. O ar frio, mais pesado e mais denso que o ar ambiente, adere ao solo por subsidência e escoo por gravidade (MARHT, 1986, p.26 ; QUÉNOL, 2002, p.24 ; BRIDIER, 2002, p.10 ; CARREGA, 1994, p.18 ; FALLOT, 1992, p.20). A geografia das temperaturas nocturnas está, por isso, dependente da velocidade dos escoamentos gravíticos de ar frio. Uma velocidade elevada de escoamento atenua o arrefecimento por fricção das moléculas de ar (libertação de calor) enquanto que um abrandamento leva à estagnação do ar e à intensificação do arrefecimento (CELLIER, 1989, P.150). Perante o exposto, a variabilidade espacial das baixas temperaturas, pouco vinculada em parcelas planas, é importante em terrenos acidentados, localizando-se as áreas mais frias normalmente em áreas deprimidas ou a montante de obstáculos (bloqueio do ar frio). Para as videiras, o risco de gelo varia consoante a temperatura atingida e a capacidade do vegetal de resistir aos acentuados arrefecimentos nocturnos. Esta última está dependente do estado fenológico – *sensibilidade crescente do abrolhamento à floração* – e da casta (ENDLICHER, 1980, p.129; ANONYME, 1991, p.13 ; GIRARD, 1994, p.32 ; BELTRANDO, 1998, p.32 ; VINET, 1999, p.22 ; QUÉNOL, 2002, p.30).

O objectivo deste estudo é assim determinar através de medições meteorológicas e de observações agronómicas, as áreas mais susceptíveis de ocorrência de gelo em função das características da superfície (topografia, proximidade de um curso de água). Os resultados possibilitam aos profissionais da viticultura a adopção de políticas mais efectivas e adequadas (através, por exemplo, da plantação de castas pouco sensíveis ao gelo ou com abrolhamento mais tardio nas áreas mais frias) e/ou a implementação de adequadas tecnologias de protecção contra o gelo (velas, aspersão, etc.) nessas mesmas áreas.

## METODOLOGIA E DADOS

O estudo realizou-se no noroeste português, mais especificamente na Região Demarcada dos Vinhos Verdes. As áreas de estudo são delimitadas a norte pelo rio Minho, a sul pelo rio Lima e a este por áreas montanhosas de altitudes superiores a 1000 metros. Este espaço (fig. 1) apresenta um relevo acidentado, cujas altitudes aumentam progressivamente com o afastamento ao Oceano Atlântico (Serra da Peneda-Soajo com 1416 m). Os rios Minho e Lima, de orientação este-oeste, ostentam vales amplos que se estreitam gradualmente em direcção ao interior do país (MADUREIRA *et al*, 2002, p.121). O clima, de tipo oceânico, possui pequenas amplitudes térmicas, uma pluviosidade relativamente abundante (embora com repartição irregular) e uma seca estival. (DAVEAU *et al*, 1988, p.424 ; ALCOFORADO *et al*, 1982, p.20). A existência de relevos imediatamente a Este do litoral limita rapidamente a influência oceânica (por exemplo, a diminuição da acção amenizadora das massas de ar) e favorece uma maior variabilidade espacial dos parâmetros climáticos, o que propicia à existência de topoclimas.

Figura 1 - Áreas de estudo (A e B) no  
noroeste português



FONTE: Ferreira

## Áreas de estudo

As duas áreas de estudo distam aproximadamente 30 km e situam-se nos vales do rio Lima (próximo de Arcos de Valdevez e da confluência com o seu principal afluente, o Vez) e do Minho (junto a Monção e Troviscoso, num vale de orientação sul-norte) (Fig. 1). Ambos os espaços apresentam topografia acidentada e fraca influência marítima.

O vinhedo de Arcos de Valdevez situa-se na Estação Vitivinícola Amândio Galhano (área de estudo **A**), sendo cultivadas principalmente as castas Loureiro (casta branca) e Vinhão (casta tinta). O Loureiro propicia vinhos de boa qualidade e é cultivado em grande parte da região, adaptando-se muito bem às condições litorais. Esta variedade de vinho branco possui um abrolhamento relativamente precoce – *portanto, sensível ao gelo primaveril* – e maturação média. O Vinhão, casta de vinho tinto, apresenta um abrolhamento tardio e maturação média. É uma variedade vigorosa e de produção regular (MONTEIRO *et al.*, 2003). O campo experimental caracteriza-se, a nível da topografia, por uma sucessão de terrenos horizontais (socalcos) de orientação norte-sul (50 a 60 m), rodeada de outeiros com altitudes máximas de 80 m, que termina junto ao leito do rio Lima (orientação oeste-este, e altitude de 30 m). O declive, com uma orientação dominante norte-sul, é de aproximadamente 3° (Fig. 2 a).

O vinhedo de Monção/Troviscoso é composto pela casta Alvarinho (área de estudo **B**). Esta proporciona vinhos de qualidade muito boa, mas exige condições pedo-climáticas específicas (GARRIDO, 1984). Precoce no abrolhamento e na maturação, esta variedade é muito sensível aos acentuados arrefecimentos primaveris, não suportando grandes amplitudes térmicas diurnas. A topografia da área corresponde a um vale de orientação sul-norte, que conflui a norte com o do rio Minho (oeste-este). A presença de relevos com altitudes relativamente elevadas a sul, este e oeste do campo experimental (forte desnível relativamente ao fundo do vinhedo) e o estreitamento do vale a norte contribuem para que o vale de Troviscoso se localize num “*círculo*”. Junto ao rio Minho, o terreno é relativamente plano, com declive inferior a 2° (Fig. 2 b).

## Protocolos e instrumentos de medição

No decorrer das noites gélidas da Primavera, repartiram-se pelas áreas de estudo termómetros registadores de tipo *Tiny Talk*. Estes foram colocados ao ar livre a 1,50 m do solo (altura média dos gomos). Segundo intervalos de tempo pré-definidos de 15 minutos, procederam-se a medições de temperatura em índice actinotérmico (IA), que permitiram obter valores térmicos muito próximos daqueles sentidos pelo vegetal. (Foto. 1). Todos os sensores foram calibrados antes do início das medições para permitir a comparação dos valores. A sua localização foi escolhida em função da topografia das áreas de estudo (declive, morfologia, exposição) e das características da superfície (proximidade a obstáculos, floresta, rio,...). Foram colocados 16 termómetros em Arcos de Valdevez e 8 em Troviscoso. Em alguns pontos de medição (socalcos em Arcos de Valdevez), foram também efectuadas medições verticais de temperatura (a 1,5 m, 2 m e 3 m).

Para realizar as medições da direcção dos escoamentos gravíticos de ar frio (fraca velocidade, < 2 m/s), recorreu-se a um cata-vento em balsa<sup>4</sup> (Foto. 2). Munidos desse sensor ultra-sensível e de uma bússola, realizaram-se medições itinerantes durante a noite, que permitiram determinar a aerologia nocturna das duas áreas em situação de gelo.

<sup>4</sup> Concepção de H. Quénol

Figura 2 - Campos experimentais de Arcos de Valdevez (A) e de Monção/Troviscoso (B)

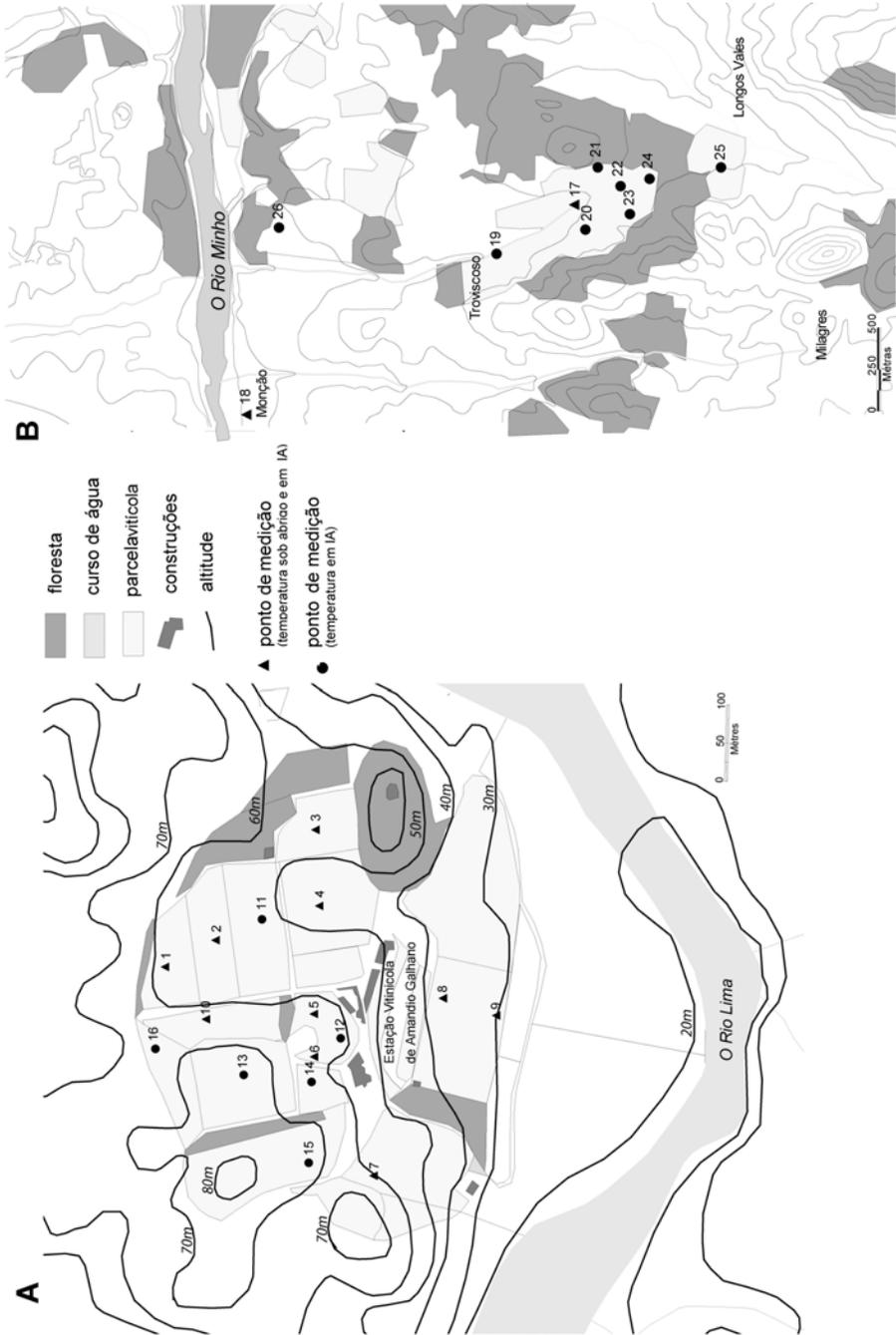


Foto 1 - Sensor de temperatura *Tiny Talk*

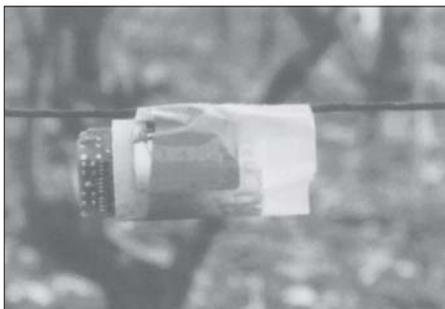


Foto 2 - Cata-vento electrónico sensível aos escoamentos gravíticos fracos



Foto 3 - Abrigo meteorológico



Em complemento às referidas medições, este estudo também se auxiliou de dados térmicos obtidos por doze sensores (tipo *Tiny Talk*) sob abrigo colocados em ambos os espaços e que registaram, em contínuo, a temperatura todos os 15 minutos entre Fevereiro e Outubro de 2003 (período de actividade da videira). Dez postos meteorológicos sob abrigo<sup>4</sup> (Foto. 3) foram distribuídos em Arcos de Valdevez em função das características topográficas e ambientais do campo experimental (declive, exposição, socacos, morfologia,...). Um posto localizou-se numa parcela vitícola junto ao rio Minho em Monção (alt. 20 m) e outro num vinhedo no fundo do vale de Troviscoso (alt. 65 m). (Fig. 2 e Tabela 1).

**Tabela 1: Características dos pontos de medição fixos sob abrigo nos vinhedos de Arcos de Valdevez e de Monção/Troviscoso**

	altitude (m)	declive (°)	exposição	outras características
P1	60	1	su-sudeste	socalco
P2	56	1	su-sudeste	socalco
P3	53	2	oeste	floresta
P4	50	1	su-sudeste	socalco
P5	60	>5	este	-
P6	60	>5	oeste	-
P7	62	>5	su-sudeste	-
P8	38	1	sul	Construções a montante
P9	30	<1	-	proximidade do rio
P10	63	>5	este	-
P17	70	1	-	fundo do vale
P18	17	1	-	proximidade do rio

As medições decorreram no período onde o risco de gelo pode ser mais prejudicial para a vide: entre meados de Fevereiro e Maio. As temperaturas nocturnas sob abrigo, recolhidas nos postos fixos, foram analisadas tendo em conta os estados de tempo (anticiclónico, depressão, nebulosidade, velocidade e direcção do vento dominante). Quanto às medições específicas nas noites de geada foram realizadas em situações radiativas (céu limpo a pouco nublado, velocidade do vento inferior a 2 m/s). Neste artigo, são apresentadas as conclusões de três noites: 15 a 16 de Fevereiro de 2003, 16 a 17 de Fevereiro de 2003 e 3 a 4 de Maio de 2003.

Paralelamente ao estudo meteorológico, foi realizado o seguimento dos estados fenológicos da vinha desde o abrolhamento até à floração para observar os efeitos do arrefecimento nocturno no vegetal.

### *Dados topográficos e ocupação do solo*

A grande variabilidade espacial do gelo a escalas finas é principalmente provocada pela topografia e pelo estado da superfície (ocupação do solo, etc.). Torna-se portanto fundamental que se recorra a um método de cartografia que possibilite estabelecer relações entre as características da superfície (morfologia, ocupação do solo) e as variáveis meteorológicas. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi o meio considerado mais adequado para esta tarefa.

A topografia (altitude e declive) foi calculada através de um Modelo Numérico do Terreno e a digitalização das curvas de nível existentes no cadastro (1/5000) e nos mapas topográficos (1/25 000) de Arcos de Valdevez e Monção.

A integração da ocupação do solo no SIG pressupõe um tratamento prévio dos dados em duas fases: inicialmente os objectos são representados a partir de documentos georeferenciados (fotografia aérea, mapas topográficos, cadastro, etc.); seguidamente, são-lhes atribuídas informações complementares recolhidas através de observações no terreno. A ocupação do solo foi cartografada a partir de mapas topográficos à escala 1/25 000, de plantas cadastrais à escala 1/5000 e de fotografias aéreas a cores. A fotografia aérea foi utilizada apenas como documento de suporte para inventariar os elementos do meio ambiente. Com a ajuda desses documentos georeferenciados em UTM Mercator Z29, foi representado no SIG, sob a forma de objectos vectoriais (pontos, linhas e polígonos), o vinhedo, as construções e as redes (rodoviária e hidrográfica) (Fig. 2). A resolução dos documentos possibilita assim cartografar a ocupação do solo. Como é impossível determinar algumas características de objectos presentes na detecção remota (por exemplo as castas, a fase fenológica ou o nível de maturação das uvas), colmatou-se estas lacunas com observações no terreno.

## RESULTADOS

Os resultados das medições realizadas na Primavera (Fevereiro a Maio) referem-se ao período entre o reinício da actividade vegetal (abrolhamento) e a floração das videiras. Durante estas fases fenológicas, as temperaturas nocturnas (mínimas) não podem ser demasiado baixas para minimizar o risco de gelo. Isto pode ser prejudicial ou fatal para os gomos.

### *Dados das estações fixas : grande variabilidade espacial das temperaturas com tempo radiativo*

As temperaturas sob abrigo registadas entre Fevereiro e Abril 2003 apresentaram uma grande variabilidade espacial entre as duas áreas de estudo e entre os vários postos de medição existentes em Arcos de Valdevez.

A importante disparidade espacial das temperaturas é principalmente devida às diferenças topográficas. As médias das temperaturas mínimas diárias entre Fevereiro e Abril 2003 (entre Março e Abril para os postos nº 8, Troviscoso e Rio Minho), foram nitidamente mais elevadas em Monção/Troviscoso do que em Arcos de Valdevez. Para Março e Abril, a diferença média das temperaturas mínimas entre os postos nº 4 e Troviscoso (condições topográficas similares) variou entre 1º a 2 ºC. Nos vários postos de medição distribuídos pela Estação Experimental de Arcos de Valdevez, os valores térmicos mais baixos foram registados nas parcelas com menor declive (nº 1, 2, 3, 4) e no fundo do vale (nº 8, 9). Em oposição, as áreas onde o arrefecimento nocturno foi menos intenso correspondem aos pontos situados em declives mais acentuados (nº 5, 7, 10). Por conseguinte, a repartição espacial das temperaturas mínimas está intimamente relacionada com a topografia da área (Tabela 2):

- Os valores mais baixos foram observados em socacos ou nas áreas deprimidas, ou seja, nos sectores onde o ar frio que escoia por gravidade estagna ou diminui de velocidade;
- os valores mais elevados foram registados nos parcelas, onde o declive é superior a 5º, ou seja, nas áreas onde o ar frio junto ao solo está permanentemente em movimento.

Tabela 2 - Médias mensais das temperaturas mínimas sob abrigo registadas em vários pontos entre Fevereiro e Maio de 2003

	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>P10</i>	<i>P17</i>	<i>P18</i>	<i>De. Pa.</i>
<i>Altitude (em m)</i>	60	56	53	50	60	60	62	38	30	63	70	17	
<i>Média</i>	6	5,7	5,8	5,4	6,3	6,6	6,2	N	5,9	6,3	-	-	0,4
<i>Média Fev.</i>	3,1	2,6	2,9	2,3	3,6	4,2	3,5	N	2,9	3,6	-	-	0,6
<i>Média abr.</i>	6,2	5,7	6	5,5	6,5	6,9	6,3	6,1	6	6,5	6,3	6,4	0,4
<i>Média mai.</i>	7,3	7,2	7,1	6,9	7,7	7,6	7,4	7,3	7,3	7,7	8,5	8,2	0,3

A variabilidade espacial das temperaturas mínimas é mais acentuada em situação radiativa (céu limpo e vento inferior a 2 m/s). Além disso, o desvio padrão médio das temperaturas entre os diferentes pontos foi mais elevado em Fevereiro (0,6 °C), mês no qual as noites radiativas foram mais frequentes (Tabela 2). A ausência de nebulosidade e a reduzida velocidade do vento proporcionam dispersões energéticas radiativas e impedem a homogeneização das temperaturas por movimentação do ar ou pelo “efeito de estufa”. Estas observações também foram visíveis entre os campos experimentais de Arcos de Valdevez e Troviscoso, onde as diferenças térmicas atingiram 2,5 °C (entre o ponto nº 4 e Troviscoso) em situação de céu limpo e 0,5 °C com céu nublado (Tabela 3).

Tabela 3 - Média mensal das temperaturas mínimas sob abrigo segundo o estado do céu (média de Março a Maio 2003)

	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>P10</i>	<i>P17</i>	<i>P18</i>	<i>De. Pa.</i>
<i>Altitude (em m)</i>	60	56	53	50	60	60	62	38	30	63	70	17	
<i>Céu limpo (&lt;1 octa)</i>	3,4	2,9	3,1	2,5	4	4,1	3,6	3,3	3,2	4	5,1	4,9	0,7
<i>Céu pouco nublado (entre 1 et 4 octas)</i>	6,7	6,4	6,4	6	6,9	7,1	6,8	6,6	6,5	7	7,3	7	0,3
<i>Céu nublado (&gt; 4 octas)</i>	8,6	8,5	8,5	8,3	8,9	9,1	8,6	8,7	8,6	8,8	8,9	8,9	0,2

A análise das temperaturas mínimas registadas ao longo das noites de Fevereiro, Março e Abril evidenciou fortes contrastes espaciais entre as duas áreas em estudo e entre os vários postos de medição de Arcos de Valdevez:

- A diferença média entre Troviscoso e Arcos de Valdevez, em situação radiativa e com céu limpo, variou entre 1,5 °C e 2,5 °C;
- As temperaturas mais baixas foram registadas, em situação anticiclónica, com pouca nebulosidade e vento fraco, nos sectores com pouco declive (acumulação de ar frio);
- As temperaturas mais elevadas registaram-se em situações depressionárias, com céu nublado nos pontos onde o declive é superior a 5°.

Observou-se uma diferença média de 2 °C entre dois postos de medição distanciados apenas de algumas dezenas de metros (n° 4 e 5), mas cuja situação topográfica é diferente. Em duas estações meteorológicas regionais separadas de vários quilómetros, essa diferença térmica pode parecer significativa para a viticultura, no entanto, e para o presente caso, é causada pela topografia local. Logo, em espaços relativamente pequenos, o risco de gelo num vinhedo varia muito, sendo, para a mesma casta, nitidamente superior em sectores horizontais ou a montante de obstáculos (bloqueio e estagnação do ar frio).

### *Medições realizadas em noites gélidas radiativas : variabilidade espacial das temperaturas segundo a aerologia local*

Em situação de geada radiativa, a geografia das temperaturas mínimas está dependente das condições da superfície (topografia, meio envolvente). As medições aerológicas e térmicas nocturnas têm por objectivo compreender o comportamento das temperaturas nos *terroirs* em estudo e definir os sectores de maior risco de gelo.

### *Escoamentos gravíticos*

A aerologia local nocturna varia consoante a topografia visto que o ar frio oriundo dos desperdícios energéticos da superfície (solo, vegetação) escoar segundo a orientação da vertente e estagna nos sectores horizontais ou a montante dos obstáculos. A velocidade dos escoamentos é assim proporcional à intensidade do declive.

Em Arcos de Valdevez, o escoamento principal apresentou uma orientação norte-sul, seguindo a exposição geral da área, tendo como ponto mais baixo o vale do rio Lima, a sul. O ar frio desceu, portanto, ao longo dos socalcos confinando-se, por fim, no fundo do vale. Numa escala mais fina, as características dos escoamentos (d direcção e velocidade) estão condicionadas pela topografia (exposição e declive). Sendo assim, diferenciaram-se dois tipos de topografia: os sectores em socalcos (n° 1, 2 e 4) de exposição norte-sul e um declive inferior a 2°, correspondentes a escoamentos de velocidade inferior a 1 m/s; os sectores de exposição este, sul ou oeste (n° 7, 5 e 10), com declives sempre superiores a 5°, apresentando escoamentos superiores a 2 m/s. (Fig. 3).

Em Troviscoso, o maior escoamento de direcção sul-norte seguiu a vertente principal, terminando no vale do Minho. À escala do vale de Troviscoso, os diversos escoamentos gravíticos provieram das vertentes contíguas, visto que os relevos de altitude relativamente elevada no sul, oeste e este da área (importante desnível relativamente ao fundo do vinhedo), originaram escoamentos com uma multiplicidade de direcções e com velocidades claramente superiores àquelas observadas em Arcos de Valdevez (> 3 m/s). No rio Minho, uma brisa de vale descendente soprava de este (Fig. 4).

### *Temperaturas nocturnas em índice actinotérmico*

A evolução das temperaturas em IA está fortemente condicionada pela topografia e corrobora as conclusões retiradas das medições aerológicas. A velocidade dos escoamentos é proporcional à temperatura. Quanto maior for a velocidade dos primeiros, menor o arrefecimento nocturno.

Em Arcos de Valdevez, os valores mínimos foram muito mais baixos durante a noite, nos pontos localizados nas áreas de acumulação de ar frio do que nas inclinadas. Na noite de 19 para 20 de Março de 2003, o arrefecimento nocturno foi muito mais acentuado nos postos 2, 11 e 4 (entre  $-1^{\circ}\text{C}$  e  $-1,4^{\circ}\text{C}$ ), que correspondem aos terraços horizontais onde o ar frio escoava muito lentamente e apresenta tendência para estagnar. O estreitamento da colina e das construções a jusante do posto 4 acentuou ainda mais o bloqueio de ar frio e originou as temperaturas mais frias da área de estudo. Nos postos onde o declive é superior a  $5^{\circ}$  (n $^{\circ}$  5, 7, 10, etc.) ou no cume das colinas (n $^{\circ}$  13), as temperaturas mínimas foram mais elevadas cerca de  $1,5^{\circ}\text{C}$  a  $2,5^{\circ}\text{C}$  (entre  $1,1^{\circ}\text{C}$  e  $0,3^{\circ}\text{C}$ ). O posto de medição n $^{\circ}$  9, situado no soalco mais próximo do rio Lima, onde o arrefecimento é teoricamente mais acentuado (acumulação), sofre a influência amenizadora do curso de água (forte humidade), o que originou valores mínimos mais ou menos comparáveis àqueles registados nas parcelas com mais declive (Fig. 5). Além disso, a influência do rio no comportamento das temperaturas faz-se sentir em final de noite com a presença de nevoeiro de condensação na área deprimida.

Durante a noite de 15 para 16 de Fevereiro de 2003, a distribuição espacial das temperaturas mínimas foi semelhante ao exemplo precedente. Contudo, registaram-se valores mais baixos no ponto 9 do que em áreas com maior declive. A diferença térmica entre os soalcos e os sectores com declive é superior a  $2^{\circ}\text{C}$  (Fig. 6).

Em Troviscoso, a variabilidade espacial das temperaturas mínimas na noite de 15 para 16 de Fevereiro de 2003 foi menos marcada do que em Arcos de Valdevez. No vale de Troviscoso, os valores variaram pouco (entre  $-0,1^{\circ}\text{C}$  e  $-0,6^{\circ}\text{C}$ ) independentemente da topografia (vertente ou fundo de vale). Na proximidade do Minho ( $-1,4^{\circ}\text{C}$ ), onde a presença de uma brisa descendente é um factor favorável para reduzir o arrefecimento (movimentação do ar), as temperaturas foram mais frias em cerca de  $1^{\circ}\text{C}$ .

Figura 3 - Escoamentos gravíticos noturnos durante a noite radiativa de 15 a 16 de fevereiro de 2003 em Arcos de Valdevez (As setas indicam a direcção dos escoamentos)

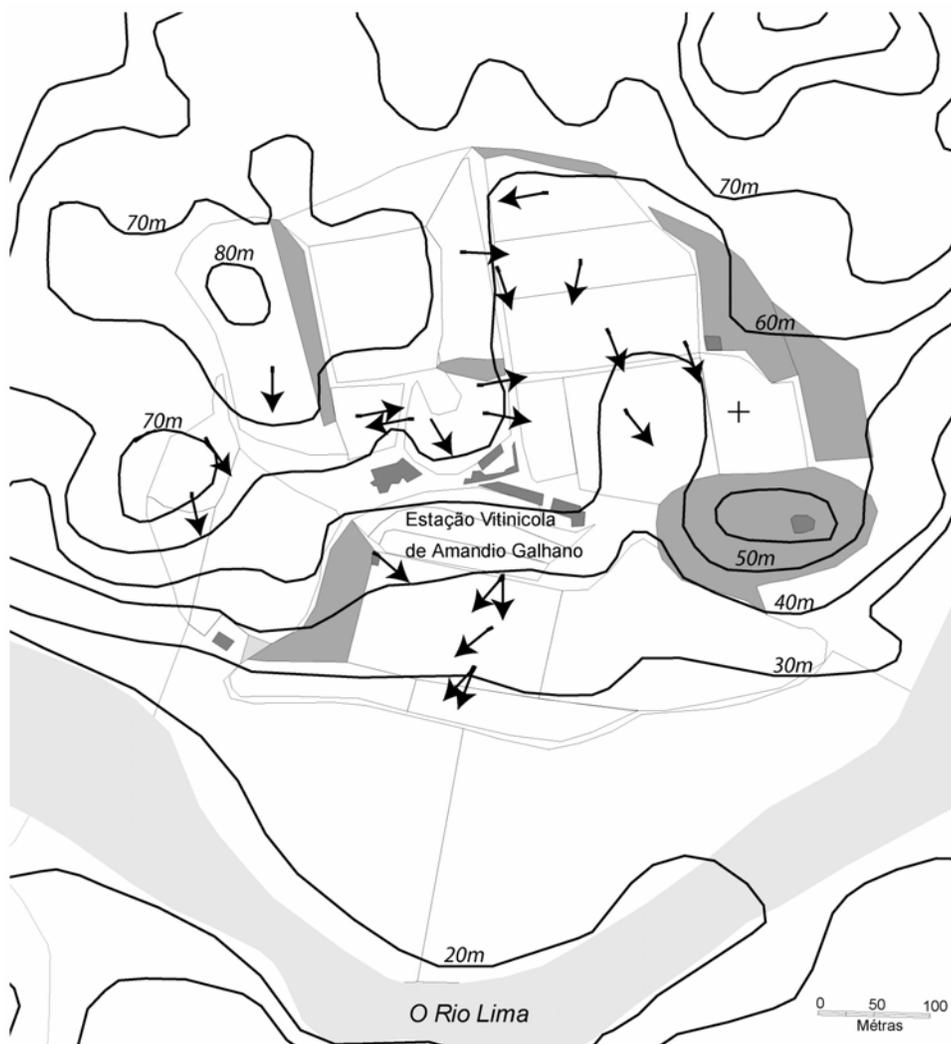
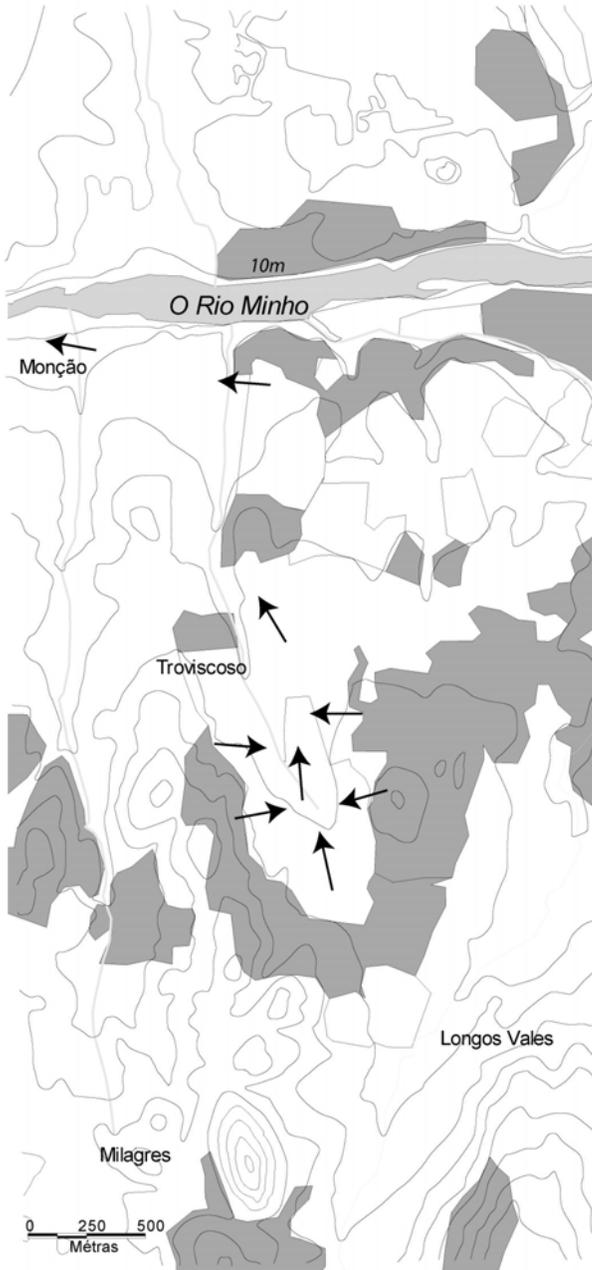


Figura 4 - Escoamentos gravíticos noturnos durante a noite radiativa de 15 a 16 de fevereiro de 2003 em Monção/Troviscoso (b) (As setas indicam a direcção dos escoamentos)





Comparativamente com o *terroir* de Arcos de Valdevez, as temperaturas foram nitidamente mais elevadas (entre +3,5 °C e +6 °C) (Fig. 6 e 7). A aerologia nocturna específica do microclima do vale de Troviscoso – *espaço fechado rodeado de relevos com fortes declives* – explica esses importantes contrastes térmicos. Em situações radiativas, os escoamentos de vertente, cuja velocidade é superior a 3 m/s, limitam a intensidade do arrefecimento nocturno, homogeneizando as temperaturas por movimentação do ar nos primeiros metros da camada junto ao solo. Este microclima do vale de Troviscoso minimiza a probabilidade de risco de gelo para o vinhedo de Alvarinho.

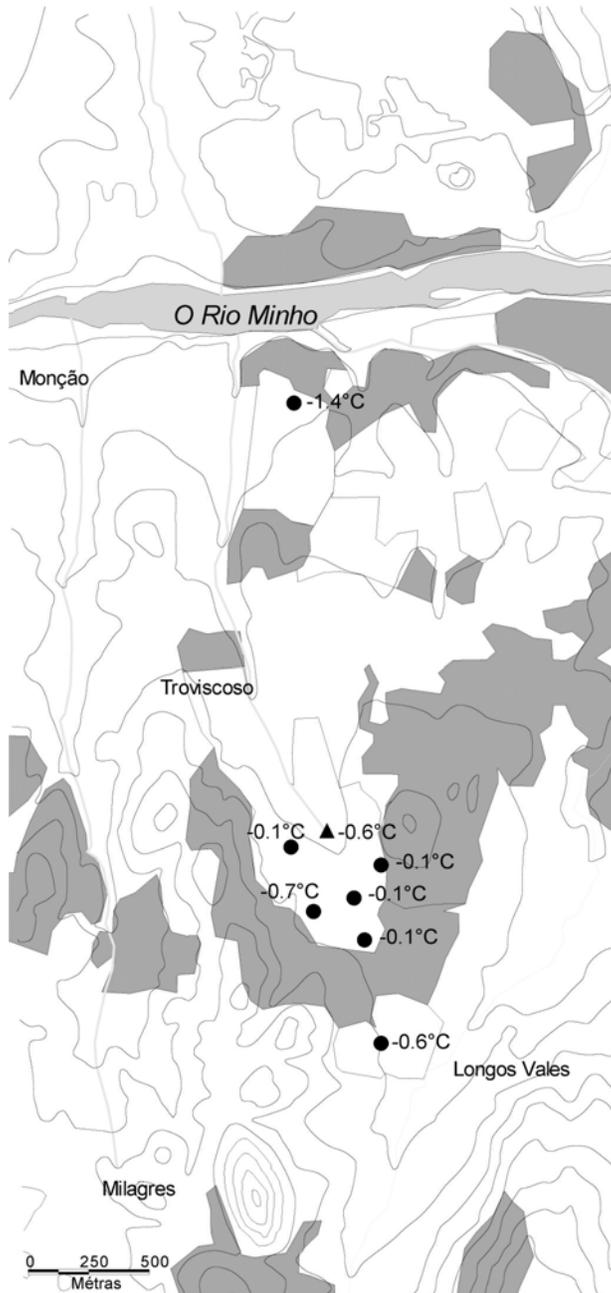
### *Comportamento do ar frio nos socalcos vitícolas*

A repartição das temperaturas nos socalcos apresenta características específicas relacionadas com a topografia artificial deste tipo de *terroir*: *o declive médio à escala de um conjunto de terraços é acentuado, mas é muito fraco num único socalco*. Em Arcos de Valdevez, o sector em terraços apresenta em média um declive de 3° enquanto que cada socalco isoladamente possui uma inclinação inferior a 1°. Torna-se assim importante estudar em climatologia este tipo de topografia numa escala de análise que possibilite considerar essas particularidades (declive e terraço) muito localizadas. O seu estudo torna-se ainda mais pertinente dada a sua grande expansão nos *terroirs* do vinho verde.

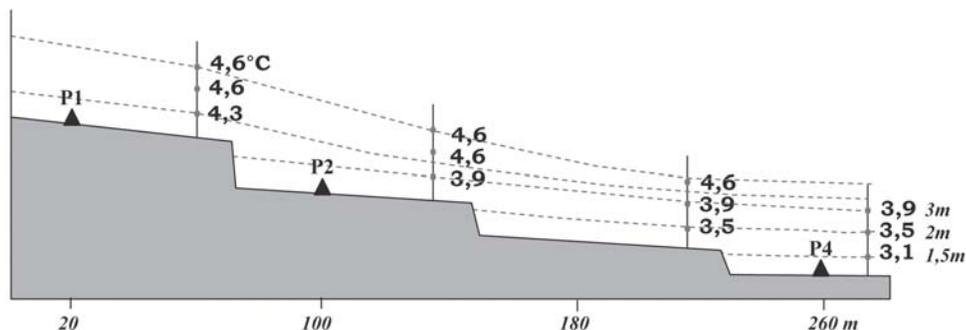
A figura 8 mostra os resultados das medições de temperaturas a 1,50 m, 2 m e 3 m de altura nos postos 1, 2 e 4 situados em terraços sucessivos. As medições dos escoamentos de ar permitiram constatar que o ar frio escoava lentamente do posto 1 até ao posto 4 sob a forma de "*nappes*" formando camadas sobrepostas, estando a mais fria junto ao solo (estratificação vertical do ar frio). Este ar fluiu lentamente segundo as linhas de vertente, localizando-se as temperaturas mais frias no socalco mais baixo (n° 4). Por exemplo, a temperatura mínima registada a 2 m de altura no posto 2 correspondeu àquela observada a 3 m de altura no posto 4. O comportamento das temperaturas nocturnas, em situação radiativa, num sistema de terraço, caracteriza-se por dois fenómenos espaciais diferentes: 1) à escala do sistema de socalcos, o declive é suficientemente forte para que o ar superficial escoe; 2) ao nível do socalco, onde o terreno é relativamente plano, assiste-se a uma estagnação do ar frio. A combinação destes dois fenómenos origina, conseqüentemente, a sobreposição das camadas de ar frio, encontrando-se as mais frias junto ao solo.



Figura 7 - Temperaturas mínimas em Índice Actinotérmico (IA) durante a noite radiativa de 15 a 16 de Fevereiro de 2003 em Monção/Trovisco



**Figura 8 - Perfil vertical das temperaturas mínimas durante a noite radiativa de 3 a 4 de Maio de 2003 (medições realizadas a 1,50 m , 2 m e 3 m acima do solo) nos socalcos da área de estudo de Arcos de Valdevez**

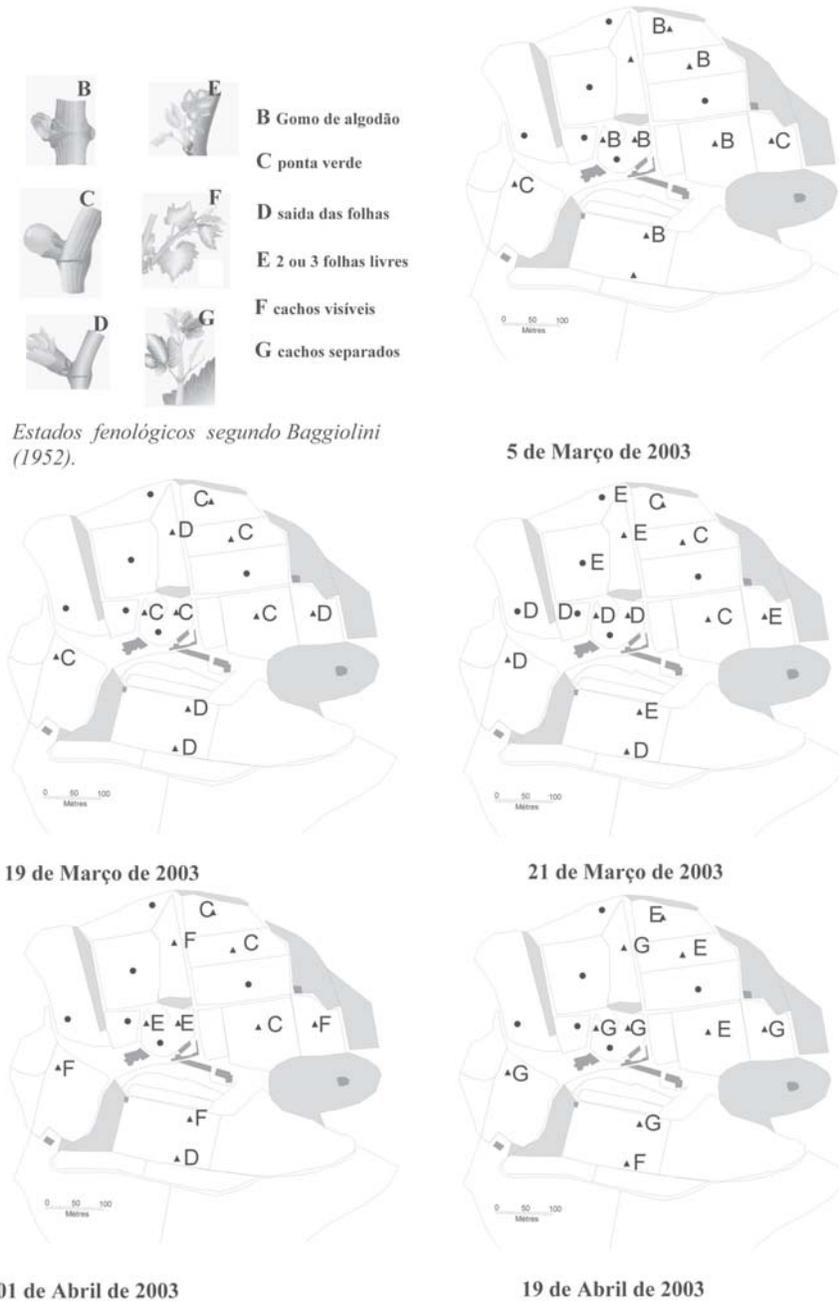


### *Seguimento da evolução dos estados fenológicos da vinha*

Paralelamente à experimentação meteorológica, foi efectuado, durante a Primavera, o seguimento dos estados fenológicos das videiras com o intuito de observar a evolução do crescimento da vinha junto aos vários postos de medição. Partindo do pressuposto que a resistência da vinha ao gelo diminui do abrolhamento até à floração e oscila consoante a casta considerada (o loureiro é mais precoce que o vinhão), a probabilidade de risco de gelo varia imenso de uma área para a outra, mesmo que apresentem condições térmicas semelhantes.

Em Arcos de Valdevez, a evolução fenológica da vinha foi seguida desde o abrolhamento (estados C e D) à floração (estado G) em cada posto de medição meteorológica. No dia 5 de Março, a maioria dos postos de medição estavam no estado D "*gomo de algodão*", o que indicia o fim da dormência. Apenas os postos nº 7, 10 (forte declive) e 3 estavam no início do abrolhamento. No dia 19 de Março, o reinício da actividade vegetativa dos gomos era generalizado em toda a área de estudo, sendo os postos 10, 3, 8 e 9 os mais avançados. No dia 21 de Março, após dois dias soalheiros, o nível de crescimento evoluiu em todos os pontos de medição. Os postos 1, 2 e 4, localizados em socalcos, possuíam um desenvolvimento mais lento. A vinha encontrava-se assim, na generalidade, no início do abrolhamento (estado C) enquanto que as videiras dos postos 7, 8 e 10 apresentavam já folhas,. Esta situação é explicada pelas características topográficas (exposição e declive) e pelas diferenças entre castas (existência de vinhão de ciclo longo nos pontos 1, 2 e 4). Estes contrastes espaciais ao nível do crescimento da vinha estiveram presentes até à floração (fig. 9). Os postos, onde o *hazard* foi mais intenso (nº 1, 2 e 4) correspondem às castas menos vulneráveis às baixas temperaturas

Figura 9 - Seguimento do crescimento da vinha entre o abrolhamento e a floração no campo experimental de Arcos de Valdevez



## SÍNTESE E DISCUSSÃO

As medições das temperaturas nocturnas sob abrigo (2 m) e em índice actinotérmico (50 cm), realizadas na primavera de 2003, evidenciaram uma forte variabilidade espacial em espaços relativamente pequenos: entre os dois campos experimentais (distantes de alguns quilómetros) e no interior dos referidos *terroirs* (em alguns metros).

O microclima de Arcos de Valdevez apresentou acentuados contrastes espaciais das temperaturas nocturnas causados pela topografia. As temperaturas nocturnas em situação radiativa (céu limpo, vento inferior a 2 m/s) foram mais reduzidas nos socalcos e nos sectores onde o ar frio, deslocado pelos escoamentos gravíticos, tem tendência para se acumular. Consequentemente, na Primavera, as videiras situadas nas vertentes registaram temperaturas nocturnas relativamente elevadas e, por isso, favoráveis ao desenvolvimento de castas sensíveis às geadas primaveris como o Loureiro (cultivada nas vertentes deste *terroir*). Todavia, aquando de episódios gélidos de meados de Fevereiro, as temperaturas negativas nas vertentes atingiram valores susceptíveis de causar sérios danos às vides após o abrolhamento (-4 °C na noite de 15 para 16 de Fevereiro; -3,5 °C de 16 para 17 de Fevereiro). Caso esses episódios de gelo surgissem no início do mês de Março (abrolhamento do Loureiro), a probabilidade de ocorrência de danos nesta casta seria muito elevada. Nos socalcos, as temperaturas diurnas e nocturnas são muito mais baixas registando-se valores reduzidos em noites gélidas, o que poderá originar a destruição dos gomos. Contudo, nesses sectores mais frios, é cultivado o Vinhão, que apresenta um abrolhamento tardio e é, por isso, pouco sensível ao gelo primaveril. Todavia, um intenso arrefecimento nocturno em meados de Abril (estado E para esta casta) originaria danos elevados nesta casta. Ao longo da noite de 11 para 12 de Abril de 1998, uma forte geada causou prejuízos importantes nos vinhedos do vinho verde (MADUREIRA *et al*, 2002). Em Arcos de Valdevez, os danos foram sobretudo observados no socalco próximo do curso de água nos pontos 8 e 9. Embora não seja a área mais fria (acção amenizadora do rio), é a parcela onde o crescimento das videiras é mais avançado.

O microclima do vale de Troviscoso apresentou uma variabilidade espacial térmica nitidamente menos vincada do que em Arcos de Valdevez. A aerologia nocturna local explica o arrefecimento nocturno radiativo pouco acentuado. Durante a noite, a presença de escoamentos gravíticos, com velocidades superiores a 3 m/s provocados pelos fortes declives dos relevos adjacentes, limita a diminuição das temperaturas. Em situação de gelo radiativo, as temperaturas da área são homogéneas e as diferenças, em relação a Arcos de Valdevez, consideráveis atingindo-se valores na ordem dos 7 °C. Esse *terroir* é, por isso, caracterizado por temperaturas mínimas primaveris relativamente elevadas. Estas condições climáticas são assim muito favoráveis à casta Alvarinho que apresenta uma elevada sensibilidade ao gelo. Este microclima, muito localizado, explica (em parte) a reduzida área em que esta casta é cultivada (algumas explorações nas áreas de Monção e Melgaço).

Em suma, no Interior do Entre Douro e Minho, deve-se evitar a plantação de castas muito sensíveis ao gelo nas áreas deprimidas ou naquelas que se encontram abrigadas, dado o pouco desenvolvimento dos sistemas de brisas. Caso algum viticultor deseje plantar um vinhedo nesses sectores, deverá implementar sistemas adequados de luta contra o gelo ("*chaufferettes*", aspersão de água, etc.).

Os resultados deste estudo basearam-se numa única campanha de medições. Outra, realizada entre Fevereiro e Outubro de 2004, validou estas observações, nomeadamente no que concerne a grande variabilidade espacial das temperaturas nocturnas segundo a topografia. Estas conclusões vão de encontro também àquelas obtidas no âmbito de outro projecto de investigação sobre os escoamentos de ar frio e as temperaturas mínimas desenvolvido em *Champagne* (BRIDIER *et al*, 1995, p.239 ; BELTRANDO *et al*, 2002, p.45).

## REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, M. J. **Domínios Bioclimáticos em Portugal, definidos por comparação dos índices de Gaussen e de Emberger**, C.E.G., Lisboa, 1982, 31p.
- ANONYME, Les gelées de printemps. **Le vigneron champenois**, numéro spécial, 1991, 63p.
- BAGGIOLINI, M. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. **Rev. Rom. Agric.**, v. 8, p.1, 1952.
- BELTRANDO, G. Les gelées printanières en Champagne viticole. **La Météorologie**, 8<sup>e</sup> série, n. 21, p. 30-43, 1998.
- BELTRANDO, G.; BRIDIER, S.; MADELIN, M.; QUENOL, H. Evaluation de l'impact d'un futur remblai de la ligne à Grande Vitesse Est Européenne sur le risque de gel dans le vignoble de Champagne. **Hommes et Terres du Nord**, n.1, p. 40-52, 2002.
- BONNARDOT, V.; CAREY, V.; PLANCHON, O.; CAUTENET, S. Sea breeze mechanism and observations of its effects in the Stellenbosch wine producing area. **Wynboer**, n. 10-14, Wineand, p.107-113, 2001
- BRIDIER, S. **Modélisation de la répartition des brises et des températures en situation radiative**. Thèse (Doctorat) Université Denis Diderot (Paris 7), 2001, 178p.
- BRIDIER, S.; QUENOL, H. ; BELTRANDO, G. Evaluation de l'influence d'un ouvrage linéaire en remblai - le T.G.V. Est - sur l'écoulement de l'air froid. **Publications de l'Association Internationale de Climatologie**, n. 8, p. 233-240, 1955.
- CARREGA, P. Topoclimatologie et habitat., **Revue d'Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée**, v. 35-36, 408p, 1994. (Thèse d'Etat).
- CELLIER, P. Mécanismes du refroidissement nocturne : application à la prévision des gelées de printemps. In: INRA, **Le gel en agriculture**, Paris: INRA Editions, 1989, p.145-164.
- DAVEAU, S. **Geografia de Portugal – O Ritmo Climático e a Paisagem**. Lisboa: Edições João Sà da Costa, 1998.
- ENDLICHER, W. L'utilisation de mesures itinérantes et de thermographie comme moyen d'étude du mésoclimat: l'exemple des vignobles du Kaiserstuhl . **Recherches Géographiques à Strasbourg**, v.13-14, p.127-133, 1980.
- FALLOT, J. M. **Etude de la ventilation d'une grande vallée préalpine** (la vallée de la Sarine en Gruyère). (Thèse) Université de Fribourg, Suisse, 1992, 475p.
- FOULONNEAU, C. Action du gel sur le végétal. **Le gel en agriculture**, Paris: INRA Editions, 1967, p.1-31.
- GARIDO, J. **Zonagem viticola da Sub-Região de Monção, caso do "Alvarinho"**. (Diplôme Ingénieur), Université de Vila Real (Portugal), 1984, 150p. GIRARD, G. 1994 : – **Gelées printanières en Médoc** : le dispositif de protection par aspersion employé au Château Margaux. Mémoire d'ingénieur, Bordeaux: INRA, 1994, 78p.
- GUYOT, G. **Climatologie de l'environnement**. Paris: Masson, 1997, 505p.
- MADUREIRA, H.; MONTEIRO, A.; AZEVEDO, D.; RAMADAS, I.; FERREIRA, C. Productivité viticole dans le Nord-Ouest du Portugal et Variabilité climatique inter-annuelle, **Association Internationale de Climatologie**, v.14, p.120-126, 2002.
- MAHRT, L. **Nocturnal topoclimatology**. Genève: WMO, 117, TD 132, 1986, 76p.
- MONTEIRO, A. **Atlas agroclimatico do entre Douro e Minho**. Projecto POCTI/GEO/14260/1998. 345p (publication prochaine, 2003, 239 p.).

QUENOL, H, 2002 : – **Climatologie appliquée aux échelles spatiales fines** : influence des haies brise-vent et d'un remblai ferroviaire sur le gel printanier et l'écoulement du mistral. Thèse (doctorat) Université de Lille1, Publi. ANRT, 259 p.

REIS, J. L. **A Região demarcada dos vinhos verdes: um século de história**, Portugal: Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, 2002, 204p.

VINET, F. **Le risque grêle en France**. Thèse (Doctorat) Université de Lille,, 1999, 650p.

Recebido em janeiro de 2006

Aceito em abril de 2006