



## V Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas IV Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas

**Volume 2**

Fruticultura  
Viticultura  
Olivicultura



Porto, Maio 2005



Associação Portuguesa  
de Horticultura



Sociedad Española  
de Ciencias Hortícolas



Confederación  
Latinoamericana  
de Horticultura

### **Ficha técnica**

Título: V Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas /

IV Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas

Volume 2: Fruticultura, Viticultura, Olivicultura

Colecção: Actas Portuguesas de Horticultura, nº 6

Editor: Associação Portuguesa de Horticultura

R. da Junqueira, 299 – 1300-338 Lisboa

Coordenação: Cristina M. S. de Oliveira e Isabel de Maria C. G. Mourão

Impressão: C. a. gráfica, S.A.

Tiragem: 800 exemplares

ISBN: 972-95881-9-8

Depósito legal: 226630/05

## A ventilação forçada na protecção contra a geada de fruteiras caducifólias

António C. Ribeiro<sup>1</sup>, José Paulo M. de Melo-Abreu<sup>2</sup> & Dionísio A. Gonçalves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior Agrária de Bragança, Campus de S<sup>ta</sup> Apolónia, Apartado 172, 5300-855 Bragança. E-mail: antrib@ipb.pt

<sup>2</sup>Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Apt 3381, 1301 Lisboa Codex. E-mail: jpabreu@isa.utl.pt

### Resumo

A ocorrência de geada na Primavera, em Portugal e particularmente em Trás-os-Montes, causa, com muita frequência, danos severos em culturas importantes como a macieira, cerejeira e amendoeira, reduzindo a produção de uma forma catastrófica.

O objectivo geral deste trabalho é a avaliação do desempenho da ventilação forçada, como método de protecção contra a geada, em fruteiras caducifólias.

Durante três anos (1998-2000) realizaram-se ensaios num pomar de macieiras com uma área de 10 ha, localizado em Carrazeda de Ansiães (latitude: 41° 17' N, longitude: 7° 19' 43" W; altitude: 690 m).

Os resultados obtidos mostram a eficiência da ventilação forçada na protecção contra a geada de fruteiras caducifólias em condições de ocorrência de geadas de radiação com a consequente formação de inversões térmicas. Para avaliar a relação entre a área protegida, o aumento da temperatura ( $\Delta T$ ) e a intensidade de inversão (antes do início de funcionamento do ventilador) estabeleceram-se regressões lineares utilizando intensidades de inversão medidas até três alturas (10, 15 e 24 m). As equações de regressão obtidas mostram uma relação altamente significativa entre a área protegida (variável dependente) e as variáveis independentes (aumento da temperatura e intensidades de inversão).

Os resultados mostram ainda uma redução significativa dos danos nas flores na área de influência do ventilador.

**Palavras-chave:** Macieiras, microclima, arrefecimento nocturno, prejuízos.

### Abstract

Title: Frost protection of deciduous orchards by wind machines.

The occurrence of spring frost in Portugal, especially in the region of Trás-os-Montes, often causes serious damages to important crops such as apples, cherries, and almonds reducing crop production in a catastrophic way.

The general purpose of this work is to evaluate the effect of a wind machine for frost protection on deciduous orchards.

Field trials were conducted in the springs of 1998–2000 in a hedgerow apple orchard located in Carrazeda de Ansiães (latitude: 41° 17' N; longitude: 7° 19' 43" W; elevation: 690 m).

The results show a beneficial effect of the wind machine, on frost protection of deciduous orchards, under conditions of radiation frosts with strong thermal inversions. To assess the relation between the protected area, temperature increase ( $\Delta T$ ) and

inversion strength (before wind machine operation) were established linear regressions using inversion strengths measured up three heights (10, 15 and 24 m). The regressions obtained show a high relation between the protected area (dependent variable) and the independent variables (temperature increase and inversion strengths).

The results also show a reduction of flower damage under the influence of the wind machine.

**Keywords:** Apple orchard, microclimate, night cooling, frost damage.

## Introdução

A geada em Portugal e particularmente nas regiões do interior norte e centro provoca, frequentemente, danos em fruteiras caducifólias importantes como a macieira, cerejeira e amendoeira. O rendimento dos agricultores é severamente afectado e a não estabilização das produções tem igualmente consequências ao nível das empresas e cooperativas do sector. Além da redução da produção, a geada provoca deformações e outros defeitos nos frutos, diminuindo consequentemente o seu valor comercial.

A minimização de potenciais prejuízos pode fazer-se através da implementação de medidas preventivas (protecção passiva) e actuando imediatamente antes ou durante a noite de geada (protecção activa) (Snyder & de Melo-Abreu, 2005). Nos métodos indirectos ou passivos – de carácter preventivo – podem-se destacar entre outros a selecção e melhoramento da cultura, selecção do local de cultura, utilização da espécie/variedade adequada ao local, modificação da paisagem com o fim de actuar sobre o microclima, modificação dos sistemas de condução, e actuação sobre o solo e sua cobertura (p. ex., supressão de infestantes). Os métodos directos ou activos – de carácter protector – e de implementação temporária, assentam na previsão da ocorrência de geada. Podem-se destacar os seguintes métodos: utilização de coberturas sobre as culturas; utilização de nevoeiros artificiais; aquecimento directo do ar; ventilação forçada; e métodos que se baseiam na libertação do calor latente de fusão de água (rega por aspersão). A implementação de alguns métodos indirectos é muito importante e fundamental para evitar ou minimizar os prejuízos causados pelas geadas. No entanto, os métodos directos são indispensáveis, em muitas condições existentes na região, para proteger eficazmente as culturas das geadas mais severas. Entre estes métodos, a ventilação forçada pode ser uma opção a considerar na protecção de fruteiras caducifólias. Este método tem como princípio de funcionamento a deslocação do ar mais quente, situado em camadas superiores, para a superfície provocando um aumento da temperatura junto às plantas. A formação de inversões térmicas (favorecidas durante a ocorrência de geadas de radiação, ou seja, quando durante a noite o céu está limpo, ou pouco nublado, e o vento é fraco) é por isso fundamental para a eficácia deste método de luta. Por isso, a implementação de qualquer sistema de protecção contra as geadas, e em particular a ventilação forçada, deve ser precedida de estudos microclimáticos feitos localmente (Doesken *et al.*, 1989).

A ventilação forçada é largamente utilizada em culturas como os citrinos. A sua utilização em pomares de fruteiras caducifólias é contudo mais reduzida devido ao facto de alguns trabalhos pioneiros apontarem para a inexistência ou menor força da inversão térmica nestes pomares como razão para a suposta menor eficácia do método.

O objectivo geral deste trabalho consiste na avaliação do desempenho da ventilação forçada como método de luta contra a geada em fruteiras caducifólias.

## Material e métodos

O dispositivo experimental foi instalado num pomar de macieiras localizado na freguesia de Zedes, Concelho de Carrazeda de Ansiães (latitude: 41° 17' N, longitude: 7° 19' 43" W e altitude 690 m), região de Trás-os-Montes. O pomar foi instalado em 1989 e tem uma área de 10 ha, onde estão plantadas em linhas alternadas, com um compasso de 1,7 x 4,75 metros, quatro variedades de macieiras (Hi Early, Jonagolden, Erovan e Belgolden) enxertadas no porta-enxerto MM106. O sistema de condução é em eixo vertical revestido e a altura média das árvores é de aproximadamente 3,5 metros. A orientação das linhas é SW – NE.

O ventilador utilizado nas experiências é constituído por uma torre em aço galvanizado de 51 cm de diâmetro e 10,5 metros de altura. As hélices, construídas em fibra de carbono com um comprimento de 5,4 metros, são accionadas por um motor a gasóleo de 128 kW (170 C. V.) às 2500 rpm localizado junto à base da torre. Para permitir uma melhor deslocação do ar, desde as camadas superiores, para junto das plantas, as hélices giram em torno de um eixo que tem uma inclinação de 7° com a horizontal. As hélices, além do movimento de rotação em torno deste eixo (570 rpm) possuem um movimento de rotação de 360° em torno da própria torre que se realiza em 4 minutos e 15 segundos.

A temperatura do ar foi medida a 1,5 metros de altura às distâncias de 30, 70 e 110 metros em relação à posição do ventilador e nas direcções NW, NE, SE e SW. Na direcção SW a temperatura foi medida também à distância de 160 metros. A descrição do dispositivo experimental relativa à medição das variáveis ambientais, instrumentação utilizada, sua localização e o período de amostragem pode ser consultada em Ribeiro *et al.* (2001).

A amostragem dos gomos florais e das flores foi efectuada nos locais onde foram efectuadas medições da temperatura do ar. Para cada direcção, e às distâncias de 30, 70 e 110 metros do ventilador foi realizada a amostragem, em duas árvores de cada variedade\*, escolhidas aleatoriamente. Em cada árvore foram colhidos, aleatoriamente, 9 corimbos (3 em cada altura: 0,6, 1,5 e 3 metros). Em 2000 foram colhidos 6 corimbos (2 em cada altura). Na direcção SW a 160 metros do ventilador a amostragem foi efectuada em 6 árvores de cada variedade e às mesmas alturas. A amostragem, em cada ano, foi efectuada após a ocorrência da última geada. As médias em cada local, sob a influência do ventilador, foram comparadas no seu conjunto com o local adoptado para testemunha (110 m NW do ventilador), por a influência do ventilador ser desprezável, utilizando o teste de Dunnett (Steel & Torrie, 1980). Para a comparação das médias, devido à não normalidade das distribuições, os valores foram previamente transformados através da seguinte função de transformação:  $\arcsen(\sqrt{y})$ , conforme sugerido por Snedecor & Cochran (1980).

## Resultados

As geadas que ocorreram durante o período abrangido pelos ensaios foram de dois tipos: radiação e advecção – radiação. A generalidade das geadas ocorreram em condições de céu limpo e vento fraco com consequente acentuado arrefecimento nocturno tendo as temperaturas mínimas variado entre -0,7 e -4,2°C (Quadro 1). A velocidade do vento durante a noite foi fraca (inferior a 1 m s<sup>-1</sup>), na generalidade das

\* Devido à disposição das variedades no terreno, para algumas distâncias e direcções, não foi possível efectuar amostragens em algumas variedades.

noites, tendo contribuído para a formação de inversões térmicas estáveis. As inversões fracas estiveram em geral associadas a velocidades médias do vento entre  $0,9$  e  $1\text{ m s}^{-1}$  e à presença de algumas nuvens. As inversões fortes ocorreram em noites calmas e com céu limpo. O valor médio da radiação líquida acumulada nas onze noites foi de  $2,67 \pm 0,38 \text{ MJ m}^{-2}$ .

A análise da distribuição espacial da temperatura durante o funcionamento do ventilador mostra a influência da velocidade e direcção do vento na modificação do padrão espacial da temperatura, distorcendo-o e alongando-o na direcção do vento (Figura 1). Para determinar a relação entre a área protegida ( $A$ , em ha), o grau de protecção conferido ( $T$ , em  $^{\circ}\text{C}$ ) e a intensidade da inversão térmica verificada antes da ventilação forçada estabeleceram-se regressões múltiplas entre estas variáveis (Quadro 2). As regressões obtidas mostram uma relação altamente significativa ( $P < 0,0001$ ) entre a área protegida (variável dependente) e o aumento da temperatura e as intensidades da inversão térmica (variáveis independentes).

No Quadro 3 são apresentadas as percentagens de flores danificadas em vários locais do pomar referenciados pela direcção e distância ao ventilador. Pode-se observar que a percentagem de flores danificadas diminui com o afastamento ao ventilador. Com excepção do local 110m a NE do ventilador que os danos não são significativamente diferentes da testemunha todos os restantes apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%.

O efeito positivo da ventilação forçada na minimização dos prejuízos traduziu-se numa redução significativa de flores mortas que foi de 59,8% em 1999 e de 37,2% em 2000.

## Discussão

A implementação de qualquer método de luta contra as geadas, e em particular a ventilação forçada, deve ser precedida de estudos climáticos feitos para o local ou região. Neste trabalho procurou-se caracterizar e tipificar as geadas mais frequentes que ocorrem no período primaveril e simultaneamente avaliar o desempenho da ventilação forçada como método de luta contra as geadas num pomar de macieiras.

As geadas de radiação com conseqüente formação de inversão térmica são o tipo de geadas mais frequentes, na Primavera, na região de Trás-os-Montes. Assim, a ventilação forçada, dado o seu princípio de funcionamento, representa uma opção a considerar na protecção contra as geadas de fruteiras caducifólias, nesta região.

O grau de protecção conferido e a área de influência dependem da intensidade de inversão térmica. No âmbito deste estudo obtiveram-se modelos de regressão múltipla (Quadro 2) que estimam, por exemplo, para uma intensidade de inversão de  $6^{\circ}\text{C}$  ( $T_{15} - T_{1,5}$ ) um aumento da temperatura de  $1,3^{\circ}\text{C}$  em cerca de 4 hectares, diminuindo cerca de 0,5 hectares por cada acréscimo de décima de grau de protecção conferida.

A redução significativa de flores mortas na sua área de influência (59,8% em 1999 e 37,2% em 2000) não traduz necessariamente os prejuízos verificados pois é necessário considerar por um lado a taxa de vingamento, e por outro a queda natural de pequenos frutos que se verifica mais tarde ou a necessidade de provocar essa queda artificialmente.

Em termos de perspectivas futuras, e no âmbito da protecção contra as geadas utilizando este método de luta, devem ser feitos esforços para encontrar métodos que complementem este método de luta contra as geadas, quando as temperaturas do ar são muito baixas e as inversões fracas.

## Referências

- Doesken, N.J., McKee, T.B. & Renquist, A.R. 1989. A climatological assessment of the utility of wind machines for freeze protection in mountain valleys. *Journal of Applied Meteorology* 28, 194-205.
- Ribeiro, A.C., De Melo-Abreu, J.P.M. & Gonçalves, D.A. 2002. Investigação sobre métodos de luta contra as geadas em Portugal. *Proceedings das III Jornadas sobre Clima e Aplicações*, Évora, 1 – 15.CDROM.
- Snedecor, G. W. & Cochran, W. G., 1980. *Statistical methods*. 7th ed. The Iowa State University Press, Ames.
- Snyder, R.L. & De Melo-Abreu, J.P. 2005. *Frost Protection: Fundamentals, practice and economics*. Volume 1. FAO, Rome.
- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. 2nd ed. McGraw-Hill Inc., Tokyo.

## Quadros e figuras

Quadro 1. Resumo de algumas variáveis meteorológicas registadas durante as noites em que decorreu o ensaio com o ventilador ( $T_a$  representa a temperatura do ar;  $HR$  a humidade relativa;  $T_{15}$  e  $T_{1,5}$  as temperaturas do ar medidas a 15 e 1,5 metros de altura respectivamente;  $R_n$ , a radiação líquida;  $G$  o fluxo de calor no solo e  $u$  a velocidade do vento).

Ano	Data	$T_a$ (°C)		$HR$ (%)		$T_{15}-T_{1,5}$ (°C)		$R_n$ ( $Wm^{-2}$ )	$G$ ( $Wm^{-2}$ )	$u$ ( $m s^{-1}$ )
		Max <sup>(1)</sup>	Min	Max	Min	Max.	ANS			
1999	13-14/04	18,6	-2,2	95,0	49,6	5,0	1,9	-58,3	-43,1	0,75
	17-18/04	13,5	-3,4	92,3	58,4	4,1	1,0	-62,6	-40,9	0,90
	18-19/04	17,9	-1,4	95,6	39,2	4,8	2,9	-58,1	-38,0	0,91
	23-24/04	16,2	-0,7	97,4	66,5	4,9	1,7	-39,5	-42,7	0,71
2000	25-26/03	11,3	-1,6	98,8	72,0	3,7	2,5	-30,4	-28,8	0,51
	27-28/03	13,4	-2,8	96,7	74,4	2,5	1,9	-46,7	-30,3	1,92
	28-29/03	14,5	-4,2	100	55,7	3,5	1,8	-57,0	-42,1	1,00
	29-30/03	14,6	-3,3	97,9	64,9	3,7	2,7	-43,6	-36,8	0,58
	31/3-1/04	13,4	-2,5	100	61,6	2,8	1,4	-39,1	-38,8	0,90
	04-05/04	8,4	-3,7	100	73,3	2,4	0,9	-46,1	-39,0	0,96
	05-06/04	11,1	-3,2	100	80,1	5,0	3,3	-43,1	-39,7	0,61

(1) No dia anterior; ANS -Ao nascer do sol

Quadro 2. Equações de regressão múltipla da área ( $A$ ; em ha) em função das intensidades da inversão térmica antes da ventilação forçada e da protecção conferida.

Equações de regressão	$R^2$	$S_y$	$P$
(1) $A = 8,2971 - 5,1786 T + 0,45551 (T_{10}-T_{1,5})$	0,846	0,789	<0,0001
(2) $A = 7,9214 - 5,1786 T + 0,4724 (T_{15}-T_{1,5})$	0,872	0,722	<0,0001
(3) $A = 7,8534 - 5,1786 T + 0,4159 (T_{24}-T_{1,5})$	0,905	0,619	<0,0001

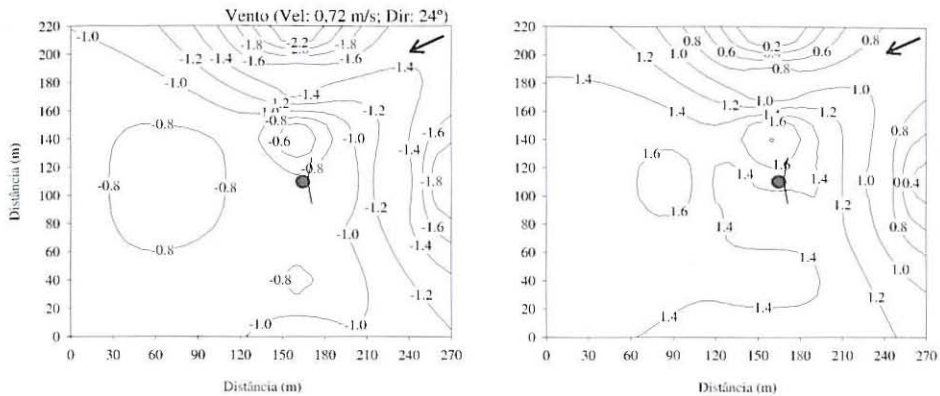


Figura 1. Temperatura mínima do ar (esquerda) e aumento da temperatura provocado pelo ventilador (direita) na noite de 31 de Março-1 de Abril de 2000.

Quadro 3. Percentagem de flores danificadas pelas geadas ocorridas em 1999 e 2000 nos diferentes locais do pomar dentro e fora da influência do ventilador.

Ano	Orientação	Distância ao ventilador (m)	N	Flores danificadas (%)	
				Média	Erro padrão
1999	NW	30	27	38,2	5,8
		70	54	53,6	5,1
		110	27	95,4	2,7
	SE	30	27	32,5	7,2
		70	27	21,1	3,5
		110	54	38,6	4,6
	NE	30	81	20,1	3,3
		70	81	41,5	3,7
		110	81	82,2	3,1
SW	30	81	9,7	1,9	
	70	81	3,7	1,1	
	110	81	11,6	2,4	
	160	162	30,7	2,5	
2000	NW	30	18	0,9	0,9
		70	36	23,8	4,2
		110	18	51,7	5,4
	SE	30	18	24,4	6,3
		70	18	22,5	6,4
		110	18	18,9	3,3
	NE	30	54	13,4	2,5
		70	54	24,5	3,9
		110	54	58,5	4,2
SW	30	54	5,6	1,7	
	70	54	7,7	2,3	
	110	54	25,1	4,5	
	160	162	25,2	2,0	