

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO MISTO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Manuel Pinto¹ e Vasco Peixoto de Freitas²

¹Escola Superior de Tecnologia de Viseu, Dep. de Engenharia Civil

mpinto@dcivil.estv.ipv.pt

²Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dep. de Engenharia Civil,

Laboratório de Física das Construções

vpfreita@fe.up.pt

Resumo

Num passado recente, os edifícios residenciais nos climas temperados eram ventilados pela abertura diária das janelas e pela exagerada permeabilidade da caixilharia. Preocupações de conservação de energia levaram ao uso de caixilharia de melhor qualidade e conseqüentemente ao aumento do risco de condensações bem como à redução da qualidade do ar interior.

Devido à variação dos factores naturais, tais como a velocidade do vento e o efeito de chaminé, frequentemente os sistemas de ventilação natural não são adequados para prover permanentemente as taxas de renovação horária ideais. Sendo assim, pretende-se caracterizar um sistema de ventilação misto (entradas de ar auto-reguláveis nos quartos e salas, exaustão natural nas instalações sanitárias e exaustão mecânica na cozinha) que poderá ser uma possível solução para colmatar a variabilidade dos factores naturais.

Este artigo apresenta os primeiros resultados de uma campanha experimental que pretende caracterizar o sistema atrás descrito o qual se encontra implementado num conjunto habitacional de 94 fogos na área do grande Porto.

O estudo pretende avaliar, entre outros, os coeficientes de pressão do edifício, a permeabilidade da envolvente (janelas, grelhas, caixas de estore), os dispositivos instalados (ex.: ventilador estático), bem como as taxas de renovação horária recorrendo ao método do gás traçador, mais concretamente às técnicas PFT e concentração constante.

Palavras-chave: Ventilação, Habitação, Renovações Horárias (RPH), Gases Traçadores, PFT

1 Introdução

Na sequência da crise energética da década de 70 do século passado, surgiu a necessidade de limitar o consumo de energia, diminuindo as taxas de renovação de ar nos edifícios de habitação, com conseqüências na qualidade do ar e no valor da humidade relativa interior. Por outro lado, a utilização de caixilharias de melhor qualidade reduziu a permeabilidade ao ar da envolvente, o que resultou no aumento do risco de aparecimento de condensações e a conseqüente degradação dos elementos de construção [1] e [2].

As recomendações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil [3] e da normalização existente para a ventilação natural de edifícios de habitação [4] estipulam taxas médias de uma renovação por hora (*RPH*) nos compartimentos principais (quartos e salas) e quatro renovações por hora nos compartimentos de serviço (cozinhas e instalações sanitárias).

Admite-se que grande parte dos edifícios de habitação recentemente construídos não cumpra estas taxas [5]. Sendo assim, é necessário implementar sistemas de ventilação geral e permanente com admissão contínua de ar através dos compartimentos principais e exaustão de ar nos compartimentos de serviço [6], [7], [8].

2 Método do gás traçador – técnica PFT

O método do gás traçador consiste na introdução no compartimento a ser testado de uma determinada quantidade de um gás pouco comum na atmosfera – gás traçador –, registando-se a evolução da sua concentração ao longo do tempo. Em sistemas que recorrem a ventilação natural, com infiltrações e exfiltrações, o método do gás traçador é o único que pode ser usado para medir a distribuição dos fluxos de ar pelos diferentes compartimentos dos edifícios.

A técnica PFT é uma técnica passiva (a emissão e a recolha não envolve meios mecânicos) usada para medir taxas de renovação de ar na qual são utilizados Perfluorocarbonos – PFTs – (Perfluorometilbenzeno – PMB e Perfluorobenzeno – PB) como gases traçadores.

O gás traçador é emitido continuamente a uma taxa constante a partir de uma cápsula emissora constituída por um tubo capilar (Figura 1a)). A recolha é realizada por difusão passiva em cápsulas contendo um adsorvente (Figura 1b)). A análise da quantidade de gás recolhida durante a exposição é realizada usando cromatografia gasosa e um detector de captura de electrões.

Na técnica da emissão homogénea [9], a taxa de emissão de gás é proporcional ao volume do compartimento. O ajustamento da taxa de emissão é realizado através da inserção de um fio metálico a diferentes profundidades no tubo capilar.

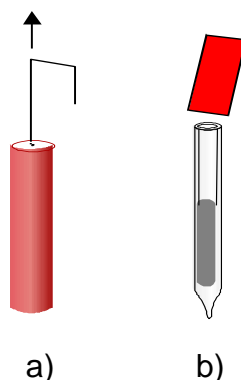


Figura 1: Exemplo de cápsulas emissora e receptora: a) Cápsula emissora capilar com dispositivo de emissão ajustável, b) Cápsula receptora com adsorvente (carvão poroso).

Com o recurso à técnica da emissão homogénea a concentração local do gás traçador é proporcional à “idade média do ar” no local. Sendo assim, esta técnica pode ser usada para mapear a distribuição do ar num edifício. O inverso da idade média do ar pode ser interpretado como a taxa de renovação de ar do local (RPH_{local}).

3 Trabalho experimental realizado

3.1 Medições num apartamento tipo

Realizaram-se dois ensaios recorrendo à técnica PFT com o objectivo de aquilatar a implantação das taxas de ventilação referidas anteriormente num apartamento do tipo T2 localizado no concelho da Maia. Os ensaios tiveram uma duração média de 2 semanas cada um e foram realizados em Maio de 2002 e Janeiro de 2003 [10].

As características do sistema de ventilação eram as seguintes:

- admissão de ar por grelhas auto-reguláveis (1 grelha por quarto e 2 grelhas na sala) de “módulo” 30 - caudal escoado (m^3/h) sob a diferença de pressão de 20 Pa;
- exaustão natural na instalação sanitária ($\phi 125$);
- extracção mecânica individual e descontínua na cozinha;
- lavandaria autoventilada (admissão/exaustão através de grelhas fixas).

Sabendo que as grelhas de admissão garantem $120 m^3/h$, e tendo em conta que o volume do apartamento é de $160 m^3$, a taxa *RPH* esperada seria de $0,75 h^{-1}$ (em média para todo o apartamento). As baixas taxas obtidas (ver Tabela 1) poderão ser explicadas pela relativa falta de ventilação cruzada, os vãos encontram-se praticamente numa fachada, orientados a Sul, enquanto que os ventos predominantes se situam entre os rumos NW e E. A falta do efeito de chaminé devido à pequena diferença entre a temperatura interior e exterior e o uso de uma ventilação mecânica descontínua na cozinha poderão também explicar as baixas taxas obtidas. Os hábitos dos residentes, os quais no mês de Maio deixavam as janelas abertas por longos períodos, poderá explicar a maior renovação horária neste período

Tabela 1: *RPH* no apartamento

Ensaio	Temperatura média interior (°C)	Temperatura média exterior (°C)	Vento		<i>RPH</i> (h^{-1})
			Direcção prevalecte	Média da velocidade (km/h)	
Maio	16,0	13,8	NW – 31,2%	17,5	0,41
Janeiro	12,2	8,5	E – 32,2%	10,6	0,33

3.2 Medições num grupo de apartamentos modificados

Tendo em conta as reduzidas taxas de ventilação verificadas na investigação anterior, levou-se a efeito a primeira fase de uma campanha experimental que pretende caracterizar as condições de ventilação de apartamentos do tipo T2 com um sistema de ventilação modificado. Seis apartamentos estão equipados com um sistema misto (exaustão contínua na cozinha, com dois regimes de ventilação, e exaustão natural na instalação sanitária). O sétimo apartamento está equipado com um sistema exclusivamente de ventilação natural, sendo assim será possível comparar as performances de ambos os sistemas. Os apartamentos foram seleccionados de modo a representarem diferentes orientações e diferentes alturas em relação ao nível do solo (Figura 2).

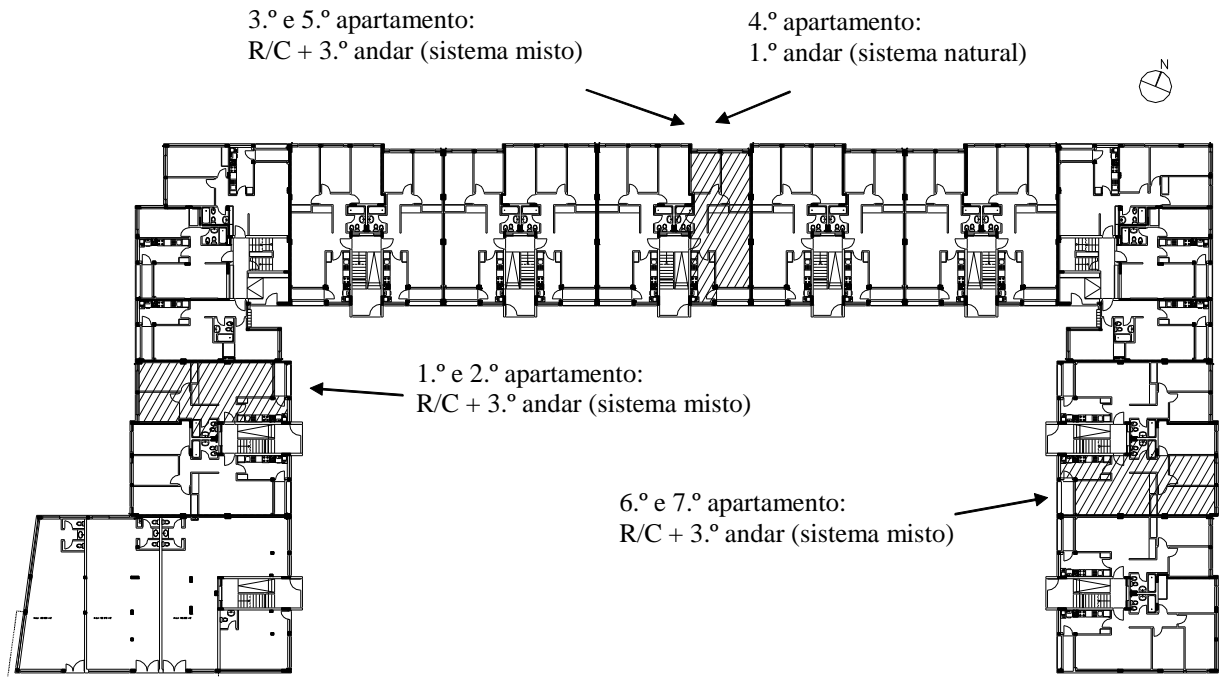


Figura 2: Edifício multifamiliar contendo os sete apartamentos ensaiados.

Os apartamentos inserem-se num edifício multifamiliar de 4 pisos localizado em Areias – Gondomar e respeitam o programa de habitações a custos controlados (PER).

A Figura 3 mostra o apartamento tipo bem como a localização dos vários dispositivos do sistema de ventilação.

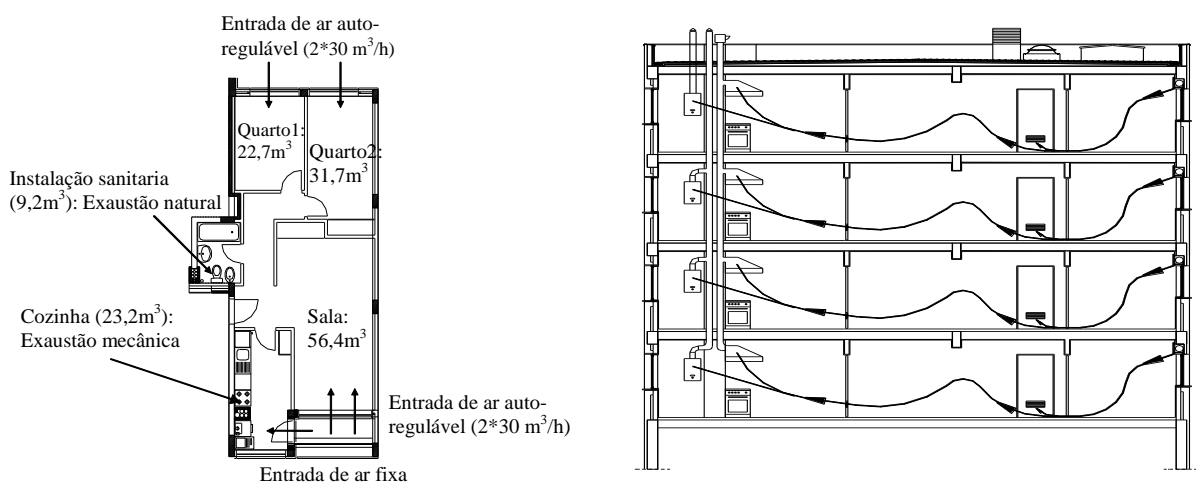


Figura 3: Dispositivos de ventilação.

A Figura 4 mostra alguns dos dispositivos implementados no apartamento.



a)



b)

Figura 4: Dispositivos implementados, a) Ventilador estático na conduta da instalação sanitária, b) grelhas auto-reguláveis instaladas nos quartos e sala.

A Tabela 2 descreve os sistemas de ventilação implementados nos diversos apartamentos.

Tabela 2: Características dos sistemas de ventilação implementados.

Apart. n.º	Orientação	Piso	Sistema de ventilação	Diâm. da conduta da inst. sanitária	Diâm. da conduta do esquentador	Exaustão na cozinha ($\Phi 150$) ²
1	SW	R/C	Misto	$\Phi 110^1$	$\Phi 175$ – colectiva	Mecânica ³ : 32,6 – 110,7 m ³ /h
2		3.º	“	$\Phi 110^1$	$\Phi 125$ – individual	Mecânica: 59,6 – 122 m ³ /h
3	NW	R/C	“	$\Phi 110^1$	$\Phi 175$ – colectiva	Mecânica: 68,1 – 105 m ³ /h
4		1.º	Natural	$\Phi 110$	$\Phi 175$ – colectiva	Natural
5		3.º	Misto	“	$\Phi 110^1$	$\Phi 125$ – individual
6	NE	R/C	“	$\Phi 125^1$	$\Phi 175$ – colectiva	Mecânica: 62,4 – 141,9 m ³ /h
7		3.º	“	$\Phi 125^1$	$\Phi 125$ – individual	Mecânica: 58.2 – 114.9 m ³ /h

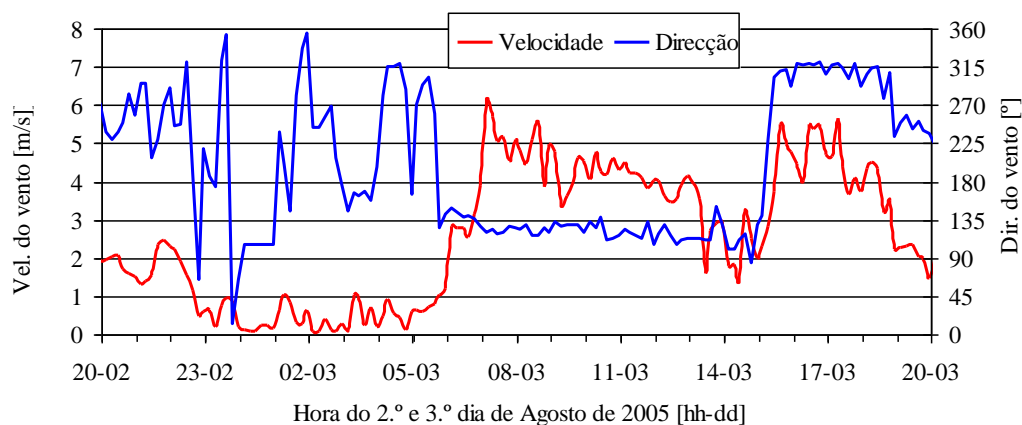
1 - Conduta com isolamento (≈ 3 cm) + ventilador estático + grelha com baixa perda de carga ($\Delta P_{\text{total-45m}^3/\text{h}} = 2$ Pa);
 2 - Programação realizada: 12h-14h e 18h30-21h30 com ≈ 120 m³/h e no tempo restante ≈ 60 m³/h; o vento induzia alguma turbulência na conduta, sendo assim, os valores da exaustão devem ser considerados com alguma incerteza;
 3 - O ventilador mecânico instalado neste apartamento não funcionou nas melhores condições.

4 Resultados preliminares obtidos

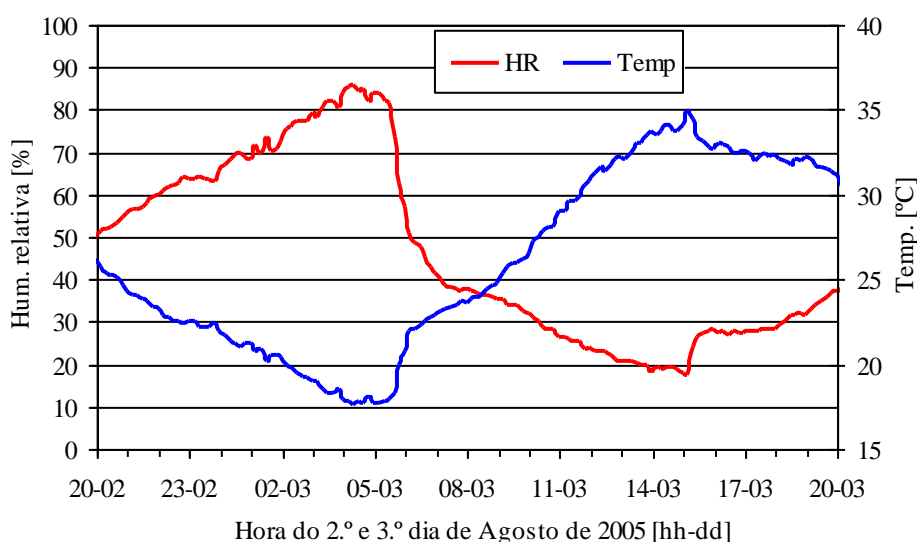
Os ensaios decorreram entre os dias 2 e 9 de Agosto de 2005 e os parâmetros medidos, entre outros, foram os seguintes:

- condições climatéricas exteriores (direcção e velocidade do vento, temperatura e humidade relativa) obtidas na cobertura do edifício;
- temperatura e humidade relativa em cada apartamento;
- renovação horária média de cada compartimento em todos os apartamentos, bem como a renovação horária média dos apartamentos.

Apresentam-se na Figura 5 as condições climatéricas exteriores (vento - velocidade e direcção -, humidade relativa e temperatura) entre os dias 2 e 3 de Agosto.



a)



b)

Figura 5: Condições climatéricas exteriores, a) Velocidade do vento e direcção, b) Humidade relativa e temperatura.

Apresentam-se na Figura 6 as condições climatéricas médias interiores (temperatura e humidade relativa).

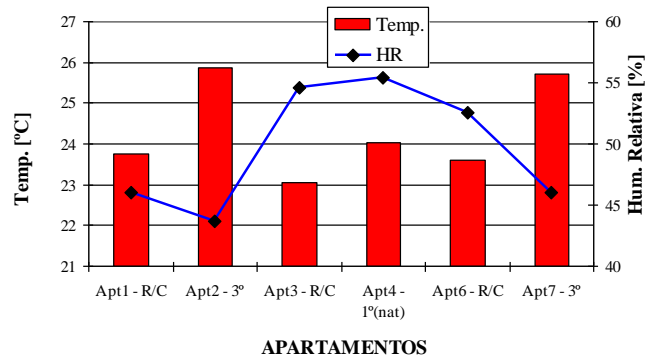
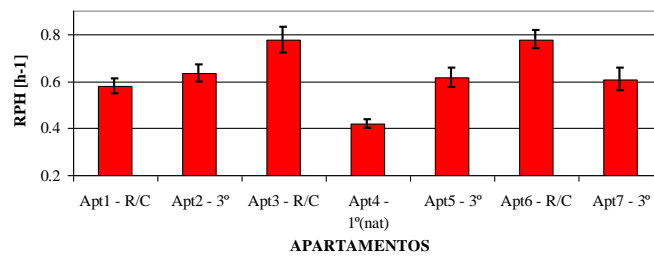
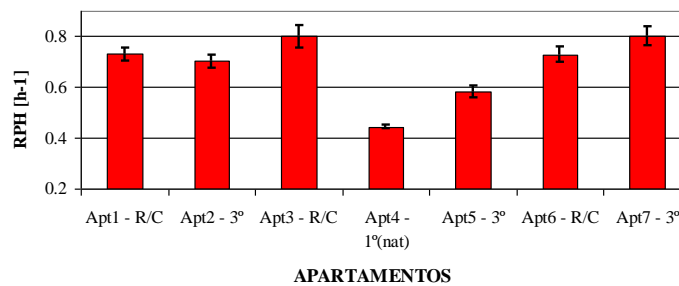


Figura 6: Temperatura e humidade relativa médias nos apartamentos.

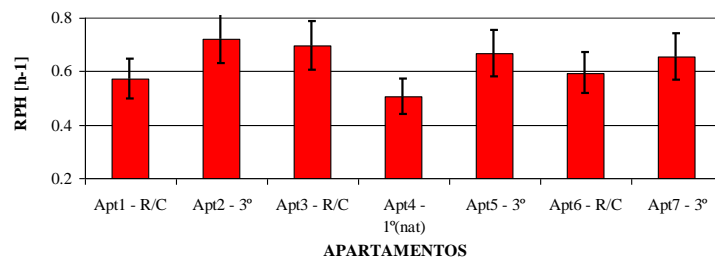
Apresentam-se na Figura 7 as renovações horárias da instalação sanitária, da cozinha e dos apartamentos.



a)



b)



c)

Figura 7: Renovações horárias, a) instalações sanitárias, b) cozinhas, c) global.

Relativamente às condições higrotérmicas interiores, a observação da Figura 6 indica-nos que, como era expectável, os apartamentos com temperaturas médias extremas são os do R/C e cobertura com uma diferença média de 3°C (não foi possível obter valores respeitantes ao apartamento 5). Relativamente à humidade relativa detecta-se um ligeiro decréscimo nos apartamentos 1, 2 e 7, os mais expostos à radiação solar do período da tarde.

As condições atmosféricas exteriores caracterizaram-se por velocidades do vento reduzidas (1,3 m/s a 3,5 m/s), rumos aproximadamente perpendiculares aos apartamentos 3 a 5, ou seja nos octantes NW (predominantemente nos períodos da tarde e noite) e SE (predominantemente no período da manhã) e temperaturas elevadas (ver Figura 5a) e Tabela 3).

Tabela 3: Vento, temp. e humidade relativa ocorridos durante o período de ensaio.

Vento			Temperatura [°C]	Humidade relativa [%]
Rumo	Frequência (%)	Vel. média (km/h)		
N	17,1	6,8	Média = 25,4	Média = 52,2
NE	3,4	6,4		
E	6,1	12,7		
SE	17,1	11,7	Máxima = 40,6	Máxima = 100
S	11,5	4,7		
SW	6,0	5,4		
W	9,2	6,2	Mínima = 16,3	Mínima = 10,8
NW	18,1	8,6		
Calma	11,3	< 1		

No que diz respeito ao objectivo principal da campanha experimental, que era a obtenção das renovações horárias, cujos resultados são apresentados na Figura 7, podemos retirar as conclusões:

- o ventilador estático e a utilização de grelhas com baixa perda de carga são preponderantes para se obterem acréscimos significativos nas renovações horárias na instalação sanitária relativamente ao apartamento 4 que não recorre a estes dispositivos;
- apesar da exaustão mecânica recorrer a caudais reduzidos na cozinha ($\approx 60 \text{ m}^3/\text{h}$ durante 19h do dia) os caudais extraídos nesta, por via da ventilação natural (apart. 4), ainda são inferiores;
- a acção do vento, incrementado as renovações horárias, faz-se sentir essencialmente nos apartamentos subjacentes à cobertura;
- os casos de baixa renovação horária surgem essencialmente no piso do R/C e no caso do apartamento com sistema de ventilação exclusivamente natural (apart. 4);
- a renovação horária global dos apartamentos com um sistema misto de ventilação regista uma ligeira variação entre 0,57 a 0,72 RPH, registando o apartamento ventilado naturalmente (apart. 4) um valor de $0,51 \text{ h}^{-1}$.

5 Conclusões

Utilizou-se a técnica PFT para determinar as renovações horárias de um conjunto de sete apartamentos do tipo T2, seis deles com um sistema misto de ventilação.

Esta técnica é de simples implementação e permite obter resultados com base num período alargado de tempo.

Os resultados obtidos demonstraram a vantagem da introdução do ventilador estático e da utilização de uma grelha com baixa perda de carga na conduta da instalação sanitária. A renovação horária média dos apartamentos (0,6 a 0,7 RPH) pode considerar-se razoável, esta varia ligeiramente com a localização em altura e orientação dos apartamentos.

Pretende-se continuar a campanha experimental, nomeadamente repetindo os mesmos ensaios na estação de Inverno de forma a compararem-se as renovações horárias em condições ambientais distintas.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia através do projecto POCTI/ECM 45555/2002 e a colaboração do INH e da Câmara Municipal de Gondomar na disponibilização dos apartamentos ensaiados.

7 Bibliografia

- [1] Piedade, A. & Rodrigues, A. Deficiências de ventilação na origem de manifestação de humidades em edifícios: Um caso de estudo. *Congresso Nacional da Construção*. Lisboa, Portugal, 2001.
- [2] Freitas, V. Building condensation. How to solve the problem in Portugal. *XXX IAHS Congresso*. Coimbra, Portugal, 2002.
- [3] Viegas, J. Ventilação natural de edifícios de habitação. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, Portugal, 1995.
- [4] Instituto Português da Qualidade, NP 1037-1. Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural. IPQ. Lisboa, 2002.
- [5] Pinto, M. & Freitas, V., Characterization of natural ventilation systems in residential buildings in Portugal - The importance of standardization. *XXX IAHS Congresso*. Coimbra, Portugal, 2002.
- [6] Viegas, J. *et al.* Assessment of the performance of natural ventilation in an apartment building. *8.ª Conferência Roomvent*. Copenhaga, Dinamarca, 2002.
- [7] Viegas, J. *et al.* Natural ventilation of an apartment: a case study. *9.ª Conferência Roomvent*. Coimbra, Portugal, 2004.
- [8] Ferreira, M. *et al.* Natural ventilation of residential buildings in Portuguese winter climatic conditions. *25.ª Conferência AIVC*. Praga, República Checa, 2004.
- [9] Stymne, H. & Boman, C. Measurement of ventilation and air distribution using the homogeneous emission technique. A validation, *3.ª Conferência Healthy Buildings*. Budapeste, Hungria, 1994.
- [10] Pinto, M. *et al.* Air Change Rates In Multi-Family Residential Buildings In Northern Portugal. *7.ª Conferência Healthy Buildings*, Singapura, 2003.