



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CONSELHO DIRECTIVO
Projecto Especial de Edificação Sustentável

Proc. 5101/14/16598

CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL

Bairro Sá Carneiro (Leiria)

Medições na meia-estação

Projecto FCT n.º PTDC/ECM/71914/2006

Lisboa • Maio de 2011

I&D EDIFÍCIOS

RELATÓRIO 197/2011 – ES/LNEC

**CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL.
BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)
MEDIÇÕES NA MEIA-ESTAÇÃO**

RESUMO

No âmbito da intervenção de reabilitação do bairro de habitação social Sá Carneiro, em Marrazes (Leiria), co-financiada pelo *Instituto de Habitação e da Reabilitação Urbana* (IRHU), a cooperativa de habitação *Nova Habitação Cooperativa* (NHC) manifestou-se disponível e interessada na realização, pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), de um estudo com vista à avaliação das condições de conforto térmico no interior de habitações de vários edifícios constituintes do referido bairro antes, e após a intervenção de reabilitação.

Nos últimos anos o LNEC tem desenvolvido um número muito significativo de campanhas de levantamentos das condições ambientais em edifícios de serviços e residenciais, em diversas localidades do País, no âmbito de um projecto de investigação. Na sequência desse projecto, foi desenvolvido um modelo adaptativo de avaliação das condições de conforto térmico em ambientes interiores de edifícios em Portugal [1].

Apesar de se terem já realizado diversos levantamentos das condições de conforto térmico em ambientes interiores no sector residencial, as características construtivas e socioeconómicas do bairro Sá Carneiro, proporcionam uma oportunidade de enriquecer os conhecimentos adquiridos e de contribuir para o desenvolvimento do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. De salientar, ainda, o facto de este caso particular permitir a realização de medições durante um processo de intervenção de reabilitação que afecta as características e o desempenho térmico (e energético) das referidas habitações.

Nesse sentido, o estudo consistiu na medição das condições higrotérmicas, em contínuo durante um período de cerca de três semanas (30 de Março a 19 de Abril), em simultâneo no interior de oito habitações representativas do empreendimento.

De modo a avaliar as condições de conforto térmico interior nos espaços estudados, assim como a percepção térmica dos seus ocupantes, foi ainda realizado um conjunto de levantamentos pontuais em cinco habitações nos dias de início e de conclusão do período de medições em contínuo. Estes levantamentos foram orientados para a recolha de diversos parâmetros ambientes relevantes para a avaliação das condições de conforto térmico, e foram acompanhadas pelo preenchimento pelos ocupantes dos espaços presentes de um questionário específico sobre este tema.

No presente documento apresentam-se os resultados e a análise de medições efectuadas, quer em contínuo (parâmetros higrotérmicos) nos vários espaços interiores estudados, quer pontualmente, no que respeita aos parâmetros ambientais que influenciam as condições de conforto térmico.

**THERMAL COMFORT IN RESIDENTIAL SOCIAL HOUSING
“BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)”
MID-SEASON MEASUREMENTS**

**CONFORT THERMIQUE DANS DES BÂTIMENTS RESIDENTIELS SOCIALES
“BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)”
MESURES EN DEMI-SAISON**

**CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL.
BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)
MEDIÇÕES NA MEIA-ESTAÇÃO**

ÍNDICE DO TEXTO

	<i>Pág.</i>
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. METODOLOGIA DO ESTUDO DESENVOLVIDO	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. Descrição dos espaços estudados	4
2.3. Avaliação das condições higrotérmicas (medições em contínuo).....	8
2.4. Avaliação das condições de conforto térmico (medições pontuais).....	9
3. CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS (MEDIÇÕES EM CONTÍNUO).....	12
3.1. Resultados obtidos	12
4. CONFORTO TÉRMICO (MEDIÇÕES PONTUAIS)	24
4.1. Critério de avaliação	24
4.2. Resultados obtidos	26
4.2.1. Parâmetros higrotérmicos e índices térmicos	26
4.2.2. Percepções térmicas	29
5. CONCLUSÕES.....	31
BIBLIOGRAFIA.....	34
ANEXO I. INQUÉRITO.....	I.3
ANEXO II. FOLHA DE REGISTO	II.3

**CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL.
BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)
MEDIÇÕES NA MEIA-ESTAÇÃO**

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
Fig. 1 – Planta de implantação do bairro Sá Carneiro (Marrazes, Leiria).....	4
Fig. 2 – Aspecto das fachadas dos edifícios estudados no bairro Sá Carneiro (Marrazes, Leiria).....	5
Fig. 3 – Plantas simplificadas das tipologias de habitação estudadas.....	7
Fig. 4 – Sistema de medição e de registo da temperatura e da humidade relativa do ar interior.....	8
Fig. 5 – Sistema de medição e de registo de parâmetros ambientes.....	10
Fig. 6 – Escala de sensação térmica (<i>sti</i>)	10
Fig. 7 – Escala de preferência térmica (<i>pti</i>)	11
Fig. 8 – Evolução da temperatura mínima, média e máxima diária exterior durante o período de medição.....	12
Fig. 9 – Evolução da radiação solar, média e máxima diária durante o período de medição	13
Fig. 10 – Evolução da temperatura do ar no interior de fracções estudadas	14
Fig. 11 – Evolução da temperatura do ar (interior e exterior).....	15
Fig. 12 – Evolução da humidade relativa do ar no interior de fracções estudadas	17
Fig. 13 – Evolução da temperatura no interior de fracções localizadas em pisos intermédios e no último piso de edifícios. Espaços com exposição solar <i>Este</i>	18
Fig. 14 – Evolução das amplitudes térmicas interiores diárias de fracções localizadas em pisos intermédios e no último piso de edifícios. Espaços com exposição solar <i>Este</i>	19
Fig. 15 – Evolução da temperatura no interior no quarto e na sala de estar numa fracção com exposição solar <i>Este / Oeste</i>	21
Fig. 16 – Evolução da temperatura no interior no quarto e na sala de estar numa fracção com exposição solar <i>Norte / Sul</i>	21
Fig. 17 – Evolução da temperatura nas fracções, reabilitadas e ainda não reabilitadas, registadas no bairro Sá Carneiro.....	22
Fig. 18 – Temperaturas operativas obtidas ao longo dos levantamentos efectuados e limites recomendados	29

**CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL.
BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)
MEDIÇÕES NA MEIA-ESTAÇÃO**

ÍNDICE DE QUADROS

	<i>Pág.</i>
Quadro 1– Elementos referentes aos edifícios e habitações estudados no bairro Sá Carneiro (Marrazes, Leiria)	6
Quadro 2– Elementos referentes às habitações estudados no bairro Sá Carneiro e aos sistemas de medição dos parâmetros higrotérmicos	9
Quadro 3– Levantamentos pontuais efectuados em habitações do bairro Sá Carneiro	11
Quadro 4– Resultados das medições em contínuo da temperatura do ar efectuadas em habitações do bairro Sá Carneiro	16
Quadro 5– Resultados das medições em contínuo da temperatura do ar efectuadas em habitações do bairro Sá Carneiro	19
Quadro 6– Resultados das medições em contínuo da temperatura do ar efectuadas em habitações do bairro Sá Carneiro	22
Quadro 7– Ambientes térmicos e respectivas exigências [5].....	25
Quadro 8– Aplicabilidade das classes de ambientes térmicos e gamas de temperaturas aceitáveis [7]	25
Quadro 9– Resultados obtidos nos levantamentos pontuais efectuados em várias habitações do bairro Sá Carneiro	27

CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SOCIAL.
BAIRRO SÁ CARNEIRO (LEIRIA)
MEDIÇÕES NA MEIA-ESTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

No âmbito da intervenção de reabilitação do bairro de habitação social Sá Carneiro, em Marrazes (Leiria), co-financiada pelo *Instituto de Habitação e da Reabilitação Urbana* (IRHU), a cooperativa de habitação *Nova Habitação Cooperativa* (NHC) manifestou-se disponível e interessada na realização, pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), de um estudo com vista à avaliação das condições de conforto térmico no interior de habitações de vários edifícios constituintes do referido bairro antes, e após a intervenção de reabilitação.

A referida intervenção, em termos gerais, constou: da aplicação de um sistema composto de isolamento térmico pelo exterior nas paredes da envolvente (ETICS); do isolamento térmico da cobertura em terraço com uma solução do tipo cobertura invertida; e da substituição dos vãos envidraçado existentes por caixilharia de alumínio com vidro duplo.

Nos últimos anos o LNEC tem desenvolvido um número muito significativo de campanhas de levantamentos das condições ambientais em edifícios de serviços e residenciais, em diversas localidades do País, no âmbito de um projecto de investigação, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) e denominado *Desenvolvimento de Modelos de Conforto Térmico e Visual Sustentáveis* (ref.^a PTDC/ECM/71914/2006). Na sequência da análise dos resultados entretanto obtidos no âmbito deste projecto, foi desenvolvido no LNEC um modelo adaptativo de avaliação das condições de conforto térmico em ambientes interiores de edifícios em Portugal [1].

Apesar de se terem já realizado diversos levantamentos das condições de conforto térmico em ambientes interiores no sector residencial, as características construtivas e socioeconómicas do bairro Sá Carneiro, proporcionam uma oportunidade de enriquecer os conhecimentos adquiridos e de contribuir para o desenvolvimento do modelo adaptativo proposto pelo LNEC. De salientar, ainda, o facto de este caso particular permitir a realização de medições durante um processo de intervenção de reabilitação que afecta as características e o desempenho térmico (e energético) das referidas habitações e, muito provavelmente, os comportamentos relevantes dos residentes.

Nesse sentido, o estudo consistiu na medição das condições higrotérmicas, em contínuo durante um período de cerca de três semanas (30 de Março a 19 de Abril), em simultâneo no interior de oito habitações representativas de diversas localizações nos edifícios (pisos diferentes) e no empreendimento (orientações solares diferentes), antes e após a reabilitação.

De modo a avaliar as condições de conforto térmico interior nos espaços estudados, assim como a percepção térmica dos seus ocupantes, foi ainda realizado um conjunto de levantamentos pontuais em cinco habitações nos dias de início e de conclusão do período de medições em contínuo (30 de Março e 19 de Abril). Estes levantamentos foram orientados para a recolha de diversos parâmetros ambientes relevantes para a avaliação das condições de conforto térmico, e foram acompanhadas pelo preenchimento pelos ocupantes dos espaços presentes de um questionário específico sobre este tema.

Prevê-se que este estudo tenha continuidade até ao próximo ano, de modo a permitir avaliar as condições de conforto térmico nos edifícios reabilitados, não só com condições climáticas características de meia-estação (período em análise), mas também de Verão e de Inverno.

No presente documento apresentam-se os resultados e a análise de medições efectuadas, quer em contínuo (parâmetros higrotérmicos) nos vários espaços interiores estudados, quer pontualmente, no que respeita aos parâmetros ambientais que influenciam as condições de conforto térmico.

2. METODOLOGIA DO ESTUDO DESENVOLVIDO

2.1. Generalidades

No âmbito do projecto de investigação acima referido (vd. 1) encontra-se em desenvolvimento um programa de avaliação das condições de conforto térmico em espaços interiores de edifícios residenciais convencionais (habitação) localizados em diferentes regiões do País.

No decorrer deste programa, na sequência dos contactos estabelecidos com a NHC, foi planeada a realização de várias campanhas de medições em espaços interiores (geralmente, a sala de estar / sala de jantar) de várias habitações em diferentes blocos de edifícios multi-familiares do bairro Sá Carneiro, em Marrazes (Leiria). – Numa primeira fase as medições foram efectuadas durante a meia-estação (Primavera de 2011) e incidiram sobre edifícios (ainda) não reabilitados e reabilitados; numa fase posterior serão realizadas novas campanhas de medições no decorrer de períodos quentes de Verão.

Nessas campanhas experimentais são efectuadas medições das condições higrotérmicas (temperatura e humidade relativa do ar), em contínuo durante cerca de três semanas, em simultâneo no interior de várias habitações representativas de diversas localizações nos edifícios (pisos diferentes) e no empreendimento (orientações solares diferentes). Nalgumas das habitações as medições são efectuadas em dois compartimentos da fracção (quarto e sala de estar), com orientações solares opostas (Este / Oeste e Sul / Norte).

De modo a avaliar as condições de conforto térmico interior, assim como a percepção térmica dos seus ocupantes, são ainda avaliadas as condições ambientes interiores mediante a realização de medições pontuais (durante cerca de uma hora) de vários parâmetros que influenciam o conforto térmico dos utentes dos espaços. No final de cada período de medição os utentes presentes nos espaços estudados são inquiridos acerca das suas percepções térmicas, através da aplicação de um questionário simples desenvolvido para o efeito (vd. Anexo I).

Ainda relativamente à opinião dos utentes dos espaços, no início de cada período de medição das condições higrotérmicas, em contínuo, foi fornecida uma folha de registo (vd. Anexo II) para que os utentes das habitações estudadas pudessem, periodicamente (quando considerassem mais oportuno), assinalar as suas percepções térmicas no espaço em estudo, indicando simultaneamente a data e hora do preenchimentos do referido documento.

2.2. Descrição dos espaços estudados

O bairro social Sá Carneiro está situado em Marrazes, a freguesia mais populosa do Concelho de Leiria, e foi construído em 1984 com a finalidade específica de realojar famílias das ex-colónias que regressaram a Portugal. O bairro é constituído por 26 edifícios, cada um com 4 pisos, com 2 fracções por piso. Da totalidade dos blocos, três são propriedade integral da NHC Social, uma *Instituição Particular de Solidariedade Social* (IPSS) ligada à NHC; em 22 a titularidade das fracções é dividida entre a referida cooperativa, a câmara Municipal de Leiria e proprietários individuais, e apenas uma está completamente alienada (bloco 18) [2].

Na Fig. 1 apresenta-se a planta de implantação de todo o bairro, assim como se assinalam os blocos avaliados no âmbito deste estudo, nomeadamente, os blocos 7, 8 e 9 (não reabilitados) e os blocos 21, 22, 25 e 26 (já reabilitados).

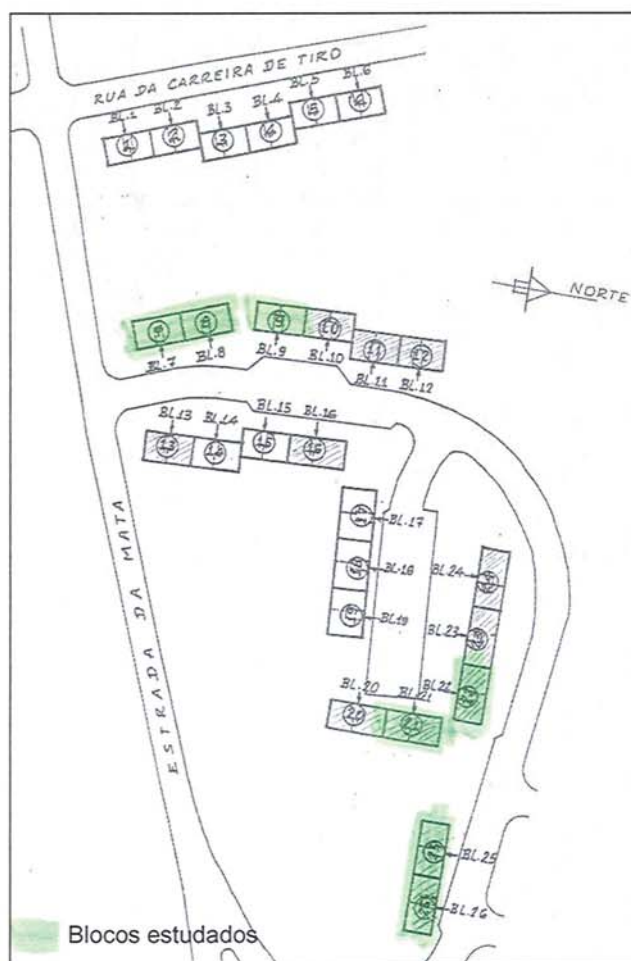


Fig. 1 – Planta de implantação do bairro Sá Carneiro (Marrazes, Leiria)

Os vários edifícios do bairro são constituídos por uma estrutura de betão armado e painéis prefabricados de alvenaria [2].

De referir que antes do início da intervenção de reabilitação o revestimento exterior das coberturas dos edifícios era constituído por chapas de fibrocimento, formando um desvão

sobre esteira em laje; os vãos envidraçados eram compostos de caixilhos de madeira e vidro simples. As paredes exteriores não dispunham de solução específica de isolamento térmico.

As principais características da intervenção foram a reabilitação construtiva e térmica da envolvente dos edifícios, integrando: a aplicação de um sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior nas paredes de fachada e de empena (sistema ETICS, com 50 mm de espessura de isolante térmico); caixilharia de alumínio com vidros duplos nos vãos envidraçados exteriores; nova solução de cobertura (cobertura em terraço), composta por sistemas de impermeabilização e de isolamento térmico (*cobertura invertida*).

Foram ainda desenvolvidas melhorias nos espaços comuns dos edifícios e todo um conjunto extenso de intervenções específicas, consideradas essenciais para o melhoramento das condições de habitabilidade, segurança, e durabilidade (construção, acabamento e instalações) [2].

O bairro está localizado nas zonas climáticas definidas na regulamentação energética nacional [3] **I2** e **V1 (N)**, respectivamente, para as estações de aquecimento (Inverno) e de arrefecimento (Verão).

Na Fig. 2 apresenta-se o aspecto das fachadas dos edifícios estudados no bairro Sá Carneiro.



Blocos 7, 8 e 9 (Não reabilitados)



Blocos 21, 22, 25 e 26 (Reabilitados)

Fig. 2 – Aspecto das fachadas dos edifícios estudados no bairro Sá Carneiro (Marrazes, Leiria)

Tendo em conta que o bairro Sá Carneiro é um bairro de habitação social, as famílias residentes nos edifícios estudados são, predominantemente, de baixo rendimento sendo, na generalidade, pelo menos um dos elementos do agregado familiar empregado¹. Nalguns casos os utentes inquiridos eram já aposentados.

¹ - A maioria dos inquiridos é constituída por operadores fabris e empregadas de limpeza.

No Quadro 1 apresenta-se e sintetiza-se a informação relativa aos edifícios e espaços estudados no bairro Sá Carneiro. Nesse quadro referem-se: a identificação dos edifícios (bloco) e habitações; a tipologia dos edifícios; a localização das habitações em altura no edifício (piso intermédio ou último piso) e a exposição solar dos espaços analisados.

Quadro 1 – Elementos referentes aos edifícios e habitações estudados no bairro Sá Carneiro (Marrazes, Leiria)

Bloco	Habitação				Espaços estudados	
	Referência	Tipologia	Piso	Estado da reabilitação	Designação	Exposição solar
8	Hab. 1	T2	intermédio	não reabilitado	Sala	Este
	Hab. 2	T2	intermédio	não reabilitado	Sala	Este
25	Hab. 3	T3	intermédio	reabilitado	Sala / Quarto	Norte / Sul
9	Hab. 4	T3	último	não reabilitado	Sala / Quarto	Este / Oeste
7	Hab. 5	T3	último	não reabilitado	Sala / Quarto	Este / Oeste
26	Hab. 6	T3	intermédio	reabilitado	Sala / Quarto	Norte / Sul
22	Hab. 7	T3	intermédio	reabilitado*	Quarto / Sala	Norte / Sul
21	Hab. 8	T3	intermédio	reabilitado*	Quarto	Este

* - Isolamento térmico e caixilharia de alumínio com vidro duplo. Falta concluir vedação dos caixilhos (grandes infiltrações / exfiltrações de ar).

Identifica-se ainda no quadro anterior o estado da reabilitação dos edifícios analisados (*reabilitado* ou *não reabilitado*). Nas habitações referidas nesse quadro foram efectuadas medições pontuais e em contínuo, com excepção das últimas duas (*Hab. 7* e *Hab. 8*) em que não se realizaram as medições pontuais nos dias 30 de Março e 19 de Abril, pelo facto de existirem grandes infiltrações / exfiltrações de ar (falta de vedação da caixilharia) que influenciam, naturalmente, as condições interiores e de conforto dos ocupantes dos espaços (vd. 3.1).

Na Fig. 3 apresentam-se as plantas simplificadas das tipologias das habitações estudadas no âmbito do presente estudo (T2 e T3).

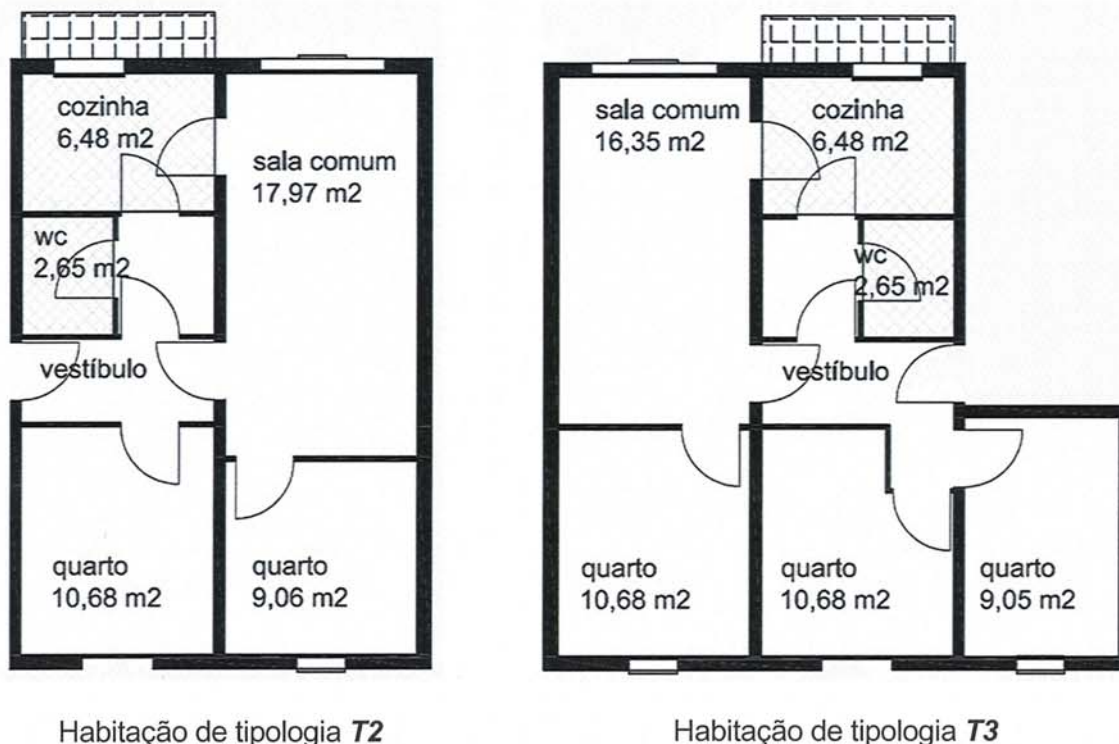


Fig. 3 – Plantas simplificadas das tipologias de habitação estudadas

Observando as duas plantas apresentadas na figura anterior, tendo em conta a dupla exposição das fracções e a disposição dos compartimentos interiores, pode-se concluir que é possível obter uma boa ventilação transversal (através da abertura das janelas de ambas as fachadas) que permite um arrefecimento natural dos espaços quando as temperaturas interiores são elevadas. No entanto, como é óbvio, este processo só é eficaz se as temperaturas exteriores forem inferiores às temperaturas observadas no interior da fracção¹.

Refira-se ainda que, na generalidade, as habitações estudadas possuíam um equipamento de aquecimento eléctrico (termoventilador ou a óleo). Em conversa com os utentes dos espaços estudados verificou-se que estes, muito raramente (casos pontuais em que este muito frio), utilizam o sistema de aquecimento para melhorar as condições de conforto térmico.

Assinala-se ainda o facto dos utentes referirem que recorrem muitas vezes a abertura das janelas exteriores, não só com o intuito de arrefecer ou aquecer o ambiente interior, mas principalmente para ventilar esse mesmo ambiente².

¹ - Com frequência, mesmo que as temperaturas exteriores sejam mais elevadas, muitos residentes recorrem ao efeito do fluxo de ar transversal (*corrente de ar*) para obterem uma sensação de conforto provocada pelo aumento das perdas térmicas por evaporação.

² - Vários utentes inquiridos referiram que pelo facto de serem fumadores em casa mantinham as janelas sempre abertas.

2.3. Avaliação das condições higrotérmicas (medições em contínuo)

Com o intuito de avaliar as condições higrotérmicas interiores de diversas habitações do bairro Sá Carneiro foram utilizados sistemas portáteis autónomos equipados com uma sonda de medição de temperatura e de humidade relativa do ar (Fig. 4). Os referidos sistemas mediram e registaram a temperatura e a humidade relativa do ar interior dos espaços seleccionados, de 30 em 30 minutos, durante o período de três semanas, entre 30 de Março e 19 de Abril do corrente ano.

Em todas as habitações estudadas foi colocado um sistema de medição e de registo na sala de estar / sala de jantar. Nalgumas habitações foi colocado um segundo equipamento num dos quartos da fracção (com exposição solar oposta à da sala). A escolha do local de colocação do sistema de medição teve em conta a preocupação de não perturbar a normal actividade dos utentes, bem como de sujeitar o equipamento à acção radiativa de qualquer fonte de calor, nomeadamente, solar, equipamentos de climatização ou electrodomésticos (Fig. 4).



Fig. 4 – Sistema de medição e de registo da temperatura e da humidade relativa do ar interior

Deste modo foi possível conhecer a evolução da temperatura média interior nos espaços em estudo, durante o período em análise, assim com as variações da temperatura observadas ao longo do dia.

Tendo em conta as diferentes especificidades dos espaços em estudo (*vd.* Quadro 2), nomeadamente: a exposição solar; a localização no edifício (último piso ou piso intermédio) e o facto de o edifício já ter sido ou não sujeito às obras de reabilitação, o registo dos parâmetros higrotérmicos ao longo do período de medições permitiu avaliar a influência destes aspectos nas condições ambientes.

Quadro 2 – Elementos referentes às habitações estudados no bairro Sá Carneiro e aos sistemas de medição dos parâmetros higrotérmicos

Bloco	Habitação			Espaço (Expos.)	Sonda de T/HR (Ref^o)
	Referência	Piso	Estado de reabilitação		
8	Hab. 1	intermédio	não reabilitado	Sala (E)	S1
	Hab. 2	intermédio	não reabilitado	Sala (E)	S4
25	Hab. 3	intermédio	reabilitado	Sala (N)	S5
				Quarto (S)	S9
9	Hab. 4	último	não reabilitado	Sala (E)	S10
				Quarto (O)	S14
7	Hab. 5	último	não reabilitado	Sala (E)	S8
				Quarto (O)	S11
26	Hab. 6	intermédio	reabilitado*	Sala (N)	S12
				Quarto (S)	S15
22	Hab. 7	intermédio	reabilitado*	Sala (S)	S6
				Quarto (N)	S13
21	Hab. 8	intermédio	reabilitado*	Quarto (E)	S3

* - Isolamento térmico e caixilharia de alumínio com vidro duplo. Falta concluir vedação dos caixilhos (grandes infiltrações / exfiltrações de ar).

2.4. Avaliação das condições de conforto térmico (medições pontuais)

Para avaliar as condições de conforto térmico em várias habitações de edifícios residenciais constituintes do bairro Sá Carneiro foi realizado um conjunto de levantamentos (de curta duração) das respectivas condições ambientes, nos quais foram medidos e registados diversos parâmetros ambientais que influenciam a satisfação de conforto térmico dos ocupantes dos espaços interiores.

Os referidos parâmetros ambientais, nomeadamente, a temperatura do ar, T_a , a temperatura média radiante, T_{mr} , a humidade relativa do ar, HR , e a velocidade do ar, v_a , foram medidos minuto a minuto, durante um período aproximado de uma hora.

Na Fig. 5 apresenta-se o equipamento de medição das condições ambientes utilizado nos levantamentos efectuados, o qual se procurou colocar em locais não sujeitos à incidência directa da radiação solar ou à influência de qualquer sistema de climatização e a cerca de 0,6 m do nível do pavimento¹ nas diversas salas de estar avaliadas (Fig. 5).

¹ - Altura que corresponde ao nível do abdómen de uma pessoa sentada [4].



Fig. 5 – Sistema de medição e de registo de parâmetros ambientes

Com base nas medições dos parâmetros ambientes acima referidos, e na estimativa de parâmetros individuais, designadamente, a resistência térmica conferida pelo vestuário dos ocupantes e a sua actividade metabólica¹ foram determinados os índices térmicos; *Voto Médio Previsível*, **PMV** e a *Percentagem Previsível de Insatisfeitos*, **PPD**, que pretendem estimar as percepções térmicas sentidas por um indivíduo num dado espaço interior [5].

Com o intuito de conhecer directamente as percepções térmicas das pessoas no interior das suas habitações, aos utentes dos espaços estudados foi solicitado, durante o período de medição, o preenchimento de um pequeno questionário (vd. Anexo I), através do qual foram inquiridos acerca do ambiente no interior das habitações.

A análise das percepções dos inquiridos nos espaços estudados permitiu não só avaliar se as condições existentes eram consideradas satisfatórias (do ponto de vista do conforto térmico) pelos ocupantes dos espaços, mas também comparar a apreciação global subjectiva dos inquiridos com os índices térmicos acima indicados.

Para esse efeito foram usadas as respostas obtidas no questionário (vd. Anexo I) referentes à **sensação térmica**, *sti*, (Fig. 6) e à **preferência térmica**, *pti*, (Fig. 7) dos inquiridos.



Fig. 6 – Escala de sensação térmica (*sti*)

¹ - Os dois parâmetros individuais foram estimados com base em observações visuais efectuadas *in loco*.

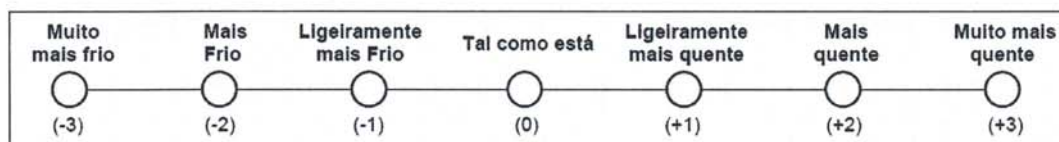


Fig. 7 – Escala de preferência térmica (*pti*)

As respostas indicadas pelos inquiridos referentes à *sensação térmica* são comparadas com os índices térmicos analíticos (*PMV* e *PPD*) determinados com base nas medições dos parâmetros ambientais e na estimativa dos parâmetros individuais (*vd.* 4.1 *b*).

No Quadro 3 identifica-se e caracteriza-se o conjunto de levantamentos das condições ambientes efectuados nas habitações de oito blocos estudados no bairro Sá Carneiro nos dias 30 de Março e 19 de Abril do corrente ano.

Salienta-se que os espaços estudados no decorrer do segundo dia de medições (19 de Abril) também foram objecto de estudo durante o primeiro dia (30 de Março).

Quadro 3 – Levantamentos pontuais efectuados em habitações do bairro Sá Carneiro

<i>Levantamento</i>	<i>Bloco</i>	<i>Habitação</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>
Lev 1	8	<i>Hab. 1</i>	30 Mar	10h00
Lev 2		<i>Hab. 2</i>		11h00
Lev 3	25	<i>Hab. 3</i>		12h00
Lev 4	9	<i>Hab. 4</i>		13h00
Lev 5	7	<i>Hab. 5</i>		14h30
Lev 6	26	<i>Hab. 6</i>		15h30
Lev 7	8	<i>Hab. 2</i>	19 Abr	10h00
Lev 8		<i>Hab. 1</i>		11h00
Lev 9	26	<i>Hab. 6</i>		12h00
Lev 10	25	<i>Hab. 3</i>		14h00

3. CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS (MEDIÇÕES EM CONTÍNUO)

3.1. Resultados obtidos

Durante um período de cerca de três semanas as condições higrotérmicas no interior de várias habitações do bairro Sá Carneiro foram avaliadas, utilizando para o efeito um conjunto de sistemas de medição e de aquisição dos valores da temperatura e da humidade relativa do ar nos espaços em estudo (vd. Quadro 2).

Para igual período de tempo foram obtidos os valores diários da temperatura exterior (mínima, média e máxima) e da radiação solar (média e máxima diária) medidos e registados numa estação meteorológica¹ localizada em Leiria, cuja evolução dos referidos valores é apresentada, respectivamente, na Fig. 8 e na Fig. 9.

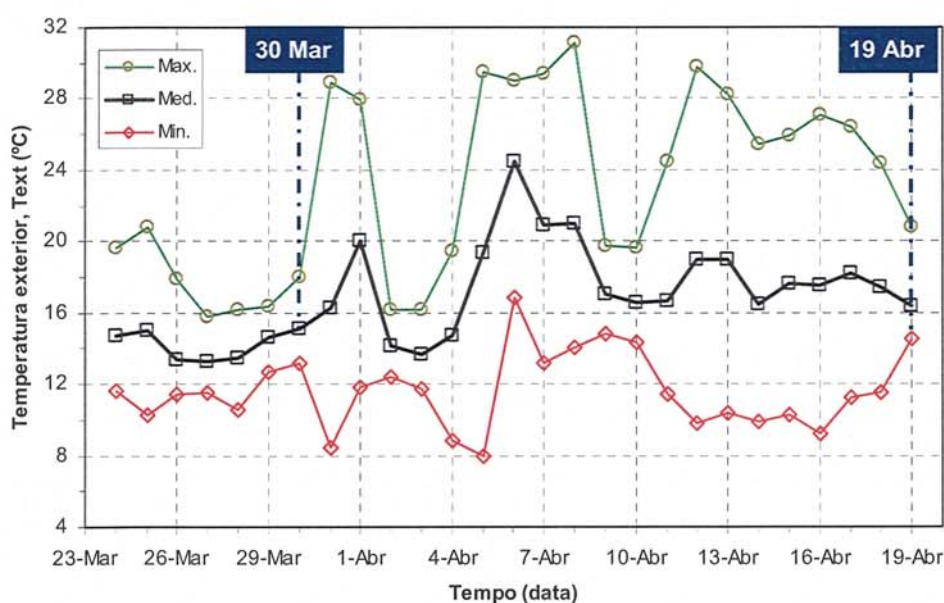


Fig. 8 – Evolução da temperatura mínima, média e máxima diária exterior durante o período de medição

¹ - Parâmetros medidos na Estação Meteorológica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) do Instituto Politécnico de Leiria (IPL) e disponíveis em <http://www.meteo.estg.ipleiria.pt/>.

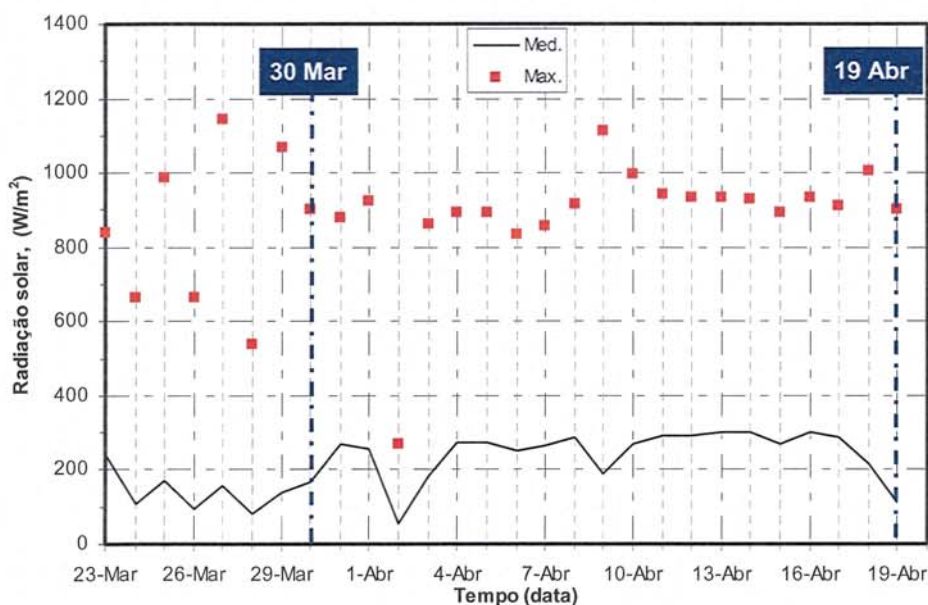


Fig. 9 – Evolução da radiação solar, média e máxima diária durante o período de medição

Observando a figura anterior verifica-se que, durante o período de medição (30 de Março a 19 de Abril), a radiação solar foi aproximadamente constante. Os elevados valores máximos registados (1100 a 1300 W/m²) permitem concluir que o céu esteve geralmente pouco nublado, com excepção do dia 2 de Abril em que esteve bastante nublado¹ (valores baixos da radiação solar). Este facto permite estimar que, para as habitações com forte exposição solar, no período em análise podem ter ocorrido significativos ganhos solares pelos vãos envidraçados, propícios a um aumento acentuado da temperatura interior.

Relativamente às temperaturas exteriores (Fig. 8) verifica-se que, durante o período em que decorreram as medições interiores em contínuo as temperaturas exteriores variaram entre, cerca de, **8 °C** e **31 °C**. Em termos médios diários pode observar-se que a temperatura exterior, imediatamente antes do início do período de medições e durante mais 4 dias (até 4 de Abril) foi, cerca de, **16 °C**, aumentando de forma significativa (cerca de 10 °C) durante os dias seguintes, enquanto que na última semana de registo a temperatura média exterior voltou a estabilizar próximo do valor de **18 °C**.

De salientar as amplitudes térmicas diárias registadas, as quais variaram entre os 4 e os 21 °C.

O conhecimento da evolução da temperatura exterior e da radiação solar é bastante importante visto que estes parâmetros influenciam fortemente as condições ambientes interiores, como se pode comprovar através dos registos das temperaturas interiores

¹ - De acordo com as medições da pluviosidade efectuadas na estação meteorológica da ESTG de Leiria, ocorreu uma precipitação (0,4 L/m²) durante o referido dia.

registadas nos diferentes espaços analisados no decorrer deste estudo (Fig. 10). O padrão da evolução das temperaturas interiores segue o padrão correspondente à temperatura média exterior (Fig. 8).

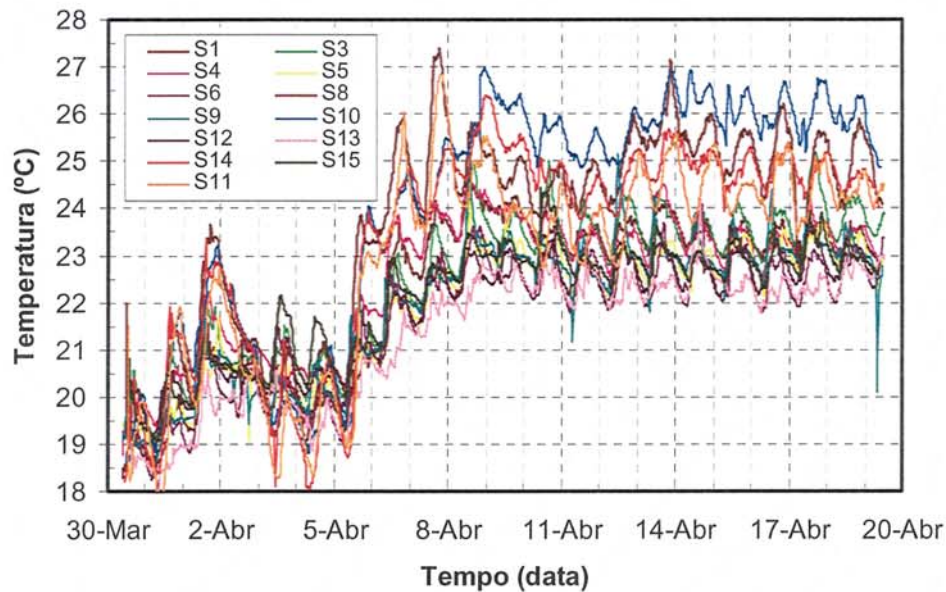


Fig. 10 – Evolução da temperatura do ar no interior de fracções estudadas

De salientar que quando a temperatura média exterior aumentou (vd. Fig. 8), em dois períodos (com início em 1 de Abril e 5 de Abril, respectivamente), embora de forma mais significativa no segundo período¹, a resposta nas condições interiores foi imediata em todas as habitações estudadas. Independentemente, da localização, exposição solar, ou estado de reabilitação da fracção estudada a temperatura no interior dos espaços estudados aumentou assim que se verificou um acréscimo significativo da temperatura exterior (Fig. 11).

¹ - No dia 1 de Abril a temperatura média exterior aumentou cerca de 4 °C, enquanto nos dias 5 e 6 de Abril a temperatura subiu 10 °C.

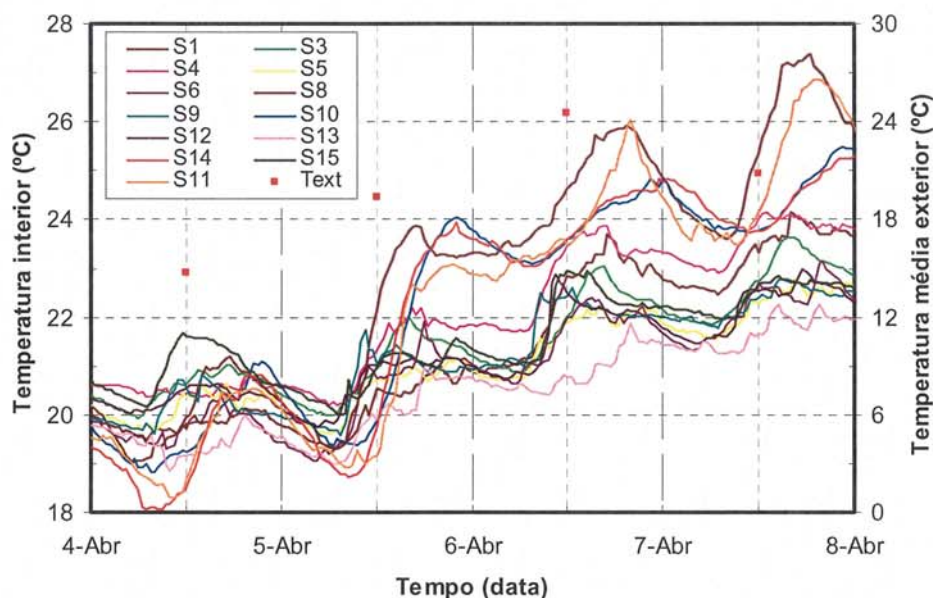


Fig. 11 – Evolução da temperatura do ar (interior e exterior)

Este aumento das temperaturas interiores, quase em simultâneo com o registado na temperatura exterior, (maior ou menor consoante as características das habitações) reflecte o facto de as janelas permanecerem abertas durante grandes períodos do dia¹ (principalmente na sala de estar), o que permite a entrada de ar quente exterior que, rapidamente, aquece o ambiente interior. As principais causas indicadas pelos utentes para a abertura das janelas foram: a necessidade de ventilar os espaços (utentes fumadores) e a tentativa de melhorar as condições de conforto térmico.

Tendo em conta as variações observadas na temperatura média exterior (e consequentemente na temperatura média interior) durante o período de medições, a avaliação das condições interiores que se apresenta de seguida corresponde aos dois períodos distintos em que a temperatura média exterior esteve, aproximadamente, estável: o primeiro de 30 de Março a 4 de Abril ($T_{\text{ext}} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e o segundo de 13 a 19 de Abril ($T_{\text{ext}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

No Quadro 4 apresentam-se os valores médios da temperatura do ar interior, T_a , e da amplitude térmica diária, ΔT_a , medidos nos diferentes espaços estudados pelos sistemas de aquisição de dados identificados (S1 a S15), durante os referidos intervalos.

¹ - Informação fornecida pelos utentes dos espaços estudados aquando da realização das medições.

Quadro 4 – Resultados das medições em contínuo da temperatura do ar efectuadas em habitações do bairro Sá Carneiro

Bloco	Habitação (Piso *)	Espaço (Expos.)	Sonda T/HR (Ref ^a)	Temperatura média do ar, T_a (°C) / Amplitude térmica média diária, ΔT_a (°C)	
				1º Período (30 Mar. / 4 Abr.)	2º Período (13 / 19 Abr.)
8	Hab. 1 (int.)	Sala (E)	S1	19,9 / 1,1	23,4 / 0,8
	Hab. 2 (int.)	Sala (E)	S4	20,6 / 1,3	23,3 / 1,1
25	Hab. 3 (int.)	Sala (N)	S5	20,0 / 1,5	22,9 / 1,1
		Quarto (S)	S9	20,0 / 1,3	23,1 / 1,7
9	Hab. 4 (ult.)	Sala (E)	S10	20,5 / 2,1	26,0 / 1,2
		Quarto (O)	S14	20,4 / 2,8	24,8 / 1,1
7	Hab. 5 (ult.)	Sala (E)	S8	20,7 / 2,8	25,1 / 2,0
		Quarto (O)	S11	20,1 / 2,9	24,4 / 1,6
26	Hab. 6 (int.)	Sala (N)	S12	20,3 / 1,2	22,8 / 1,2
		Quarto (S)	S15	20,5 / 1,5	22,9 / 1,1
22	Hab. 7 (int.)	Sala (S)	S6	19,8 / 1,7	22,6 / 1,5
		Quarto (N)	S13	19,5 / 1,3	22,4 / 1,0
21	Hab. 8 (int.)	Quarto (E)	S3	20,5 / 1,6	23,7 / 1,3

* - int – piso intermédio ult. – último piso

Em termos gerais, a análise dos resultados apresentados no quadro anterior, permitem retirar as seguintes ilações:

- as temperaturas médias interiores variaram entre 20 e 21 °C, no primeiro período de medição, e entre 22 °C e 26 °C, no decorrer do segundo período em análise. Tendo em conta as condições exteriores registadas em ambos os períodos (temperaturas médias de 16 °C e 18 °C e radiação solar elevada) e ainda o facto dos utentes, em princípio¹, não terem utilizado qualquer sistema de aquecimento nesses intervalos temporais, pode-se concluir que as temperaturas interiores amenas registadas resultam de ganhos térmicos solares (através dos vãos envidraçados) e de ganhos térmicos interiores (presença de pessoas e de equipamentos em funcionamento);
- a inércia térmica significativa que caracteriza os espaços interiores estudados não será alheia à capacidade de armazenagem daqueles ganhos, traduzida pelas amplitudes térmicas diárias reduzidas/moderadas observadas;
- enquanto que no 1º período de medição as temperaturas médias verificadas nas várias fracções foram muito semelhantes, independentemente das respectivas características construtivas; no 2º período em análise as diferenças entre temperaturas médias determinadas nas diversas fracções foram já assinaláveis. O

¹ - A maioria dos utentes questionados referiu que apenas em casos muito extremos (temperaturas muito baixas) recorriam ao sistema de aquecimento para atingir as condições de conforto térmico.

facto das amplitudes térmicas exteriores durante o 2º período de análise terem sido mais elevadas do que no 1º período (vd. Fig. 8) pode, em parte, justificar esta circunstância.

No que respeita à humidade relativa do ar, representa-se na Fig. 12 a evolução do referido parâmetro ao longo do período de medição que decorreu entre 30 de Março e 19 de Abril. Em geral, verifica-se que a humidade relativa nos espaços em estudo oscilou entre 40% e 80%, sendo este último valor considerado o valor limite acima do qual poderão ocorrer problemas respiratórios nos utentes dos espaços. Ao longo do período total de medição em todos os espaços estudados verifica-se um decréscimo contínuo dos valores da humidade relativa, resultante, em parte, do aumento da temperatura interior.

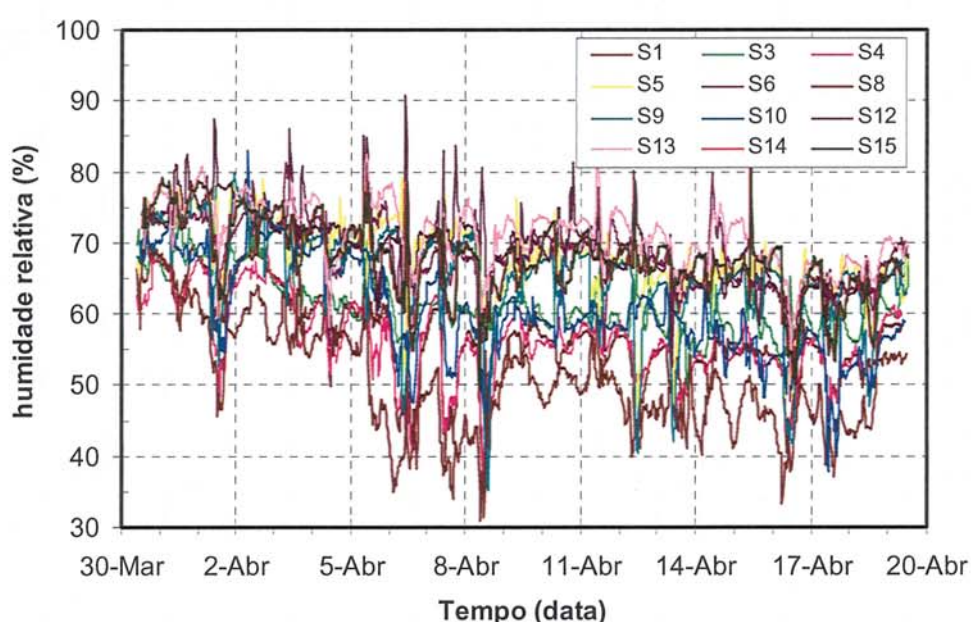


Fig. 12 – Evolução da humidade relativa do ar no interior de fracções estudadas

Tendo em conta as diferentes características dos espaços estudados, nomeadamente, a localização nos edifícios (piso intermédio / último piso), no bairro, dos edifícios considerados (exposições solares das fracções), e ainda o estado de reabilitação dos edifícios (reabilitado / não reabilitado) (Quadro 1), comparam-se de seguida as condições ambientes (temperatura do ar) em diferentes fracções, em função das características comuns.

Fracções em piso intermédio e no último piso

Na Fig. 13 representa-se a evolução da temperatura do ar no interior de quatro fracções residenciais do bairro Sá Carneiro, das quais duas estão localizadas em pisos intermédios (*Hab. 1* e *Hab. 2*) e outras duas fracções nos últimos pisos (*Hab. 4* e *Hab. 5*). Todas as referidas fracções estão localizadas em edifícios ainda não sujeitos às obras de reabilitação previstas (vd. 2.2).

Os sistemas de medição (S1, S4, S8 e S10) utilizados para medir e registar a temperatura do ar foram colocados nas salas de estar das fracções analisadas, sendo todas as salas orientadas a *Este* (vd. Quadro 2).

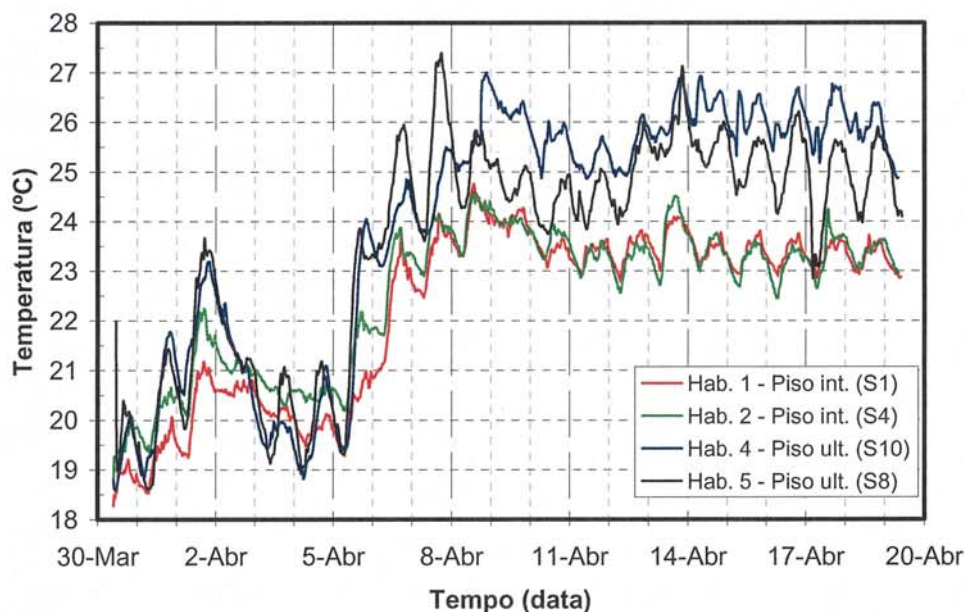


Fig. 13 – Evolução da temperatura no interior de fracções localizadas em pisos intermédios e no último piso de edifícios. Espaços com exposição solar *Este*

Da análise da figura anterior pode concluir-se que as temperaturas observadas nas salas de estar dos últimos pisos foram mais elevadas do que as correspondentes localizadas em pisos intermédios, como seria de esperar face à maior área da envolvente exterior (parte dela em cobertura), sendo a diferença observada mais pronunciada no período de 13 a 19 de Abril.

Em termos médios este facto pode ser comprovado pelos valores apresentados no Quadro 4, em que se destaca que a temperatura média observada nas fracções dos últimos pisos (*Hab. 4* e *Hab. 5*) chegou a ser superior em cerca de 3 °C, à correspondente temperatura registada nos pisos intermédios (*Hab. 1* e *Hab. 2*).

Salienta-se ainda que as amplitudes térmicas diárias observadas nos últimos pisos também são mais elevadas (temperaturas mais altas durante o dia e mais baixas de noite) do que as registadas nos pisos intermédios (Fig. 16), facto que advém da existência de uma maior área da envolvente em contacto com o exterior nos pisos superiores, e que é agravado pela inexistência de isolamento térmico nas coberturas.

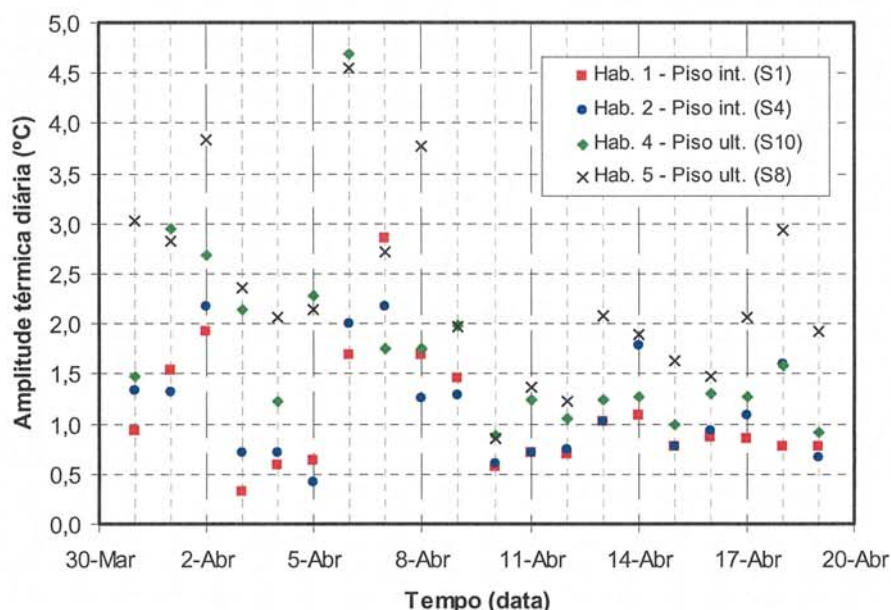


Fig. 14 – Evolução das amplitudes térmicas interiores diárias de fracções localizadas em pisos intermédios e no último piso de edifícios. Espaços com exposição solar *Este*

Espaços interiores com diferentes exposições solares numa habitação

Em cinco habitações (*Hab. 3 a Hab. 7*) de cinco edifícios do bairro com diferentes exposições solares (*vd. Fig. 1*) foi possível medir, em simultâneo, a temperatura do ar em espaços interiores (quarto e sala de estar) com dupla exposição solar (*Este / Oeste e Norte / Sul*).

No Quadro 5 sintetizam-se os resultados das medições efectuadas através da indicação dos valores médios da temperatura e da amplitude térmica diária observados no interior dos espaços estudados.

Quadro 5 – Resultados das medições em contínuo da temperatura do ar efectuadas em habitações do bairro Sá Carneiro

Habitação (Piso)	Estado de reabilitação	Espaço (Expos.)	Sonda T/HR (Ref^a)	Temperatura do ar, T_a (°C) / Amplitude térmica diária, ΔT_a (°C)	
				1º Período (30 Mar. / 4 Abr.)	2º Período (13 / 19 Abr.)
<i>Hab. 4</i> (ult.)	não reabilitado	Sala (E)	S10	20,5 / 2,1	26,0 / 1,2
		Quarto (O)	S14	20,4 / 2,8	24,8 / 1,1
<i>Hab. 5</i> (ult.)		Sala (E)	S8	20,7 / 2,8	25,1 / 2,0
		Quarto (O)	S11	20,1 / 2,9	24,4 / 1,6
<i>Hab. 3</i> (int.)	reabilitado	Sala (N)	S5	20,0 / 1,5	22,9 / 1,1
		Quarto (S)	S9	20,0 / 1,3	23,1 / 1,7
<i>Hab. 6</i> (int.)	reabilitado	Sala (N)	S12	20,3 / 1,2	22,8 / 1,2
		Quarto (S)	S15	20,5 / 1,5	22,9 / 1,1
<i>Hab. 7</i> (int.)	reabilitado*	Sala (S)	S6	19,8 / 1,7	22,6 / 1,5
		Quarto (N)	S13	19,5 / 1,3	22,4 / 1,0

* - Isolamento térmico e caixilharia de alumínio com vidro duplo. Falta concluir vedação dos caixilhos (grandes infiltrações / exfiltrações de ar).

Uma análise geral dos valores apresentados no quadro anterior permite retirar as seguintes principais ilações, relativamente à distribuição de temperaturas nos dois compartimentos analisados de cada fracção habitacional:

- durante o 1º período de medição em análise (30 de Maio a 4 de Abril) as temperaturas médias obtidas em cada habitação, nos dois espaços avaliados, são muito semelhantes, o que reflecte uma uniformidade de temperatura no interior de cada fracção habitacional. Salienta-se ainda, que a temperatura média nesse período foi muito idêntica em todas as medições efectuadas, independentemente, da exposição solar dos espaços, da localização no edifício e da reabilitação térmica ou não das fracções avaliadas. Tal como já foi acima referido acredita-se que esta circunstância se deve, principalmente, às baixas amplitudes exteriores observadas aliado ainda ao facto das janelas se encontrarem, geralmente, abertas¹;
- no decorrer do 2º período verifica-se que; enquanto que nas habitações com orientação *Este / Oeste* (*Hab. 4 e Hab. 5*) ocorre uma diferença (cerca de 1º C) entre a temperatura média observada na sala de estar e no quarto² (Fig. 15), nas fracções com dupla exposição *Norte / Sul* (*Hab. 3, Hab. 6 e Hab. 7*), observa-se uma uniformidade das temperaturas no interior de cada habitação (Fig. 16);
- nas fracções orientadas a *Norte* e a *Sul* estima-se que a referida uniformidade se deve a uma conjuntura que resulta de vários factores, nomeadamente: ao isolamento térmico da envolvente exterior; à abertura de janelas; e à activação dos estores exteriores nos espaços com exposição a *Sul* (redução dos ganhos solares);
- no caso das fracções com exposições *Este / Oeste* as diferenças encontradas só podem ser justificadas pelo facto das referidas habitações se localizarem em últimos pisos e as suas envolventes exteriores não serem isolada termicamente, factores que são determinantes para que as temperaturas interiores sejam também mais sensíveis às elevadas amplitudes térmicas (e incidência da radiação solar) observadas no decorrer do 2º período considerado.

¹ - A dupla exposição das fracções analisadas e a distribuição dos seus compartimentos (vd. Fig. 3) permite uma ventilação transversal do interior das habitações que garante uma maior uniformidade das temperaturas interiores.

² - Nas duas fracções o espaço mais quente foi a sala de estar com exposição *Este*.

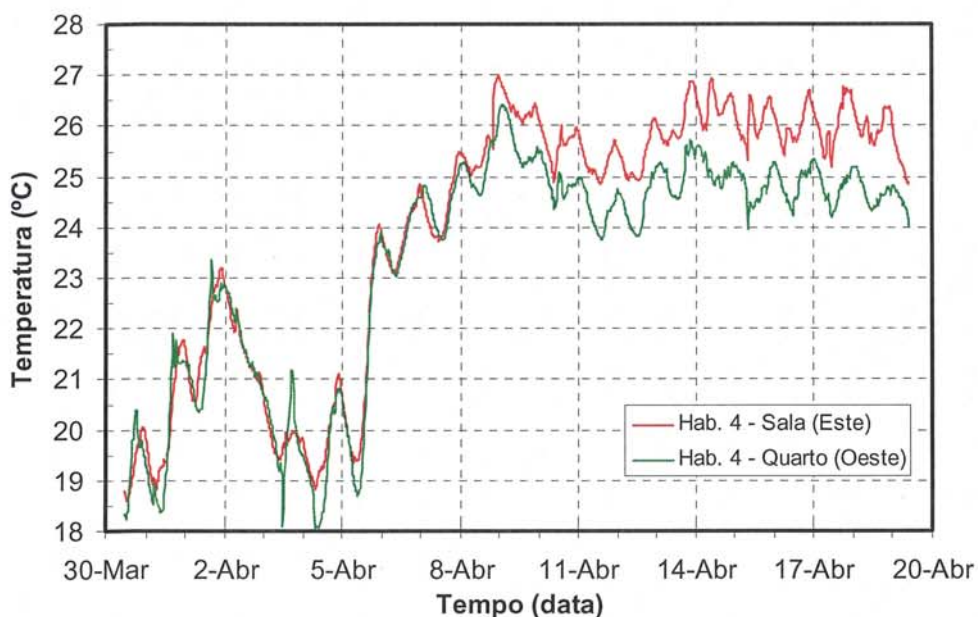


Fig. 15 – Evolução da temperatura no interior no quarto e na sala de estar numa fracção com exposição solar *Este / Oeste*

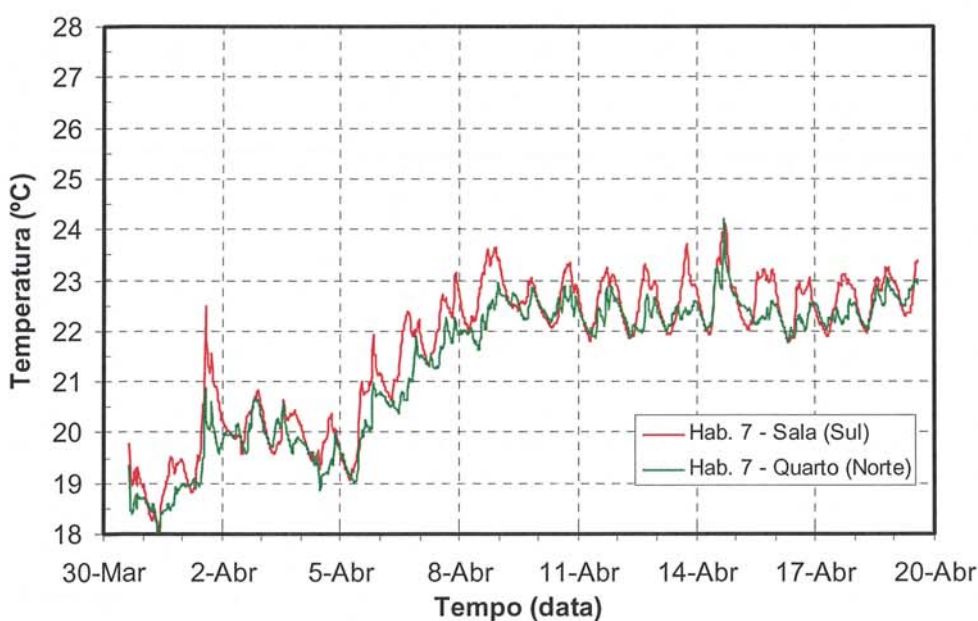


Fig. 16 – Evolução da temperatura no interior no quarto e na sala de estar numa fracção com exposição solar *Norte / Sul*

Fracções antes e após a intervenção de reabilitação

Tal como já referido (*vd.* 1) no decorrer da presente campanha de medições foi possível medir e registar as condições ambientes em contínuo, em diversas fracções habitacionais de bairro Sá Carneiro (Quadro 1), nas quais quatro já tinham sido sujeitos às obras de reabilitação (*Hab. 3, Hab. 6, Hab. 7 e Hab. 8*) e outras quatro ainda não tinha sido iniciada a intervenção planeada (*Hab. 1, Hab. 2, Hab. 4 e Hab. 5*).

No entanto, tendo em conta as diferentes características das fracções estudadas (orientação solar, localização em altura no edifício e tipologia da fracção), não é possível comparar o desempenho térmico de todas as fracções, de modo a avaliar a influência da intervenção de reabilitação térmica nos edifícios.

Nesse sentido, apenas é viável a comparação dos resultados das medições efectuadas em espaços interiores de três fracções, localizados em pisos intermédios, com exposição solar Este¹, sendo duas fracções não reabilitadas (*Hab. 1* e *Hab. 2*) e uma já sujeita à intervenção de reabilitação térmica programada² (*Hab. 8*). Assim, apresenta-se na Fig. 17, a evolução das temperaturas registadas nos referidos espaços e no Quadro 6 indicam-se os valores médios da temperatura e da amplitude térmica diária observados no interior dos espaços estudados durante o período em estudo (30 de Março a 19 de Abril).

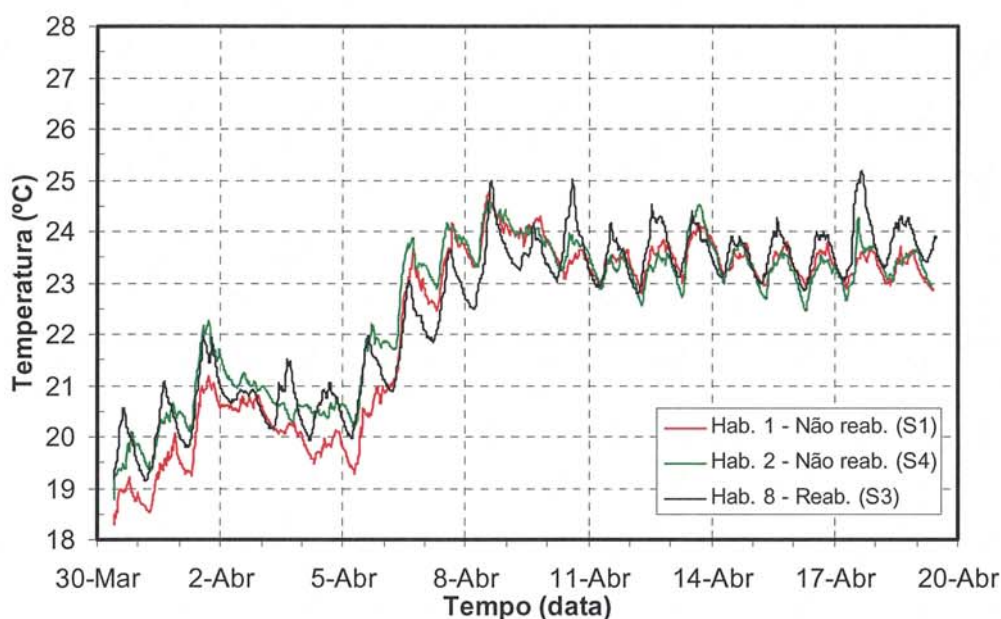


Fig. 17 – Evolução da temperatura nas fracções, reabilitadas e ainda não reabilitadas, registadas no bairro Sá Carneiro

Quadro 6 – Resultados das medições em contínuo da temperatura do ar efectuadas em habitações do bairro Sá Carneiro

Bloco	Habitação (Piso *)	Espaço (Expos.)	Sonda T/HR (Ref ²)	Temperatura média do ar, T_a (°C) / Amplitude térmica média diária, ΔT_a (°C)	
				1º Período (30 Mar. / 4 Abr.)	2º Período (13 / 19 Abr.)
8	Hab. 1 (int.)	Sala (E)	S1	19,9 / 1,1	23,4 / 0,8
	Hab. 2 (int.)	Sala (E)	S4	20,6 / 1,3	23,3 / 1,1
21	Hab. 8 (int.)	Quarto (E)	S3	20,5 / 1,6	23,7 / 1,3

* - int – piso intermédio ult. – último piso

¹ - Nas duas fracções não reabilitadas (*Hab. 1* e *Hab. 2*) os espaços avaliados foram a sala de estar, enquanto que na fracção reabilitada (*Hab. 8*) foi um dos quartos dessa fracção.

² - Ainda não totalmente completa. Falta ainda concluir a vedação dos caixilhos.

A análise geral dos resultados apresentados na figura e no quadro anteriores permite concluir que as temperaturas obtidas nos espaços das três referidas fracções foram muito semelhantes, não evidenciando diferenças assinaláveis de melhoria das condições ambientes, situação que seria de prever (na *Hab. 8*) como resultado da intervenção de reabilitação térmica.

A principal justificação possível¹ para esta circunstância resulta do facto de, embora se considere que *Hab. 8* esteja reabilitada - tendo em conta que a aplicação do isolamento térmico da envolvente exterior e a colocação da caixilharia e dos vidros duplos já terem sido concluídas - tal como foi referido (*vd.* Quadro 2), a vedação dos caixilhos ainda não foi efectuada, o que conduz a grandes infiltrações / exfiltrações de ar que, naturalmente, influenciam as condições ambientes interiores e reduzem a eficácia da reabilitação térmica.

O comportamento dos utentes dos espaços interiores, nomeadamente a abertura ou fecho de janelas, ou a utilização dos estores exteriores, também é fundamental para a obtenção das condições ambientes existentes. No entanto, não tendo sido possível identificar os referidos comportamentos, ao longo de todo o período de medição, o seu impacto nos resultados obtidos não pode ser avaliado.

Percepção térmica (folha de registo)

De acordo com a metodologia do presente estudo (*vd.* 2.1), no início de período de medição dos parâmetros higrotérmicos, aquando da colocação dos sistemas de medição nas fracções em estudo, foi fornecida uma ficha de registo (*vd.* Anexo II) aos residentes para que, regularmente, durante o período de três semanas pudessem exprimir as suas percepções térmicas nos espaços em estudo.

Para esse efeito era solicitada apenas que exprimissem a sua ***sensação térmica*** e a sua ***preferência térmica*** na hora do preenchimento da referida ficha (sendo ainda indicada a data e a hora da operação), através das escalas térmicas (Fig. 6 e Fig. 7) também existentes no inquérito (*vd.* Anexo I).

A análise dos resultados² obtidos através das referidas folhas de registo permitiu concluir que em, cerca de, 87% dos votos expressos os inquiridos manifestaram estar satisfeitos com o ambiente térmico interior (*vd.* 2.4).

¹ - Tendo em conta as inúmeras variáveis que podem influenciar as condições interiores.

² - Foram obtidas cinco folhas de registo devidamente preenchidas, totalizando trinta votos de percepção térmica.

4. CONFORTO TÉRMICO (MEDIÇÕES PONTUAIS)

4.1. Critério de avaliação

As recomendações de condições satisfatórias de conforto térmico aplicáveis a espaços interiores são expressas utilizando vários indicadores, entre eles a temperaturas do ar, a temperatura operativa e índices térmicos. Apresentam-se a seguir algumas dessas recomendações aplicáveis a espaços interiores, especificadas em documentos regulamentares ou normativos, as quais serviram de base à apreciação das condições registadas no presente.

a) Temperatura do ar

No domínio regulamentar o actual *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE) [3] – que estabelece as regras a observar no projecto de edifícios de modo a assegurar a obtenção de condições interiores de conforto térmico sem consumo excessivo de energia – considera que *as condições ambientes de conforto de referência são uma temperatura do ar de 20 °C, para a estação de aquecimento (Inverno), e uma temperatura do ar de 25 °C, e 50 % de humidade relativa, para a estação de arrefecimento (Verão), não sendo indicado qualquer valor para o caso da meia-estação.*

O *Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios* (RSECE) [6] adopta os requisitos de conforto térmico de referência fixados do RCCTE para cálculo das necessidades energéticas, *tendo ainda em conta que a velocidade do ar interior não deve exceder os 0,2 m/s e que quaisquer desequilíbrios radiativos térmicos devem ser devidamente compensados.*

b) Índices PMV e PPD

Tal como foi referido num relatório anterior [2], os índices térmicos PMV (*voto médio previsível*) e PPD (*percentagem prevista de insatisfeitos*) são especificados para ambientes térmicos moderados e constituem a base da norma europeia EN ISO 7730 [5], sendo também considerados nas normas ASHRAE 55 [8] e EN 15251 [7], para a caracterização de ambientes interiores de edifícios climatizados.

Com base nos índices térmicos *PMV* e *PPD*, a normalização existente recomenda valores máximos de *PPD* para ambientes térmicos moderados que correspondem a determinados intervalos de valores de *PMV*.

No Quadro 7 apresentam-se os valores recomendados, para várias classes de ambientes térmicos (com diferentes níveis de exigência que diminuem da classe A para a classe C), de modo a que um dado ambiente térmico seja considerado aceitável em termos dos índices PPD e PMV.

Quadro 7 – Ambientes térmicos e respectivas exigências [5]

Classe	PPD (%)	PMV
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7

De acordo com a descrição dos edifícios estudados (vd. 2.2), para os espaços avaliados na presente fase do estudo pode admitir-se que a classe dos ambientes a considerar é a C. Tendo em conta os valores referidos no Quadro 7 são recomendados uma percentagem prevista de insatisfeitos (PPD) inferior a **15 %**, e um voto médio previsível (PMV) compreendido entre **- 0,7 e 0,7**.

c) *Temperatura operativa*

A temperatura operativa do ar, T_{op} , é um parâmetro muito frequentemente utilizado para especificar as condições ambientes satisfatórias.

Em termos de conforto térmico a norma europeia EN 15251 [7] classifica os ambientes térmicos em função do grau de exigência estabelecido para o edifício em análise e para os seus ocupantes¹ (Quadro 8).

Quadro 8 – Aplicabilidade das classes de ambientes térmicos e gamas de temperaturas aceitáveis [7]

Classe	Descrição	Gama aceitável
I	Elevado nível de expectativa apenas usado em espaços ocupados por pessoas muito sensíveis e débeis	$\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
II	Expectativa normal (edifícios novos e reabilitados)	$\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
III	Expectativa moderado (edifícios existentes)	$\pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$
IV	Valores fora dos critérios acima estabelecidos (períodos limitados)	$> 4 \text{ }^\circ\text{C}$

A referida norma indica um critério de cálculo (modelo adaptativo) das gamas de temperatura aceitáveis para edifícios de serviços e residenciais, sem sistemas de climatização mecânicos activos², o qual considera que o facto de uma pessoa ter a possibilidade de se adaptar, alterando o seu vestuário, abrindo/fechando uma janela ou até reduzindo a sua actividade, a torna mais tolerante (menos expectante) relativamente ao ambiente térmico circundante [7].

No modelo de cálculo constante da norma EN 15251 [7] a temperatura de conforto é determinada com base na temperatura exterior observada nos dias que antecedem as medições, T_{mp} (temperatura média ponderada), e o “desvio” definido em torno daquele

¹ - As classes de I a III (Quadro 8) são equivalentes às classes A a C apresentadas no Quadro 7.

² - Para edifícios climatizados a norma específica os limites aceitáveis dos índices *PMV* e *PPD* [5].

valor (o qual determina a gama de temperatura aceitável) depende da categoria em que o ambiente térmico é classificado (Quadro 8).

Atribuindo uma classe III¹ (Quadro 8) aos espaços estudados e atendendo aos valores da temperatura exterior registados nos dias que antecederam as medições, a gama de temperatura operativa considerada adequada pela norma europeia foi de (vd. 4.2; Fig. 18): **18,0 °C a 27,5 °C**, para o dia 30 de Março; e de **20,5 °C a 28,5 °C**, para o dia 19 de Abril.

De acordo com o Quadro 8 aos espaços interiores das fracções reabilitadas deverá ser atribuída a classe II (mais exigente). Nesse sentido, segundo a norma europeia, tendo em conta as temperaturas exteriores observadas, a temperatura mínima aceitável a considerar deverá ser **20,0 °C e 21,5 °C**, respectivamente, para os dias 30 de Março e 19 de Abril.

No âmbito do projecto financiado pela FCT denominado *Desenvolvimento de Modelos de Conforto Térmico e Visual Sustentáveis* (Ref.^a PTDC/ECM/71914/2006), no qual se enquadra o presente estudo, foi desenvolvido no LNEC um modelo adaptativo de avaliação das condições de conforto térmico em ambientes interiores de edifícios em Portugal [1]. Esse modelo envolveu uma equipa interdisciplinar de investigadores das áreas das Ciências Sociais e de Engenharia, e baseou-se num conjunto significativo de resultados obtidos em levantamentos efectuados em edifícios de serviços (convencionais e de ensino) e residenciais (principalmente especiais; centros de dia e lares de idosos).

Considerando o referido modelo adaptativo [1], as gamas de conforto térmico para as temperaturas exteriores² verificadas no período de medição são de (vd. 4.2; Fig. 18) **18,5 °C a 24,5 °C**, para o dia 30 de Março; e de **20,0 °C a 26,0 °C**, para o dia 19 de Abril.

4.2. Resultados obtidos

4.2.1. Parâmetros higrotérmicos e índices térmicos

Nos dois dias de medições (30 de Março e 19 de Abril) foram efectuados dez levantamentos das condições ambientes em várias habitações de edifícios do bairro Sá Carneiro em Leiria (vd. 2.2; Quadro 3).

No Quadro 9 apresentam-se os resultados dos principais parâmetros ambientes registados durante os levantamentos efectuados (*Lev.*) no referido bairro. Esses resultados correspondem aos valores médios das temperaturas do ar, interior e exterior, e da humidade relativa interior, calculados com base nos registos obtidos durante cada período de medição (aproximadamente de uma hora).

¹ - Os ambientes nos espaços reabilitados, de acordo com o Quadro 8, podem ser classificados em Classe II. No entanto, de modo a ser possível comparar as condições ambientes nas diversas fracções estudadas, no presente estudo consideram-se todos espaços de classe III.

² - Expressas, tal como na norma EN 15251 [7], em termos de temperatura média exterior, exponencialmente ponderada, *T_{mp}*, dos últimos sete dias [1].

Nesse quadro indicam-se, ainda, os índices térmicos (*PMV* e *PPD*) calculados com base nos parâmetros interiores registados e em valores individuais estimados (actividade física e vestuário)¹, assim como a exposição solar dos espaços estudados. Salieta-se ainda, que em nenhum dos levantamentos realizados se verificou a utilização que qualquer sistema de climatização (aquecimento, arrefecimento ou ventilação) existente nos espaços estudados.

Quadro 9 – Resultados obtidos nos levantamentos pontuais efectuados em várias habitações do bairro Sá Carneiro

Levantamento	Bloco	Exposição solar	Parâmetros ambientais				Índices térmicos	
			T_a (°C)	T_{op} (°C)	HR (%)	T_{ext} (°C)	PMV	PPD (%)
Lev 1	8	Este	18,5	18,6	63,1	11,0	-1,2	36
Lev 2		Este	18,3	18,9	62,1	10,7	-1,3	38
Lev 3	25	Norte	18,9	19,3	66,0	10,7	-1,1	29
Lev 4	9	Este	18,8	19,1	70,0	10,8	-1,1	29
Lev 5	7	Este	19,2	19,6	62,4	11,7	-0,9	23
Lev 6	26	Norte	20,2	20,8	76,5	11,1	-0,6	13
Lev 7	8	Este	22,4	22,4	62,0	14,9	-0,1	5
Lev 8		Este	22,2	22,7	58,5	13,9	-0,2	6
Lev 9	26	Norte	22,8	23,1	66,2	14,1	-0,1	5
Lev 10	25	Norte	23,0	23,4	64,8	14,6	0,1	5

T_a – Temperatura interior
 T_{ext} – Temperatura exterior

T_{op} – Temperatura operativa
PMV – Voto Médio Previsível

HR – Humidade relativa interior
PPD – Percentagem Média de Insatisfeitos

A análise dos resultados apresentados no quadro anterior, face aos critérios indicados em 3.1, permitem retirar as seguintes conclusões acerca das condições ambientes registadas nos espaços em estudo.

a) Temperatura do ar

Em termos das temperaturas interiores (T_a) registadas, da análise dos valores indicados no Quadro 9, verifica-se que os correspondentes valores variaram entre cerca de, **18 °C** e **20 °C**, no primeiro dia de medições (30 de Março; *Lev. 1* a *Lev. 6*), e entre **20 °C** e **23 °C**, no segundo dia (19 de Abril; *Lev. 7* a *Lev. 10*).

Considerando os valores da temperatura de *referência* de conforto indicados na regulamentação energética actualmente em vigor em Portugal (**20,0 °C** no período de aquecimento e **25,0 °C** no período de arrefecimento) [3][6], verifica-se que, no dia 30 de Março (*Lev. 1* a *Lev. 6*) as temperaturas interiores observadas, na generalidade, estiveram abaixo do valor mínimo indicado como temperatura de referência de conforto para o Inverno

¹ - Face à informação obtida durante a observação visual efectuada pelo técnico que realizou os levantamentos, os valores estimados foram 1,2 *met* para a taxa de metabolismo (actividade física) e 1,0 *clo* para a resistência térmica do vestuário (valor típico para o Inverno).

(20 °C), enquanto que no segundo dia de medições (19 de Abril) as temperaturas interiores registadas enquadraram-se entre os valores de referência indicados na legislação nacional. Nesse sentido, tendo em conta os referidos valores convencionais de conforto e o facto de as medições terem sido efectuadas durante a meia-estação, estima-se que as temperaturas registadas no primeiro dia foram um pouco baixas, enquanto que no segundo dia indiciam situações de conforto térmico.

b) Índices PMV e PPD

Relativamente aos índices térmicos calculados (Quadro 9), que têm em conta os efeitos de vários parâmetros ambientais e, ainda, os parâmetros individuais (actividade e vestuário), verifica-se que os valores obtidos para o índice *PMV* indicam que a opinião média estimada para um grupo de indivíduos, no primeiro dia de medições (*Lev. 1 a Lev. 6*) é de que o ambiente estaria “ligeiramente frio” ($PMV = -0,6$ a $-1,3$), enquanto que no segundo dia de medições (*Lev. 7 a Lev. 10*) é de que estaria “nem quente nem frio” ($PMV = -0,2$ a $0,1$).

Considerando os limites para a existência de condições satisfatórias de conforto térmico recomendados nas normas EN ISO 7730 e ASHRAE 55 ($PPD < 15\%$; $-0,7 < PMV < 0,7$) (vd. 4.1b), estima-se que nos levantamentos efectuados no dia 30 de Março tenha existido desconforto térmico, enquanto que no segundo dia de medições (19 de Abril) considera-se que as condições ambientes foram satisfatórias, de acordo com as referidas normas internacionais. Salienta-se que quando se avaliaram situações de desconforto térmico ($PPD > 15\%$) as temperaturas interiores observadas foram inferiores a 20,0 °C¹.

c) Temperatura operativa

Numa abordagem adaptativa (vd. 4.1c), isto é adoptando modelos que consideram que, além dos factores físicos, os factores psicológicos e fisiológicos também têm um forte influência na definição de conforto térmico, os limites indicados para situações de conforto térmico são mais tolerantes e são especificados em termos de temperatura operativa (T_{op}). Analisando as temperaturas apresentadas no Quadro 9 verifica-se que os valores registados de T_{op} durante os levantamentos realizados, em termos médios, foram muito semelhantes aos da T_a , o que demonstra que nos pontos de medição a influência das acções radiativas foram praticamente nulos.

Na Fig. 18 representam-se os limites de temperaturas de conforto resultantes, quer da aplicação do modelo desenvolvido pelo LNEC [1], quer da norma europeia EN 15251 [7],

¹ - Valor semelhante ao valor mínimo de referência de conforto indicado na legislação nacional para períodos de aquecimento (Inverno) [3][6].

assim como, as temperaturas operativas interiores obtidas no decorrer de todos os levantamentos efectuados no Bairro Sá Carneiro.

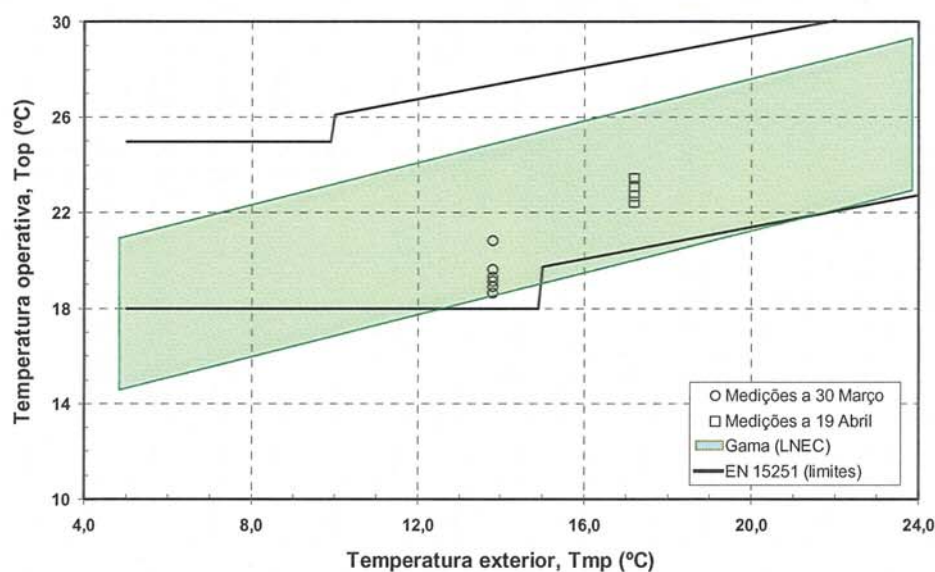


Fig. 18 – Temperaturas operativas obtidas ao longo dos levantamentos efectuados e limites recomendados

A análise dos resultados apresentados na Fig. 18 permite verificar que, numa abordagem adaptativa (4.1), quer utilizando o modelo desenvolvido no LNEC [1], quer o adoptado na norma europeia [7], se considera que em todos os levantamentos realizados no Bairro Sá Carneiro se verificaram condições de conforto térmico.

Tendo em conta as análises acima efectuadas – com base na legislação actualmente em vigor, nas normas internacionais EN ISO 7730 e ASHRAE 55, e nos modelos adaptativos – confirma-se a maior tolerância térmica na avaliação de ambientes térmicos aquando da aplicação de modelos adaptativos, pelo facto de ser considerada a capacidade de adaptação humana às condições ambientes.

4.2.2. Percepções térmicas

Nas análises anteriores apresentaram-se os resultados referentes aos parâmetros ambientais (objectivos) determinantes na descrição da percepção térmica dos utentes, e na consequente definição das suas condições de conforto térmico.

De seguida descrevem-se e analisam-se as percepções térmicas individuais dos utentes dos espaços estudados, nomeadamente, a *sensação* e a *preferência* térmicas, expressas nos questionários aplicados aos inquiridos aquando da realização dos levantamentos.

a) Sensação térmica

De modo a avaliar a sensação humana no contexto de um determinado ambiente térmico interior foi utilizada a escala atrás descrita (Fig. 6), através da qual cada inquirido manifestou a sua *sensação* térmica durante o período em que decorreu a medição dos parâmetros ambientais interiores.

No decorrer dos dois de medições (30 de Março e 19 de Abril) realizadas no Bairro Sá Carneiro, em que foram efectuados dez levantamentos das condições ambientes em diversas fracções (Quadro 3), foram recolhidos doze questionários que compilam a informação fornecida pelos ocupantes das referidas fracções.

A maioria dos utentes inquiridos (92%), aquando da realização dos levantamentos, revelou uma sensação de satisfação face às condições ambientes existentes expressando estar “*nem quente nem frio*” (vd. Fig. 6; $sti = 0$).

Tal como já foi referido o índice *PMV*, determinado com base nas medições dos parâmetros ambientais e na estimativa dos parâmetros individuais (vestuário e actividade física) pretendem, justamente, estimar a sensação térmica dos inquiridos (vd. 2.4). Comparando os resultados dos índices térmicos *PMV* obtidos nos levantamentos efectuados (Quadro 9), que indiciam no primeiro dia de medições (30 de Março) nitidamente situações de desconforto térmico (frio), com as sensações térmicas **expressas** pelos inquiridos, verifica-se que a avaliação através do *PMV* subestima francamente as sensações expressas pelos inquiridos.

Este facto demonstra, tal como se verificou noutras campanhas experimentais realizadas no âmbito de outros estudos [1, 9 a 12], que a utilização dos índices térmicos (*PMV* e *PPD*) para a avaliação das condições de espaços não-climatizados não se revela, em geral, adequada.

b) Preferência térmica

De acordo com a metodologia adoptada neste estudo (vd. 2.4), após a indicação da sensação térmica nos questionários, os inquiridos foram convidados a exprimirem a sua *preferência* térmica, *pti*, utilizando para o efeito a escala apresentada na Fig. 7.

Em relação a *preferência* térmica, a grande maioria dos correspondentes votos (83%) recaíram na vontade de manter o ambiente “*tal como está*” ($pti = 0$), o que reforça a satisfação manifestada através da *sensação* térmica, e os restantes votos demonstram a desejo de um ambiente “*ligeiramente mais quente*” ($pti = +1$).

5. CONCLUSÕES

Nos capítulos precedentes apresentaram-se os resultados de um programa de avaliação das condições ambientes em diversas fracções habitacionais de sete edifícios do bairro social Sá Carneiro em Leiria, durante o período de meia-estação (30 de Março a 19 de Abril de 2011).

Tal como foi referido na metodologia de estudo adoptada (*vd.* 2), no decorrer do presente estudo foram efectuadas medições das condições higrotérmicas (temperatura e humidade relativa do ar), em contínuo durante uma sequência de três semanas, em simultâneo, no interior de várias habitações representativas de diversas localizações nos edifícios (pisos diferentes) e no bairro (orientações solares distintas) de modo a avaliar as condições ambientes interiores das habitações reabilitadas e não reabilitadas.

A análise dos resultados obtidos das medições efectuadas (*vd.* 3.1) durante o referido período permitiu retirar as seguintes principais conclusões:

- enquanto que as temperaturas médias diárias exteriores variaram entre, cerca de **16 °C** e **18 °C**, as temperaturas médias do ar no interior das diferentes fracções analisadas oscilaram entre, **20 °C** e **26 °C** (*vd.* Quadro 4). De acordo com a informação recolhida junto dos utentes das fracções estudadas, estima-se que não foi utilizado qualquer tipo de equipamento de climatização (aquecimento, arrefecimento ou ventilação) durante o período de medições, daí se concluir que as temperaturas interiores elevadas resultam dos ganhos solares através dos vãos envidraçados e dos ganhos térmicos internos;
- nos edifícios não reabilitados, quando se comparam as temperaturas interiores registadas em fracções de pisos intermédios e em últimos pisos, as temperaturas interiores nos últimos pisos foram superiores em cerca de **3 °C**, nos períodos mais quentes (*vd.* Fig. 13) devido á maior área de envolvente exterior existente (parte dela em cobertura) nas fracções de último piso. As amplitudes térmicas médias diárias observadas nos últimos pisos também foram mais elevadas do que as correspondentes registadas nos pisos intermédios, pela mesma razão;
- a análise do grau de eficácia da intervenção de reabilitação térmica, dado as diferentes características construtivas das fracções estudadas (orientação solar, localização em altura no edifício e tipologia da fracção), pôde apenas resultar da comparação dos resultados obtidos nos espaços interiores de três fracções habitacionais do bairro, duas não reabilitadas (*Hab. 1* e *Hab. 2*) e uma reabilitada (*Hab. 8*). As medições efectuadas (*vd.* Fig. 17 e Quadro 6) permitiram concluir que não se verificou uma melhoria assinalável nas condições ambientes resultante da reabilitação térmica. A principal justificação para este facto é que, embora se tenha

considerado que a *Hab. 8* estivesse reabilitada (isolamento térmico da envolvente e colocação da caixilharia e dos vidros duplos), a falta de vedação dos caixilhos conduz a grandes infiltrações / exfiltrações de ar que influenciaram as condições ambientes interiores e reduziram, naturalmente, a eficiência da reabilitação térmica.

Salienta-se ainda que, além dos aspectos construtivos referentes aos espaços estudados (localização, exposição solar e reabilitação térmica) cuja influência se tentou avaliar, o comportamento dos utilizadores dos espaços, nomeadamente, a abertura ou fecho de janelas, ou a utilização dos estores exteriores, é fundamental na definição das condições ambientes existentes. No entanto, não tendo sido possível identificar os referidos comportamentos, ao longo de todo o período de medição, o seu impacto nos resultados obtidos não pode ser avaliado.

Ainda durante o período em que decorreram as medições em contínuo, no primeiro (30 de Março) e no último dia (19 de Abril), foi realizado um conjunto de levantamentos pontuais (durante um período de cerca de uma hora) das condições de conforto térmico em vários espaços interiores (salas de estar) das fracções habitacionais estudadas. Tendo em conta diferentes critérios de avaliação das condições de conforto térmico (vd. 4.1), a análise dos resultados obtidos levou às seguintes conclusões:

- considerando que as temperaturas convencionais de referência indicadas actualmente na regulamentação nacional (20,0 °C no período de aquecimento e 25,0 °C no período de arrefecimento) [3][6], verificou-se que as temperaturas observadas no primeiro dia de medições (18,5 °C a 20 °C) foram inferiores ao valor mínimo referenciado para o Inverno, enquanto que no segundo dia de levantamentos os valores medidos (20 °C a 23 °C) enquadraram-se entre os valores convencionais indicados. Nesse sentido, e tendo em conta que as medições foram efectuadas durante a meia-estação, conclui-se que, com base na regulamentação nacional, as condições interiores analisadas seriam consideradas insatisfatórias no primeiro dia e satisfatórias no segundo dia de medições;
- adoptando os valores normativos recomendados para os índices térmicos (*PMV* e *PPD*) [5][7][8] os resultados calculados (vd. Quadro 9) permitiram chegar às mesmas conclusões;
- quando se considera uma abordagem adaptativa, mais adequada à avaliação das condições ambientes em edifícios não-climatizados, aplicando, quer o modelo desenvolvido no LNEC, quer a norma europeia EN 15 251 [7], verifica-se que em todos os levantamentos efectuados as condições ambientes foram consideradas

satisfatórias (vd. Fig. 18), o que confirma a aceitação de uma gama mais alargada de condições de conforto resultante da aplicação de modelos adaptativos;

- os ocupantes dos espaços estudados, directamente inquiridos por questionário acerca das suas percepções térmicas durante as medições efectuadas nas várias habitações, manifestaram uma *satisfação térmica* generalizada face as condições ambientes existentes (vd. 4.2.2), facto que valida as avaliações efectuadas com os modelos adaptativos.

No decorrer do próximo mês de Agosto irá ser realizada uma nova campanha de medições (medições pontuais e em contínuo), em diversas fracções do bairro (reabilitadas e não reabilitadas), de modo a avaliar as condições ambientes no Verão (condições climáticas mais desfavoráveis do que as observadas no presente estudo).

Ainda no decorrer do presente ano, estima-se que seja realizada uma terceira campanha de medições, no período de Inverno, embora se preveja que nessa altura a avaliação das condições ambientes seja apenas possível em fracções de edifícios já reabilitados.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Maio de 2011.


VISTO

O Chefe da Equipa de Projecto Especial
Edificação Sustentável



Carlos Alberto Pina dos Santos

AUTORIA



Luís Matias
(Investigador Auxiliar)

O Conselho Directivo



Carlos Pina
Presidente do LNEC



Carlos Alberto Pina dos Santos
(Investigador Principal)

BIBLIOGRAFIA

1. MATIAS, L.; – *Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal*. Coleção Teses e Programas de Investigação do LNEC (TPI), TPI 65. Lisboa: LNEC, 2010.
2. BAPTISTA COELHO, B.; MATEUS, A.; – *Reabilitação integrada de bairros de interesse social: o Bairro Sá Carneiro em Marrazes Leiria (I)*. Infohabitar – Revista do grupo habitar, Ano VII, nº 345. Disponível em <http://infohabitar.blogspot.com/> em 15 de Maio de 2011.
3. /PI - Leis, decretos, etc. – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril)*. Diário da República nº 67, I SÉRIE-A, p. 2468 a 2513.
4. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN) – *Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities (ISO 7726:1998)*. EN ISO 7726: 2001.
5. CEN – *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005)*. EN ISO 7730:2005.
6. /PI - Leis, decretos, etc. – *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)*. Diário da República nº 67, I SÉRIE-A, p. 2416 a 2468.
7. CEN – *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings-addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. EN 15251:2007.
8. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE) – *Thermal environmental conditions for human occupancy*. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004.
9. MATIAS, L. – *Avaliação das condições de conforto térmico em edifícios de habitação (Lisboa e Leiria). Verão de 2010*. Relatório 110/2011-ES/LNEC. Lisboa: LNEC, Abril 2011.
10. MATIAS, L. – *Avaliação das condições de conforto térmico em edifícios de habitação. Inverno 2010 / 2011*. Relatório 196/2011-ES/LNEC. Lisboa: LNEC, Maio 2011.
11. MATIAS, L.; PINA SANTOS, C.; PINTO, A. – *Net Zero Energy School – Reaching the Community. Escola secundária de Vergílio Ferreira. Condições ambientes no período de Inverno de 2010*. Relatório nº 180/2010 – ES/LNEC. Lisboa: LNEC, Junho de 2010.
12. MATIAS, L.; PINA SANTOS, C.; PINTO, A. – *Net Zero Energy School – Reaching the Community. Escola secundária de Vergílio Ferreira. Condições ambientes no período de meia-estação de 2010*. Relatório nº 269/2010 – ES/LNEC. Lisboa: LNEC, Agosto de 2010.

ANEXO I – INQUÉRITO



INQUÉRITO SOBRE:
CONFORTO TÉRMICO

(V03_10h_Inv)

Este edifício está a ser estudado ao abrigo de um trabalho de investigação desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

O objectivo deste inquérito é avaliar a opinião dos ocupantes deste edifício relativamente ao ambiente térmico, de modo a identificar os factores psicossociais que influenciam a sensação de conforto térmico.

Os resultados deste inquérito complementarão as medições de vários parâmetros ambientes efectuadas em simultâneo.

Sendo a sua participação fulcral para o desenvolvimento deste estudo, pedimos que responda com franqueza às perguntas que seguidamente são apresentadas. Salienta-se ainda que todas as respostas são confidenciais e anónimas, sendo os dados tratados apenas para fins estatísticos.

Muito obrigado pelo tempo despendido e pela sua cooperação.

Atentamente,

(Luís Matias)

"O conforto térmico pode ser definido como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico" (EN ISO 7730)

Lisboa, 2010

1 Dos seguintes factores, ordene os que considera mais importantes para que se sinta **CONFORTÁVEL (em termos gerais)** na sala onde se encontra neste momento (*identificar os três primeiros com 1º, 2º e 3º*).

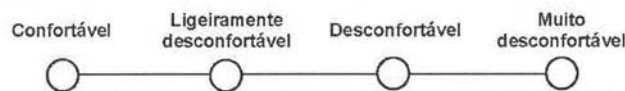
- | | | | |
|--------------------------------|-----|---------------------------|-----|
| O ruído | ___ | A luz natural | ___ |
| A ventilação | ___ | A luz artificial | ___ |
| A visibilidade para o exterior | ___ | A privacidade | ___ |
| A temperatura | ___ | A sua localização na sala | ___ |
| A decoração / mobiliário | ___ | Outro factor: _____ | ___ |

2 Considerando apenas **O AMBIENTE TÉRMICO** do local onde se encontra **NESTE MOMENTO**, responda às seguintes questões:

2.1 Como se **SENTE**, neste momento ?



2.2 Como **CONSIDERA** o ambiente térmico, neste momento ?



2.3 Neste momento, como **GOSTARIA** que o ambiente térmico estivesse ?



2.4 Em termos de **TOLERÂNCIA**, como classifica o ambiente térmico, neste momento ?



3 Existe uma série de medidas que as pessoas podem adoptar de modo a melhorar as suas condições de conforto térmico. Tomando em consideração **O LOCAL EM QUE SE ENCONTRA NESTE MOMENTO** responda as seguintes questões:

3.1 Alterou o seu **VESTUÁRIO** no decorrer da última hora, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico ?

- NÃO SIM | ⇒ Despiu
 ⇒ Vestiu

3.2 INGERIU ALGUMA BEBIDA, no decorrer da última hora ?

NÃO

SIM | ⇒ Senti CALOR
⇒ Senti FRIO
⇒ Outra razão

3.3 Durante a última hora, assinale se tomou algumas das seguintes medidas com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico.

- | | | | |
|--|-----------------------|--|-----------------------|
| 1. Abrir / fechar uma janela | <input type="radio"/> | 6. Alterar a temperatura do aquecimento / AC | <input type="radio"/> |
| 2. Abrir / fechar uma porta | <input type="radio"/> | 7. Outra: _____ | <input type="radio"/> |
| 3. Ligar / desligar uma ventoinha | <input type="radio"/> | 8. Não tomei nenhuma | <input type="radio"/> |
| 4. Subir / descer estores ou correr cortinas | <input type="radio"/> | | |
| 5. Ligar / desl. o aquecimento / AC | <input type="radio"/> | | |

3.4 Quando **SENTE FRIO**, neste espaço, o que costuma fazer ?

- | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1. Ligo o AQUECIMENTO | <input type="radio"/> | 4. Bebo uma BEBIDA quente | <input type="radio"/> |
| 2. Visto mais uma peça de ROUPA | <input type="radio"/> | 5. Não faço NADA | <input type="radio"/> |
| 3. Ponho uma MANTA | <input type="radio"/> | 6. Outra: _____ | <input type="radio"/> |

3.5 Nesta época do ano costuma ter o AQUECIMENTO ligado em CASA ?

NÃO ⇒ Não tenho	<input type="radio"/>	SIM ⇒ Raramente	<input type="radio"/>
⇒ Não necessito	<input type="radio"/>	⇒ Muitas vezes	<input type="radio"/>
⇒ Gasta muito	<input type="radio"/>	⇒ Sempre	<input type="radio"/>

5.1 Assinale se possui algum dos seguintes **SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO**, no seu LOCAL DE TRABALHO:

Aquecedor	<input type="radio"/>	Ventoinha	<input type="radio"/>
Aquecimento central	<input type="radio"/>	Outro: _____	<input type="radio"/>
Ar condicionado	<input type="radio"/>		

5.2 Nesta época do ano algum desses sistemas de climatização costuma estar ligado ?

NÃO <input type="radio"/>	SIM ⇒ Raramente	<input type="radio"/>
	⇒ Muitas vezes	<input type="radio"/>
	⇒ Sempre	<input type="radio"/>
	QUAL: _____	

6 Finalmente, apenas por uma questão de caracterização demográfica dos inquiridos, por favor, responda-nos as seguintes questões:

6.1 Sexo: Masculino Feminino

6.2 Idade: _____ (anos)

6.3 Qual a sua **PROFISSÃO ou ACTIVIDADE PRINCIPAL** (no caso de a condição perante o trabalho ser desempregado ou reformado, referir a última actividade exercida):

6.4 Qual o seu **NÍVEL DE ESCOLARIDADE**:

1º Ciclo (equiv. à 4ª classe)

2º Ciclo (equiv. ao 6º ano)

3º Ciclo (equiv. ao 9º ano)

Ensino secundário (12º ano)

Ensino superior (Bac. ou Lic.)

Pós-Graduação (Mest. ou Dout.)

**AGRADECEMOS O TEMPO DESPENDIDO NO PREENCHIMENTO DESTE INQUÉRITO.
MUITO OBRIGADO.**

ANEXO II – FOLHA DE REGISTO



Estudo de conforto térmico no BAIRRO SÁ CARNEIRO (MARRAZES)

BLOCO 7

FRACÇÃO: 3º Drt

NOME: Rui Macedo

LOCAL DO EQUIPAMENTO: Sala de estar

Data	Hora	Como se sente neste momento?						Como gostaria que estivesse o ambiente agora?						
		Muito frio (-3)	Frio (-2)	Ligeiramente Frio (-1)	Nem frio nem quente (0)	Ligeiramente quente (+1)	Muito quente (+3)	Muito mais frio (-3)	Mais Frio (-2)	Ligeiramente mais Frio (-1)	Tal como está (0)	Ligeiramente mais quente (+1)	Mais quente (+2)	Muito mais quente (+3)
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

