

ANÁLISE TÉRMICA DE EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR DA DÉCADA DE 60 EM PORTUGAL

Marcelino, Inês I. G.¹
ines.vr@hotmail.com

Lanzinha, João C. G.²
joao.lanzinha@ubi.pt

ÁREA: REABILITAÇÃO

Resumo

Na atualidade dá-se cada vez maior atenção à necessidade de tornar os edifícios existentes mais sustentáveis tentando limitar os consumos exagerados de energia que resultam da resposta às crescentes exigências de conforto dos ocupantes. A reabilitação dos edifícios existentes deverá estar diretamente ligada ao conceito de eficiência energética com a redução dos consumos de energia, aplicando técnicas de análise e de reabilitação térmica de carácter passivo e promovendo a implementação de sistemas técnicos de apoio com base em energias renováveis.

O parque edificado europeu apresenta um alto consumo de energia no setor doméstico, porque os edifícios mais antigos tendem a consumir mais energia devido ao tipo de construção praticada na época. Como exemplo, cerca de 40% dos edifícios na Europa anteriores a 1960 não respeitam qualquer requisito de eficiência energética. No intervalo entre 1960 e 1990, construíram-se em Portugal paredes exteriores simples e paredes duplas de alvenaria de tijolo sem isolamento térmico sendo muito importante empreender medidas para a sua reabilitação. No caso dos edifícios construídos depois de 1990 verifica-se que a implementação de regulamentação específica melhorou o seu desempenho energético.

Neste trabalho apresenta-se um caso de estudo que corresponde à análise térmica de um edifício multifamiliar da década de 60. Recorreu-se a um conjunto de termogramas efetuados em dois períodos do dia na estação de aquecimento, a medições em contínuo de temperatura e humidade relativa e à análise térmica dos diferentes alojamentos com base na regulamentação atual.

Palavras-chave: Térmica
Reabilitação
Edifício Multifamiliar

¹ Mestre em Eng^a Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

² Universidade da Beira Interior, Fac. Engenharia, Dep. Eng. Civil e Arquitetura / C-MADE / LABSED

ANÁLISIS TÉRMICO DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE LA DÉCADA DE LOS 60 EN PORTUGAL

Marcelino, Inês I. G.³

ines.vr@hotmail.com

Lanzinha, João C. G.⁴

joao.lanzinha@ubi.pt

AREA: REHABILITACIÓN

Resumen

En la actualidad se da cada vez mayor atención a la necesidad de hacer los edificios existentes más sostenibles tratando de limitar los consumos exagerados de energía que resultan de la respuesta a las crecientes exigencias de confort de los ocupantes. La rehabilitación de los edificios existentes debe estar directamente vinculada al concepto de eficiencia energética con la reducción de los consumos de energía, aplicando técnicas de análisis y de rehabilitación térmica de carácter pasivo y promoviendo la implementación de sistemas técnicos de apoyo basados en energías renovables.

El parque edificado europeo presenta un alto consumo de energía en el sector doméstico, porque los edificios más antiguos tienden a consumir más energía debido al tipo de construcción practicada en la época. Por ejemplo, alrededor del 40% de los edificios de Europa anteriores a 1960 no cumplen ningún requisito de eficiencia energética. En el intervalo entre 1960 y 1990, se construyeron en Portugal paredes exteriores simples y paredes dobles de albañilería de ladrillo sin aislamiento térmico siendo muy importante emprender medidas para su rehabilitación. En el caso de los edificios construidos después de 1990 se observa que la aplicación de una reglamentación específica ha mejorado su rendimiento energético.

En este trabajo se presenta un caso de estudio que corresponde al análisis térmico de un edificio multifamiliar de la década de 60. Se recurrió a termogramas, a mediciones en continuo de temperatura y humedad relativa y al análisis térmico de los diferentes alojamientos sobre la base de la reglamentación actual.

Palabras clave: Térmica
Rehabilitación
Edificio Multifamiliar

³ Mestre em Eng^a Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

⁴ Universidade da Beira Interior, Fac. Engenharia, Dep. Eng. Civil e Arquitetura / C-MADE / LABSED

1. Introdução

Apesar da reduzida dimensão relativa do país o conjunto de edifícios que constituem o parque edificado português é relevante, na sua generalidade é pouco eficiente do ponto de vista térmico e apresenta-se algo degradado. Segundo os Censos 2011 existiam em Portugal cerca de 965.782 edifícios com necessidade de reparação, dos quais 156.093 (46,8%) foram construídos na década de 60 do século passado. Esta década representa o início da construção em grande escala de edifícios com estrutura reticulada em betão armado em Portugal, sem preocupações do ponto de vista do comportamento térmico (1). Existe, hoje, a necessidade de intervir neste conjunto de edifícios, não apenas para efetuar reparações necessárias e melhorar o seu aspeto exterior, mas também para manter as suas características, solucionar as patologias e as deficiências físicas e ambientais existentes, assim como adequar as suas funcionalidades, melhorar as condições de utilização e conforto e prolongar a sua vida útil. Aproveitando os recursos construtivos existentes estas ações de reabilitação poderão igualmente constituir uma boa alternativa de investimentos relativamente à construção nova.

Apresenta-se neste trabalho os procedimentos e os resultados da análise térmica de edifício multifamiliar da década de 60 em Portugal que consistiu na obtenção de imagens termográficas de apoio à identificação das principais fragilidades construtivas e condições de utilização das frações, na realização de um conjunto de medições em contínuo em alguns apartamentos e na avaliação das condições de comportamento térmico dos diferentes apartamentos com base na regulamentação portuguesa.

2. Medições

2.1. Termografia

A análise termográfica realizou-se durante dois períodos diferentes do dia na estação de aquecimento e ao longo de uma semana. No final do mês de novembro e início de dezembro efetuou-se durante a manhã e no mês de fevereiro durante a noite. Surgiram várias condicionantes para a sua realização e por essa razão tem de se considerar os possíveis erros associados aos dados climáticos (distância, humidade e velocidade do vento). Apesar dos constrangimentos referidos a obtenção de imagens termográficas permitiu a análise das principais fragilidades construtivas da envolvente do edifício e também fazer uma análise sequencial da utilização dos diferentes apartamentos por parte dos ocupantes. Como exemplo da identificação das fragilidades da envolvente, no termograma apresentado na Figura 1, assinalou-se uma linha designada por “P1” que é representada no gráfico 1 pelas temperaturas registadas ao longo desta linha. Foi possível verificar que a parede exterior do último piso apresenta temperaturas mais baixas que as restantes, o que permitiu sugerir que o apartamento não estaria a ser aquecido. Como esta situação foi registada ao longo dos sete dias de análise permitiu concluir que o apartamento estaria desocupado, facto que veio a verificar-se quando se tentou o contacto pessoal. Com recurso às imagens obtidas foi possível identificar, por exemplo, as pontes térmicas planas associadas a vigas e pilares expostos, que correspondem às temperaturas mais elevadas apresentadas no referido gráfico 1. Foi igualmente possível justificar a origem dos “fantasmas” observados visualmente na fachada principal do edifício. Pela análise dos termogramas foi também possível identificar as perdas de calor através das caixas de estore e dos elementos que constituem os peitoris, ombreiras e padieiras (figura 1). Estas peças de

mármore que rematam os vãos de janela foram projetadas e dispostas de forma incorreta pois permitem a continuidade da transmissão de calor entre o interior e o exterior, como foi possível verificar por inspeção visual.

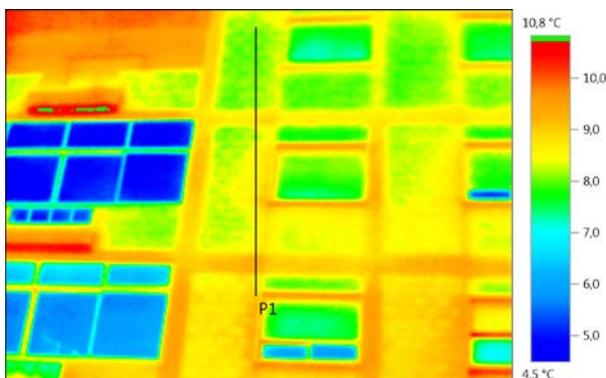


Figura 1: Termograma - medição noite

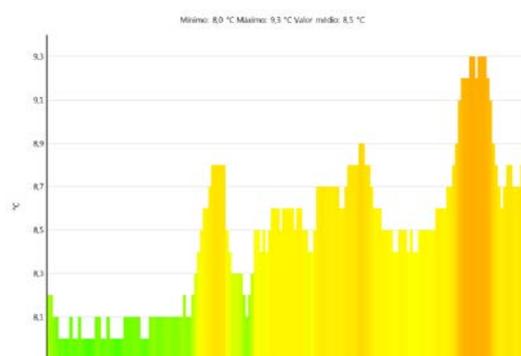


Gráfico 1: Temperatura ao longo da reta P1

Com a análise sequencial que se referiu anteriormente pretendia-se observar o comportamento dos ocupantes ao longo dos oito dias de ensaios, sem estar a maçá-los com inquéritos relativos ao seu comportamento habitual no interior das habitações. Na Figura 2, apresenta-se um exemplo para três andares da fachada principal. A diferença entre o último piso e os restantes é notória. Para além de se tratar de um andar termicamente crítico, devido às características da envolvente, verificou também não ser aquecido na sua totalidade. Como se pode observar na Figura 2, no segundo e terceiro andares apenas são aquecidos os quartos onde os ocupantes costumam dormir, que correspondem à primeira janela a contar da esquerda. Ao longo dos oito termogramas, registaram-se temperaturas variando entre os 5°C e os 9°C, ao longo de toda a fachada.

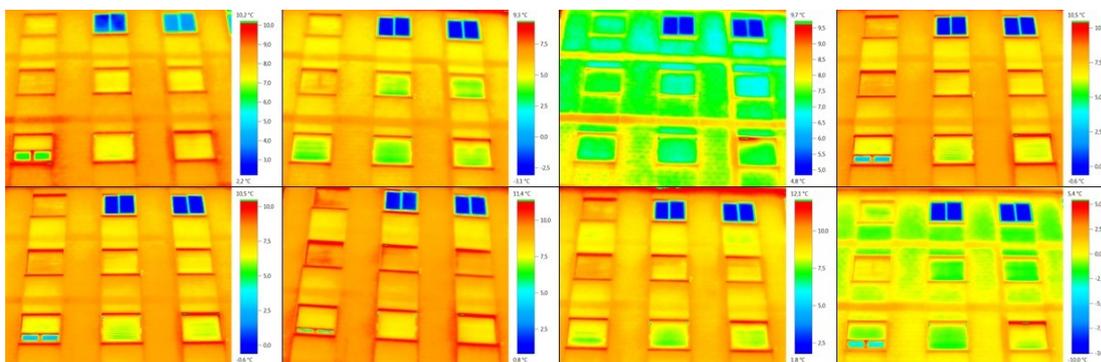


Figura 2: Termogramas obtidos na fachada principal

Com a análise dos termogramas verificou-se que alguns compartimentos estavam mais aquecidos que outros, essencialmente durante a noite. Estes resultados são justificados pelas práticas de aquecimento parcial dos apartamentos e também por existirem menos moradores do que é suposto/admitido para cada tipologia de apartamento existente (T3 e T4). Através da termografia foi possível, indiretamente, verificar os apartamentos que não se encontram habitualmente habitados.

2.2. Medições em contínuo de temperatura e humidade relativa

De uma forma complementar, foram realizadas medições contínuas de temperatura e humidade relativa em alguns períodos das estações de inverno e verão. Os dados relativos de janeiro a março 2016 foram fornecidos no âmbito de estudos anteriormente realizados no mesmo edifício (2). Os valores de medição relativos ao período de julho a setembro de 2016 foram obtidos noutra fração também localizada no último piso do edifício, de forma a complementar a informação disponível.

2.2.1. Estação de aquecimento

Apresentam-se no gráfico 2 os registos das medições de temperatura interior realizadas na estação de inverno de 2016. Tendo em conta as linhas de referência, verifica-se que, durante este intervalo de tempo, a curva da temperatura ambiente se situa sempre abaixo da linha de referência estipulada para a estação de aquecimento (18°C), tendo-se atingido uma temperatura interior máxima de 14,8°C e mínima de 8,8°C. Os dados registados no interior da habitação revelam desconforto térmico, devido às baixas temperaturas registadas. A carência económica dos agregados familiares que ocupam atualmente o edifício potencia a não utilização de dispositivos de aquecimento devido aos elevados gastos da energia elétrica necessária para o aquecimento eficaz dos apartamentos.

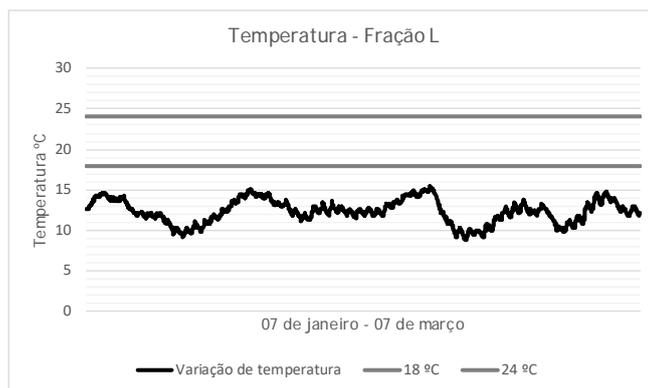


Gráfico 2: Variação da temperatura ambiente no intervalo de janeiro a março de 2016

Ainda na estação de aquecimento mencionada, registaram-se os valores da humidade relativa (gráfico 3). Obteve-se o valor máximo de 93,9%, ultrapassando o limite recomendado de 85%. No período final das medições, referente a março, verificou-se o mínimo de 47,3% e valores dentro dos estipulados.

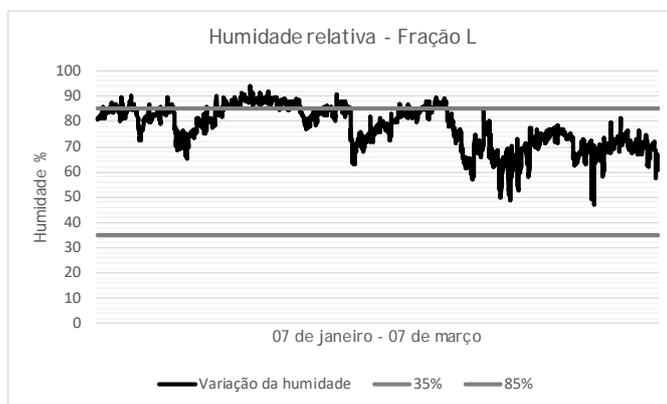


Gráfico 3: Variação de humidade relativa no intervalo de janeiro a março de 2016

2.2.2. Estação de arrefecimento

Os dados apresentados no gráfico 4 dizem respeito a temperatura e humidade relativa medidos em compartimentos da fração em contacto com o desvão da cobertura. Para efeitos de comparação, foram colocados aparelhos no desvão de cobertura a nascente e poente e ainda no exterior, no intervalo de tempo de julho a setembro de 2016.

Como exemplo, no quarto orientado a sudoeste, observaram-se valores de temperatura ambiente interior acima do recomendado, à exceção de parte do mês de setembro. Registou-se 33,2°C de máxima e 19,6°C de mínima, neste período de tempo.

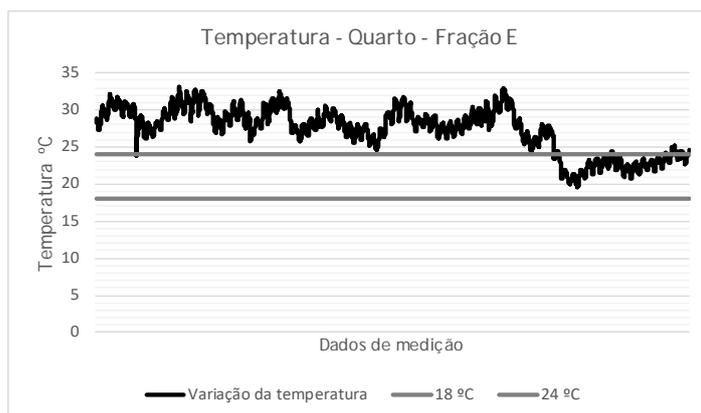


Gráfico 4: Variação da temperatura no intervalo de julho a setembro de 2016

Como se pode verificar no gráfico 5, os valores da humidade relativa medidos no apartamento variam perto do limite inferior de 35%. A maioria dos valores encontram-se abaixo do valor mínimo recomendado nos meses de mais calor, recuperando no mês de setembro. Os valores atingidos foram de 52,9% e 20,6% de máxima e mínima, respetivamente.

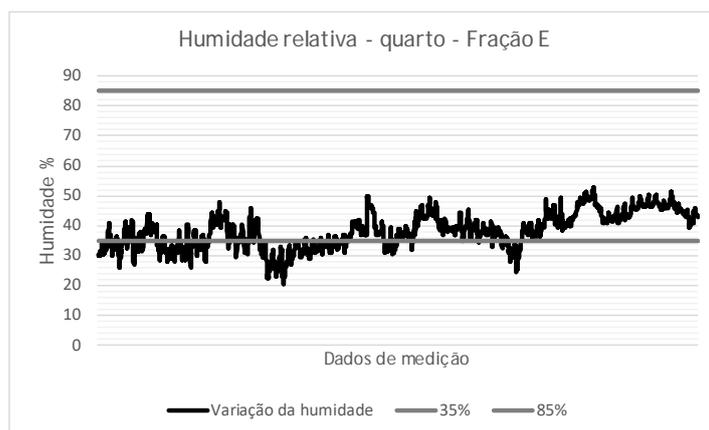


Gráfico 5: Variação da humidade relativa no intervalo de julho a setembro de 2016

No desvão de cobertura fortemente ventilado, sem qualquer tipo de isolamento e orientado a nascente, verificaram-se grandes amplitudes térmicas ao longo do dia (Gráfico 6). Registou-se neste espaço (não habitável) uma temperatura máxima de 45,9°C no mês de julho e mínima de 12,4°C no mês de setembro. A humidade relativa registou o valor máximo de 70,2% e o mínimo de 14,3%.

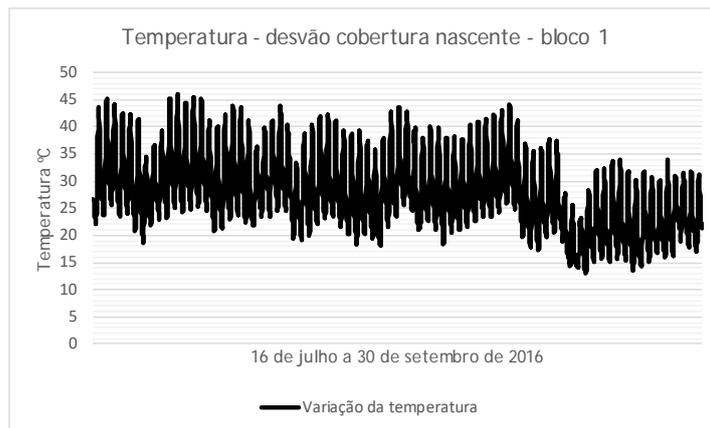


Gráfico 6: Variação da temperatura no intervalo de julho a setembro de 2016

Nas medições contínuas de temperatura e humidade relativa nas diferentes estações, concluiu-se que em nenhum dos apartamentos a temperatura está entre os valores recomendados de 18°C para o inverno e 24°C para o verão. Foram registadas no interior dos apartamentos estudados temperaturas superiores a 30°C no verão e inferiores a 10°C. A percentagem de humidade relativa deve estar entre os 35% e os 85%. Contudo, na estação de verão, verificaram-se valores abaixo dos 35% e no inverno acima de 85%. Conclui-se que as condições de conforto e habitabilidade no interior das habitações não correspondem às atualmente exigidas e causam as incomodidades sérias referidas pelos ocupantes, como previstos através da termografia e confirmados de seguida através do cálculo térmico.

2.2.3. Análise térmica

Para a realização da análise térmica e certificação energética dos edifícios existentes, é necessário realizar o levantamento geométrico dos apartamentos e a caracterização dos elementos construtivos da envolvente térmica da fração (pavimentos, coberturas, paredes e envidraçados). Quanto à identificação das pontes térmicas planas recorreu-se ao apoio da imagem termográfica como já foi referido. As pontes térmicas lineares foram igualmente contabilizadas.

Numa primeira análise dos resultados, verificou-se que os valores das necessidades de energia útil das frações, tal como era esperado, variam consoante o andar em que se encontram. Assim, agruparam-se as frações em: andares rés-do-chão (tabela 1), andares intermédios (tabela 2) e últimos andares (tabela 3). Nas referidas tabelas apresentam-se os valores das necessidades de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e arrefecimento (N_{vc}), as necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}), a razão entre o último valor e o limite máximo regulamentar dessas mesmas necessidades (N_t) e ainda a classe energética de cada fração.

Salienta-se que a regulamentação portuguesa impõe a contabilização das necessidades de energia primária tendo em conta a fonte de energia utilizada e a eficiência dos equipamentos utilizados para aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias. Em nenhuma fração a renovação do ar cumpre os requisitos e não existe qualquer tipo de sistema de aquecimento e arrefecimento, de energias renováveis ou ventilação mecânica. Por essa razão, a folha de cálculo admite os valores necessários por defeito. De uma forma geral, os valores de N_{ic} e N_{tc} são superiores a N_i e N_t , como esperado pois trata-se de um edifício da década de 60, sem qualquer tipo de isolamento (paredes, lajes: cobertura e pavimento). A existência de marquises tem vantagens a nível

térmico, mas prejudica a ventilação das habitações, principalmente quando estas se encontram em contacto com as instalações sanitárias.

Tabela 1: Valores relativos aos apartamentos rés-do-chão

	Nic		Nvc		Ntc		Ntc/Nt	Classe energética
	Valor	Ref	Valor	Ref	Valor	Ref		
A	168,17	79,65	3,01	13,68	535,45	314,06	1,71	D
B	154,20	64,28	6,25		496,11	271,65	1,83	
G	308,46	93,21	11,49		881,89	344,07	2,56	
H	182,70	78,60	2,73		571,78	311,42	1,84	

Tabela 2: Valores relativos aos apartamentos intermédios

	Nic		Nvc		Ntc		Ntc/Nt	Classe energética
	Valor	Ref	Valor	Ref	Valor	Ref		
C	112,99	53,43	3,52	13,68	397,51	248,58	1,60	D
D	123,32	62,24	10,15		426,00	265,33	1,61	
I	116,50	61,23	14,03		409,65	260,51	1,57	
J	107,39	53,65	3,17		383,50	249,06	1,54	
K	119,59	59,09	12,58		416,16	225,19	1,63	
M	109,51	52,80	5,20		384,39	242,95	1,58	
N	106,46	52,34	3,96		381,18	245,79	1,55	
O	140,71	70,72	8,44		464,01	289,20	1,60	

Tabela 3: Valores relativos aos apartamentos do último piso

	Nic		Nvc		Ntc		Ntc/Nt	Classe energética
	Valor	Ref	Valor	Ref	Valor	Ref		
E	246,65	84,67	12,91	13,68	731,64	326,61	2,24	E
F	229,60	67,52	12,17		684,59	279,74	2,45	
L	259,59	78,68	14,73		761,21	309,11	2,46	
P	387,48	98,84	18,70		1079,42	358,15	3,01	

As classificações energéticas de cada apartamento estão apresentadas na Figura 3.



Figura 3: Síntese da classe energética nas diferentes frações

No caso dos apartamentos localizados no rés-do-chão, constatou-se que a classe energética é semelhante, à exceção do apartamento G localizado sobre uma arrecadação.

Ao analisar os valores constantes das tabelas 1,2 e 3 verifica-se que os valores das necessidades de aquecimento ultrapassam os valores de referência, o que confirma o desconforto de utilização e os resultados das medições efetuadas.

Os valores das necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) encontram-se muito acima do valor de referência, daí o valor da razão entre estes ser muito elevado. No entanto, os valores das necessidades de energia útil para arrefecimento não ultrapassam o valor de referência.

Importa referir que a fração B, apesar de ser geometricamente idêntica à fração G, está em contacto com ENU - espaço não útil (caixa de escadas) e EU – espaço útil (apartamento de tipologia T1). Pelo contrário, toda a fração G está em contacto com dois ENU (caixa de escadas e arrecadação de café) que não possuem qualquer tipo de isolamento. Quanto às habitações de tipologia T3, verificam-se valores semelhantes, embora a fração H tenha valores ligeiramente superiores.

As frações intermédias apresentam valores inferiores e semelhantes. É evidente que os apartamentos de tipologia T3 apresentam valores menores, visto que apenas dispõem de duas fachadas em contacto com o exterior, ao contrário das habitações T4, de maior área, e que possuem três. Durante a análise, constatou-se que as frações que apresentam marquise têm vantagem em relação a varandas, pois as condições atmosféricas no exterior são mais gravosas que no ENU.

A maioria dos valores das necessidades de energia útil para arrefecimento estão abaixo do valor de referência, à exceção da fração I, onde os ganhos internos brutos são superiores aos ganhos de referência na estação de aquecimento.

Os valores de Nic, Nvc e Ntc das frações D, I, K e O apresentam-se superiores, pois a sua envolvente é definida por dois tipos de parede (PRE1 e PRE2) e por sua vez, PRE2 tem um coeficiente de transmissão térmica superior (2,15 W/(m².h)).

Os vãos envidraçados da habitação O prejudicam a avaliação térmica da mesma, visto que são compostos por vidros simples, caixilharia de alumínio ou madeira e raros dispositivos de proteção.

Como espectável, os apartamentos em contacto com o desvão de cobertura apresentam os piores resultados. Trata-se de um desvão fortemente ventilado e sem isolamento térmico. As necessidades nominais anuais globais de energia primária são muito superiores às de referência em todos os apartamentos. No caso das Nvc, os valores nas frações E e F estão próximos, mas não ultrapassam o valor de referência. Nas frações L e P, os valores são superiores aos de referência. Em L, verifica-se que a cozinha foi ampliada, por isso o tipo de parede presente na envolvente exterior é o de menor espessura (PRE2). Comparando com a habitação E que detém a mesma tipologia e que continua com varanda, a razão entre as necessidades globais é mais elevada. Em P, em comparação com F visto que possuem a mesma tipologia, constatou-se que a existência de varanda expõe a fração ao exterior e além disso, F tem janelas duplas. Importa referir que E tem menor área que F, mas averiguou-se que necessita de mais energia, visto que neste caso a componente envidraçada é constituída essencialmente por vidro simples, caixilharia e proteção exterior de madeira e possibilita maiores perdas.

3. Conclusões

. Recorreu-se neste trabalho a um conjunto de termogramas efetuados em dois períodos do dia na estação de aquecimento, a medições em contínuo de temperatura e humidade relativa e à análise térmica dos diferentes alojamentos com base na regulamentação atual. Esta análise tripartida permitiu obter um conjunto de informações muito útil

Após a aplicação destes métodos de apoio à análise térmica inspeção térmicas conclui-se:

- O edifício de estudo foi edificado de acordo com as características construtivas próprias da década de 60 do século passado em Portugal. Com estrutura reticulada em betão armado e sem qualquer preocupação relativamente a isolamento térmico. O apoio da imagem termográfica permitiu confirmar a existência de paredes exteriores simples em alvenaria de tijolo furado e de pontes térmicas planas resultantes dos elementos da estrutura de betão armado e das caixas de estore. Também foi possível identificar pontes térmicas lineares na envolvente dos vãos envidraçados.

- As medições em contínuo da temperatura ambiente e da humidade relativa permitiu confirmar a extrema incomodidade sentida pelos moradores, especialmente dos apartamentos situados no último piso em contacto com o desvão da cobertura que é fortemente ventilado. Os pavimentos de separação entre estas frações e o desvão da cobertura são constituídos por lajes aligeiradas de vigotas e abobadilhas de tijolo de espessura reduzida e sem isolamento térmico, como foi possível confirmar no local, contribuem para este efeito.

- O cálculo térmico realizado, com base na regulamentação de certificação térmica em Portugal confirmou a fraca classificação térmica dos apartamentos estudados e, como esperado, a pior classificação energética para os apartamentos em contacto com espaços não úteis.

- Ausência de um sistema eficiente de aquecimento central. Os residentes utilizam dispositivos portáteis, apenas em alguns dos compartimentos da habitação, facto identificado através do registo de diferentes temperaturas ao longo da fachada com apoio da termografia.

Com este tipo de análise e com as conclusões obtidas estaremos agora em condições de efetuar um diagnóstico térmico circunstanciado do edifício e delinear as principais estratégias de intervenção por forma a melhorar significativamente as condições de conforto no edifício.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/ECI/04082/2013

4. Bibliografia

(1) Inês I. G. Marcelino; INSPEÇÃO E REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR DA DÉCADA DE 60 EM COVILHÃ. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUBI – Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2017

(2) Marisa Monteiro; Ana C.A. Sousa; M. Ramiro Pastorinho; João C. G. Lanzinha; Miguel Nepomuceno “Projeto 6.60.6 – Campanha experimental” in proceedings of ICEUBI2015 - International Conference on Engineering UBI2015 – “Engineering for Society”; ISBN 978-989-654-261-0 (Pendrive); Editor: UBI - Universidade da Beira Interior. Serviços Gráficos, Faculty of Engineering, University of Beira Interior, Covilhã – Portugal, 2-4 Dec 2015

(3) João C.G. Lanzinha; REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÃO, Livro em edição digital, Edição Fundação Nova Europa, Série Estudos de Engenharia, Volume 5, Apoio: Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, ISBN 978-989-654-116-3, 2013