



EDIFÍCIOS ENERGETICAMENTE EFICIENTES EM PORTUGAL

Helder Gonçalves (1), Carlos Nascimento (2), Eduardo Maldonado (3)

(1) INETI, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação
Estrada do Paço do Lumiar 1600-438 Lisboa, Portugal-

Tel.+351 217514181, fax.+351 21 7514181 email:helder.goncalves@ineti.pt

(2) ADENE, Agência de Energia, carlos.nascimento@adene.pt

(3) DGGE/FEUP, eduardo.maldonado@feup.pt

RESUMO

Nesta comunicação apresenta-se um conjunto de edifícios construídos em Portugal entre 2000 e 2003, e que se candidataram ao “Prémio DGE 2003 - Eficiência Energética em Edifícios” destinado a eleger os melhores exemplos de edifícios construídos em Portugal na área da Eficiência Energética e dos Edifícios Bioclimáticos. Este Prémio visa fomentar, junto dos projectistas e promotores imobiliários, a concepção de edifícios com um elevado grau de eficiência, quer ao nível da envolvente, e de soluções passivas, bem como dos sistemas energéticos, incentivando a criação de um parque edificado sustentado.

ABSTRACT

This paper presents a set of buildings built in Portugal, between 2000 and 2003, candidates to a National Competition “Prize DGE 2003– Energy Efficiency in Buildings” with the goal to elect the best buildings built in Portugal in the area of Energy Efficiency and Bioclimatic Buildings. This Prize, intends to push the promoters, builders and professional, to carried out projects with low energy solutions, in terms of the envelope, passive strategies and energy efficient systems, in order to contribute to a sustainable urban development.

1. INTRODUÇÃO

Em 2002 o Governo Português iniciou um Programa Nacional da Eficiência Energética em Edifícios (Programa P3E), numa Iniciativa Pública (IP) que envolveu a Direcção Geral de Energia o INETI (Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação), o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e a ADENE (Agência para a Energia). Este Programa desenvolveu, a partir de Maio de 2002, um conjunto de acções destinado a fomentar a melhoria da qualidade térmica dos edifícios, nomeadamente ao nível da Regulamentação Térmica, bem como da melhoria da eficiência energética de equipamento doméstico e um programa de promoção do solar térmico (Programa Água Quente Solar para Portugal) (ME 2001). O objectivo deste conjunto de acções é o de minimizar o aumento dos consumos energéticos no sector dos edifícios e contribuindo assim para a redução de emissões de CO₂, por forma a contribuir para que Portugal possa cumprir os compromissos derivados do Protocolo de Quioto.

Este programa, integrado ao nível nacional no Plano Estratégico para as Parcerias e Iniciativas Públicas, insere-se na linha das actuais decisões Comunitárias para a política energética e ambiental da EU e, em particular, à Directiva sobre a Eficiência Energética em Edifícios.

O Prémio DGE 2003, no caso dos Edifícios Residências, visou todos os edifícios residenciais que na sua concepção arquitectónica integrassem os princípios da utilização da energia solar passiva. Esses conceitos devem conduzir à incorporação de sistemas passivos de aquecimento ou arrefecimento

natural no edifício, conducentes à satisfação das condições de conforto no seu interior e minimizando o recurso a sistemas ou ao consumo de energia comercial. Devendo:

1. Constituir um exemplo claro de elevado nível arquitectónico e de boa integração no espaço urbano ou rural
2. Incorporar os conceitos gerais do aproveitamento solar passivo (localização e orientação solar, sistemas e estratégias de aquecimento e/ou arrefecimento ambiente)

No caso dos Edifícios de Serviços que, incorporando sistemas energéticos para aquecimento e/ou arrefecimento ambiente, exibam um desempenho energético de assinalável em termos da sua eficiência energética global. Devendo:

1. Constituir um exemplo claro de elevado nível arquitectónico e de boa integração no meio
2. Elevada eficiência dos sistemas energéticos de climatização e de ventilação, tendo em atenção a conformidade com o projecto, a qualidade da instalação, a garantia de boa qualidade do ar interior, uma boa manutenção e baixos consumos específicos
3. Sistemas de iluminação eficientes
4. Consumo global de energia baixo para a respectiva tipologia, tendo por base os padrões e indicadores habituais de boa prática.

2. EDIFÍCIOS A CONCURSO

Foram seleccionados para a fase final do Concurso oito Projectos de edifícios, 4 residenciais e 4 de serviços que se apresentam, nas Figuras 1 a 8. O Júri do Concurso, Presidido pelo Arq. Siza Vieira e integrando representantes da DGE, Faculdade de Arquitectura, Ordem dos Engenheiros, Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, assessorado por uma Comissão Técnica de Avaliação, constituída pelos autores desta comunicação, deliberou atribuir os Prémios aos seguintes edifícios;

1. Casa de Janas, no Sector Residencial, da autoria dos Arquitectos Filipa Mourão e João Santa Rita (Figura 1)
2. Escola de Telheiras, em Lisboa, da autoria dos Arquitectos Jorge Conceição e Rui Orfão, no Sector de Serviços (Figura 5)



Fig. 1. Casas Janas-Sintra, Arqs. Filipa Mourão e João Santa Rita



Fig. 2. Casas Alma Verde-Algarve, Arqs. Jes Mainwaring



Fig. 3. Casa Oásis-Algarve, Eng. Candido de Sousa



Fig. 4. Torre Sul- Lisboa, Arq. Livia Tirone



Fig. 5. Escola Telheiras - Lisboa, Arqs. Jorge Conceição e R. Orfão



Fig. 6. Biblioteca-Sintra, Arq. Alexandre Marques Pereira Rita



Fig. 7. Centro Ambiental de Matosinhos Arqs. Filipa Guerreiro, Bruno Figueiredo e Tiago Correia



Fig. 8. Edifícios D. João II - Lisboa, Arqs. Livia Tirone

2.1 Edifício de Habitação Vencedor – Casas Janas, Sintra (Arqs. Filipa Mourão e João Santa Rita)

As “*Casas em Janas*”, localizam-se numa paisagem rural na zona de Sintra, sendo constituídas por um conjunto de três moradias geminadas para três agregados familiares. “O terreiro que dá acesso às três casas procurou construir um lugar gerador de vida comunitária, à semelhança de uma pequena unidade agrícola”, de acordo com o autor do projecto. O local de implantação é ligeiramente inclinado com uma pendente de orientação Sul, o que facilitou a integração do conceito de aproveitamento solar neste conjunto, para além da lindíssima vista sobre a Serra de Sintra.

O Edifício tem uma orientação segundo o eixo nascente-poente e portanto com a fachada sul com excelente orientação solar. A implantação do edifício foi feita de forma a protegê-lo dos ventos dominantes do quadrante noroeste, através da colocação de vegetação a norte e oeste do terreno.

O conjunto edificado apresenta-se numa planta rectangular (30x11m), com dois pisos no corpo central de cada moradia. A fachada norte é praticamente opaca, apresentando uma pequena janela e a porta de entrada, sendo as fachadas nascente e poente totalmente opacas. Na zona norte do edifício localizam-se os espaços de serviços (cozinhas e instalações sanitárias), servindo como tampão térmico relativamente às zonas de habitação localizadas na zona a sul. Assim “cada unidade de habitação é organizada a partir do espaço nuclear da sala de estar de cada família, da qual se acede aos outros espaços da casa”. O mezanino localizado na sala vai conferir à forma geral do edifício o perfil alternado das coberturas inclinadas”.

Na fachada sul encontram-se amplos vãos envidraçados para captação da radiação solar (25 m² de envidraçados para um total de área de pavimento de 110 m²). Estes vãos constituem o elemento fundamental da estratégia de aproveitamento passivo deste projecto, juntamente com a massa inercial do edifício. O edifício dispõe de ventilação natural cruzada, que constituiu um importante elemento de controlo da temperatura interior.



Fig. 9. Casas de Janas – Sintra –Fachada Sul Arqs. Filipa Mourão e João Santa Rita



Fig. 10. Alçado Sul

O Edifício foi construído com uma estrutura porticada de pilar, viga e lajes de betão armado, sendo a laje de pavimento construída sobre a caixa de ar ventilada e isolada inferiormente com isolamento térmico de poliestireno extrudido.

As paredes exteriores são de alvenaria simples (20 cm), isoladas pelo exterior com 6 cm de poliestireno expandido (Sistema Dryvit), eliminando totalmente as pontes térmicas. As lajes são maciças e isoladas pelo exterior, a laje de pavimento com 4 cm de poliestireno extrudido sobre caixa ventilada e a laje de cobertura com 10 cm de poliestireno extrudido pelo exterior e cobertura em folha de cobre.

Os vãos envidraçados são duplos incolores, em caixilhos de madeira, e com portadas interiores de madeira, para protecção solar e aumentar o isolamento nocturno do edifício. Os vãos tem palas de sombreamento estruturais, ao nível do R/C e do piso superior, tendo sido prevista a colocação de toldos de lona exterior para aumentar o sombreamento dos vãos no período de verão.

O comportamento térmico do edifício é excelente, tendo os utilizadores manifestado a sua satisfação pela prestação global das habitações do ponto de vista de conforto térmico. Nenhum dos utilizadores das casa poente e central, as únicas ocupadas, utilizou no primeiro ano de ocupação, qualquer meio de aquecimento auxiliar. No verão, a ventilação cruzada e o sombreamento dos vãos mostraram adequar-se à especificidade climática do local.

Paredes: $U=0,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ Coberturas: $U=0,6 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ Vidros Duplos: $U=2,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ $F_s=0,08$



Fig. 11. Fachada Norte



Fig. 12. Palas exteriores



Fig. 13. Interior

2.2 Edifício de Serviços Vencedor – Escola do Alto da Faia - Arq. Jorge Conceição e Rui Orfão

O edifício está implantado um lote de 7.185 m^2 , apresentando uma implantação triangular. O edifício tem a máxima valência para este tipo de uso, sendo constituído por 12 salas de aula e 4 salas de actividades. Os espaços estão organizados em blocos interligados, permitindo uma separação clara das diferentes áreas mas mantendo a funcionalidade necessária ao seu funcionamento.

A concepção desta escola foi fortemente marcada pela preocupação de otimizar as condições de iluminação natural. Assim, todas as salas de aula estão viradas a sul, dispondo de amplos vãos envidraçados com adequadas protecções solares interiores e exteriores, permitindo obter níveis de iluminação adequados, evitar situações de encandeamento e promover níveis de conforto visual aos utilizadores.

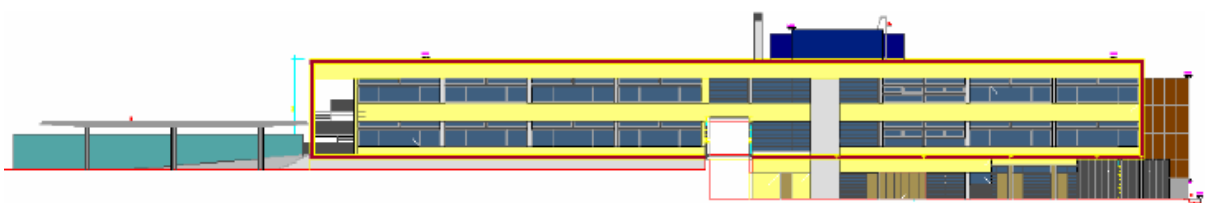


Fig. 14. Escola do Alto da Faia- Lisboa – Fachada Sul



Fig. 15. Fachada Nascente



Fig. 16. Fachada Sul



Fig. 17. Fachada Norte

Por outro lado, nalgumas fachadas a Sul, as protecções horizontais permitem reflectir para o interior dos espaços a incidência solar, aumentando também a profundidade da iluminação natural no seu interior. Complementarmente, a envolvente interior está pintada de cores claras, aumentando assim a reflectância.



Fig. 18. Hall Interior



Fig. 19. Corredores



Fig. 20. Clarabóias

A estratégia aplicada à concepção deste edifício teve como impacto um comportamento térmico muito bom, quer na situação de inverno, quer na de verão.

2.3 Casa Borboleta (Referência Especial) – Arq. Jes Mainwaring

Este projecto enquadra-se no âmbito de uma urbanização de uma nova comunidade residencial e um SPA, numa antiga quinta no Oeste Algarvio com 36 hectares. Numa primeira fase prevê-se a construção de 180 habitações, moradias unifamiliares, onde é considerada fundamental pelos promotores “a responsabilidade ambiental pró-activa”. A arquitectura e as tecnologias utilizadas pelo promotor pretendem “reflectir uma filosofia de planeamento sustentável que reinterpreta formas vernaculares, materiais e condições climáticas.”

O edifício a concurso, apresenta-se numa planta de forma circular, em dois pisos, com uma área total de pavimento de 135 m², cujas aberturas principais (vãos envidraçados de baixa emissividade e convenientemente sombreados) se desenvolvem nos quadrantes de sudeste a sudoeste. O espaço interior desenvolve-se à volta de um hall central com um pé direito até à cota superior do telhado, com um lanternim de forma circular, funcionando como um poço de luz.

Este edifício utiliza um sistema passivo, designado por “Sistema COOLHOUSE”, está a ser utilizado num conjunto de outros edifícios construídos em vários países Europeus, no âmbito de um Projecto Comunitário (Thermie). Este sistema consiste num sistema de ventilação de toda a casa, quer para aquecimento, quer para arrefecimento, através de um sistema de tubos enterrados no exterior do edifício, totalizando cerca de 35 m de tubagem e enterrados a cerca de 2 m de profundidade. No Verão, o ar exterior é arrefecido ao passar através dos tubos enterrados, uma vez que a temperatura média do solo será de 14°C. Desta forma o ar fresco é arrefecido e distribuído ao interior da casa através de uma caixa de ar sob o pavimento, distribuindo-se por ranhuras ao nível do rodapé.

Este sistema permite no inverno o seu pré aquecimento, recuperando o calor do solo, uma vez que a sua temperatura é superior à do ar exterior. A insuflação do ar é feita por um ventilador mecânico associado a um silenciador.

A utilização deste sistema e o seu notável comportamento térmico, levou o Júri a considerar este edifício como um exemplo inovador ao nível da construção de serviços de habitação, sendo “um

projecto que demonstrou um esforço bem sucedido de pesquisa de integração de soluções inovadoras em termos de eficiência energética”.

Paredes: $U= 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ Coberturas: $U= 0,31 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$



Fig. 21. Fachada Sul



Fig. 22. Interior Fig.



Fig. 23. Clarabóia Central

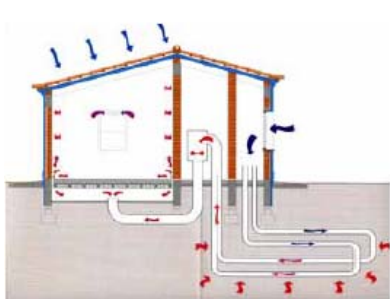


Fig. 24. Sistema COOLHOUSE

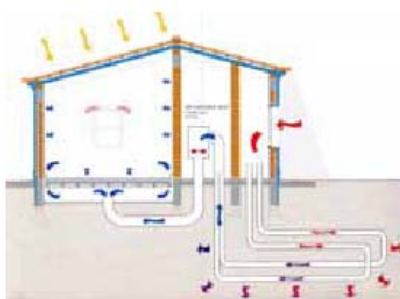


Fig. 25. Tubos enterrados

2.4 Casa OASIS (Eng. Candido de Sousa)

O edifício designado por “*Casa Oásis*” é uma moradia unifamiliar, localizada numa zona rural no Algarve(Faro). Apresenta uma integração num terreno em declive, com uma orientação a sul, o que propicia um desenvolvimento da casa em diferentes níveis e com uma orientação solar favorável. A casa apresenta um conjunto de soluções construtivas que incluem “paredes de armazenamento térmico” e “tubos de arrefecimento e aquecimento pelo solo”.



Fig. 26. Fachada Sul



Fig. 27. Poente



Fig. 28. Estufa



Fig. 29. Sul- 1º piso



Fig. 30. Sul- R/C



Fig. 31. Interior

O primeiro piso encontra-se enterrado a norte, propiciando uma protecção quer térmica quer acústica, e tem uma zona de sala de estar a sul contígua à sala de jantar a norte, com a cozinha a nascente e dois quartos de dormir também a sul.

O segundo piso é uma enorme zona onde se localiza uma piscina interior com sala de apoio e uma outra divisão que pode funcionar como quarto ou escritório. O edifício apresenta uma forma compacta em que se minimizaram as perdas térmicas, tendo-se utilizado para o efeito isolamento térmico na envolvente e vidros duplos. A orientação permite uma boa insolação solar através dos vãos, que se apresentam convenientemente orientados e protegidos da radiação solar no verão, quer por estores exteriores, quer por palas do próprio edifício.

Nos quartos virados a sul foram instaladas “*paredes de armazenamento térmico*”, nas quais se utilizou um policarbonato em vez de vidro. Estas paredes não são pintadas de negro, mas de uma cor menos escura (castanho/laranja, Fig. 30). Esta solução permite o armazenamento da energia solar durante um dia de inverno, sendo esta energia restituída ao interior da habitação durante as horas nocturnas. Estas paredes têm estores exteriores com accionamento mecânico, que permitem a oclusão nocturna ou diurna, no período de verão. Esta parede é maciça, tem uma área total de 37 m² e perfeitamente orientada a sul.

Este edifício dispõe de um sistema de 8 tubos enterrados, com cerca de 25m de comprimento enterrados a 2m de profundidade. Este sistema tem como objectivo o arrefecimento do ar de insuflação no período de verão e o pré-aquecimento no período de inverno. Estes tubos têm a sua boca de insuflação no interior da estufa (sendo assim o ar de alimentação o ar da estufa), sendo um sistema que funciona em conjugação com esta. No inverno, a estufa permanece fechada, aquecendo o ar que é insuflado nos tubos de alimentação ao interior da casa. Durante o verão a estufa é desactivada (aberta) para que a temperatura do ar de insuflação não aumente, o que seria indesejável para efeitos de arrefecimento da casa.

Construção maciça, com uma envolvente dupla. A inércia térmica do edifício é elevada. Os vidros são duplos de baixa emissividade

Paredes: $U = 0,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ **Coberturas:** $U = 0,4 \text{ a } 0,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ **VDs:** $U = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ **Fs = 0,04 a 0,22**

2.5 Torre Sul (Arq. Livia Tirone)

Este edifício de apartamentos com 12 pisos em forma de L, é constituído por 55 apartamentos, dos quais 28 são duplex, apresentando uma enorme diversidade de tipologias (21). Uma característica dos duplex são os espaços e respectivos vãos com um duplo pé-direito, na zona social da casa em contacto com a zona dos quartos. O edifício apresenta-se com a maior fachada virada a sul, sendo que a maioria dos apartamentos se localiza na zona sul do edifício. A zona norte corresponde à zona de circulação. O edifício tem uma área bruta de construção de cerca de 7340 m², com 12 pisos na superfície e dois pisos subterrâneos para estacionamento.

É um edifício que se assume como exemplo de uma Arquitectura Bioclimática, tendo integrado o Projecto ALTENER HOUSES com o apoio da Comissão Europeia, pelo que utiliza os princípios da “eficiência energética nos edifícios”, reduzindo desde logo as necessidades de energia para conforto térmico, quer para inverno, quer para o verão, em consonância com o clima onde foi implantado. De realçar a ideia da “*Arquitectura sustentável*” também referida pela autora, pelos efeitos positivos e acumulados no longo prazo no que se refere à diminuição de emissões resultantes da sua utilização.

O edifício apresenta um conjunto de sistemas que visam maximizar a captação solar através de grandes vãos orientados a sul. Em algumas tipologias, estes vãos apresentam um duplo pé direito favorecendo grandes ganhos solares. Existem também pequenas paredes de armazenamento térmico, localizadas na parte inferior dos vãos (Fig. 29). A existência de estores de lâminas exteriores reguláveis permite um excelente controlo da incidência solar. Os vãos envidraçados, de abertura regulável permitem uma ventilação natural cruzada, processo que permite um controlo da temperatura interior do apartamento, quer no verão, quer no inverno.

Neste contexto, os apartamentos foram localizados para beneficiar da orientação sul do edifício, favorecendo assim os ganhos solares, directamente nos vãos e nos pequenos sistemas de ganho indirecto (paredes maciças de armazenamento).



Fig. 32. Paredes de armazenamento



Fig. 33. Nascente-Sul



Fig. 34. Duplos Vãos

2.6 Biblioteca Municipal de Sintra - Arq. Alexandre Marques Pereira Rita

Esta Casa (Mantero) consiste num edifício reabilitado, uma ala nova (galeria de ligação e Biblioteca) e anexos do jardim. Existiu na concepção deste edifício uma forte preocupação no isolamento térmico da envolvente e na optimização das condições de iluminação natural, utilizando para isso zonas com amplos vãos envidraçados, que foram projectados para proporcionarem um maior conforto aos utentes e um menor consumo energético.



Fig 35. Sombreamento vãos



Fig. 36 Nascente-Sul



Fig. 37. Duplos Vãos

À excepção do sombreamento devido a varandas, a Casa Mantero não apresenta, em geral, dispositivos sombreadores, mas as sombras projectadas pelas árvores, edifícios e relevo fazem com que os ganhos solares no verão sejam evitados, inclusive na orientação sudoeste, na qual as árvores são de folha caduca, o que o permite ganhos solares para aquecimento ambiente no inverno.

Da estratégia conceptual utilizada, resultou um edifício com bom comportamento térmico, quer de inverno, quer de verão. No entanto, como não foram implementadas em obra todas as soluções técnicas previstas no projecto, nomeadamente no que respeita a alguns dos envidraçados, o desempenho energético sofreu uma redução.

2.7 Centro de interpretação e monitorização ambiental de Matosinhos - Arqs. Filipa Guerreiro, Bruno Figueiredo e Tiago Correia

O edifício tem planta rectangular com o maior eixo alinhado segundo a direcção nascente-poente e com a maior fachada orientada a sul, reduzindo as perdas no Inverno e as necessidades de arrefecimento no verão. Os vãos são voltados maioritariamente a sul e dispõem de sistemas de sombreamento, promovendo boas condições de iluminação natural. A distribuição interna dos espaços foi feita por forma a que as zonas de serviço fossem localizadas a norte, funcionando como espaços tampão.

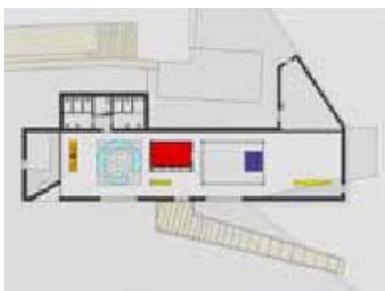


Fig. 38. Planta



Fig. 39. Construção



Fig. 40. Sul

O edifício é ventilado naturalmente, através da admissão contínua de ar pelo pavimento, dispondo de um sistema de clarabóias que na situação de verão estão sempre abertas. O edifício está ainda sujeito a efeitos de "arrefecimento evaporativo" indirecto, devido à sua localização junto da praia.

O processo de renovação de ar é realizado através de uma caixa de ar ventilada sob a laje de pavimento que canaliza o ar "frio" para o interior do edifício através de uma linha contínua de grelhas, permitindo obter no verão, níveis de temperaturas interiores semelhantes aos exteriores.

2.8 Edifícios D. João II – Parque das Nações – Lisboa – Arq. Livia Tirone

O edifício desenvolve-se em dois volumes distintos, um com 7 pisos destinados a escritórios.

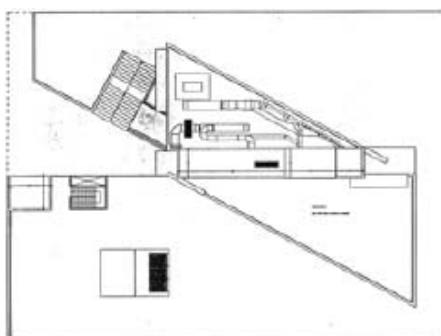


Fig. 41. Planta



Fig. 42. Sul



Fig. 43. Poente

O edifício apresenta uma implantação com o seu maior eixo alinhado segundo a direcção nascente-poente.

A estratégia utilizada na concepção deste edifício residiu na aplicação dos conceitos da arquitectura bioclimática para edifícios de serviços. Assim, todos espaços beneficiam de amplas fachadas envidraçadas destinadas a otimizar as condições de iluminação natural e proporcionar um ambiente interior confortável. Na fachada poente, como elementos sombreadores exteriores utilizaram-se estores e palas verticais orientáveis, enquanto que nas fachadas sudoeste e este são utilizadas palas horizontais. Na fachada norte não existe sombreamento dos envidraçados, sendo a área destes inferior às outras orientações.

A envolvente opaca do edifício é revestida pelo exterior com isolamento térmico, eliminando assim as pontes térmicas. Existiu também uma forte preocupação em manter a qualidade do ar interior, dimensionando correctamente a ventilação.

O edifício apresenta um excelente comportamento térmico de Inverno. No entanto, a não implementação em obra de algumas das soluções técnicas previstas no projecto, nomeadamente no que respeita a alguns dos envidraçados e respectivas protecções solares, teve como consequência um agravamento significativo do comportamento térmico no Verão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(DGE 2002) *Programa P3E (Eficiência Energética de Edifícios em Portugal)*, 1ª Edição – Fev. 2002

(ME 2001) *Programa Água Quente Solar em Portugal*, Nov. 2001.

(CE/2001/91/CE) Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho *Desempenho Energético dos Edifícios* – 16 Dezembro de 2002.

AGRADECIMENTOS

Os autores desta comunicação, agradecem a todos os Arquitectos autores dos Projectos e referidos no texto, em toda a colaboração prestada ao longo de todo o processo. Agradece-se o apoio financeiro do Programa PRIME da DGGE, do INETI, e da ADENE.