

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
Institute of Systems Engineering and Computers
INESC - Coimbra

**Contribuição do INESC Coimbra para o
Estudo Prévio do Futuro Museu
de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro**



Technical Report
Documento Técnico

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
Institute of Systems Engineering and Computers
INESC - Coimbra

António Almeida, Jorge Mariano,
Paulo Gata Amaral, Paulo Tavares

**Contribuição do INESC Coimbra para o
Estudo Prévio do Futuro Museu
de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro**

No. 2/2003

Dezembro, 2003

ISSN: 1645-4847

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
INESC - Coimbra
Rua Antero de Quental, 199; 3000-033 Coimbra; Portugal
www.inescc.pt

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
Institute of Systems Engineering and Computers
INESC - Coimbra

António Almeida, Jorge Mariano,
Paulo Gata Amaral, Paulo Tavares

**Contribuição do INESC Coimbra para o
Estudo Prévio do Futuro Museu
de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro**

No. 2/2003

Dezembro, 2003

ISSN: 1645-4847

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
INESC - Coimbra
Rua Antero de Quental, 199; 3000-033 Coimbra; Portugal
www.inescc.pt

Introdução

No âmbito do protocolo celebrado entre a Câmara Municipal de Oliveira do Bairro e o Consórcio formado pela Espaço Objecto, INESC Coimbra e ContaWatt, para o estudo prévio do projecto de construção do Museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro, vem o INESC Coimbra, apresentar através deste documento, a sua contribuição para o referido estudo.

Este estudo teve como base a proposta de arquitectura preliminar apresentada pela “Espaço Objecto” e sintetiza algumas das recomendações que surgiram ao longo das reuniões internas do grupo de trabalho do INESC Coimbra e com o Consórcio e dono de obra.

Guia de leitura

O presente documento está dividido em cinco pontos. No ponto 1 é abordado o tema da eficiência energética em edifícios e a sua relação com o meio ambiente. Segue-se, ponto 2, a apresentação de alguns programas de simulação de desempenho de edifícios. No terceiro ponto é apresentado o estudo preliminar do edifício em análise bem como os resultados obtidos pela simulação em VisualDOE. No ponto 4 são sugeridas algumas recomendações a ter em conta na fase de projecto. Finalmente, é apresentado o conjunto de trabalhos a desenvolver pelo grupo de trabalho do INESC Coimbra nas fases seguintes de projecto deste edifício.



ÍNDICE

1 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS E MEIO AMBIENTE -----	3
2 – SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS -----	5
3 – O FUTURO MUSEU DE OLARIA E GRÊS DE OLIVEIRA DO BAIRRO -----	9
4 – ALGUMAS RECOMENDAÇÕES -----	22
5 – TRABALHO FUTURO -----	28

1 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS E MEIO AMBIENTE

O edifício tem como objectivo principal abrigar o homem nas suas diversas actividades (trabalho, lazer, habitação) proporcionando conforto, segurança e satisfação. Os três parâmetros essenciais: solidez, funcionalidade e beleza têm caracterizado os edifícios ao longo do tempo. No período clássico, a arquitectura era entendida como um espaço habitável capaz de compatibilizar aspectos estruturais, funcionais e formais.

Este conceito de espaço tem sido alterado ao longo dos anos para atender às necessidades do homem em constante mudança de acordo com as exigências e dinâmica das civilizações. Com a Revolução Industrial (no século XVIII), novos tipos de materiais como, por exemplo, o aço e o betão armado foram desenvolvidos.

Em paralelo, assistiu-se ao aparecimento de novas técnicas e soluções construtivas. Como exemplos podem referir-se:

- A alvenaria de pedra que foi gradualmente substituída pelo betão;
- As áreas envidraçadas ganharam maior espaço na envolvente dos edifícios.

Assistiu-se ao surgimento de edifícios que apesar da sua “monumentalidade”, estavam desvinculados de conceitos e princípios ligados à economia de energia.

Com a crise petrolífera dos anos 70, acentuou-se a preocupação com o uso eficiente da energia numa tentativa de reduzir os consumos desta e preservar o meio ambiente. Na arquitectura, as medidas passaram, principalmente, por um maior aproveitamento passivo da Energia Solar para aquecimento, arrefecimento e iluminação natural e pela automatização dos sistemas de apoio.

A concepção arquitectónica e as opções construtivas em termos de materiais utilizados tem presente a perspectiva da integração do edifício com o ambiente, no respeito dos recursos naturais utilizados, sejam eles a paisagem, os materiais de

relevância ecológica ou a energia fóssil. Os edifícios com estas características utilizam a Energia Solar sob a forma de iluminação natural e de calor solar directo ou indirecto, usando processos naturais de captação (por envidraçados), de armazenagem e de convecção para aquecer ou arrefecer os mesmos.

Numa tentativa de antever o comportamento futuro, ao nível do conforto proporcionado e dos consumos de energia, os estudos da influência de parâmetros arquitectónicos e climáticos sobre o desempenho energético começaram a constar dos currículos dos cursos de arquitectura e a ser alvo de preocupação por parte dos projectistas.

Assim, um edifício é considerado energeticamente mais eficiente do que outro no desempenho das mesmas funções quando, proporcionando as mesmas condições de conforto, consome menos energia.

Na avaliação da eficiência energética de um edifício é necessário conhecer parâmetros: climáticos, arquitectónicos, construtivos, ocupacionais, operacionais, entre outros. E, se alguns destes parâmetros são de difícil controlo, outros há passíveis de serem controlados.

2 - SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

A utilização de ferramentas de simulação computacionais afigura-se como elemento de primordial importância na realização de estudos de comportamento térmico de edifícios, visto que este tipo de estudo envolve a resolução de equações matemáticas complexas e inter-dependentes.

De modo a solucionar este problema matemático, o INESC Coimbra adquiriu há já alguns anos a ferramenta DOE-2 ao Departamento de Energia Americano (DOE), no sentido de analisar o comportamento, presente e futuro, de edifícios.

O DOE-2 foi desenvolvido no «Laboratório Lawrence» de Berkeley com assistência do «Laboratório de Los Álamos» e sob contrato do DOE. É considerado um dos mais completos e dos mais adequados pacotes de *software* para a avaliação do desempenho energético de edifícios climatizados e um dos primeiros programas de domínio público. Além do cálculo das trocas de energia e de todas as energias a serem fornecidas ou extraídas do edifício, o programa permite ainda calcular o valor das potências eléctricas máximas necessárias. Em função destes resultados é possível dimensionar o equipamento de climatização em termos da potência necessária. Permite ainda:

- Estimar o custo anual da energia para climatização;
- Avaliar a viabilidade económica de diferentes soluções e/ou alternativas.

Inicialmente, o programa DOE-2 foi desenvolvido em linguagem *Fortran* para uso em computadores de grande porte. Este simulador apresenta dois inconvenientes; um deles é que toda a parametrização do edifício tem de ser feita através de linhas de código; o outro é que somente funciona em ambiente DOS.

Com o advento do sistema operativo *Windows*, os programas de simulação foram adaptados a este sistema de “janelas”, para a entrada de dados, tornando a sua interface gráfica mais amigável e facilmente utilizável pelos utilizadores.

Ao longo dos anos foram surgindo várias versões do programa DOE-2, destacando-se o VisualDOE. Este é responsável pela tradução, para o DOE-2, dos dados de entrada.

O programa VisualDOE é pois, um *software* específico para a análise térmica e energética de edifícios. Os seus resultados permitem antever o desempenho, com base horária, de variáveis tão diferenciadas como: temperaturas internas dos espaços, fluxos de calor segundo origens (paredes, aberturas, pisos, etc.) e natureza (radiação, condução ou convecção), consumos energéticos por uso final com base horária, mensais e anuais e respectivos custos de energia.

O *software* dispõe de inúmeros *defaults* (valores pré-assumidos) que permitem simular um caso simples em poucos minutos. No entanto, modelos mais elaborados, como o do edifício do futuro Museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro, necessitam da definição mais criteriosa das seguintes características:

- **Geometria do edifício:** descreve-se a sua planta através de padrões pré-definidos, usando o CAD interno do programa, ou através do AutoCAD, com importação de ficheiros do tipo “dxf”;
- **Aberturas:** são definidas as dimensões das aberturas, a sua posição e as características dos envidraçados;
- **Propriedades dos elementos construtivos:** associa a cada espaço as características dos materiais utilizados, fazendo uso da biblioteca de materiais do programa e permitindo ainda adicionar novos materiais;
- **Utilização:** é caracterizada a utilização horária de iluminação, equipamentos, infiltração de ar exterior, ventiladores, *set-points* de arrefecimento e aquecimento, de forma otimizada;
- **Sistemas de climatização activos:** são identificados os sistemas primários e secundários de climatização, as suas respectivas capacidades de arrefecimento total e sensível, a capacidade de aquecimento, as eficiências

nominais e as curvas de eficiência, a extracção de ar, as formas de accionamento, existência de termo-acumulação, etc.;

- **Contratos de energia:** permite modelizar diferentes opções contratuais;
- **Dados climáticos (reais ou estatísticos):** caracterizam a envolvente climática do edifício através de dados horários de temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido, pressão atmosférica, entalpia, humidade relativa, direcção e velocidade do vento, radiação solar directa normal e no plano horizontal, índices de nebulosidade do ar, ocorrência de chuva e de neve, entre outros.

O *software* possui como pontos fortes:

- Alta flexibilidade, que permite a simulação dos mais diferentes tipos de edifícios;
- Facilidade na inserção ou selecção de dados de entrada e de saída devido ao interface amigável que o seu sistema de “janelas” proporciona;
- Obtenção de informações detalhadas sobre trocas de energia entre a envolvente do edifício e o meio ambiente;
- Possibilidade de simulação do comportamento de diferentes sistemas de climatização.

Os dados a serem fornecidos ao simulador para avaliar o desempenho energético de um edifício são classificados, segundo as suas características, em três grandes blocos:

- Os que não variam no tempo: características construtivas do edifício;
- Os que variam com o tempo: os factores climáticos e a ocupação do edifício;
- O sistema de climatização: características básicas do sistema (individual, central, etc.) e os equipamentos.

Perante a evolução dos simuladores, o INESC-Coimbra adquiriu em 1999 a versão 2.6 do VisualDOE, tendo feito uma actualização importante deste *software* no



Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra

decorso do corrente ano, ao fazer um *upgrade* para a versão 3.1. O estudo prévio foi realizado já nesta nova versão.

Foram vários os trabalhos realizados quer com o DOE-2 em linha de código, quer, mais recentemente, com o VisualDOE que deram ao INESC Coimbra o conhecimento e a experiência necessária à realização da análise do comportamento térmico, que a seguir é apresentada, do edifício do futuro Museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro.

3 – O FUTURO MUSEU DE OLARIA E GRÊS DE OLIVEIRA DO BAIRRO

O Edifício e os Sistemas Activos de Apoio

O estudo prévio do comportamento térmico do futuro edifício do Museu de Olaria e Grês de Oliveira do Bairro teve por base as peças desenhadas e o estudo preliminar de arquitectura elaborado pela “Espaço Objecto”.

De acordo com a estrutura do VisualDOE, a primeira parte da simulação consiste em modelizar o edifício, isto é, descrevê-lo de modo a que o *software* o reconheça.

Como os desenhos actuais não são ainda os definitivos (podem ser alvo de alterações) e como, nesta fase, se está unicamente a realizar um primeiro estudo que forneça indicações importantes para análise pela equipa de projecto, todo o edifício foi introduzido recorrendo ao CAD interno do próprio programa (não tendo sido importadas para o programa as plantas desenhadas em AutoCAD).

Nas Figuras 1 a 7 mostram-se diferentes perspectivas do edifício criado e simulado no VisualDOE e que serviu de base ao estudo do INESC Coimbra:

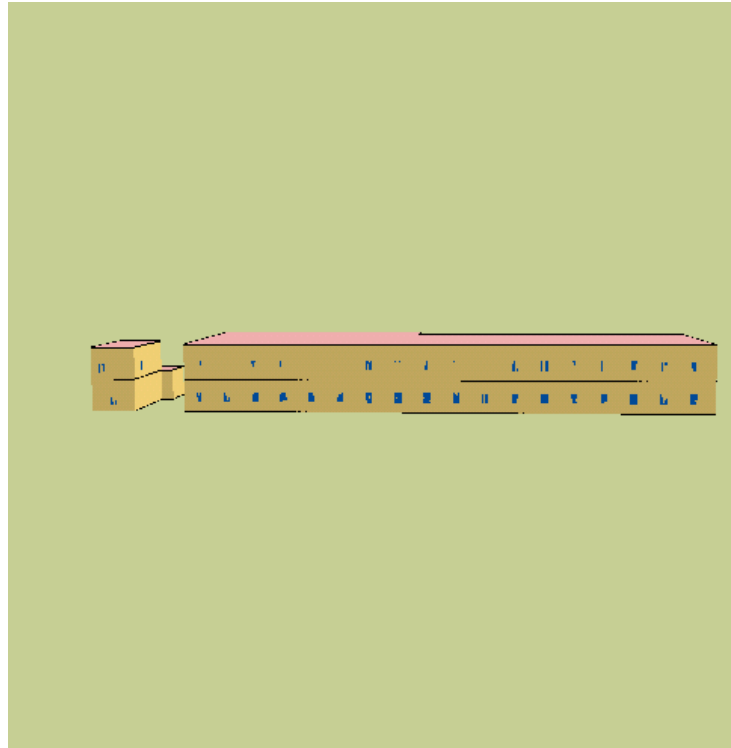


Figura 1 - Vista frontal.

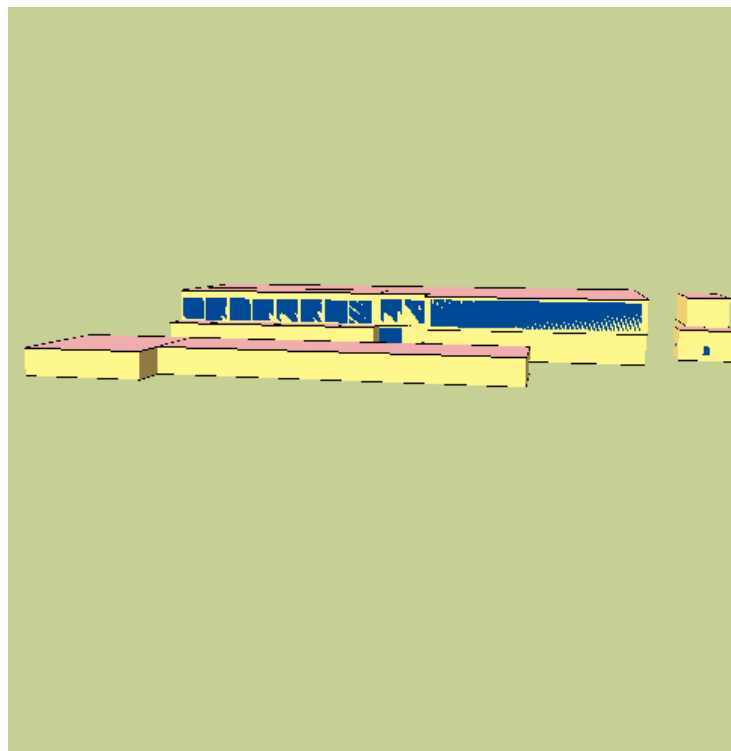


Figura 2 - Vista posterior.

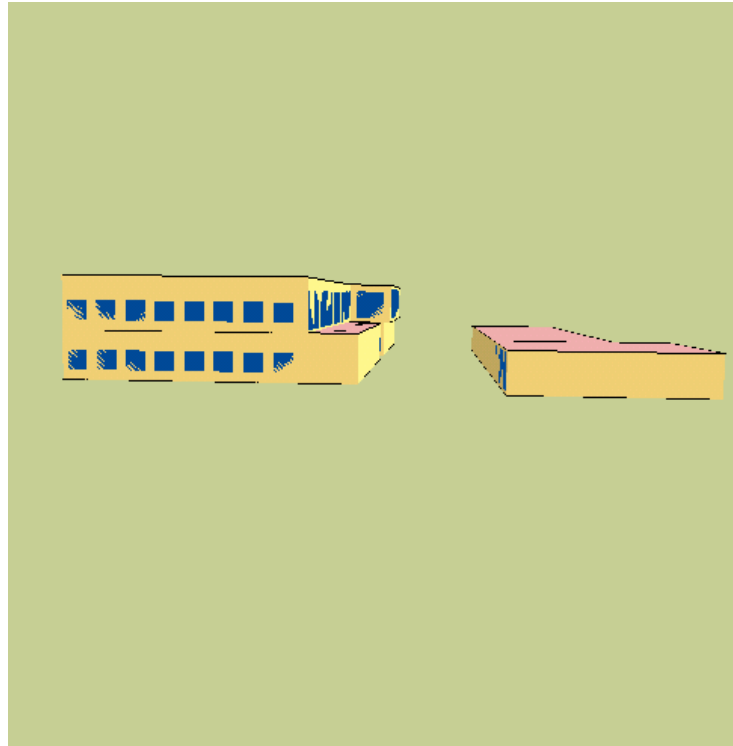


Figura 3 - Vista lateral direita.

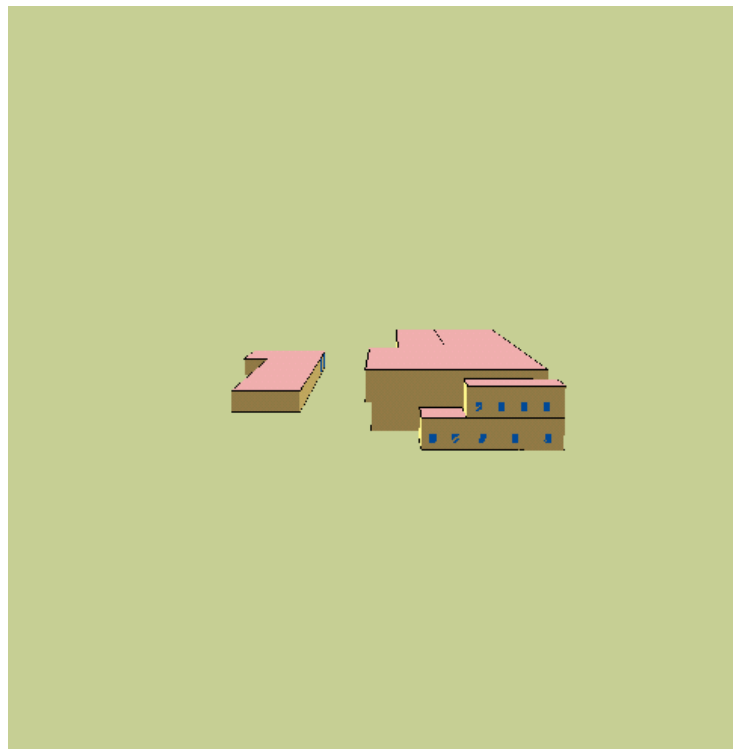


Figura 4 - Vista lateral esquerda.

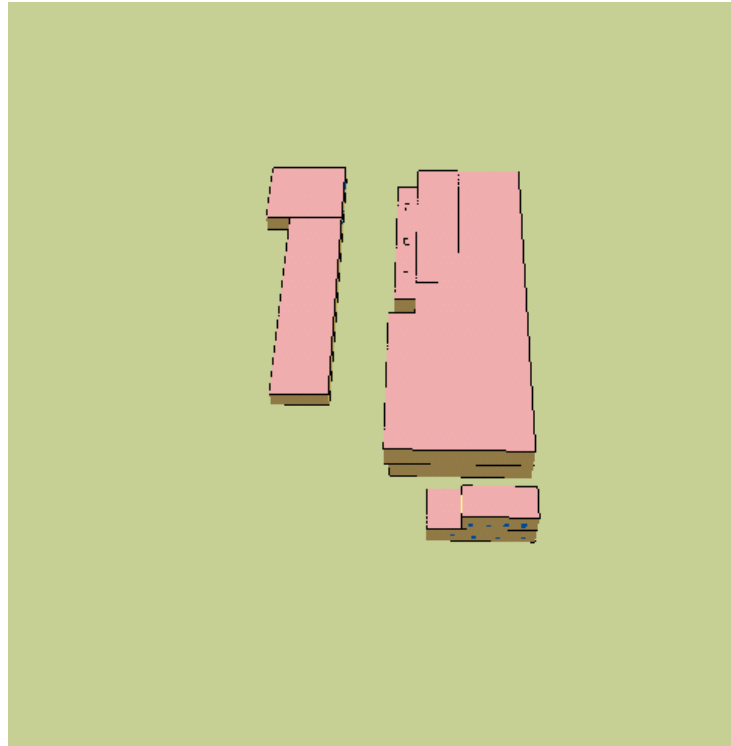


Figura 5 - Vista superior.

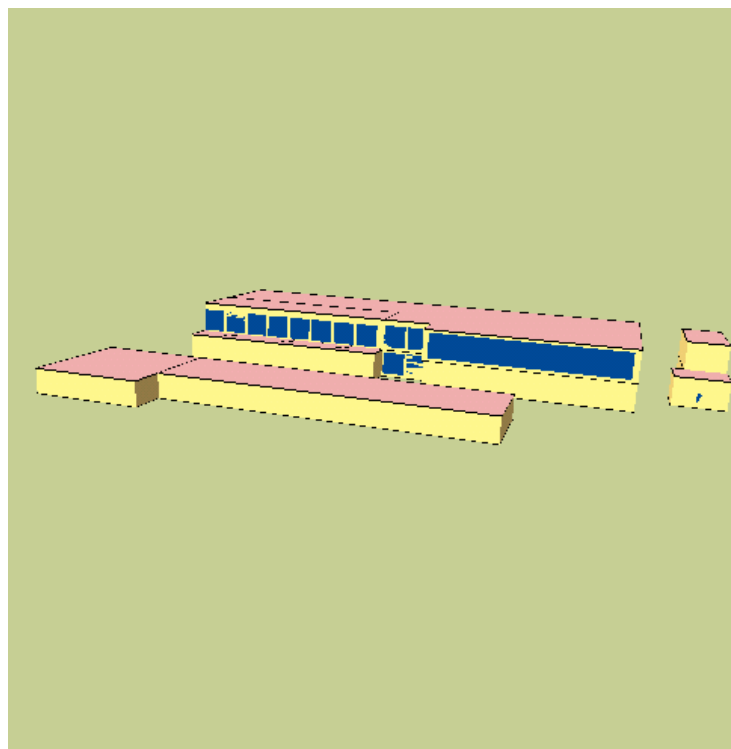


Figura 6 - Vista posterior (1).

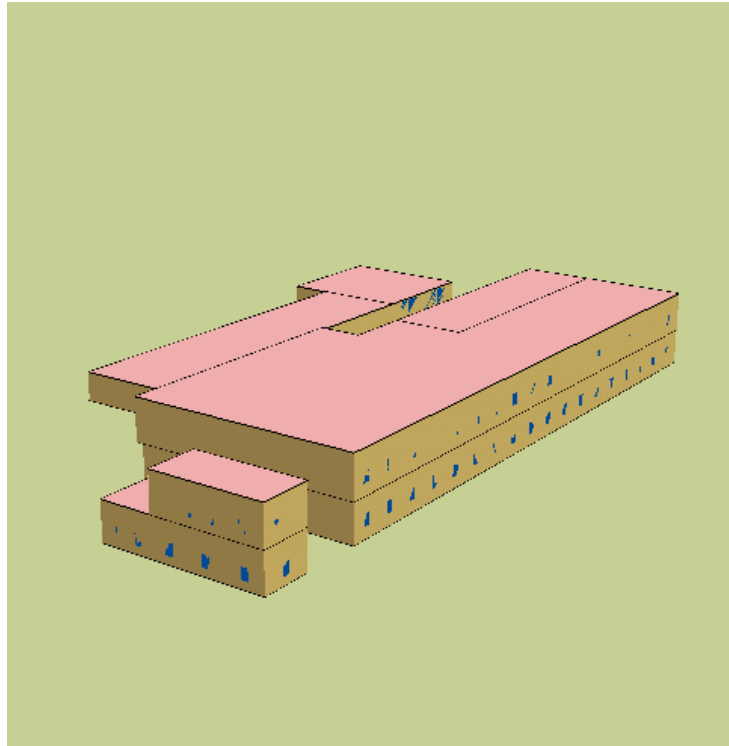


Figura 7 – Vista lateral esquerda (2).

Notas:

- 1 – Os telhados inclinados não são visualizados, mas foram considerados na análise realizada;
- 2 – O edifício mais pequeno e o edifício do auditório/restaurante estão localizados a uma cota diferente do que é mostrado pelo visualizador 3D do VisualDOE. No entanto esta diferença de cota foi considerada aquando da simulação;
- 3 – O funcionamento do forno não foi ainda contemplado nesta simulação.

Entre os aspectos, fez-se uma atribuição de tipos de paredes, fenestração, tipos de vidros, sistemas de apoio a utilizar, zonas a climatizar e acordo com o pensado, à data, pela equipa de projecto. Na ausência de informação definitiva e, estando-se perante um estudo prévio (onde este tipo de informação ainda é escasso – todas as soluções estão “em aberto”), foram utilizadas soluções convencionais (o que tornou este estudo pouco conservativo) e boas práticas de Engenharia, na definição de paredes, janelas, tipos de vidros, sistema de climatização, etc.

É pois necessário aprofundar este estudo ao nível de variados aspectos, tais como a definição: do perfil de ocupação, do horário de funcionamento, dos sistemas de iluminação artificial, das áreas a climatizar, da temperatura de conforto desejada, do tipo de paredes e de revestimentos, da envolvente, da área e localização da fenestração, do tipo de vidros a utilizar, da utilização e posicionamento de sombreadores, dos sistemas e equipamento a instalar e a automatizar.

Assim, para cada projecto deverão ser considerados os seguintes dados essenciais:

- Descrição do edifício, das propriedades e das características dos materiais construtivos, englobando:
 - A posição das paredes;
 - As aberturas: janelas, vidros e outros;
 - Os telhados e tecto/forro;
 - As dimensões dos componentes;
 - A orientação geográfica;
 - A forma.

Nota: relativamente aos dois últimos pontos (orientação geográfica e forma do edifício) não será possível qualquer alteração futura, visto que se trata da reabilitação de um conjunto de edifícios existente.

- Descrição da ocupação: o modo de ocupação do edifício, por pessoas e por equipamentos, deve ser especificado incluindo a sua variação no tempo, porque influencia as trocas de energia. Assim, deverá ser explicitado:
 - O número de ocupantes;
 - Os esquemas e horários de ocupação e/ou de funcionamento;
 - Os tipos de actividades exercidas (função do edifício);
 - A potência total relativa a sistemas e equipamentos;
 - O custo unitário de energia (tarifário energético).

- Descrição do sistema de climatização: como a temperatura do ar interior esperada deverá ter valores constantes (pré-definidos), os edifícios devem ser dotados de um sistema de climatização artificial. Para isso, o VisualDOE possui já diversos sistemas de climatização, comumente utilizados, implementados no módulo *Systems*. Desta forma, é possível ao utilizador antever o comportamento de diferentes tipos de sistemas de climatização.
- Descrição dos equipamentos de climatização: outra informação de que o programa necessita é a referente às características dos equipamentos de climatização como, por exemplo, condensadores, evaporadores, aquecedores, compressores, ventiladores, tubagens, serpentinas, desumidificadores e bombas.

As características principais desses equipamentos/máquinas são traduzidas para o programa pelo módulo *Plant*.

- Descrição das condições climáticas tais como:
 - Valores horários da temperatura e da humidade relativa do ar exterior;
 - Quantidade e variação da radiação solar incidente no edifício;
 - Direcção e velocidade média dos ventos predominantes no local;
 - Outros.

O conjunto destes dados é traduzido para o programa através do módulo processador *Weather*.

- Descrição dos dados para análise de viabilidade económica: o programa contém um módulo adicional que, a partir das energias calculadas, dos tarifários, das taxas de descontos e do período temporal, permite:
 - Antever os encargos energéticos futuros;
 - Analisar a viabilidade económica de diferentes alternativas, permitindo otimizar o edifício em termos energéticos.

- Selecção dos dados de saída: o programa fornece vários tipos de relatórios desde os mais complexos até os mais resumidos das seguintes categorias:
 - Relatórios de verificação;
 - Relatórios sumários;
 - Relatórios detalhados com base horária.

O VisualDOE também permite a análise de diferentes tipos de soluções arquitectónicas, construtivas e técnicas e qual o seu impacto no comportamento térmico do edifício. Os diferentes cenários criados permitem a elaboração de estudos económicos e a selecção da melhor solução, aquela que apresentar a melhor relação conforto - desempenho energético - custo.

O comportamento do edifício foi simulado para um ano de funcionamento. Os resultados obtidos, e que a seguir se apresentam, são prévios, necessitando de uma análise mais detalhada e, principalmente, mais informada.

Algumas considerações tidas para a simulação:

- Orientação da fachada principal: Sudoeste;
- Ficheiro climático utilizado: Coimbra (é o que, no momento, existe mais perto de Oliveira do Bairro no formato reconhecido pelo VisualDOE);
- Não foi considerada a existência de tectos falsos;
- Potência específica para iluminação: 20 W/m^2 ;
- Potência específica para equipamentos: 2 W/m^2 ;
- Todos os edifícios são climatizados, excepto o R/C do edifício mais pequeno;
- Foi escolhida uma área de controlo para o sistema de climatização no R/C;
- Considerou-se que o museu está aberto 6 dias por semana (12 horas/dia);
- Considerou-se um sistema central de climatização (aquecimento a gás e arrefecimento eléctrico).

Assim, os resultados obtidos no presente estudo prévio foram:

Considerando só o edifício principal (Museu):

- Potência máxima para aquecimento: 530 kW (kW térmicos);
- Potência máxima para arrefecimento: 405 kW (kW térmicos).

Considerando o conjunto dos três edifícios:

- Potência máxima para aquecimento: 620 kW (kW térmicos);
- Potência máxima para arrefecimento: 540 kW (kW térmicos).

Saliente-se, que estes são valores que o sistema deve assegurar independentemente do tipo de central térmica que se escolha.

Para além das potências máximas para aquecimento e arrefecimento o VisualDOE forneceu ainda os seguintes resultados:

- Área total aproximada dos edifícios: 5998 m²;
- Volume aproximado dos edifícios: 30079 m³;
- Área total aproximada a climatizar: 5893 m²;
- Volume aproximado a climatizar: 29554 m³;
- Área de fenestração aproximada: 592 m²;
- Razão envidraçado/paredes: 11,4 %;
- Área de clarabóias aproximada: 6 m²;
- Razão clarabóias/telhados: 0,2 %;
- Energia total anual para arrefecimento: 633 MWh;
- Energia total anual para aquecimento: 91 MWh;
- Energia total anual para arrefecimento/área climatizada: 107 kWh/m²;
- Energia total anual para aquecimento/área climatizada: 91 kWh/m²;
- Potência máxima para arrefecimento/área climatizada: 91 W/m²;
- Potência máxima para aquecimento/área climatizada: 105 W/m².

No Gráfico 1 apresenta-se uma previsão dos consumos mensais de energia eléctrica (EE).

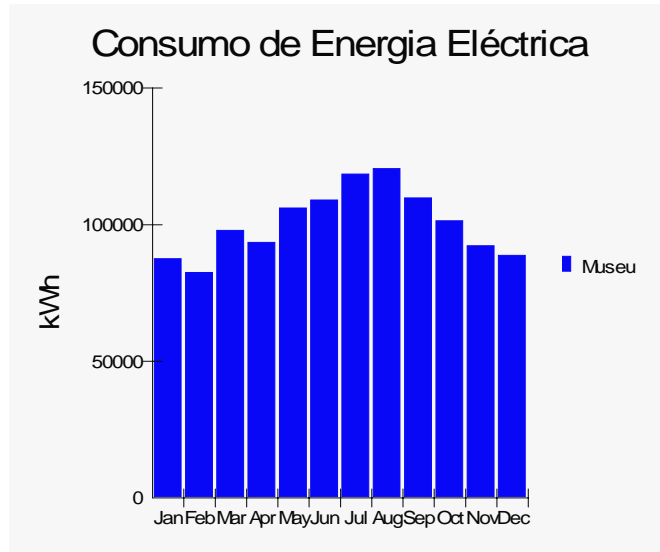


Gráfico 1 – Consumo mensal de energia eléctrica.

O Gráfico 2 refere-se à previsão das potências máximas eléctricas mensais.

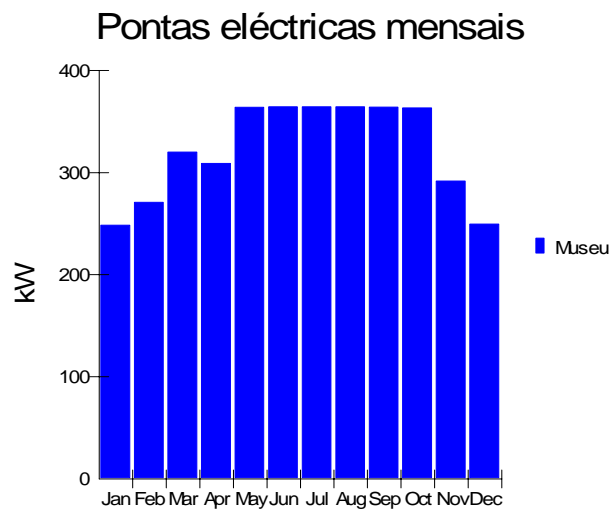


Gráfico 2 – Potências máximas eléctricas mensais.

O Gráfico 3 apresenta a desagregação de consumos de EE por categoria.

Consumos Eléctricos

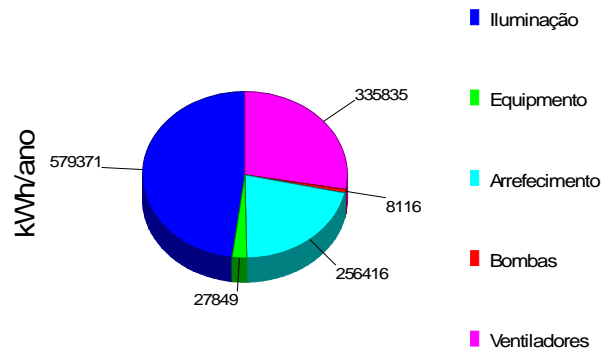


Gráfico 3 – Desagregação de consumos de energia eléctrica.

No Gráfico 4 apresenta-se a distribuição percentual dos consumos de EE.

Desagregação dos consumos eléctricos anuais

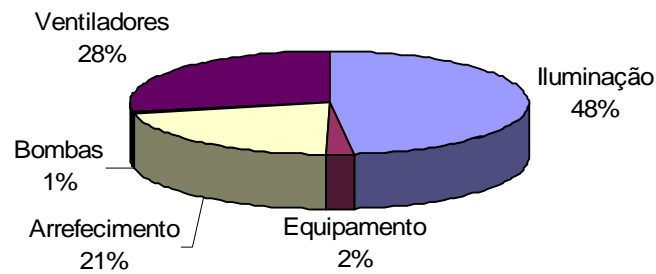


Gráfico 4 – Desagregação de consumos de energia eléctrica em termos percentuais.

O Gráfico 5 mostra uma previsão dos consumos de gás mensais para climatização ambiente e para águas quentes sanitárias.

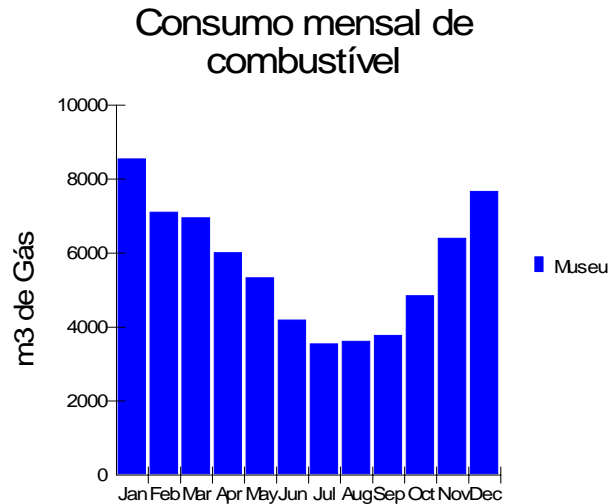


Gráfico 5 – Consumos mensais de gás.

O Forno

O forno circular que se encontra instalado no espaço do futuro museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro apresenta um estado de conservação exterior razoável embora apenas uma investigação mais cuidada possa aquilatar das condições de isolamento térmico das suas camadas interiores, determinantes para a sua futura utilização, mesmo que experimental. De facto uma utilização, como desejado, mesmo com carácter didáctico e demonstrativo apresenta os mesmos condicionantes que a utilização normal do forno em produção, e é mesmo mais gravosa nas exigências técnicas quanto a tirantes de expansão e condições de isolamento dados os constantes arranques a que o forno será sujeito. Atente-se também que o arranque deste forno, mesmo para uma sessão experimental, exigirá um período longo de secagem e aquecimento que se estima em 30 dias com acompanhamento permanente de pessoal 24h por dia.

Também deverá ser equacionada a movimentação e armazenagem da lenha necessária ao abastecimento dos queimadores laterais a qual, dependente da carga a cozer poderá ascender a várias dezenas de toneladas de lenha, para uma única cozedura.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se desde já concluir que o futuro museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro se afigura como um consumidor intensivo de energia. Tal facto justifica que alguns cuidados sejam tomados na fase de projecto de modo a que se consigam obter as condições de conforto desejáveis com baixos consumos de energia e um reduzido impacto ambiental.

Como grandes consumidores de energia destacam-se desde já:

- Forno;
- Sistema de iluminação artificial;
- Sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC).

4 – ALGUMAS RECOMENDAÇÕES

Perante estes resultados a equipa de trabalho do INESC Coimbra propõe algumas soluções a ter em conta no projecto e que serão alvo de análise e especificação posterior.

- **Edifício - Características passivas**

Conforto térmico:

- Inércia elevada:
 - envolvente exterior densa e isolada;
 - massas de acumulação térmica interiores, desde que insoladas.
- Aquecimento:
 - aberturas (fenestração) para ganho directo.
- Arrefecimento e ventilação:
 - dispositivos de ventilação natural (*necessário prever registos corta-fogo*);
 - zonas com água e plantas naturais (*requisitos especiais de humidade relativa*);
 - telhados ventilados.
- Protecção contra ganhos excessivos:
 - fachada Sul: palas e/ou estores exteriores de lâminas horizontais;
 - fachadas Poente e Nascente: estores exteriores de lâminas verticais ou rede.
- Isolamento térmico:
 - isolamento exterior da envolvente opaca;
 - caixilharia com baixo coeficiente de transmissão térmica;
 - vidro duplo (reflector, electrocromático, ...);
 - isolamento das coberturas.

Conforto visual:

- Luz zenital.
- Janelas “amplas” (*análise de sensibilidade com a térmica*).
- Fachada Norte:
 - estores interiores.
- Espaços de exposição, salas de reunião e afins:
 - possibilidade de oclusão da luz natural pelo interior.
- Acabamentos interiores:
 - cores claras;
 - textura suave;
 - outros.

Arranjos exteriores (*influência no desempenho térmico*):

- Arborização:
 - árvores de folha perene a Norte;
 - árvores de folha caduca a Sul e Poente.

NOTA: A distribuição dos espaços interiores deve ter em consideração a orientação do edifício de acordo com o tipo de tarefas a desenvolver e os requisitos de conforto.

• Edifício – sistemas activos de apoio e integração de energias alternativas

Sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC)

Sendo uma preocupação determinante num edifício com as funcionalidades de um museu uma correcta climatização, acompanhada de apertadas tolerâncias no controlo da qualidade do ar, a utilização de processos eficientes no sistema de AVAC é primordial.

Algumas propostas de soluções alternativas de instalação, a serem alvo de um estudo de viabilidade, podem ser referenciadas:

- Sistema de co-geração: geração de energia térmica para aquecimento acompanhada de geração de energia eléctrica;
- Sistema de tri-geração: se o sistema anterior for acompanhado de geração de energia térmica para arrefecimento;
- Colectores solares planos para pré-aquecimento de águas por aproveitamento da Energia Solar;
- Armazenamento térmico de calor e/ou frio, podendo, no primeiro caso, ser reforçado com ganhos térmicos provenientes da Energia Solar;
- Painéis fotovoltaicos para a conversão da energia térmica gerada pela radiação solar em energia eléctrica;
- Sistema de climatização a 4 tubos cujo fluído de circulação é água tratada, utilizando ventilo-convectores com base em permutadores água / ar;
- Sistema de controlo da qualidade do ar por unidades de tratamento do ar (UTA's);
- Sistema de recuperação de calor do ar ambiente a ser extraído, podendo ser acompanhado de sistema de recuperação de parte da energia térmica gerada no forno circular de demonstração;
- Sistema VAV (Volume de Ar Variável) - de insuflação / extracção;
- Sistema de climatização com recurso a bomba(s) de calor devido ao seu elevado rendimento;
- Permutadores de calor de elevada eficiência;
- Sistema de *free-cooling*, para arrefecimento natural (consiste em aproveitar o ar mais frio exterior em períodos nocturnos para arrefecimento).

Estas possibilidades apresentadas não são em alguns casos mutuamente exclusivas não podendo ser consideradas viáveis em acumulação.

Sistemas de iluminação

Uma parte substancial dos consumos energéticos num edifício com estas características dever-se-á à obrigatoriedade de obtenção de níveis de iluminância de acordo com padrões de conforto para os ocupantes, sem prejuízo das peças expostas. Assim, devem-se ter em conta os princípios da utilização racional de energia em iluminação, essencialmente na limitação da potência eléctrica instalada por unidade de área e a utilização de fontes de luz com adequadas temperaturas de cor e índices de restituição de cor.

Entre as possibilidades em equipamentos ou estratégias de instalação podem ser propostas:

- Lâmpadas de alta eficiência, com diminuição do razão Watt/lumen;
- Balastros electrónicos, com diminuição da potência instalada e aumento do factor do balastro, entre outras vantagens;
- Luminárias de alto rendimento, incluindo quando possível reflectores e grelhas com elevado factor de reflexão e ainda difusores de elevada transmitância luminosa;
- Armaduras ventiladas, com dissipação de calor junto às fontes de luz e possibilidade de recuperação do mesmo para climatização;
- Iluminação dedicada utilizando lâmpadas de baixa potência, por exemplo lâmpadas fluorescentes compactas de alto rendimento;
- Utilizar diferentes níveis de iluminação de acordo com a funcionalidade dos espaços;
- Fazer uma adequada segregação dos circuitos de iluminação;
- Sempre que possível utilizar estratégias de controlo por regulação contínua do fluxo luminoso gerado ou, em alternativa, um controlo de ligação/deslastre de cargas qualificado.

- **Forno**

É um forno de chama invertida servido por uma chaminé de grande altura que efectua uma exaustão de fumos inferior e que originariamente funcionava a grés salgado. Este tipo de produção, hoje totalmente abandonado, apresenta características extremamente gravosas, quer em termos de emissões gasosas (libertação de vapores de Cl_2 e ácido clorídrico), quer em termos das temperaturas de funcionamento, cerca de 1300°C , dependendo das argilas utilizadas, quer da corrosão dos revestimentos interiores do forno. Acresce que estas emissões não se iriam libertar pela chaminé, mas sim no ambiente circundante, uma vez que o sal seria introduzido, quer pela abertura superior da abobada do forno, quer pelos queimadores laterais, provocando uma autêntica nuvem de gases que se espalharia por toda a zona envolvente.

A fábrica era originalmente em grande parte aberta na fachada ao longo de toda a zona do forno e o seu telhado extremamente permeável à saída de gases tóxicos que se formavam aquando da “salga”.

Acresce a isto o desconhecimento do estado interior da chaminé que, pelo que nos foi comunicado, foi sujeita a reparação estrutural exterior, mas cujo revestimento interior não é garantido. Saliente-se também que a solução encontrada para a estabilização da mesma, cintagem por bandas de aço, não é uma solução que permita o funcionamento dos inevitáveis movimentos de dilatação transversais a que uma chaminé agora aquecida seria submetida.

Concluindo, pensa-se que a utilização do forno para frequentes demonstrações de cozedura nas condições originais de trabalho, grés de “salga” será de desaconselhar dados os investimentos necessários para a sua recuperação e os eventuais condicionalismos a que obrigaria, em termos ambientais e térmicos, ao espaço museológico circundante.

Pensa-se, no entanto, ser possível equacionar o funcionamento do forno a produzir um produto de faiança a temperaturas de 900°C com condições menos limites em termos de utilização do equipamento e sem a criação dos problemas ambientais atrás referidos.

Pode também ser equacionado, pelas suas dimensões interiores, um roteiro visitável em torno de uma carga simulada, pronta a cozer, no interior do forno e até talvez com um uma ampla reportagem fotográfica de uma cozedura experimental ensaiada para esse fim. Este forno, e todo o ambiente industrial que o rodeia, é uma peça única que urge preservar para que a memória do desenvolvimento industrial do fim do século XIX e princípios do século XX perdure.

- **Impacto ambiental**

- Reutilização de águas:
 - Re-aproveitar a água dos lavatórios para posterior utilização nos autoclismos;
 - Recolher e armazenar a água das chuvas para futura utilização nos autoclismos e/ou na rega dos jardins.
- Integração na arquitectura de locais destinados à recolha selectiva de resíduos (por exemplo, papel, plásticos, vidros)
- Utilizar materiais de construção com possibilidade de serem reciclados.
- Fazer uma análise de ciclo de vida de todo o edifício.

5 – TRABALHO FUTURO

Como trabalho futuro o grupo de trabalho do INESC Coimbra propõe-se fazer uma análise suplementar detalhada que permita antever o comportamento futuro do Museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro, e colaborar na definição e selecção das soluções finais a implementar.

Ao nível da simulação, será realizada, em VisualDOE, e documentada a análise do comportamento das várias soluções arquitectónicas e construtivas e dos vários sistemas activos de apoio, passíveis de serem instalados.

Far-se-á ainda a verificação da aplicação dos regulamentos nacionais:

- RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
- RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

Será ainda objecto do trabalho desta equipa um estudo do impacto do funcionamento do forno no comportamento térmico do edifício com indicação de soluções futuras a adoptar na recuperação e funcionamento do mesmo.

Será avaliada a viabilidade técnica e económica da possível integração no edifício de sistemas de produção local de energia através de elementos de captação do tipo térmico e/ou fotovoltaico, sendo equacionada a sua utilização como elemento construtivo e quantificada a respectiva atractividade económica.

A introdução de um sistema de gestão técnica no edifício permitirá efectuar a coordenação do funcionamento dos elementos construtivos mais vocacionados para o aproveitamento passivo da energia solar (nas vertentes térmica, incluindo ventilação, e de iluminação natural), dos sistemas activos de apoio (iluminação artificial e AVAC) e de outros sistemas auxiliares (monitorização, segurança, rega,

registo de consumos, etc.). As vantagens de um sistema deste tipo são, principalmente, a possibilidade de manter as condições de operação do edifício num ponto óptimo de funcionamento ao nível do conforto proporcionado aos utentes e dos consumos de energia, a possibilidade de utilizar eficazmente as informações adquiridas para implementar estratégias de controlo e manutenção óptimas do ponto de vista económico e ainda a possibilidade de corrigir alguns efeitos resultantes da negligência natural dos utilizadores na utilização dos recursos e sistemas. É propósito do grupo de trabalho, após a estabilização do projecto de arquitectura, a especificação de um sistema de gestão técnica para o futuro Museu.