



REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS BASEADA NA METODOLOGIA BIM

**SILVA, Maria João Falcão (1); COUTO, Paula (2); PINHO, Fernando (3);
SILVA, Sara (4)**

(1) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, mjoaofalcao@lnec.pt

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, pcouto@lnec.pt

(3) FCT-UNL, ffp@campus.fct.unl.pt

(4) FCT-UNL, srd.silva@campus.fct.unl.pt

RESUMO

A reabilitação de edifícios tem crescido nos últimos anos, sendo uma das áreas com maior investimento do setor público e privado. O desafio na reabilitação de edifícios permite reduzir o uso de recursos, tentando reduzir o impacto ambiental e tornando o setor de construção mais eficiente. O principal objetivo da pesquisa desenvolvida é compreender como o uso de ferramentas digitais permite uma abordagem mais eficiente na reabilitação energética de um edifício. Desta forma, e considerando diferentes soluções de reabilitação, é possível realizar uma análise de alternativas, comparando-as com a solução base e assim sendo capaz de compreender quais são os ganhos energéticos, bem como a solução ótima. Os resultados serão apresentados possibilitando a comparação com medidas reais e os parâmetros de referência dos padrões para desempenho térmico. A possibilidade de editar as propriedades térmicas dos materiais de construção considerados, permite a realização de várias simulações com diversas combinações de possíveis melhorias. Os resultados obtidos podem ser parte integrante de uma análise de custo-benefício para apoiar a tomada de decisão.

Palavras-chave: BIM; Reabilitação sustentável de edifícios; Edifícios de interesse público

ABSTRACT

The rehabilitation of buildings has been growing in the last years, being one of the areas with greater investment by the public and private sector. The challenge on the rehabilitation of buildings allows reducing the use of resources, trying to reduce the environmental impact and making the construction sector more efficient. The main objective of the research study developed is to understand how the use of digital tools allows a more efficient approach in the energetic rehabilitation of a building. In this way, and considering different rehabilitation solutions, it is possible to perform an analysis of alternatives, comparing them with the base solution and thus being able to understand which the energetic gains are, as well as the optimal solution. The results will be presented making possible their comparison with real measurements and the standards reference parameters for thermal performance. The possibility of editing the thermal properties of the building materials considered, allows the realization of various simulations with several combinations of possible improvements. The results obtained can be an integrant part of a cost-benefit analysis to support decision making.

Keywords: BIM; Building Sustainable Rehabilitation; Buildings with public interest.

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios, tem vindo a assumir, nos anos mais recentes, um papel cada vez mais importante no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) dado que, para além de resolver as

anomalias visíveis e a degradação física do edificado, permite melhorar as condições de conforto e aumentar a eficiência energética e hídrica do edifício, reduzindo a poluição ao longo de todo o seu ciclo de vida (Dinis, 2010). A fusão entre a reabilitação e a construção sustentável permite prolongar a vida útil de um edifício sem necessidade de construir um novo edifício de raiz, reduzindo desta forma os recursos naturais assim como a produção de resíduos necessários, incrementando soluções construtivas mais amigas do ambiente (Mota, 2013). A preocupação com a sustentabilidade, baseada nos conceitos de projetos que considerem fatores sociais, económicos e ambientais nas suas estratégias tem crescido cada vez mais no setor AECO. Avaliar a sustentabilidade de um edifício implica uma análise integrada de muitas variáveis que requerem tempo no desenvolvimento de um projeto e da integração entre as diversas especialidades.

O Building Information Modeling (BIM) surge como uma metodologia inovadora que procura dar resposta a novas exigências do processo de conceção construção e manutenção de edifícios. O BIM permite a representação digital de um objeto construído pelas suas características físicas e funcionais, envolvendo a aplicação, manipulação e manutenção de informação relativa a todo o ciclo de vida de um determinado edifício através de um modelo de dados, visual, completo e consistente (Alsayyar e Jrade, 2015) (Eastman et al., 2011). Considera-se que, atendendo ao facto de ser uma tecnologia inovadora, o BIM aplicada à reabilitação sustentável se concretiza como uma mais valia. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, fazer medições e verificações durante a construção para que seja possível de uma forma mais eficiente e elegir quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício (Silva et. al, 2018).

O presente artigo aborda a forma como a utilização de BIM permite uma abordagem mais eficiente na busca de soluções de reabilitação energética de um edifício público. Apresentam-se diferentes análises do desempenho energético do edifício em estudo, testando várias soluções construtivas e analisando cada uma delas, o que permite confirmar a solução mais eficaz e qual a vantagem da utilização do BIM numa fase inicial de projeto. A aplicação do BIM na reabilitação energética permite concluir sobre o desempenho das soluções alternativas.

2 ENQUADRAMENTO

2.1 Reabilitação energética

A reabilitação pode ser definida como um conjunto de ações destinada à conservação e ao restauro das partes importantes, tanto a nível estético, histórico ou funcional conferindo a possibilidade de reutilização de um determinado edifício. Estas intervenções devem permitir satisfazer os níveis

de desempenho e exigências funcionais contemporâneas, criando uma harmonia entre a identidade original e a atual (Appleton, 2010). Alguns autores, defendem cada vez mais a reabilitação como a solução para voltar a atrair a população aos centros históricos, apresentando vantagens económicas e ambientais relevantes. Por isso, a reabilitação assume um papel cada vez mais importante na medida que pode atenuar os efeitos provocados pela crise no setor da construção (Martins, 2014). A reabilitação energética de edifícios, pode ser encarada como uma vertente cada vez mais importante da reabilitação de edifícios. Esta assume particular relevo entre as intervenções deste tipo tentando integrar medidas de economia e de utilização racional da energia consumida. Para a realização da uma reabilitação energética de edifícios é necessária ter em consideração a reabilitação térmica da envolvente dos mesmos, realizada através do reforço do isolamento térmicos nas zonas opacas, reforço do isolamento térmico e controlo de ganhos energéticos a partir dos vãos envidraçados (Silva et. al, 2018). Reabilitar do ponto de vista energético consiste também em otimizar a eficiência dos sistemas de iluminação e climatização de forma a reduzir o custo associado ao consumo de energia e, se possível, recorrer à introdução de dispositivos que permitam o aproveitamento de energia a partir de fontes renováveis (Paiva et. al, 2006). Atendendo ao crescimento acentuado do consumo energético em Portugal, em parte devido às opções construtivas adotadas no passado, o papel da reabilitação energética de edifícios afigura-se ainda como tendo maior importância.

2.2 BIM

O Building Information Modelling (BIM) traduz um processo colaborativo em constante mudança e desenvolvimento, baseado num processo de partilha de informação entre todos os intervenientes, ao longo das fases do ciclo de vida de um empreendimento. O BIM pode ser uma mais-valia oferecendo novas ferramentas para o setor através da colaboração digital e gestão eficiente da informação (Antonopoulou et al., 2017). No BIM desenvolve-se, em software específico, um modelo de informação digital tridimensional com dados relacionados com arquitetura, estruturas, redes prediais, informações ao nível da sustentabilidade da construção, planeamento ou o custo (Lino et. al, 2012) (Azevedo, .

O aparecimento dos softwares BIM que conseguem juntar a modelação com a realização de avaliações energéticas, por forma a estudar o comportamento térmico do edifício num só programa, permite ao projetista a tomada de decisões mais conscientes, precisas e informadas sobre o projeto em questão, permitindo fazer a escolha do tipo de materiais que podem ser utilizados, a escolha dos sistemas de energia renováveis mais eficientes, ou o tipo de vãos envidraçados mais adequados à exposição solar do edifício em causa e fazer o estudo da avaliação energética de forma relativamente rápida, fácil e económica,

por forma a tentar fazer uma escolha acertada e quase personalizada consoante as necessidades do edificado em causa (Sara Silva, 2019).

2.3 Utilização de BIM na reabilitação energética

No setor da construção nova o BIM já mostrou os seus potenciais benefícios no que diz respeito ao planeamento, projeto, análise energética, construção e entregas de projetos de edifícios construídos de origem (Eastman et al., 2011). Os projetos de reabilitação contam com equipas multidisciplinares, que permitem que cada especialidade consiga trocar e interpretar informação e dados do ativo patrimonial para que, assim, se consiga informar sobre o seu valor e significado. A maioria dos softwares BIM inclui características que podem ser úteis em projetos de reabilitação, com a integração de um conjunto de dados como informações históricas, fotografias, valores patrimoniais associado a componentes específicos ou espaços, interoperabilidade, para partilha de dados e reutilização através de uma equipa multidisciplinar, potencial para interagir com outros sistemas corporativos de bases de dados e arquivos (Antonopoulou e Bryan, 2017).

Avaliar a sustentabilidade de um edifício implica uma análise de muitas variáveis que requerem tempo no processo de desenvolvimento do produto e da atuação de várias especialidades. Com a utilização do BIM, é possível obter uma avaliação consistente, e fidedigna que permite a decisão em tempo real, preferencialmente na etapa de projeto. Deve-se considerar que, por ser uma tecnologia inovadora a modelação em BIM aplicada ao sector da reabilitação sustentável é uma mais-valia. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, fazer medições e verificações durante a construção para que seja possível de uma forma mais eficiente eleger quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício (Eastman et al., 2011).

As ligações diretas entre o BIM e ferramentas de análise energética são por uma importante evolução tecnológica, permitindo a criação de análise que tenham uma relação entre si, permitindo uma melhor interligação de dados de forma coordenada e continua que economiza tempo, recursos e reduz o risco de possíveis erros (Attia, 2010). A utilização de ferramentas apoiadas na metodologia BIM contribuirá para a sustentabilidade na elaboração de um projeto de uma obra quer seja esta uma construção nova ou de reabilitação, através da análise antecipada dos consumos de energia do projeto e os seus respetivos custos de utilização, facultando resultados credíveis e consistentes, possibilitando desta forma, fazer tomadas de decisão antecipadas e otimizar as análises de custo do ciclo de vida de um edifício (Santos e Couto, 2015).

3 BIM NA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO PÚBLICO

3.1 Descrição do edifício

O edifício está localizado na Quinta do Marquês, Oeiras, sendo parte integrante do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) e concentra atualmente os diversos laboratórios dos organismos ligados a investigação em funcionamento, em diferentes locais de Lisboa (Figura 1). Foi construído no final dos anos 60, e é constituído por 3 pisos, designados, Cave, Piso 0, Piso 1, e tem também um sótão, que apenas é utilizado para a maquinaria técnica, perfazendo uma área construída de aproximadamente 7370m², não tendo sido contabilizada a aérea do anfiteatro. Este edifício é composto principalmente por salas de escritórios e laboratórios (Silva et.al, 2018).

Figura 1 – Edifício do INIAV

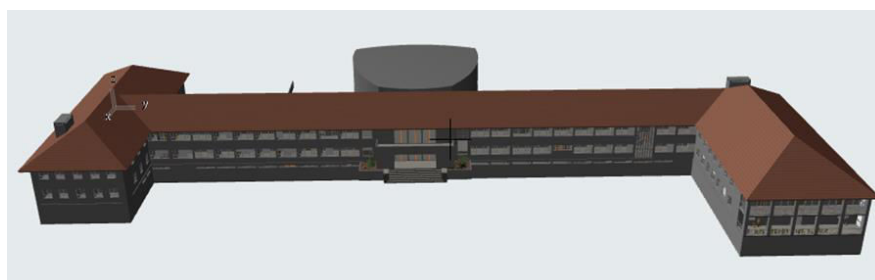


Fonte: Silva, 2019

3.2 Modelação do edifício

Para a modelação do edifício em estudo o software escolhido foi o ArchiCAD da Graphisoft, dado que para além da simples modelação geométrica de edifícios este incorpora uma funcionalidade que permite, caso necessário, fazer análises energéticas (Figura 2).

Figura 2: Modelo global tridimensional do edifício



Fonte: Silva, 2019

A cada elemento do modelo foram atribuídas características geométricas e físicas, bem como definidos os tipos de materiais e as propriedades térmicas conforme as características do edifício existente. Para além da introdução dos elementos da construção do edifício, foi introduzido no programa também a sua localização, a sua orientação solar, para que na

simulação estivessem aplicadas diretamente as condições onde o edificado está implantado (Silva et.al, 2018).

Ainda antes de serem realizadas as simulações energéticas, foram definidas configurações básicas de energia, representadas pelo tipo de construção, pela localização da edificação pelo nível do terreno do projeto, pela definição do tipo de sistemas de aquecimento e arrefecimento do edifício, entre outros. Acresce ainda que outro parâmetro importante definir para o desenvolvimento das análises corresponde à atribuição de zonas térmicas aos vários compartimentos do edifício. Estas zonas são unidades espaciais do projeto, que normalmente representam sectores de um edificio com determinadas áreas, volumes e tipo de ocupação atribuído (Silva, 2019).

Para a avaliação energética o software usado agrupa as zonas térmicas em blocos térmicos (Figura 3a) que correspondem ao conjunto de um ou mais compartimentos com características semelhantes em termos de requisitos de aquecimento ou arrefecimento (Figura 3b).

Figura 3: Detalhe do modelo parcial do edifício: a) blocos térmicos; b) categorização das zonas térmicas



Fonte: Silva, 2019

A simulação energética do edifício é feita com base nas suas características reais, para que os valores de consumo energético resultantes da simulação vão de encontro com os valores reais, podendo, no entanto, ser um pouco divergentes dos valores reais, por simplificações utilizadas no programa e por se tratar de um modelo aproximado, em vez do modelo exato do edifício. Mais se adianta que, nas simulações energéticas são contabilizados: i) os horários reais de funcionamento do edifício; ii) a taxa de ocupação do edifício; iii) as potências dos equipamentos instalados no interior; iv) as características dos elementos construtivos; v) dados climáticos.

A possibilidade de editar as propriedades térmicas dos materiais permite a realização de várias simulações com diversas combinações de possíveis melhorias a implementar, podendo através dos resultados obtidos ser fundamentados por análises custo-benefício.

3.3 Soluções de reabilitação energética

Foram estudadas duas soluções para melhoria do desempenho energético do edifício sem colocar em causa a sua identidade: i) Reforço do paramento exterior com isolamento térmico (sistema ETICS); ii) intervenção nos vãos envidraçados (introdução de vidros duplos com caixilhos de alumínio, mantendo o material da caixilharia existente). Complementarmente estudou-se ainda uma solução combinada incorporando i) e ii) simultaneamente.

Face ao exposto, na elaboração das simulações energéticas, foram analisadas quatro alternativas diferentes: i) Solução existente (S1) correspondente ao edifício após intervenção na cobertura (com colocação de painel sandwich com 8 cm de espessura na cobertura), sistema de ventilação, sistema de climatização e luminárias com sistema de LED; ii) Intervenção ao nível do paramento exterior do edifício (S2) com colocação de um sistema de isolamento térmico composto exterior (ETICS) constituído por placas de poliestireno expandido (EPS) com 6cm de espessura e revestido por ligante sintético armado com rede de fibra de vidro; iii) intervenção ao nível da envolvente envidraçada do edifício (S3) com proposta de substituição dos vãos envidraçados existentes com caixilharia de alumínio e vidro simples, para uma caixilharia de alumínio com alteração para vidros duplos, conferindo assim uma maior estanquicidade ao ar e conforto térmico; iv) intervenção total do edifício (S4) compreendendo a junção das duas soluções propostas (S2+S3).

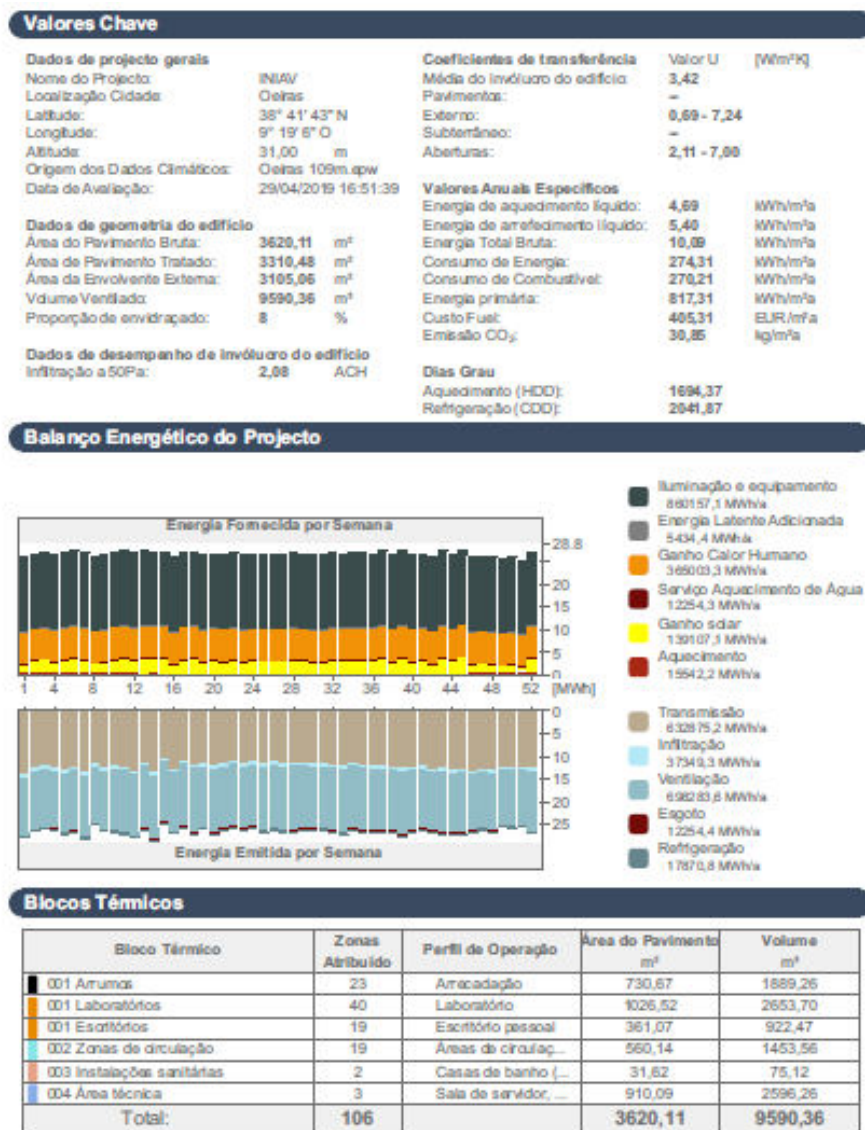
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A avaliação energética obtida no programa é validada pela norma ANSI/ASHRAE 140-2007: Método Padrão de Testes para Avaliação de Programas Informáticos de Análise Energética de Edifícios. No desenvolvimento da análise são apresentados os blocos térmicos de aquecimento e arrefecimento, de iluminação e outros equipamentos do modelo analisado, para cada mês, sendo possível identificar os pontos críticos do projeto.

Os resultados da simulação da situação de referencia (S1) e das várias soluções de intervenção (S2, S3 e S4) são apresentados sob a forma de gráfico ou de tabelas, contendo valores mensais precisos para perdas e ganhos da edificação, possibilitando a manipulação dos mesmos e a sua comparação com a medições reais e com parâmetros de referências de normas de desempenho térmico.

A totalidade dos valores obtidos encontram-se presentes em relatórios fornecidos pelo programa (Figura 4), permitindo uma primeira análise rápida dos consumos energéticos (Silva, 2009).

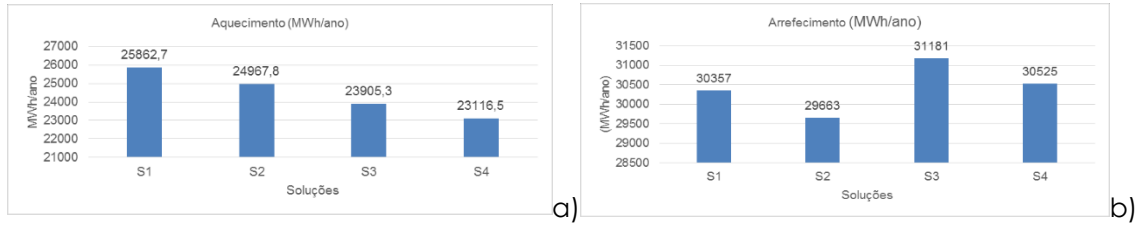
Figura 4: Exemplo de relatório de avaliação desempenho energético



Fonte: Silva, 2019

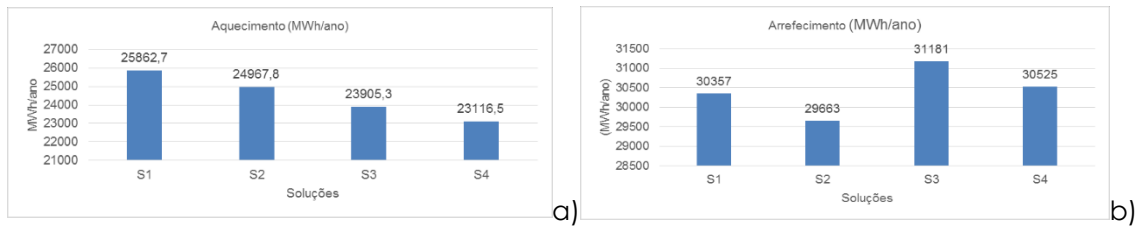
Tendo por base os relatórios gerados nas avaliações energéticas, foram efetuadas análises dos valores mais relevantes, do ponto de vista da eficiência energética, com o intuito de perceber qual a melhor solução a adotar para o edifício em estudo, caso se pretenda intervir sob o ponto de vista da reabilitação energética (Figura 5 e Figura 6).

Figura 4: Balanço energético das necessidades anuais de: a) de aquecimento do edifício; b) de arrefecimento do edifício



Fonte: Silva, 2019

Figura 5: a) Emissões de CO₂; b) custo anual de energia



Fonte: Silva, 2019

Ao analisar os gráficos relativos ao Balanço energético do edifício pertencentes às necessidades de aquecimento é visível que a melhor solução é a S4, no entanto, ao analisar os gráficos relativos às necessidades de arrefecimento verifica-se que a melhor solução é a S2.

Ao nível do consumo de emissão de CO₂ a solução S2 continua a ser aquela que apresenta um menor valor e aquela que apresenta menor custo de energia face às restantes soluções apresentadas. No que se refere a custos de energia pode-se afirmar que as soluções S2 e S4 se encontram bastante equiparadas.

Em termos globais pode-se concluir que, para as simulações feitas e tendo em conta as funcionalidades do programa e o facto de ser efetuada uma análise relativamente simplista ao nível das pontes térmicas, a solução S2 é aquela que apresenta valores mais consistentes para uma tomada de decisão sobre de que forma se deverá intervir no futuro no sentido de promover a reabilitação energética do edifício em estudo.

5 CONCLUSÕES

Com o trabalho desenvolvido apresentam-se os benefícios da utilização da metodologia BIM num processo de análise energética de um edifício alvo de reabilitação, mostrando as vantagens dessa utilização, comparando vários cenários de reabilitação, como é o caso das situações de intervenção propostas por forma a tentar chegar à solução mais vantajosa do ponto de vista energético. Mais se adianta, que foi possível identificar as fases mais importantes para o desenvolvimento de avaliações energética, com base num software apoiado pela metodologia BIM. Foram discriminadas as soluções alternativas de

intervenção para reabilitação do edifício com vista a melhorar a eficiência energética do edifício, sendo dado particular ênfase às suas características essenciais para incorporação no modelo.

A utilização de ferramentas de Análise Energética ajuda a fundamentar os processos de tomada de decisão permitindo optar por soluções mais eficientes, com vista a uma redução das necessidades energéticas e consequentemente a um aumento a eficiência energética do edifício. No âmbito do trabalho foram obtidos desempenhos energéticos fornecidos pelo software selecionado e utilizado na modelação, que foram analisados ao pormenor pelo programa, permitindo demonstrar a adequabilidade da utilização da Avaliação Energética no âmbito da metodologia BIM.

A aplicação de conceitos BIM a um cenário como o apresentado permite que sejam comparados de forma rápida e eficaz diferentes quadros de reabilitação através do acesso a informação prévia como os consumos, o balanço energético e o impacto ambiental. Esta informação permite que o projetista, o dono de obra e empreiteiro possam decidir de forma mais sustentada e harmoniosa as suas ações de forma a otimizar o todo projeto de reabilitação.

REFERÊNCIAS

- ALSAYYAR , B., JRADE, A., **Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects.**,” 5th Int. Constr. Spec. Conf. Vancouver - Br. Columbia 10 p., 2015.
- ANTONOPOULOU, S., BRYAN, P. **BIM for Heritage - Developing a Historic Building Information Model.** Historic England, 2017.
- APPLETON, J. **Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção,** Edições Orion. 2011.
- ATTIA, S. **Building Performance Simulation Tools: Selection Criteria and User Survey.** Architecture, (January), 1–47, 2010
- AZEVEDO, O. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras.** 2009, Dissertação de Mestrado.
- DINIS, R. (2010). **Contributos para a reabilitação sustentável de edifícios de habitação.** Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa.
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and .çlp+onh bContractors,** 2nd Edition. 2011.
- LINO, J., AZENHA, M., LOURENÇO, P. **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas.** Encontro Nacional Betão Estrutural (BE2012), FEUP, 2012.
- MARTINS, A. **A Sustentabilidade na Reabilitação do Edificado.** 2014, Dissertação de Mestrado, UFP.

- MOTA, A. **Consumo ecológico – Poupar o ambiente e a carteira.** Lisboa, 2013.
- PAIVA, J., AGUIAR, J., PINHO, A., **Guia Técnico de Reabilitação Habitacional.** Edições LNEC, 2006.
- SILVA, S. **Aplicação do BIM à Reabilitação Energética de um Edifício Público,** 2019, Dissertação de Mestrado, FCT-UNL, Costa da Caparica, Portugal.
- SILVA, S., FALCÃO SILVA, M.J., COUTO, P., PINHO, F. **Reabilitação de um edifício público utilizando metodologias BIM,** CONSTRUÇÃO 2018, FEUP, Porto, 2018
- SANTOS, L., COUTO, J., **Ferramentas e processos BIM de avaliação e otimização energética em edifícios. BIM Tools and Procedures for Energy Evaluation and Optimization in Buildings** ISSN Para ISBN, 174–178, 2015.