

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

NOVOS MÉTODOS PARA INTRODUÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO

Joana Andrade (joana.andrade@civil.uminho.pt); Catarina Araújo (cba@civil.uminho.pt);
Maria de Fátima Castro (info@mfcastro.com); Luís Bragança (braganca@civil.uminho.pt)

Universidade do Minho, Centro de Território, Ambiente e Construção (EEUM-CTAC)

Palavras chave: Fases preliminares de projeto, Desenho integrado de projeto, Universidade do Minho, Centro de Território, Ambiente e Construção (EEUM-CTAC), Investimento, Soluções de construção sustentáveis.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável compreende muitos significados e a sua implementação requer diversas atividades humanas diferentes e complementares, que têm um objetivo mútuo implícito: uma sociedade que pode persistir por muitas gerações com uma visão flexível e integrada que permitirá a manutenção dos sistemas sociais e físicos da qual está intrinsecamente dependente. Neste cenário, a indústria da construção civil pretende desenvolver produtos que cumpram não só os requisitos funcionais, como também os de segurança e durabilidade durante todas as fases do ciclo de vida. Assim, diferentes países têm vindo a desenvolver métodos de Avaliação da Sustentabilidade do Ambiente Construído (Building Sustainability Assessment - BSA), que tentam estabelecer a melhor forma de se avaliar e comparar projetos e práticas de construção. Deste modo, o objetivo deste artigo é apresentar dois métodos de avaliação para a promoção da sustentabilidade de edifícios de habitação em fases iniciais de projeto, inovadores e complementares.

A utilização destes dois métodos em conjunto, permite que as equipas comparem alternativas de projeto e verifiquem quais as opções mais sustentáveis e quais as preocupações de sustentabilidade que se encontram vinculadas a todos os critérios, restrições e decisões de projeto. Em paralelo, possibilitam também uma análise de custo-benefício, que compara soluções de construção que consideram a disponibilidade de investimento e a disponibilidade de mercado de todas as partes interessadas. Estas novas abordagens pretendem promover um ambiente construído mais sustentável, permitindo a análise dos projetos desde as suas fases preliminares e possibilitando soluções mais próximas da disposição de investimento das diferentes partes interessadas e da capacidade económica dos utilizadores.

1. INTRODUÇÃO

O setor de construção é um dos maiores consumidores de recursos na União Europeia (UE). Em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de materiais, fabrico de produtos de construção, construção, utilização e manutenção, os edifícios na UE são responsáveis por cerca de metade dos materiais extraídos e igual parte no que respeita à utilização de energia, bem como um terço do consumo de água e resíduos gerados. Por outro lado, o setor da construção também tem um impacto significativo no nível social e económico. Estima-se que este setor representa 10% do PIB global e emprega 111 milhões de pessoas (UE, 2016).

No caminho para uma Europa mais eficiente em termos de recursos, os edifícios são destacados como um dos três setores principais a serem abordados. Uma construção mais eficiente e uma utilização mais adequada dos edifícios, poderia ajudar a se atingirem reduções significativas: 42% da utilização final de energia; cerca de 35% do total de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE); 50% dos materiais extraídos; e até 30% de água em algumas regiões (Herczeg *et al.*, 2014).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é assim apresentar dois métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios de habitação com finalidades diferentes, os quais possuem uma capacidade colaborativa entre si capaz de aumentar exponencialmente a importância dos resultados obtidos. Considerando que um possibilita a análise comparativa de opções de desenho e projeto de um edifício na sua fase preliminar de desenvolvimento e outro uma análise custo-benefício que tem em atenção a disponibilidade de investimento e a de mercado, a utilização conjunta dos mesmos permite aumentar a possibilidade de se projetar e construir um edifício efetivamente adequado aos níveis de sustentabilidade atualmente desejados.

Assim, neste artigo é feito um enquadramento ao tema, a apresentação individual de cada um dos métodos e a exemplificação de aplicação prática dos mesmos.

3. O SECTOR DA CONSTRUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Desenvolvimento Sustentável é um conceito cuja importância tem crescido significativamente nas últimas décadas. A crise económica global veio reforçar não só a crescente preocupação a nível ambiental, como também aumentar a consciencialização da população relativamente à mudança necessária e inevitável dos valores das suas sociedades. A falta de preocupação das populações neste domínio, especialmente a dos países mais industrializados, encontra-se na base desta crise que cada vez mais se afigura tridimensional (social, ambiental e económica). Neste cenário, destaca-se o positivismo de novas iniciativas que surgem voltadas para a necessidade de mudança de atitude da população mundial.

Atualmente a problemática que expõe as questões ambientais tem sido amplamente divulgada pelos meios de comunicação, chegando a ser muitas vezes manipulada pelos intervenientes no mundo da publicidade com o intuito de atingir outros fins que não os da melhoria da condição ambiental, económica e social do planeta. Desta forma, para que se assista a uma verdadeira viragem na sociedade com o objetivo de uma melhoria ao nível da sustentabilidade, é necessário informar e consciencializar a população (Castro, 2011).

3.1. Métodos de avaliação da sustentabilidade do ambiente construído

O principal motivo que originou o aparecimento de iniciativas que promovem a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, foi o de os países não conseguirem dizer o quão sustentável era efetivamente um edifício. Esta dificuldade demonstrou-se generalizada, mesmo no seio de países e equipas onde este campo de estudo e ação se afigura mais desenvolvido. Neste sentido, vários países têm vindo a trabalhar em sistemas próprios de avaliação da sustentabilidade adaptados à sua realidade, apresentando-os como capazes de orientar o desempenho global do sector da construção. A maioria destes sistemas baseia-se em regras e legislação locais, em tecnologias de construção convencionais, determinando um sistema padrão de pesos para cada conjunto de indicadores, de acordo com os contextos socioculturais, económicos e ambientais que se afiguram diferentes entre realidades (Crawley, 1999).

Entre os sistemas e ferramentas de avaliação atualmente disponíveis no mercado, é possível destacar alguns pela sua maior utilização e reconhecimento: BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method); CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency); DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen); Green Star; HQE (Association pour la Haute Qualité Environnementale); LEED (Leadership in Energy & Environmental Design); NABERS (National Environmental Australian Building Rating System); and SBTool (Sustainable Building Tool).

Este último, SBTool é uma ferramenta internacional, distinguindo-se dos restantes por isso mesmo. Permite classificar o desempenho sustentável de edifícios e projetos, e possibilita a

sua adaptação a diferentes realidades por partes interessadas e devidamente reconhecidas pela Associação iiSBE (Iniciativa Internacional para a Sustentabilidade do Ambiente Construído). Por exemplo, proprietários e gestores de portfólios de grandes edifícios, podem utilizá-lo para expressar de forma mais detalhada os seus requisitos de sustentabilidade, para que sejam mais facilmente entendidos pelas suas equipas. Por outro lado, esta ferramenta afigura-se também com uma vertente educacional, despertando ainda interesse por parte de diferentes estudantes e investigadores ao nível da sua adaptabilidade de uso e flexibilidade no que respeita ao desenvolvimento de benchmarks para uma ampla gama de critérios.

3.2. Normas e políticas internacionais

As diferenças entre os critérios considerados pelos diferentes métodos de avaliação, tornam a definição de “Construção Sustentável” subjetiva e difícil de comparar em termos de resultados obtidos em cada um dos métodos. Neste contexto, a Organização Internacional de Normalização (ISO) e o Comité Europeu de Normalização (CEN) têm vindo a desenvolver e publicar normas que pretendem orientar as iniciativas para a avaliação ambiental e de sustentabilidade dos edifícios.

No que diz respeito aos programas e iniciativas de incentivo, é possível destacar o Horizonte 2020, como o maior programa de investigação e inovação da UE de sempre (de 2014 a 2020). Este surge na sequência do estabelecimento, por parte da UE, de metas exigentes a serem alcançadas até 2020, 2030 e 2050: redução de emissões de GEE; utilização de energia renovável; redução da utilização de energia; e existência de uma quota de energias renováveis no sector dos transportes.

Em relação à legislação e regulamentação existentes, têm vindo a ser publicadas normas, diretrizes e regulamentos sobre materiais de construção (ISO/EN 15804), resíduos de construção e demolição (Diretiva 2008/98/EC) e qualidade do ambiente interior (EN 15251). No entanto, relativamente à sustentabilidade da construção, a legislação atual encontra-se ainda bastante centrada na energia, sendo a mais atual a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre eficiência energética. O principal objetivo desta é acelerar a renovação rentável dos edifícios existentes, ou seja introduzir sistemas de controlo e automatização dos edifícios como alternativa às inspeções físicas, incentivar a implementação das infraestruturas necessárias para mobilidade eficiente e introduzir um indicador de inteligência para avaliar a preparação tecnológica do edifício. Assim, de entre as principais alterações que se verificam, destacam-se as seguintes (UE, 2018):

- Novas definições, como “sistema de controlo de automação e construção”;
- Implementação, até 2050, de uma estratégia a longo prazo para apoiar a renovação dos parques de edifícios dos EM, transformando-os em parques imobiliários com elevada eficiência energética e descarbonizados;
- Encarregar a CE de agir legalmente através de ações que complementem a presente diretiva através do estabelecimento de um regime comum voluntário, para a classificação do grau de preparação para aplicações inteligentes de edifícios, com a definição de um indicador e de um método de cálculo;
- Estabelecer inspeções periódicas obrigatórias às instalações de aquecimento e ar condicionado com potência nominal útil superior a 70 kW;
- Determinar o consumo de energia primária em kWh/(m² ano), como indicador numérico para efeitos de certificação e cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética.

3.3. Práticas sustentáveis de projeto e construção

Apesar de todas estas iniciativas, na maioria dos edifícios ainda não estão presentes práticas sustentáveis ao nível do projeto, construção e até mesmo utilização do edifício, existindo apenas um pequeno número de edifícios certificados por métodos BSA (Mateus, 2011). A razão é principalmente porque: soluções sustentáveis apresentam geralmente custos de investimento mais elevados; existe desinformação acerca dos custos e benefícios das soluções; há uma falta de conscientização pública; existe uma descrença nos benefícios sociais e económicos destas práticas; há falta de apoio/incentivos políticos.

4. MÉTODOS PARA A PROMOÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

Considerando o conceito de Sustentabilidade, defende-se que este deve fazer parte do léxico de todas as partes interessadas no processo de projeto e construção de um edifício desde logo numa fase o mais inicial possível, favorecendo o aumento da probabilidade de sucesso de integração de práticas mais sustentáveis de projeto, construção e utilização do mesmo (Chandramohan, 2012; Son, 2015). Assim, torna-se essencial definir objetivos e estabelecer metas para as quais soluções alternativas de projeto podem ser avaliadas e comparadas. Isto permite a identificação de critérios mensuráveis para auxiliar os projetistas na definição de soluções mais eficientes, com impactos e custos mais reduzidos. Para além disso, se os objetivos não forem facilmente mensuráveis e compreensíveis, poderão ocorrer limitações e ineficácia na sua aplicação (Deru, 2004).

A maioria dos métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios (BSA) existentes, não são aplicáveis durante as fases preliminares de projeto, uma vez que exigem um determinado detalhe e definição de dados que não se encontra disponível, na maioria dos casos, nas fases iniciais (Andrade, 2016). Por sua vez, é necessário ter em consideração a viabilidade económica das soluções de projeto em estudo. Mesmo que uma solução tenha um alto desempenho com baixo impacto ambiental e possa gerar um baixo custo de ciclo de vida, ela não pode ser considerada sustentável nem economicamente viável se as partes interessadas não estiverem dispostas a pagar por ela. Assim, diferentes estudos têm vindo a abordar a viabilidade económica de uma solução versus a disponibilidade das partes interessadas em investir na mesma (Alajmi, 2016; Pal, 2016). No entanto, não existe um método que permita avaliar comparativamente estes dois parâmetros. Tendo tudo isto em consideração, é de suma importância considerar a opinião dos diferentes intervenientes no processo de construção de um edifício num processo de comparação de soluções construtivas, pois este leva à seleção de soluções que melhor se adequam aos seus interesses.

Assim, neste trabalho são apresentados dois novos métodos complementares. O primeiro, apresenta-se como uma ferramenta de suporte ao projeto, que permite que os projetistas definam metas de sustentabilidade desde o início do processo, permitindo a comparação entre soluções convencionais e alternativas. O segundo, consiste num método de análise de custo-benefício, onde a seleção da melhor solução de construção se determina não apenas através da análise de Custo do Ciclo de Vida (LCC), mas também através da análise da disponibilidade/disposição das partes interessadas em investir em práticas mais sustentáveis de projeto e construção.

4.1. EasyMode

O método EasyMode (Método de desenho de edifícios sustentáveis para fases preliminares) pretende ser uma ferramenta de auxílio ao projeto preliminar considerando todo o ciclo de vida do edifício. Tem como principal objetivo assistir as equipas de projeto na definição de objetivos de sustentabilidade e na capacidade de os atingir, através de um guia com sugestões, avaliação e comparação do desempenho de soluções alternativas. Esta ferramenta visa também sensibilizar as equipas de projeto de que todos os aspetos e

requisitos de desenho e projeto, e todas as decisões tomadas, têm impacto no que respeita à sustentabilidade.

Desta forma, o Método foi desenvolvido tendo em conta duas abordagens: (i) quantificação e,

(ii) tomada de decisão. A primeira permite medir os potenciais impactes que as várias soluções alternativas têm nos indicadores de sustentabilidade e qual a sua influência para o desempenho sustentável final do edifício. A segunda fornece informação essencial para o processo de tomada de decisão, através da comparação dos desempenhos das várias alternativas de desenho. Ambas as abordagens, contribuem para melhorar a sustentabilidade do ambiente construído e para dotar as equipas de projeto de uma consciência de sustentabilidade.

Adicionalmente, o EasyMode partiu das seguintes premissas: (i) ser simples e fácil de utilizar;

(ii) estar de acordo as recomendações das normas internacionais ISO e CEN; (iii) considerar as três dimensões de sustentabilidade, (iv) permitir a simultaneidade de critérios quantitativos e qualitativos e; (v) fornecer a orientação necessária para a compreensão das implicações que a sustentabilidade tem no projeto (Andrade, 2017). Foi assim necessário rever os métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios (BSA) existentes, as normas internacionais relativas à construção sustentável, bem como literatura relevante em cada um dos indicadores. Foi também realizado um inquérito para compreender os pontos de vista das equipas de projeto. Dos resultados destas análises resultou a matriz de sustentabilidade e a incluir no método de tomada de decisão. Esta matriz organiza-se numa árvore de decisão com a seguinte estrutura:

- Materiais e recursos – abarca o impacto ambiental de ciclo de vida dos materiais de construção e a eficiência e uso de recursos;
- Bem-estar – considera aspetos para a saúde e conforto dos utilizadores do edifício e a funcionalidade do mesmo;
- Custos de ciclo de vida – inclui os custos de investimento, manutenção e fim de vida;
- Localização – abrange as condições sociais e ambientais do local;
- Gestão e técnica – considera aspetos de gestão e manutenção de projeto.

Estas categorias encontram-se divididas em dezanove indicadores e trinta e cinco sub-indicadores. As equipas de projeto podem selecionar quais os indicadores a avaliar e em que ordem. Ao contrário de outros métodos BSA, o EasyMode não pondera nem agrega os resultados num valor único. Os resultados são apresentados ao nível de cada indicador, como os pontos-intermédios de uma Análise do Ciclo de Vida (LCA). Deste modo, a Figura 1 apresenta a estrutura do método. Primeiro é possível definir os objetivos a cumprir em cada indicador e, de seguida, o desempenho das várias soluções ao nível de cada indicador pode ser estimado ou podem ser obtidas indicações de como atingir os objetivos traçados. A comparação das alternativas de desenho permite verificar qual a solução com melhor desempenho.

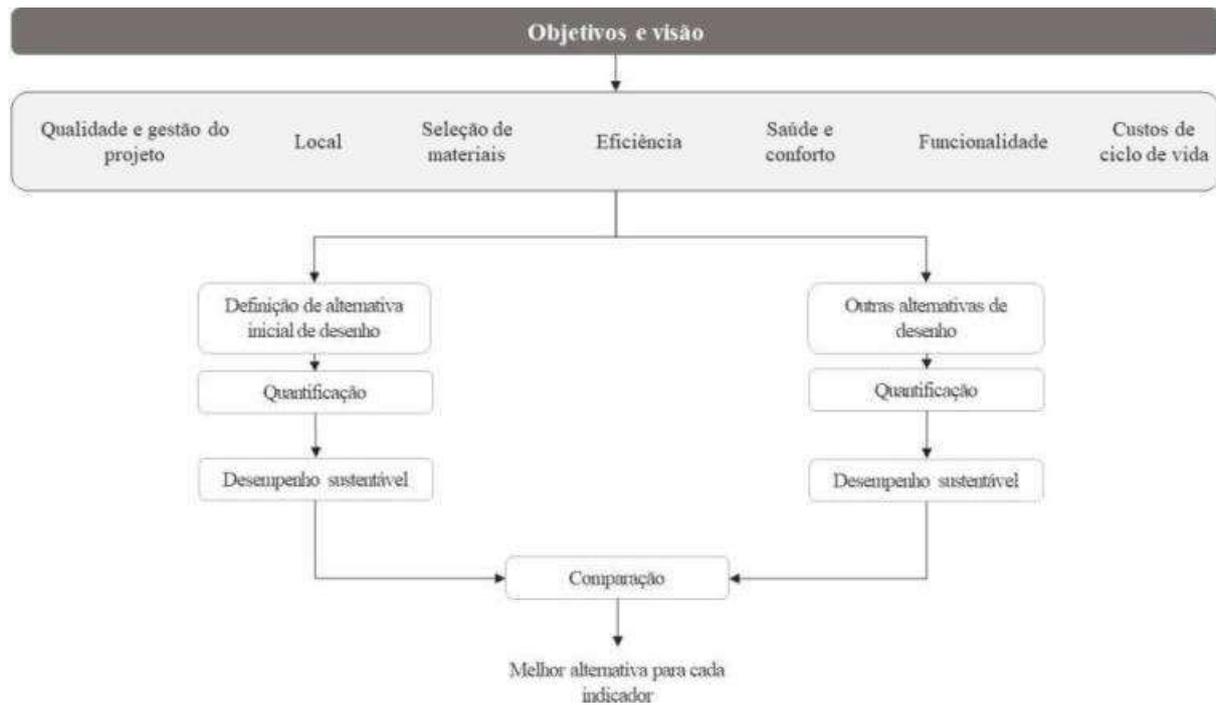


Figura 1. Estrutura do EasyMode (Andrade, 2017)

4.2. Método CBA

O Método CBA (Análise de Custo-Benefício) visa comparar o desempenho ao nível da sustentabilidade e os custos de soluções de construção. O Método recorre a uma abordagem visual por representação gráfica bidimensional (Figura 2), onde o eixo horizontal representa o Nível de Sustentabilidade (NS), o eixo vertical o LCC e o ponto representa a solução em estudo. A solução mais barata surge na parte inferior do gráfico, enquanto soluções com melhor desempenho de sustentabilidade aparecem na parte superior.

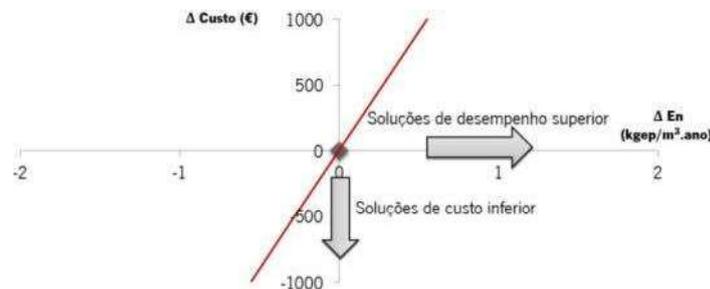


Figura 2. Representação gráfica do método CBA (Araújo, 2016).

A Equação 1 apresenta o método de cálculo do LCC de um edifício de acordo com o Regulamento Delegado (UE) n.º 244/2012 da Comissão, de 16 de janeiro de 2012 (EU, 2012).

$$C_g(\tau) = C_i + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i(j)} \times R_d(i) - V_{f,\tau}(j)) \right] \quad (1)$$

Onde:

- T: Período
- $C_g(T)$: Custo global no período de cálculo
- C_i : Custo de investimento inicial para a medida j
- $C_{a,i}(j)$: Custo anual durante o ano i para a medida j
- $R_d(i)$: fator de desconto para o ano i
- $V_{f,\tau}(j)$: Valor residual para a medida j no final do período de cálculo

Neste Método, a avaliação de sustentabilidade é realizada pela avaliação de sete indicadores-chave. Estes foram definidos após a análise de vários métodos BSA europeus, projetos europeus e normas ISO e CEN. Foram escolhidos os seguintes indicadores: consumo de energia, consumo de água, impacto ambiental do ciclo de vida dos materiais de construção, conforto térmico, conforto acústico, iluminação e qualidade do ar interior. Cada solução de desenho é depois analisada numa perspetiva de LCC. No final, a avaliação global da solução é obtida através de uma análise multicritério.

Este Método considera aspetos relevantes ao comparar soluções. Quando uma solução é mais barata e tem melhor desempenho que outras é fácil concluir-se que esta é melhor que as demais (no gráfico aparecerá no canto inferior direito do quarto quadrante). No entanto, quando se comparam soluções em que uma é mais dispendiosa, mas possui melhor desempenho, conclusões como a anterior podem não ser tão óbvias. Assim, é necessário considerar-se também o valor económico que o tomador de decisão está disposto a investir numa solução de alto ou baixo desempenho. Este método de comparação é crucial para responder à questão: “Até que ponto está alguém disposto a investir/pagar uma medida de melhoria do desempenho da sustentabilidade num edifício?”

Matematicamente, isto corresponde a optar pela melhor relação custo-benefício para um determinado orçamento. Na Figura 2, a linha vermelha representa esta relação. Esta relação pode variar de pessoa para pessoa. Assim, para a definir é necessário analisar a disponibilidade de investimento do decisor, de forma a adaptar a linha a cada caso. Isto permitirá não só comparar soluções, mas também selecionar aquela que melhor se adapta a cada indivíduo, uma vez que a disponibilidade de investimento pode variar consoante o nível de sustentabilidade. Assim, a linha pode adotar uma forma linear ou não-linear.

5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

Para o exemplo prático considerou-se um edifício unifamiliar português típico, com dois quartos, 110 m² de área construída e hipoteticamente localizado em Lisboa a 71 m de altitude (Figura 3). O objetivo do estudo é identificar qual a melhor solução para a melhoria da eficiência energética através de uma análise comparativa.

As soluções construtivas estudadas foram definidas tendo em conta as soluções construtivas mais utilizadas em Portugal entre os anos 1960 e 1990:

- i. Parede exterior - alvenaria de pedra simples de 22 cm e reboco de 2 cm em ambos os lados ($U = 1,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$);
- ii. Laje de piso - laje aligeirada ($U = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$);
- iii. Cobertura - inclinada com laje aligeirada ($U = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$);
- iv. Piso térreo - laje de betão com revestimento cerâmico ($U = 1,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$);
- v. Envidraçados - vidro simples de 6 mm e caixilharia de madeira ($U = 4,1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Para o exemplo, considerou-se que o edifício possuía um sistema móvel de Ar-Condicionado (AC) para aquecimento e arrefecimento do ar interior (COP = 1; SREE = 3,5) com ventilação natural. Para a análise das necessidades energéticas consideraram-se as temperaturas de conforto recomendadas pela legislação Portuguesa, ou seja 18°C para a estação de aquecimento e 25°C para a de arrefecimento. A ventilação foi avaliada por simulação dinâmica com recurso ao módulo *AirFlowNetwork* do programa informático *EnergyPlus*. Considerou-se ainda que o edifício seria ocupado por três pessoas das 19h às 8h em dias úteis e todo o dia ao fim-de-semana.

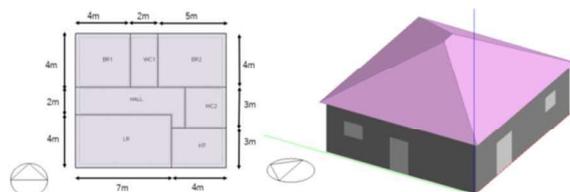


Figura 3. Esquema do edifício caso de estudo

5.1. Cenários de reabilitação

Para o exercício, foram analisados três cenários de reabilitação. O primeiro tem apenas em conta medidas passivas. No segundo, além das medidas passivas definiram-se sistemas mais eficientes. Por fim, o terceiro cenário consiste nas medidas do Cenário 2 combinadas com uma bomba de calor. Os cenários de reabilitação são então:

1. Aplicação de 8 cm de isolamento térmico nas paredes exteriores ($U = 0,32 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$), 12 cm de isolamento pelo exterior na cobertura ($U = 0,27 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$) e substituição dos vãos envidraçados por caixilharia de alumínio com vidro duplo ($U = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$);
2. Medidas passivas do Cenário 1, mais substituição do equipamento de climatização por um sistema de AC para aquecimento e arrefecimento ($\text{COP}=4,12$; $\text{SREE}=8,53$), e instalação de uma caldeira de condensação a gás para preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) ($\text{COP} = 0,881$);
3. Medidas do Cenário 2 com a adição de um kit fotovoltaico para autoconsumo com uma produção de 1500 kWh ($\text{Eren} = 2290 \text{ kWh}\cdot\text{ano}$, onde Eren corresponde à produção de energia pelo sistema fotovoltaico ao longo de um ano. Os painéis foram testados com orientação a Sul e uma inclinação 35°).

5.2. Resultados obtidos

Considerando os dados anteriormente definidos, de seguida são apresentados os resultados tendo em consideração indicadores de análise específicos, utilizados a título de exemplo para exemplificação destes Métodos. Assim, a Figura 4 apresenta a utilização de energia para cada um dos cenários apresentados.

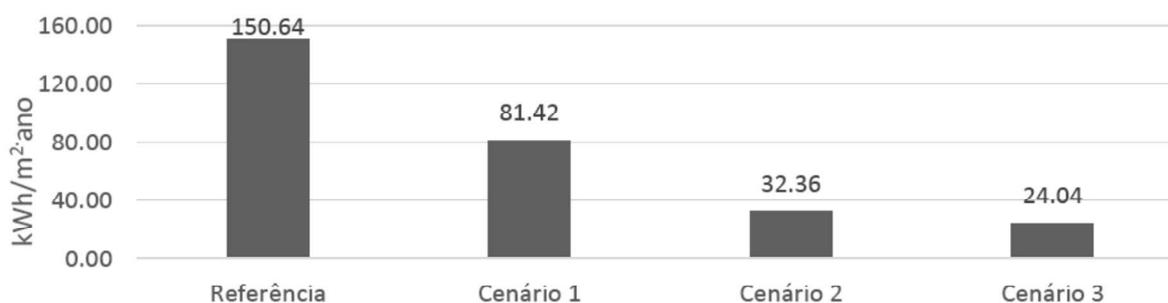


Figura 4. Utilização de energia em cada cenário de reabilitação (kWh/m²·ano)

Considerando o indicador I5 (Eficiência Energética) do EsyMode, é possível estimar as necessidades de energia primária do edifício. Resumidamente, o indicador estima as necessidades de energia segundo a norma ISO 13790 para o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento e segundo a norma EN 15316-3-1 para o cálculo das necessidades energéticas para preparação de AQS (Águas Quentes Sanitárias). O modelo requer a introdução das soluções construtivas da envolvente do edifício – materiais e espessura para cada elemento construtivo – e os sistemas de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS – tipo de sistema. Após a introdução dos dados, a ferramenta apresenta os resultados do cálculo através das necessidades energéticas do edifício. Se necessário, podem ser adicionadas e testadas soluções alternativas, sendo os seus desempenhos comparados. Desta forma, verificou-se que a simples adoção de medidas passivas leva a um

decrécimo de 69 kWh/m²·ano no consumo anual de energia. Estas medidas passivas combinadas com sistemas mais eficientes, mesmo que convencionais, permitem uma redução da utilização na ordem dos 118 kWh/m²·ano. A adoção de uma caldeira, que é normalmente mais eficiente, mas também mais cara, permitiu obter uma diminuição da utilização de energia em 127 kWh/m²·ano.

Através do Método CBA, foi possível construir a A Tabela 1, a qual apresenta a análise económica.

Tabela 1. Análise económica – Método CBA

Cenário	Custo inicial (€)	Custo de operação (€)	Custo de ciclo de vida (€)	Poupança anual (€/ano)	Tempo de retorno (ano)
Referência	0,00	33 635,00	33 635,00	0,00	0
1	11 457,00	21 465,00	32 922,00	406,00	28
2	14 791,00	14 559,00	29 350,00	636,00	23
3	18 125,00	10 655,00	28 780,00	766,00	24

Através desta análise, verificou-se que o tempo de retorno é elevado em todos os cenários, sendo, no entanto, o Cenário 2 aquele que apresenta melhor resultado. Verificou-se ainda que o tempo de retorno entre o Cenário que considera apenas medidas passivas e aqueles que incluem também sistemas de maior eficiência energética é equivalente. O custo inicial tem uma influência muito significativa na análise económica das medidas de reabilitação energética de edifícios residenciais. Mesmo em cenários com poupanças anuais relevantes, os custos iniciais tornam o retorno do investimento apenas disponível nos últimos anos do ciclo de vida do edifício.

6. DICUSSÃO E CONCLUSÃO

O Método EasyMode veio preencher a lacuna que existia ao nível das ferramentas BSA, uma vez que permite que os conceitos de sustentabilidade sejam considerados e avaliados desde o início do projeto. Este método auxilia a tomada de decisão, através da comparação do desempenho de soluções de desenho alternativas ao nível de cada indicador e sub-indicador. A ferramenta permite assim, que as decisões que afetam a sustentabilidade do edifício sejam tomadas conscientemente. Atuar tão cedo no projeto, permite não só aumentar as possibilidades para promover o desempenho sustentável, como também ajuda a reduzir possíveis custos associados.

Por sua vez, a combinação deste com o Método CBA permite auxiliar as partes interessadas na comparação simples de soluções construtivas e na compreensão dos benefícios do investimento e aposta nestas. Adicionalmente, proove a estimulação ao investimento em soluções de alto desempenho, mesmo que com custos mais elevados, uma vez que os benefícios e a poupança ao longo do ciclo de vida são facilmente compreendidos. Este Método permite também identificar medidas com baixo investimento, mas com elevado desempenho. Este facto é bastante importante para informar decisores políticos sobre medidas e aspetos necessários para desenvolver programas de financiamento para a promoção da sustentabilidade.

Assim, as cidades podem e devem ser um campo aberto para as diretrizes sustentáveis de projeto e construção, já que a sua complexidade de escala se torna um impacto (positivo ou negativo) sobre o meio ambiente, tão profundo quanto sua dimensão. Por seu lado, os Métodos de avaliação em constante aparecimento e desenvolvimento desempenham um papel fundamental no sucesso desta intenção, sendo que o uso complementar entre

ferramentas específicas para análise de determinados parâmetros potencia o sucesso de implementação das mesmas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alajmi, A.; Abou-Ziyan, H.; Ghoneim, A. (2016). *Achieving annual and monthly net-zero energy of existing building in hot climate*. *AE*. 165: 511-21.
- Andrade, J. (2017) *Early stage design methodology to ensure life cycle sustainability of residential buildings*. Tese de Doutoramento (Engenharia Civil). EEUM. Guimarães, Portugal.
- Andrade, J.; Bragança, L. (2016). *Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies*. *Civil Engineering and Environmental Systems*. 33(2): 125-46.
- Araújo, C. et al. (2016). *Cost-benefit analysis method for building solutions*. *AE*. 173. 124-133.
- Castro, M.F. (2011). *Edifícios Hospitalares: práticas sustentáveis de projeto*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil). EEUM. Guimarães, Portugal.
- Chandramohan, A.; Narayanan, S.L.; Gaurav, A.; Krishna, N. (2012). *Cost and time overrun analysis for green construction projects*. *International Journal of Green Economics*. 6(2):167-77.
- Crawley, D.; Aho, I. (1999). *Building environmental assessment methods: applications and development trends*. *BRI*. 27(4): 300-8.
- Deru, M.; Torcellini, P. (2004). *Improving Sustainability of Buildings Through a Performance-Based Design Approach*. *World Renewable Energy Congress VIII and Expo: Denver*.
- EU. (2018) *Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018*. *Stat. Official Journal of the E*.
- EU. *European Commission - Environment - Sustainable buildings*. (2016). Disponível em:
- <<http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>>.
- EU. (2012). *Commission Delegated Regulation (EU) N° 244/2012 of the European Parliament and of the Council of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU*. *Stat. Official Journal of the EU*.
- Herczeg, M. et al. (2014). *Resource efficiency in the building sector*. Roterdão: CR Institute.
- Mateus, R.; Bragança, L. (2011). *Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTToolPT-H*. *Building and Environment*. 46(10): 1962-71.
- Pal, S.K.; Alanne, K.; Jokisalo, J.; Siren, K. (2016). *Energy performance and economic viability of advanced window technologies for a new Finnish townhouse concept*. *Applied Energy*. 162: 11-20.
- Son, H.; Kim, C. (2015). *Early prediction of the performance of green building projects using pre-project planning variables: data mining approaches*. *Journal of Cleaner Production*. 109: 144-51.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FCT e programa POPH/FSE-MCTES (SFRH/BD/76043/2011 e SFRH/BD/112703/2015), assim como o apoio do Projeto Europeu Building as Materials Banks, financiado pelo Programa Quadro de Investigação e Inovação da eu Horizonte 2020 (nº. 642384). Por último à Rede de Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes (URBENERE) e à Rede Cidades Inclusivas, Resilientes, Eficientes e Sustentáveis (CIRES), apoiadas pelo Programa CYTED.