

Definição de nZEB em Portugal – Contributo com base em análises de custo de ciclo de vida

Manuela Almeida, Marco Ferreira, Ana Rodrigues

C_TAC, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães
malmeida@civil.uminho.pt

SUMÁRIO

A revisão da diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD recast), publicada em 19 de maio de 2010, introduziu a obrigatoriedade de todas as novas construções a erigir após 31 de dezembro de 2020 serem edifícios de necessidades quase nulas de energia (nZEB). Devem ainda todos os Estados Membros preparar planos que permitam também aumentar o número de edifícios existentes que se adaptem ao mesmo conceito. De acordo com a diretiva, estes edifícios apresentam um desempenho energético muito elevado e a reduzida energia de que necessitam deverá ser assegurada em grande parte por energia de fontes renováveis, incluindo energia de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades.

A significativa indefinição dos vários parâmetros que compõem a redação dada pela diretiva ao conceito deverá ser clarificada por cada Estado Membro. A transposição da diretiva para a regulamentação nacional foi realizada através do regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação, no qual os edifícios com necessidades quase nulas de energia são definidos como sendo aqueles dotados de uma componente eficiente compatível com os resultados decorrentes da aplicação da metodologia de custo ótimo e de formas de captação local de energias renováveis, preferencialmente no edifício ou na parcela de terreno onde está construído, que cubram grande parte do remanescente das necessidades energéticas previstas.

Ambas as definições, da diretiva e da regulamentação nacional, apresentam ainda um elevado grau de indefinição, cenário que se verifica repetido em muitos dos restantes Estados Membros da União Europeia. Cumulativamente, as definições não perspetivam qualquer diferenciação entre os edifícios novos e os edifícios existentes, sendo que, para estes últimos, os constrangimentos do ponto de vista técnico e de rentabilidade económica, poderão dificultar de forma relevante a adaptação ao novo conceito.

Neste contexto, tendo por base os estudos elaborados para a identificação dos níveis ótimos de rentabilidade do desempenho energético dos edifícios residenciais em Portugal utilizando o quadro metodológico comparativo desenvolvido pela Comissão Europeia, são identificados os níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos energéticos aplicáveis na reabilitação do parque residencial português e explorados os conjuntos de medidas que permitem converter esses edifícios em edifícios com necessidades quase nulas de energia. Estas análises permitem dar um contributo para a futura clarificação da definição de edifícios de necessidades quase nulas de energia, com base em critérios de racionalidade económica.

PALAVRAS-CHAVE: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA; EDIFÍCIOS DE NECESSIDADES QUASE NULAS DE ENERGIA; CUSTOS DE CICLO DE VIDA

1. INTRODUÇÃO

A reformulação da EPBD em 2010 introduziu os conceitos de nível ótimo de rentabilidade e de nZEB [1]. Esta diretiva europeia forneceu diretrizes aos Estados Membros para que ambos os conceitos fossem transpostos com as devidas adaptações à realidade de cada estado.

Em Portugal, a introdução destes dois conceitos obrigou à revisão da legislação existente, o que ocorreu através do DL n.º 118/2013 [2], estabelecendo os requisitos mínimos de desempenho energético para os edifícios, sistemas técnicos e elementos construtivos com relevância do desempenho energético do edifício. Este Decreto foi, entretanto, revisto em 2015, ajustando os requisitos mínimos em função dos resultados dos cálculos dos níveis ótimos de rentabilidade [3].

O estatuto de nZEB é obrigatoriamente aplicável a todos os edifícios novos licenciados após dezembro de 2020 ou, no caso dos edifícios públicos, após 31 de dezembro de 2018. A regulamentação portuguesa estabeleceu uma definição em que os edifícios nZEB são edifícios com necessidades de energia muito baixas, com elevado desempenho energético e que a satisfação das necessidades de energia seja em grande medida proveniente de fontes renováveis, produzida no local ou nas proximidades [1]. O elevado desempenho energético é estabelecido pela eficiência da envolvente, sendo estabelecido que esta terá de ser compatível com os níveis de viabilidade económica resultantes das análises realizadas com a metodologia do custo ótimo e das fontes de energia renovável que devem existir no próprio edifício ou na parcela de terreno onde o mesmo foi erigido [1].

A definição portuguesa não estabeleceu ainda um limite numérico em termos de necessidades de energia primária ou de emissões de gases com efeito de estufa, estabelecendo, contudo, um referencial para os requisitos mínimos dos elementos da envolvente do edifício e da eficiência dos sistemas [2].

Em relação à componente das renováveis, a questão torna-se mais ambígua. Isto porque existem variadas fontes de energia renovável, como por exemplo a solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, biomassa, biogás, biocombustível, geotérmica, hídrica e das marés, mas nem todas são aplicáveis, pelo menos de forma corrente, ao edifício ou às proximidades [4]. Algumas destas tecnologias, devido às suas especificidades e dimensões, contribuem para o mix energético nacional com componente renovável, afetando os fatores de conversão, mas não são normalmente integráveis nos edifícios (por exemplo hídrica, das marés e eólica). Há também o caso da biomassa que é classificada como uma fonte renovável, mas dificilmente será produzida nas proximidades do edifício onde será utilizada [4].

Neste contexto, e tirando partido dos cálculos realizados no âmbito das exigências da Comissão Europeia sobre os níveis ótimos de rentabilidade do desempenho energético dos edifícios, foram analisadas medidas de melhoria, com e sem contributo de fontes renováveis, tendo sido identificados os níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos energéticos aplicáveis na reabilitação do parque residencial português e explorados os conjuntos de medidas que permitem converter esses edifícios em edifícios com necessidades quase nulas de energia. Estas análises permitem dar um contributo para a futura clarificação da definição de edifícios de necessidades quase nulas de energia, com base em critérios de racionalidade económica.

2. METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se nos resultados dos cálculos realizados pelos autores para a obtenção dos níveis ótimos de rentabilidade dos edifícios residenciais em Portugal [5].

A utilização deste relatório como base, justifica-se pela utilização de edifícios de referência que são representativos do parque habitacional português (tornando os resultados mais abrangentes) e pelo facto de na definição de nZEB estar contemplada a utilização de soluções que asseguram a rentabilidade no ciclo de vida do edifício.

Genericamente, a metodologia de custo ótimo compara medidas de melhoria do desempenho energético com uma situação de referência (situação em que o desempenho energético não é melhorado). Esta situação de referência, é muitas vezes a solução escolhida pois resolve problemas de ordem estética e funcional do edifício. Contudo, quando realizada uma análise no ciclo de vida previsto para o edifício, poderá verificar-se a existência de medidas que resolvem estes problemas e ainda melhoram o desempenho energético, pelo mesmo, ou menor, custo global.

Estas análises, para além de possibilitarem verificar qual a solução mais rentável, também permitem tirar ilações sobre as medidas que permitem atingir menores consumos de energia e qual o impacto de algumas renováveis no balanço energético final.

A Figura 1 apresenta o resultado genérico de uma avaliação de custo ótimo. O gráfico apresenta pontos genéricos que relacionam a energia primária de origem não renovável (EPNR) associada a cada solução de melhoria, e para um período de 30 anos, com o respetivo custo global (custos de investimento, custos de manutenção e custos de energia).

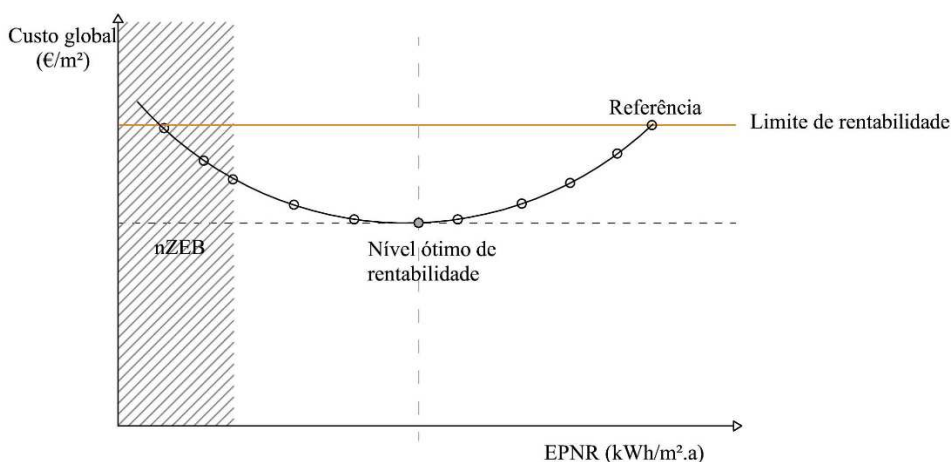


Figura 1 Representação genérica dos resultados de custo ótimo

No gráfico, numa situação de uma análise de custo ótimo, o resultado que interessa será o ponto mais baixo da curva, que apresenta o menor custo global. Relativamente aos nZEB, os pontos mais pertinentes localizam-se abaixo da linha que representa o limite da rentabilidade (que corresponde ao valor do custo global da solução de referência) e para a esquerda do ponto que corresponde ao nível ótimo de rentabilidade, em direção ao zero. A gama de soluções compreendida neste intervalo assegura a rentabilidade das medidas, mas não significa necessariamente que se trate de medidas que permitam obter edifícios classificados como nZEB, pois isso tem também a ver com o contributo das renováveis.

No relatório dos níveis ótimos de rentabilidade em Portugal, para cada edifício, foram analisadas diversas medidas de melhoria de desempenho para a envolvente e para os

sistemas. Os detalhes dos cálculos podem ser consultados no relatório elaborado para a Comissão Europeia sobre os níveis ótimos de rentabilidade em Portugal [5]. Importa salientar que a intenção do relatório dos níveis ótimos de rentabilidade era a de avaliar a conformidade dos níveis obtidos com os requisitos legais em vigor e não a definição dos nZEB. Como tal, e em determinados casos, as energias com fonte de origem renovável foram analisadas mas não totalmente exploradas pois essa não era a prioridade.

Neste contexto, foi feita uma análise dos resultados de cada edifício com especial incidência nas medidas que conduzem aos níveis ótimos de rentabilidade.

De seguida, e para cada edifício, analisou-se o comportamento destas medidas de custo ótimo em função da utilização de diferentes sistemas AVAC e de produção de água quente sanitária, em especial de sistemas que têm um contributo de energia com fonte renovável.

Com estas duas análises é possível abordar os dois aspetos da definição dos edifícios nZEB, nomeadamente, as medidas de envolvente com rentabilidade assegurada e o contributo de energias renováveis, reduzindo ao máximo os consumos de energia primária não renovável.

Após estas análises agregaram-se os resultados por zona climática.

As análises focaram-se essencialmente nos edifícios existentes numa perspetiva de determinar as melhores soluções de reabilitação do parque edificado.

2.1. Pacotes de medidas de melhoria de desempenho energético

Tal como referido anteriormente, foram analisados pacotes com medidas de melhoria para os elementos da envolvente dos edifícios, combinados com a utilização de diferentes sistemas AVAC e de produção de água quente sanitária.

A Tabela 1 mostra as combinações de medidas para a envolvente dos edifícios unifamiliares e multifamiliares e a Tabela 2 mostra o resumo das combinações de sistemas utilizados.

Para além das combinações apresentadas nas tabelas, numa fase inicial, nos edifícios unifamiliares, as combinações 1, 2 e 8 foram testadas considerando o contributo de painéis fotovoltaicos. No entanto, as análises com este sistema não prosseguiram pois mostrou-se pouco rentável, tendo em conta os custos considerados à data do estudo.

Tabela 1 Resumo das medidas analisadas para a envolvente dos edifícios

Elemento	Antes de 1990	1990 a 2012
Paredes	ETICS com EPS com espessuras a variar entre 40mm e 180mm	ETICS com EPS com espessuras a variar entre 40mm e 180mm
Cobertura	Lã mineral com espessuras entre 80mm e 120mm	XPS com espessuras entre os 60mm e os 100mm
Pavimento	Lã mineral com espessuras entre 40mm e 80mm	Lã mineral com espessuras entre 40mm e 80mm
Envidraçados	PVC U=2,4 / 2,1/ 2,0 W/m ² °C; Alumínio U=2,5 W/m ² °C	PVC U=2,4 / 2,1/ 2,0 W/m ² °C; Alumínio U=2,5 W/m ² °C

Tabela 2 Resumo das combinações de sistemas analisadas

Combinação	Aquecimento	Arrefecimento	AQS
1	Ar Condicionado (COP = 4,10)	Ar Condicionado (EER=3,50)	Esquentador a gás (η =0,87)
2	Bomba de calor (COP =3,33)	Bomba de calor (EER=2,68)	Bomba de calor (COP =3.33)
3	Ar Condicionado (COP = 4,10)	Ar Condicionado (EER=3,50)	Termoacumulador (η =0,80) + ST
4	Caldeira a biomassa (η =0,93)	Ar Condicionado (EER=3,50)	Caldeira a biomassa (η =0,93)
5	Caldeira a gás (η =0,92)	Ar Condicionado (EER=3,50)	Caldeira a gás (η =0,92)
6	Caldeira a gás (η =0,92)	–	Caldeira a gás (η =0,92)
7	Caldeira a biomassa (η =0,93)	–	Caldeira a biomassa (η =0,93)
8	Ar Condicionado (COP = 4,10)	Ar Condicionado (EER=3,50)	Caldeira a biomassa (η =0,93)

3. RESULTADOS

Uma vez calculada a utilização de energia primária não renovável e os respetivos custos globais para um tempo de vida do edifício de 30 anos, para cada edifício e para cada combinação de soluções de melhoria, torna-se possível proceder à comparação das mesmas.

Deste modo, foram traçados gráficos que ilustram os resultados. A Figura 2 mostra os resultados obtidos para dois dos edifícios analisados, contruídos entre 1960 e 1990 e localizados na zona climática I2 [2].

Para cada edifício foram testadas pelo menos seis combinações diferentes de equipamentos, tendo-se obtido pelo menos seis curvas de custos com diversos pontos. Cada curva corresponde a uma combinação de sistemas e cada ponto corresponde a uma medida de melhoria da envolvente.

Nos edifícios unifamiliares foram consideradas oito combinações de equipamentos uma vez que, ao contrário do que ocorre nos multifamiliares, foi possível com algumas das combinações de medidas na envolvente anular as necessidades de arrefecimento, dispensando-se nesses casos a existência de um equipamento para garantir o arrefecimento.

Uma primeira constatação decorrente da observação dos gráficos é a de que, apesar das diferenças existentes nos custos globais, a hierarquia entre as várias curvas apresentadas se mantém, isto é, a combinação de sistemas que permite obter os níveis ótimos de rentabilidade é a mesma em qualquer dos edifícios, bem como a ordem em que se apresentam as restantes combinações.

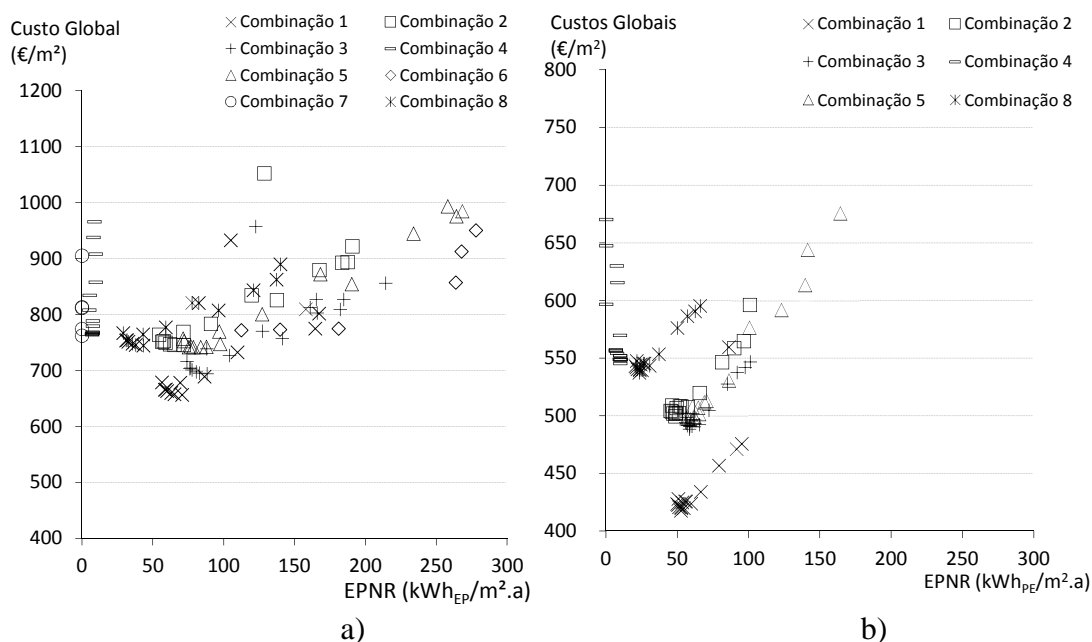


Figura 2 Resultados das análises de custo ótimo nos edifícios contruídos entre 1960-90 a) unifamiliar, b) multifamiliar

3.1. Resultados das medidas de custo ótimo para a envolvente

Estando a definição de nZEB nacional apoiada nos resultados dos cálculos dos níveis ótimos de rentabilidade dos elementos da envolvente, é crucial identificar quais os requisitos decorrentes dessa disposição e, ainda mais importante, se esses níveis de desempenho da envolvente serão também os mais rentáveis quando os sistemas a utilizar tenham de incluir uma componente renovável relevante.

Da análise dos resultados, resulta que as medidas que conduzem aos níveis de rentabilidade ótima da envolvente não variam de modo relevante em função da combinação de sistemas utilizados. Efetivamente, mesmo em combinações com contributo renovável (combinações 2, 4, 7 e 8), não existem alterações significativas no pacote de medidas que conduz ao nível ótimo de rentabilidade. Verificam-se naturalmente alterações na solução com nível ótimo de rentabilidade de acordo com a zona climática, especialmente nos edifícios unifamiliares construídos antes de 1990, sendo a zona I3 a que apresenta maior variação nas espessuras dos isolamentos, face às outras zonas climáticas (I1 e I2).

Na Figura 3 é apresentado um exemplo desta recorrência do mesmo pacote com nível ótimo de rentabilidade, independentemente da combinação dos sistemas. Cada conjunto de pontos representa uma das seis combinações de sistemas consideradas, sendo o pacote de medidas que conduz ao nível ótimo de rentabilidade representado pelo marcador “quadrado” negro.

Observando a figura, verifica-se que este marcador apresenta o menor custo em cada um dos conjuntos de pontos (combinação de sistemas).

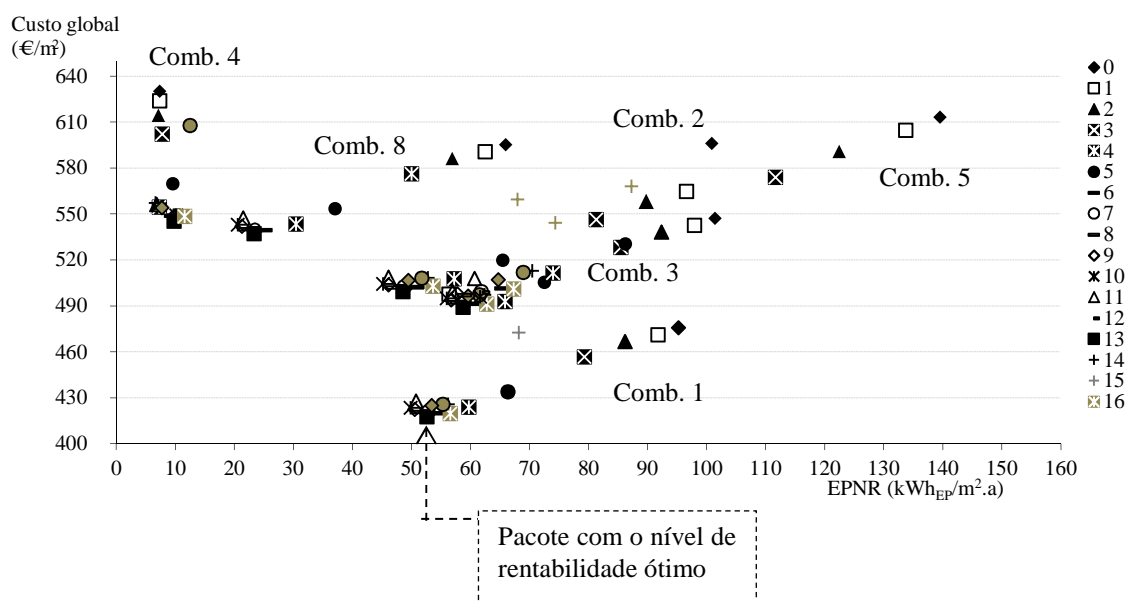


Figura 3 Resultado da análise de custo ótimo no edifício multifamiliar localizado na zona I2, construído entre 1960 e 1990

As Tabelas 6 e 7 mostram a composição das soluções que conduziram aos níveis ótimos de rentabilidade por elemento do edifício e por época construtiva nas três zonas climáticas. De salientar que estes resultados foram obtidos para edifícios com características genéricas e com o objetivo de estabelecer requisitos regulamentares. A utilização destes dados em edifícios reais deverá ser realizada com prudência, uma vez que cada edifício poderá apresentar particularidades geométricas e construtivas que levem a alterações significativas nos resultados ou até que impeçam a aplicação de determinadas medidas de melhoria. Adicionalmente, estas soluções têm por base alguns pressupostos em relação ao tipo de materiais (valor do coeficiente de transmissão térmica) e de condições de aplicação das medidas que condicionam os custos. Caso se utilizem isolamentos e soluções construtivas diferentes, podem os resultados diferir.

Tabela 3 Soluções de custo ótimo para envolvente dos edifícios unifamiliares

Período/Zona Climática	Parede	Cobertura	Pavimento	Envidraçado
Antes de 1960				
I1	EPS 40mm	RW 80 mm	RW 40 mm	PVC U=2,4
I2	EPS 50mm	RW 100 mm	RW 60 mm	PVC U=2,4
I3	EPS 100mm	RW 120 mm	RW 80 mm	PVC U=2,1
1960 - 1990				
I1	EPS 40mm	RW 80 mm	RW 40 mm	PVC U=2,4
I2	EPS 40mm	RW 80 mm	RW 40 mm	PVC U=2,4
I3	EPS 50mm	RW 100 mm	RW 60 mm	PVC U=2,4
1990-2012				
I1	EPS 40mm	XPS 60 mm	RW 40 mm	PVC U=2,4
I2	EPS 40mm	XPS 60 mm	RW 40 mm	PVC U=2,4
I3	EPS 60mm	XPS 100 mm	RW 60 mm	PVC U=2,4

Tabela 4 Soluções de custo ótimo para envolvente dos edifício multifamiliares

Período	Parede	Cobertura	Pavimento	Envidraçado
Antes de 1960				
I1	EPS 40mm	RW 80 mm	RW 40 mm	PVC U=2,1
I2	EPS 50mm	RW 100 mm	RW 40 mm	PVC U=2,1
I3	EPS 80mm	RW 120 mm	RW 80 mm	PVC U=2,1
1960 - 1990				
I1	EPS 40mm	RW 80 mm	RW 40 mm	PVC U=2,1
I2	EPS 40mm	RW 80 mm	RW 40 mm	PVC U=2,1
I3	EPS 50mm	RW 100 mm	RW 40 mm	PVC U=2,1
1990-2012				
I1	EPS 40mm	RW 80 mm	–	PVC U=2,4
I2	EPS 40mm	RW 80 mm	–	PVC U=2,4
I3	EPS 40mm	RW 80 mm	RW40mm	PVC U=2,4

Relativamente à conformidade regulamentar, de um modo geral, as soluções de custo ótimo apuradas neste estudo, apresentavam valores de U superiores aos requisitos mínimos legais estipulados para os edifícios novos à época do estudo (2014).

3.2. Combinação de sistemas que conduzem aos níveis ótimos de rentabilidade e aos níveis nZEB

Relativamente às combinações de sistemas AVAC e de produção de água quente sanitária (AQS), verificou-se que a combinação que conduz ao nível ótimo de rentabilidade é, em todos os edifícios analisados, a combinação 1, que tem um ar-condicionado para assegurar o aquecimento/arrefecimento e um esquentador a gás para AQS. Verificou-se também que as combinações que conduzem a necessidades de energia mais próximas do zero são as que contemplam uma caldeira a biomassa (combinações 4 e 8), seguida das combinações com a bomba de calor (combinação 2). A biomassa, no contexto da definição de nZEB, utiliza localmente energia renovável produzida exteriormente, não sendo a atual definição de nZEB clara quanto à possibilidade de se poder considerar este contributo renovável, uma vez que não será possível garantir que a sua produção tenha origem nas proximidades do edifício. Porém, em todas as análises realizadas, esta solução apresenta bons desempenhos em termos energéticos, como se demonstra de seguida. A Figura 4 apresenta dois exemplos de resultados de custo ótimo obtidos para dois edifícios, um unifamiliar e outro multifamiliar, localizados na zona I3, construídos entre 1990 e 2012, que ilustram as afirmações anteriores.

Na Figura 4, a combinação que contempla o contributo do solar térmico para produção de AQS (combinação 3) fica bastante distante do nível de energia zero, apresentando necessidades de energia primária não renovável ainda elevadas, apresentando inclusivamente piores resultados que a combinação 1 (ar condicionado + esquentador a gás), que não tem qualquer componente renovável.

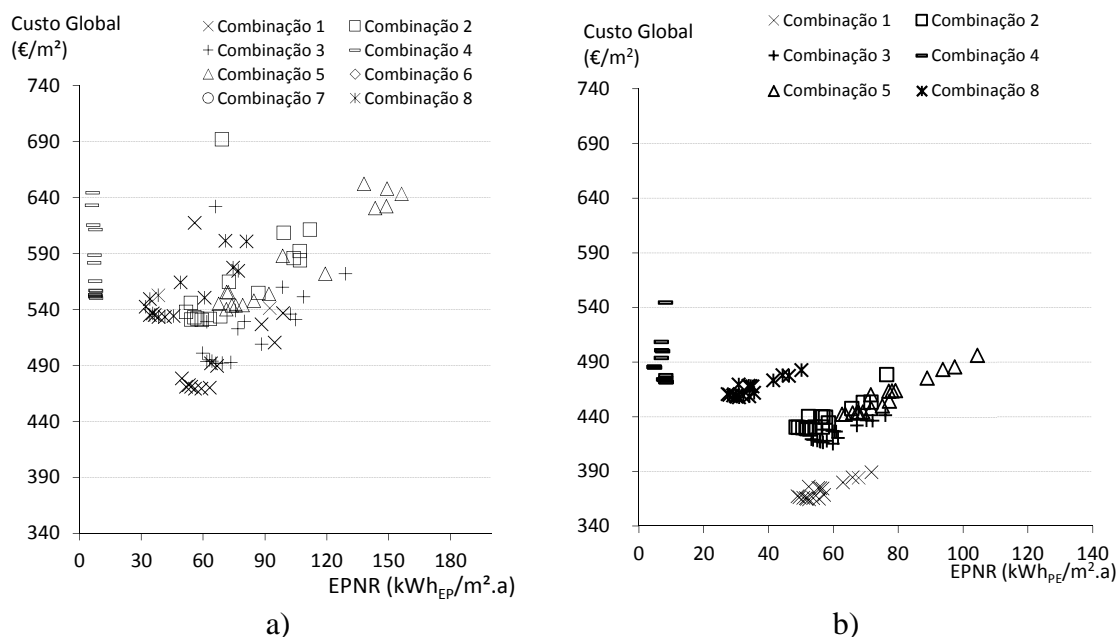


Figura 4 Resultado da análise de custo ótimo dos edifícios localizados na zona I3, contruídos entre 1990 e 2012 a) unifamiliar, b) multifamiliar

As soluções que contemplam o uso de painéis fotovoltaicos apresentam um custo global bastante superior, quando comparados com a mesma solução sem o contributo fotovoltaico (marcadores “quadrado”, “cruz” e “x” acima da linha de custo de 600€ no eixo do custo global), como se demonstra na Figura 5.

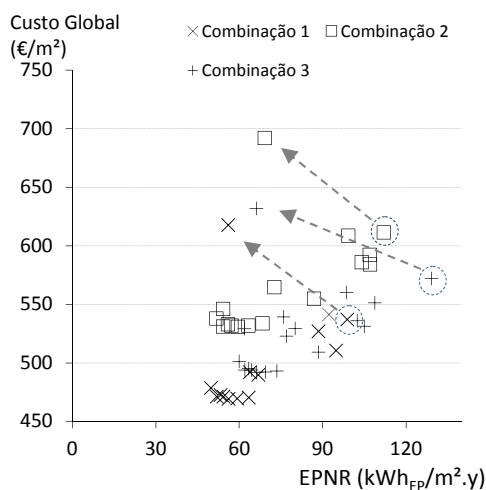


Figura 5 Alterações nas medidas com a introdução dos painéis fotovoltaicos

As medidas que apresentam fotovoltaico contemplam apenas a substituição dos sistemas sem alterar a envolvente.

Para além dos fotovoltaicos, a combinação 2 (com bomba de calor) apresenta valores de necessidades de energia primária não renovável semelhantes aos da combinação 1 e custos globais semelhantes aos das combinações que utilizam a caldeira de biomassa.

Conclui-se que atuar só na envolvente, ou só nos sistemas, não é suficiente para reduzir de forma significativa as necessidades de energia primária não renovável e as emissões de carbono, pelo menos de modo a rentabilizar os investimentos.

Assim, os edifícios nZEB devem contemplar duas etapas: ter envolventes eficientes e contar com fontes de energia renovável para suprimir as restantes necessidades de energia. Partindo da solução de custo ótimo e adicionando sistemas com componente renovável, é possível reduzir de forma mais eficaz as necessidades de energia e as emissões de carbono. Com base nos cálculos realizados, e considerando a solução de custo ótimo para a envolvente do edifício em conjunto com as combinações 4 e 8 (que usam a biomassa), identificaram-se intervalos para os valores das necessidades de energia e da energia primária não renovável para os edifícios analisados, por zona climática, que conduzem a desempenhos energéticos mais próximos do zero. A Tabela 8 apresenta os intervalos obtidos. A Tabela 9 apresenta os valores das emissões de carbono relativas às necessidades de energia remanescentes.

Tabela 5 Necessidades energéticas e energia primária não renovável associadas às soluções de custo ótimo conjugadas com o uso de biomassa

Tipologia/ Zona climática	Necessidades de energia [kWh/m ² .a]			Energia primária não renovável (EPNR) [kWh _{EP} /m ² .a]
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	
Unifamiliar				
I1 e I2	15 a 60	9 a 18	15 a 24	7 a 44
I3	42 a 78	10 a 12	15 a 24	7 a 62
Multifamiliar				
I1 e I2	7 a 33	11 a 20	18 a 28	8 a 29
I3	37 a 58	11 a 14	18 a 28	8 a 41

Tabela 6 Emissões de carbono associadas às necessidades de energia das combinações 4 e 8

Tipologia/Zona Climática	Emissões de Carbono [KgCO ₂ /kWh]
Unifamiliar	
I1 e I2	0,40 a 2,53
I3	0,40 a 3,57
Multifamiliar	
I1 e I2	0,46 a 1,67
I3	0,46 a 2,36

Os valores apresentados na Tabela 8, e que agregam dados relativos aos edifícios de referência dos três períodos construtivos, demonstram uma significativa variabilidade que não poderá ser desconsiderada pela regulamentação. Efetivamente, as características

construtivas e geométricas de cada edifício, conduzem a que os níveis ótimos de rentabilidade sejam atingidos dentro de uma gama de valores bastante ampla.

A eventual definição regulamentar de valores numéricos para todo o conjunto de edifícios existentes conduzirá certamente a situações em que serão perdidas oportunidades por o valor regulamentar ser menos ambicioso que o nível ótimo, enquanto noutros casos o nível regulamentar ser demasiado exigente e a reabilitação não poder ser executada por os constrangimentos próprios do edifício tornarem a intervenção inoportavelmente onerosa. Assim, flexibilidade nos requisitos parece ser fundamental.

4. CONCLUSÕES

A definição portuguesa de edifícios nZEB parece bastante clara quanto à solução a implementar na envolvente destes edifícios. Porém, a questão relacionada com a utilização de energia de fonte de origem renovável, já não é tão explícita, sendo apenas referido que preferencialmente, a energia deve ser produzida por fontes existentes no edifício ou nas proximidades.

Perante estas duas componentes da definição, o estudo apresentado também decorreu de forma bipartida, tendo sido analisadas as soluções de envolvente e depois as soluções para os sistemas AVAC e de produção de AQS que usem energia de fonte renovável.

Neste contexto e numa análise preliminar ao relatório dos níveis ótimos de rentabilidade, verificou-se que apesar das diferenças nos custos globais, a hierarquia entre as várias curvas apresentadas se mantém, ou seja, a combinação de sistemas que conduz aos níveis ótimos mantem-se nos diferentes edifícios, assim como a ordem das restantes combinações de sistemas.

Após uma análise mais detalhada, constatou-se que as medidas que conduzem aos níveis de rentabilidade ótima da envolvente não variam de modo relevante em função da combinação de sistemas usada. As alterações verificadas são naturalmente devidas à mudança de zona climática. As zonas I1 e I2 são mais parecidas em termos de espessuras de isolamentos associadas às soluções de custo ótimo. Assim, a espessura de isolamento para as paredes está compreendida entre os 40mm e os 50mm, para a cobertura entre os 60mm e 100mm e para o pavimento as espessuras variam entre os 40mm e os 60mm. Já no caso da zona I3, as espessuras necessárias são maiores, variando entre 40mm e 100mm para as paredes, entre 80mm e 120mm para as coberturas e entre 40mm e 80mm para o caso do isolamento do pavimento. A caixilharias na maioria dos casos apresentam um coeficiente de transmissão de 2.4 [W/m².°C], mas nos edifícios multifamiliares há situações onde o nível ótimo de rentabilidade corresponde a uma solução mais exigente, tendo sido obtido um valor de 2.1[W/m².°C].

É de realçar que as medidas de custo ótimo não devem ser transpostas diretamente para os edifícios reais, uma vez que cada edifício poderá apresentar particularidades geométricas e construtivas que levem a alterações significativas nos resultados. Para além disto, os pressupostos utilizados no estudo efetuado para a determinação dos níveis ótimos de rentabilidade poderão já não ser totalmente válidos (por alterações, por exemplo, nos custos), levando também a resultados distintos. Assim, é recomendável que se faça uma análise para cada edifício em estudo, de forma a obter resultados mais ajustados às condições reais.

Relativamente aos sistemas, a forma como a definição está elaborada parece privilegiar a utilização dos painéis solares térmicos e fotovoltaicos. Porém, nos cálculos dos níveis ótimos de rentabilidade, verificou-se que as combinações que conduzem a necessidades de energia mais próximas do zero são as que contemplam uma caldeira a biomassa. Todavia, a atual definição não é clara sobre a possibilidade de poder considerar este contributo renovável, uma vez que não será possível garantir que a produção tenha origem nas proximidades do edifício, como a legislação atualmente exige.

Os resultados mostram também, que atuar só na envolvente ou só nos sistemas, não é suficiente para reduzir de forma significativa e rentável as necessidades de energia primária e as emissões de carbono.

Assim, os edifícios nZEB devem contemplar duas etapas: ter envolventes eficientes e contar com fontes de energia renovável para suprimir as restantes necessidades de energia.

Perante o exposto, a eventual definição regulamentar de valores numéricos para todo o conjunto de edifícios existentes, poderá dar margem para algumas situações de perda de oportunidade de atingir um nZEB sendo por isso recomendável alguma flexibilidade nos requisitos.

5. REFERENCIAS

- [1] European Parliament and the Council of the European Parliament, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, 2010.
- [2] Portugal, Regulamento Desempenho energético dos edifícios de habitação Decreto-lei nº 118/2013 de 20 agosto, 2013.
- [3] Portugal, Regulamento Desempenho energético dos edifícios de habitação Decreto-lei nº 118/2013 de 20 agosto, alterado pelo DL nº 251/2015 de 25 de novembro, 2015.
- [4] Apren (Associação Portuguesa de Energia Renováveis), disponível online em: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao/> (2016)
- [5] DGEG, Relatório dos níveis ótimos de rentabilidade, 2014.