

CUSTO ÓTIMO DE CICLO DE VIDA NA REQUALIFICAÇÃO URBANA DA URBANIZAÇÃO DE VILA D'ESTE



M. FERREIRA
Arquiteto
Universidade do Minho
Guimarães; Portugal
marcoferreira@civil.uminho.pt



M. ALMEIDA
Prof. Associada
Universidade do Minho
Guimarães; Portugal
malmeida@civil.uminho.pt



A. RODRIGUES
Eng.^a Civil
Universidade do Minho
Guimarães; Portugal
anarocha32846@yahoo.co.uk

RESUMO

A urbanização de Vila d'Este é uma das mais importantes urbanizações de “habitação de custos controlados” em Portugal, com um total de 109 edifícios, alojando cerca de 17 mil habitantes. Tendo por base o processo de reabilitação em curso, é realizada uma análise de custos de ciclo de vida. O objetivo é identificar os níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos energéticos aplicáveis na reabilitação dos edifícios e em cada um dos seus componentes com relevância no desempenho energético, bem como identificar os níveis de desempenho energético compatíveis com o conceito de edifícios de necessidades quase nulas de energia. Os resultados desta avaliação serão de utilidade relevante para o desenvolvimento do plano nacional para a reabilitação do parque edificado existente como previsto na Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios de 2010.

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios, sendo globalmente responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia primária, tornaram-se um alvo importante das ações de mitigação das alterações climáticas [1]. Neste sentido, a Comissão Europeia tem redobrado esforços para que os Estados Membros reduzam os consumos de energia e cumpram as metas estabelecidas no âmbito do protocolo de Kyoto [2].

A reformulação da diretiva europeia sobre o desempenho energético dos edifícios (EPBD recast) é um bom exemplo desses esforços. Esta diretiva de 2010 introduziu o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia (nZEB), que implica que depois de 2020 todos os edifícios novos devem apresentar elevados desempenhos energéticos e necessidades energéticas reduzidas que devem ser supridas com energia proveniente de fontes renováveis produzida no local, ou nas proximidades [3]. Para além deste conceito, introduziu um quadro metodológico comparativo para cada Estado Membro avaliar a rentabilidade dos requisitos energéticos em vigor, através do qual é introduzida uma abordagem de avaliação de custos de ciclo de vida. As metas propostas pela Comissão Europeia só poderão ser atingidas se as intervenções contemplarem não só os edifícios novos, mas também os existentes, uma vez que a maioria do parque habitacional europeu tem mais de 20 anos [4].

O quadro metodológico introduzido pela EPBD recast conduz a uma comparação entre diferentes medidas de melhoria do desempenho energético, considerando a energia consumida e os custos no ciclo de vida de cada medida de melhoria. Os custos devem incluir custos de investimento, manutenção, substituição, energia e emissões [5]. Os limites que cada Estado Membro deverá estabelecer para as necessidades energéticas, para a eficiência dos sistemas e para o

desempenho energético dos elementos que compõe o edifício, devem ter em vista o balanço entre os custos no ciclo de vida do edifício e as necessidades energéticas inerentes a cada medida de melhoria.

Em Portugal, o sector dos edifícios é um dos maiores consumidores de energia, pelo que a melhoria do desempenho energético dos edifícios do parque habitacional português será um contributo importante para a redução das emissões de CO₂ e conseqüentemente para a tentativa de travar as alterações climáticas [6], [7] e [8].

Neste âmbito e tirando partido de um conjunto urbano que se encontra em reabilitação, foi selecionado um edifício multifamiliar, localizado em Vila Nova de Gaia, mais concretamente na urbanização de Vila d'Este. Alguns dos edifícios que compõem o complexo habitacional já foram intervencionados, estando em curso o processo de reabilitação dos restantes edifícios. Tendo por base uma análise de custos de ciclo de vida, foi avaliado se a solução a ser executada corresponde ao nível ótimo de rentabilidade ou se por outro lado, haveria soluções com maior rentabilidade.

2. METODOLOGIA

A análise de custos de ciclo de vida seguiu as recomendações do Regulamento Delegado nº 244/2012 [9]. A análise inicia-se com a caracterização energética do edifício antes de qualquer intervenção. A determinação das necessidades energéticas do mesmo seguiu o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação [10] que tem por base a norma ISO – 13790. As temperaturas de conforto consideradas foram 18°C para o inverno e 25°C para o verão. Visto tratar-se de um edifício multifamiliar foi necessário realizar uma análise por fração e no final realizar uma média de modo a caracterizar o edifício na sua globalidade.

Após a caracterização energética do edifício são estabelecidas medidas de reabilitação que resolvam as patologias presentes e melhorem o desempenho energético do edifício. As medidas analisadas, começaram por afetar apenas parte dos elementos que compõem o edifício evoluindo para a combinação de soluções para a envolvente e diferentes sistemas para aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias (AQS).

De modo a avaliar o impacto destas medidas são calculadas as necessidades energéticas de cada fração do edifício com as respetivas medidas, de modo a obter uma média que caracterize o edifício, após o que se calculam os custos globais para cada um dos cenários de reabilitação. O cenário de reabilitação que apresenta menores custos entre os diversos cenários testados corresponde à solução de rentabilidade ótima.

Os custos incluem os custos de investimento, manutenção, energia, emissões e substituição dos sistemas no final do seu tempo de vida. Os custos de investimento foram calculados com base no gerador de preços da Cype® software [11]. Os custos da energia e das emissões basearam-se nos custos de mercado da energia e também nos cenários propostos pela Comissão Europeia para a evolução dos custos de energia num futuro próximo [12]. Para a evolução dos custos da biomassa foi considerado um incremento dos custos de 3% ao ano.

O Regulamento Delegado refere que os cálculos de custo ótimo devem ser realizados em duas perspetivas distintas: a financeira ou privada e a macroeconómica ou social, sendo que nesta última pelo menos uma das taxas de desconto a considerar deve ser de 3%. Na perspetiva financeira é considerado o valor do IVA nos custos de investimento, energia, manutenção e substituição. Na perspetiva social não se considera o valor do IVA nos custos, mas são contabilizados os custos das emissões de CO₂. As taxas de desconto tomam valores distintos, sendo 3% na perspetiva social e 6% na perspetiva privada. O período de cálculo escolhido para esta análise foi de 30 anos, conforme indicado pelo Regulamento Delegado nº 244/2012 e o tempo de vida útil dos sistemas foi estabelecido com base na norma prEN 15459:2006 [13]. Os 30 anos considerados são contabilizados a partir do momento em que se reabilita o edifício.

A determinação do pacote/variante que conduz ao nível ótimo de rentabilidade consiste num processo iterativo, onde após o primeiro cálculo se verifica a necessidade de adicionar novas medidas que permitam obter subidas abruptas nos custos globais. A determinação dos níveis ótimos não é um processo de otimização representado por uma função, mas sim um processo realizado à base de tentativas, uma vez que cada pacote de medidas faz alterar diversos parâmetros no cálculo, podendo alterar a tendência dos resultados.

A figura 1 apresenta de forma genérica os resultados de uma análise de rentabilidade. Na figura 1, cada ponto corresponde a uma medida de reabilitação, representada por um valor de custo global e energia primária correspondentes. Os pontos abaixo da linha denominada limite de custo-benefício positivo representam as medidas de melhoria que são rentáveis, pois situam-se abaixo do custo global da medida de reabilitação base e os que ficam acima já não são rentáveis na vida útil do edifício.

A curva da figura 1 pode ainda ser dividida na vertical. As variantes cujos pontos se situam à direita do ponto que corresponde à variante ótima representam medidas que melhoram o desempenho energético do edifício e reduzem os custos em relação à medida de reabilitação base. As variantes cujos pontos se situam à esquerda da variante de custo ótimo e abaixo do limite de rentabilidade permitem melhorar o desempenho energético do edifício para além da variante de custo ótimo, sendo ainda rentáveis quando comparadas com as medidas de reabilitação base.

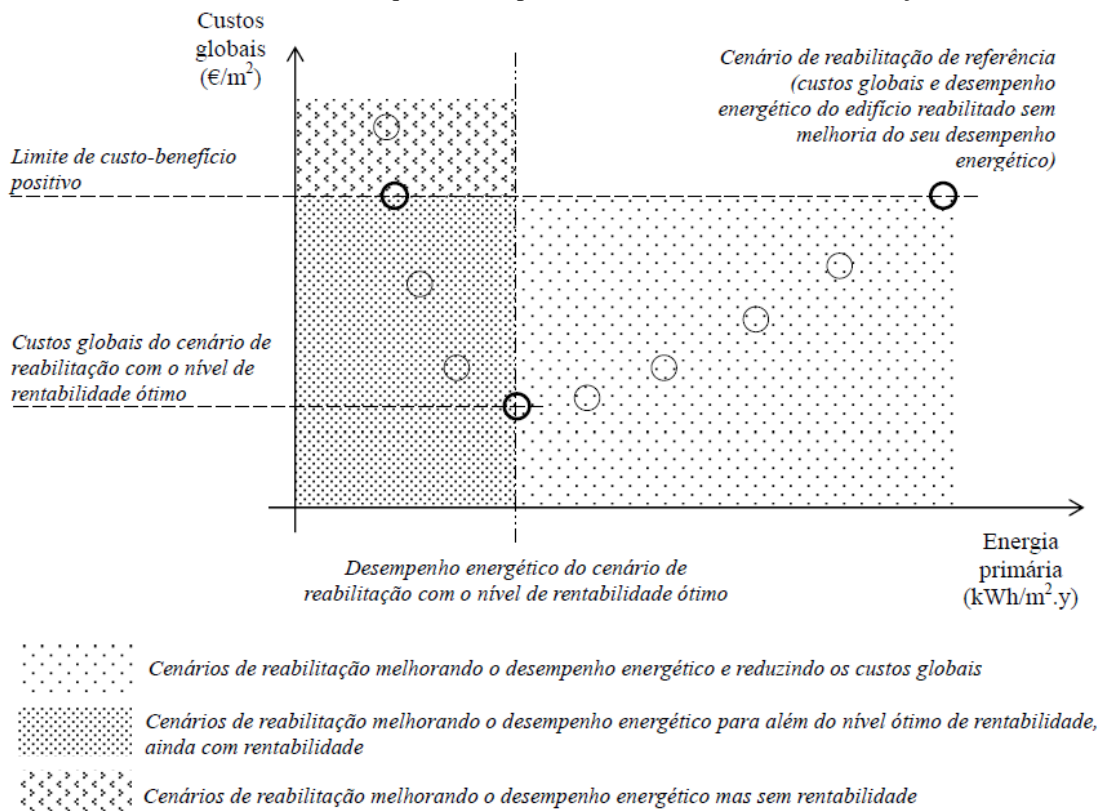


Figura 1: Esquema genérico do nível ótimo de rentabilidade e dos níveis de rentabilidade

3. CASO DE ESTUDO

A Vila d'Este é um conjunto urbano residencial de custos controlados, composto por dezoito edifícios, com vários andares, que totalizam 2085 frações habitacionais. A tipologia mais comum é T2. A construção iniciou-se em 1976 e ficou completa em 1982, antes da entrada em vigor do primeiro regulamento relativo ao desempenho energético dos edifícios em Portugal, não apresentando por isso, qualquer tipo de isolamento. A figura 2 ilustra a localização do edifício em análise.

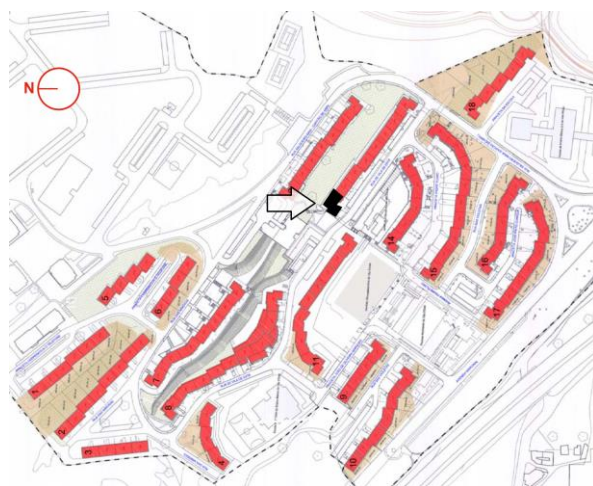


Figura 2: Localização do edifício em estudo

O edifício em análise tem sete andares, e três apartamentos por andar. O ultimo andar é recuado e mais pequeno. No rés-do-chão, existem garagens. Em média cada apartamento tem 60,45m². O aquecimento é assegurado por aquecedores elétricos e a preparação de águas quentes com recurso a termoacumuladores elétricos. A figura 3 mostra a definição da envolvente na planta de um piso tipo. Na primeira planta a cor vermelha marca as paredes de envolvente exterior, a cor azul as paredes em contacto com espaços não aquecidos e a verde são paredes sem requisitos. Na segunda planta a malha azul escura representa os espaços não aquecidos e as restantes cores os espaços aquecidos. A tabela 1 apresenta o resumo das características térmicas do edifício em análise.



Figura 3: Planta de um andar tipo.

Tabela 1 : Resumo dos valores do coeficiente de transmissão térmica do edifício antes da reabilitação

Elemento	Área [m ²]	U [W/m ² .°C] antes da reabilitação
Paredes exteriores	1655	1.20
Paredes ENU	579	1.63
Cobertura	265	1.81
Pavimento	265	1.88
Envidraçados	332	4.80

Em termos de necessidades energéticas verificou-se que, em média, para aquecimento tomam o valor de 87.17 kWh/m².ano e para águas quentes 30.24 kWh/m².ano. As necessidades de arrefecimento não foram consideradas, uma vez que o fator de utilização dos ganhos é inferior ao de referência e como tal, e de acordo com o REH, o valor não é considerado.

Os principais motivos para a reabilitação prenderam-se essencialmente com questões relacionadas com humidade nas coberturas que afetam fortemente a durabilidade do edifício e a qualidade de vida dos ocupantes [14]. De acordo com o levantamento das patologias realizado no âmbito da reabilitação do complexo, 42% das humidades verificam-se nas paredes e 38% nos tetos. Em relação a fissuras, 48% verificam-se nas paredes e 42% nos tetos [14].

4. MEDIDAS DE MELHORIA

A comparação das medidas de reabilitação foi realizada em relação a um cenário base de manutenção em que não é melhorado o desempenho energético do edifício. Nos edifícios que já foram intervencionados, a solução de reabilitação que foi aplicada consistiu na aplicação de ETICS nas paredes exteriores e renovação do telhado, incluindo a aplicação de isolamento. Os sistemas para preparação de AQS e aquecimento não foram renovados no âmbito da reabilitação em curso, no entanto, para a presente análise, uma vez que o seu tempo de vida útil se encontra ultrapassado, foi considerada a sua substituição. Nas janelas não foi realizada nenhuma alteração, assim como para o pavimento térreo. Esta proposta também foi considerada na análise comparativa.

A tabela seguinte apresenta as medidas de reabilitação que foram analisadas. Os diversos cenários começaram com a colocação de isolamento apenas na cobertura e com a substituição dos envidraçados. Os cenários seguintes foram acrescentando medidas para o pavimento e paredes e variando a espessura do isolamento. Também foi analisada uma

combinação de medidas de reabilitação que respeita os valores de referência previstos pelo REH para 2013. A tabela 2 resume o tipo e espessuras de isolamentos que foram analisados para cada um dos elementos do edifício. As combinações de medidas de melhoria para a envolvente originaram cerca de 20 cenários de reabilitação.

Tabela 2: Resumo das medidas para envolvente do edifício analisadas

Cenário	Paredes	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
Base	–	–	–	–
Em curso	ETICS ¹ com EPS ² (5cm)	XPS ³ (8cm)	–	–
M1	–	Lã de rocha (8cm)	–	PVC ⁵ U=2,40
M2	–	Lã de rocha (14cm)	–	PVC U=2,40
M3	–	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (4cm)	PVC U=2,40
M4	–	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (8cm)	PVC U=2,40
M5	ETICS com EPS (4cm)	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (8cm)	PVC U=2,40
M6	ETICS com EPS (8cm)	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (8cm)	PVC U=2,40
M7	ETICS com EPS (10cm)	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (8cm)	PVC U=2,10
M8	ETICS com EPS (10cm)	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (8cm)	Madeira U=2,0
M9	ETICS com EPS (16cm)	Lã de rocha (16cm)	Lã de rocha (16cm)	Madeira U=2,4
M11	ETICS com EPS (8cm)	Lã de rocha (10cm)	Lã de rocha (10cm)	PVC U=2,40
M12	ETICS com EPS (10cm)	Lã de rocha (12cm)	Lã de rocha (12cm)	PVC U=2,40
M13	ETICS com EPS (12cm)	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (14cm)	PVC U=2,10
M1a	–	ICB ⁴ (4cm)	–	PVC U=2,40
M14	ETICS com EPS (6cm)	Lã de rocha (14cm)	Lã de rocha (8cm)	PVC U=2,40
M2a	–	ICB (8cm)	–	PVC U=2,40
M3a	–	ICB (8cm)	ICB (4cm)	PVC U=2,40
M4a	–	ICB (8cm)	ICB (8cm)	PVC U=2,40
M5a	ETICS com ICB (4cm)	ICB (8cm)	ICB (8cm)	PVC U=2,40
M6a	ETICS com ICB (8cm)	ICB (8cm)	ICB (8cm)	PVC U=2,40
M7a	ETICS com ICB (8cm)	ICB (8cm)	ICB (8cm)	PVC U=2,10
M8a	ETICS com ICB (8cm)	ICB (8cm)	ICB (8cm)	Madeira U=2,0

¹ External Thermal Insulation Composite System ² Poliestireno expandido ³ Poliestireno extrudido ⁴ Insulation Cork boards ⁵ Policloreto de Polivinila

Para além da variação nas medidas para a envolvente do edifício, também foram analisados diferentes sistemas para aquecimento e águas quentes. A tabela 3 resume as combinações de sistemas analisadas. As 20 medidas de envolvente, combinadas com os diferentes sistemas, originaram um total de 130 cenários alternativos. Não foram considerados equipamentos apenas para suprimir as necessidades de arrefecimento, uma vez que as necessidades são baixas e o regulamento não as considera no cálculo das necessidades totais.

Tabela 3: Resumo das combinações de sistemas analisados

Combinação	Aquecimento	AQS
0	Acumuladores elétricos $\eta=1$	Termoacumulador elétrico $\eta=0,70$
1	Caldeira a gás $\eta=0,93$	Caldeira a gás $\eta=0,93$
2	Bomba de calor COP= 4,10 EER = 3,5	Bomba de calor COP= 4,10 EER = 3,5
3	Bomba de calor COP= 3,33 EER = 2,68 + Fotovoltaico	Bomba de calor COP= 3,33 EER = 2,68 + Fotovoltaico
4	Caldeira a biomassa $\eta=0,92$	Caldeira a biomassa $\eta=0,92$
5	Acumuladores elétricos $\eta=1$	Termoacumulador elétrico $\eta=0,70$ + Solar térmico

5. RESULTADOS

A análise dos diversos cenários alternativos levou aos resultados apresentados nas figuras 4 e 5. Nas figuras, a solução de reabilitação sem melhoria do desempenho energético, apenas com substituição dos sistemas, consiste no primeiro

quadrado que aparece no gráfico (da direita para esquerda). Os marcadores com preenchimento negro correspondem à medida de melhoria aplicada nos edifícios intervencionados (marcador quadrado) e à variante com nível de rentabilidade ótimo (marcador losango). Nas figuras 4 e 5, e para o sistema que conduz à variante ótima, o marcador losango cinzento corresponde à variante cuja envolvente respeita os valores de referência previstos pelo REH. Pode verificar-se uma grande proximidade entre os resultados energéticos e os custos obtidos para esta variante e os obtidos para a variante ótima (em ambas as perspetivas). Para o sistema que conduz ao nível de rentabilidade ótimo, a diferença em termos de energia primária entre esta variante e a que cumpre os requisitos regulamentares, é no máximo de 5 kWh_{EP}/m².a. Em termos de custos globais, e na perspetiva privada, a diferença entre as duas variantes de reabilitação não excede os 9 €/m² e em termos de custos de investimento a diferença é de 15€/m².

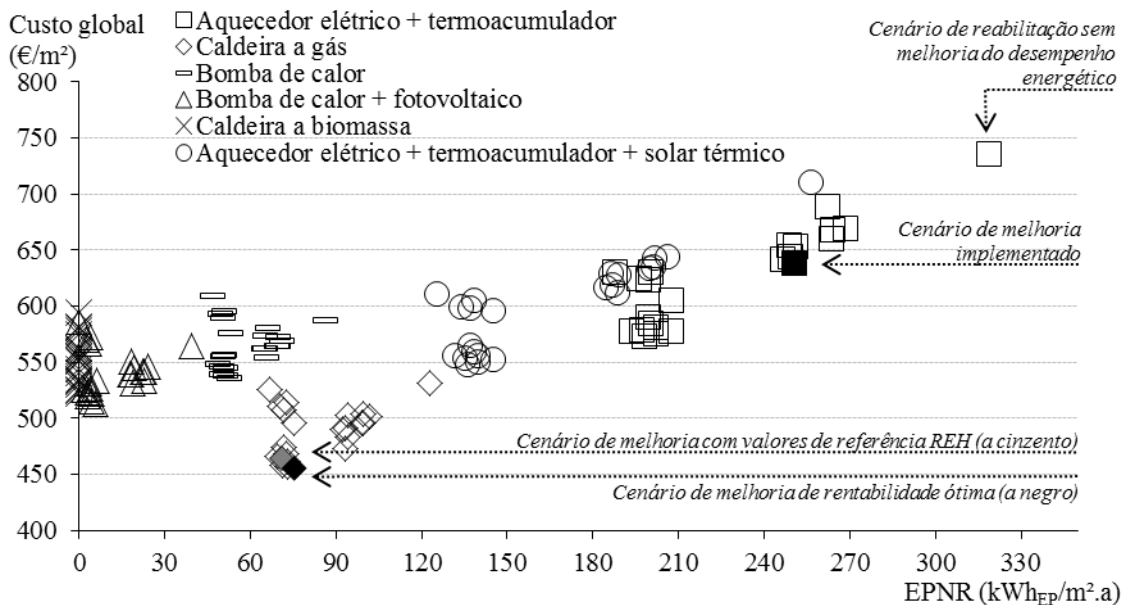


Figura 4: Resultados da análise de custo ótimo na perspetiva financeira

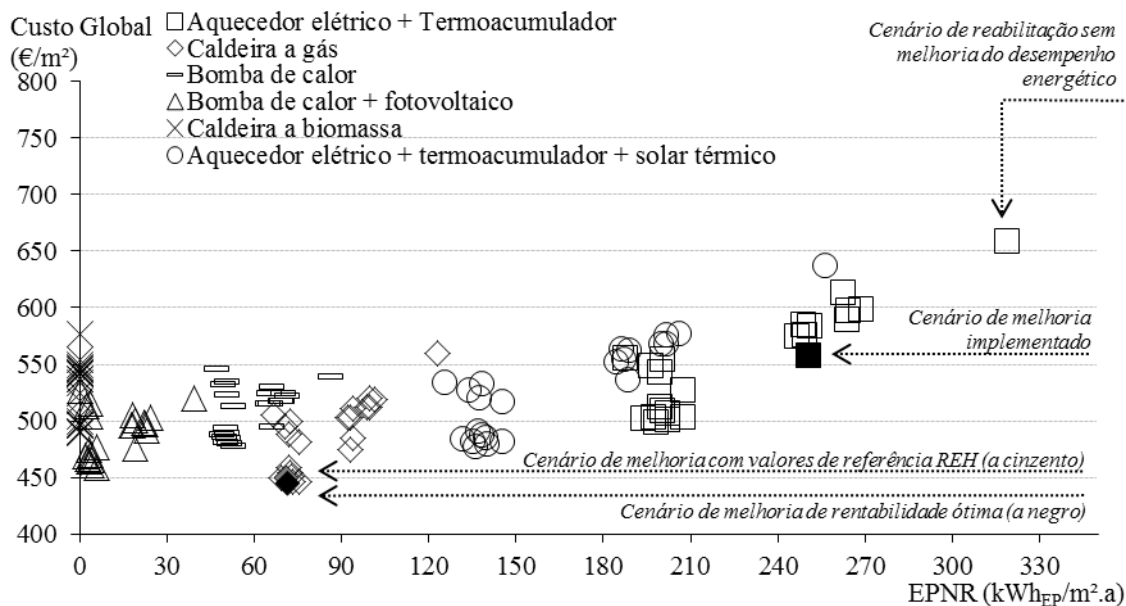


Figura 5: Resultados da análise de custo ótimo na perspetiva macroeconómica

A medida que conduz aos níveis ótimos de rentabilidade na perspetiva privada é a M5 (conforme a tabela 2), combinada com caldeira a gás natural para aquecimento e AQS. Para esta variante, a solução para a envolvente opaca é composta por ETICS com EPS com 4cm de espessura para as paredes exteriores, lã de rocha com 14cm para a cobertura e lã de rocha com 8cm para o pavimento sobre o espaço não aquecido. A solução dos envidraçados implica a substituição dos

existentes por outros com vidro duplo e caixilho em PVC com coeficiente de transmissão térmica global de $2.4 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$. Na perspetiva social a medida que conduz aos níveis ótimos de rentabilidade é a M6, onde a única diferença em relação à M5 é na solução da parede, onde a espessura do EPS é de 8 cm.

De salientar a reduzida espessura de isolamento nas paredes exteriores na solução de reabilitação ótima na perspetiva privada, em comparação com as espessuras obtidas para os isolamentos dos elementos horizontais, e mesmo inferior à espessura implementada no processo de reabilitação em curso. Analisadas as razões para essa reduzida espessura, verifica-se que, por um lado, a transferência de calor pelos elementos verticais em contacto com o exterior é relativamente limitada por força da grande área de elementos verticais em contacto com espaços não úteis e área de envidraçados (ver figura 3), fazendo com que o aumento da espessura de isolamento nas fachadas exterior tenha um impacto limitado na melhoria do desempenho energético do edifício. Por outro lado, verifica-se que o custo do acréscimo de espessura de isolamento nas fachadas (ETICS com EPS) é significativamente maior que o custo do mesmo acréscimo nos elementos horizontais, onde se optou pela lâ de rocha, aumentando a rentabilidade da melhoria do desempenho energético destes elementos. Observadas as figuras 4 e 5 à luz desta análise, torna-se claro que, quer ao nível da melhoria do desempenho energético quer ao nível da rentabilidade, é mais importante melhorar o desempenho energético do maior número possível de elementos do que melhorar profundamente o desempenho energético de um determinado elemento e não intervir nos restantes.

Em relação à solução de reabilitação aplicada nos edifícios intervencionados, a diferença no desempenho energético face ao cenário com nível de rentabilidade ótima é significativa, atingindo os $177\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$. No ciclo de vida de 30 anos, existem medidas que conduzem a custos inferiores à reabilitação a ser executada e que contribuem para uma diminuição das necessidades energéticas do edifício e consequentemente das emissões de gases com efeito de estufa. Em termos de custo global, a diferença entre a variante ótima e a solução aplicada no edifício excede os 183€/m^2 .

Se a análise for realizada para todo o conjunto de cenários que apresentam uma rentabilidade positiva relativamente ao cenário base de reabilitação (isto é, reabilitação que inclui soluções que vão para além da solução correspondente à de custo ótimo), a combinação de sistemas que permite menores consumos de energia primária não renovável para aquecimento e AQS é a caldeira a biomassa, cujos pontos se encontram sobre o eixo yy, uma vez que este sistema não consome energia primária não renovável. O comportamento é semelhante em ambas as perspetivas. Outra combinação que permite baixos consumos e com custos globais inferiores à caldeira de biomassa é a bomba de calor auxiliada por painéis fotovoltaicos. Nestas últimas, a variante ótima em termos de soluções para a envolvente é também a M5. Nos gráficos seguintes esta variante é representada pelo triângulo com o menor valor de custos globais.

Comparando os resultados obtidos sob as diferentes perspetivas, é de salientar a significativa redução da diferença nos custos entre o cenário de rentabilidade ótimo e o cenário mais rentável com bomba de calor e fotovoltaico que ocorre quando se passa da perspetiva financeira para a perspetiva macroeconómica. A redução desta diferença é de especial significado quando se verifica que o cenário mais rentável com bomba de calor e fotovoltaico é um cenário de energia quase-zero, sendo a sua proximidade ao nível de custos com o cenário de rentabilidade ótima relevante na definição das estratégias para a evolução que se perspetiva no sentido de todos os edifícios se enquadrarem neste conceito. De relevo também é o facto das medidas de reabilitação na envolvente que conduzem ao cenário de rentabilidade ótima, serem também as que conduzem aos mais rentáveis cenários de energia quase-zero, algo já identificado noutros estudos dos autores [15], [16] e que suporta a definição adotada pelo REH para os edifícios de necessidades quase-nulas de energia.

6. CONCLUSÕES

A análise de custos de ciclo de vida realizada ao processo de reabilitação em curso na urbanização de custos controlados de Vila d'Este permitiu identificar uma larga margem para a melhoria do desempenho energético do edificado residencial português, com rentabilidade económica. As medidas de melhoria executadas no âmbito da reabilitação em curso, essencialmente introduzindo isolamento térmico nas paredes exteriores e coberturas, representam uma importante melhoria no desempenho energético do edifício. No entanto, quando comparadas com cenários de reabilitação mais profunda e abrangente, verifica-se que fica bastante longe dos níveis ótimos de rentabilidade.

Foi ainda possível constatar que, quer do ponto de vista energético como ao nível da rentabilidade económica, mais importante do que introduzir melhorias muito significativas num elemento construtivo, é intervir no maior número de elementos e sistemas do edifício com impacto no seu desempenho energético.

Para além dos níveis ótimos de rentabilidade, os cenários de reabilitação testados para níveis de utilização de energia primária próximos do zero, conjugando medidas de eficiência energética com a utilização de energia de fonte renovável, demonstram que esses cenários são, numa perspetiva de ciclo de vida, claramente rentáveis quando comparados com o cenário de manutenção do desempenho energético original e mesmo com o cenário de reabilitação que se encontra em curso. Comparando esses cenários de necessidades quase nulas de energia primária com os níveis ótimos de rentabilidade, verifica-se ainda que, numa perspetiva macroeconómica, onde são consideradas como um custo as emissões de gases de efeito de estufa, as diferenças nos custos globais não são muito expressivas.

À luz destes resultados, a reabilitação do parque residencial português executada sem uma melhoria significativa do seu desempenho energético, constitui uma oportunidade perdida, com custos financeiros que irão sobrecarregar o país ao longo das próximas dezenas de anos. As opções de reabilitação deverão ser tomadas analisando o ciclo de vida dos edifícios em detrimento da procura apenas de medidas com rápido retorno. Para isso é também fundamental que sejam disponibilizados instrumentos financeiros que permitam o acréscimo de investimento necessário.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a cedência da informação relativa ao caso de estudo à Gaiurb – Urbanismo e Habitação, EM e a Alessandro Bencresciuto pelo contributo na análise energética das variantes de reabilitação.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Ott, Walter et al. - Methodology for Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56), 2014, 5 p.
- [2] European Commission, 2006- The European Climate Change Programme. European Communities, ISBN 92-7900411-5.
- [3] European Parliament and the Council of the European Parliament, 2010- 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., pp. L153/13-L153/35.
- [4] European Commission, 2011 - A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brussels
- [5] BPIE, 2011- PRINCIPLES FOR NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS Paving the way to effective implementation of policy requirements.
- [6] NE, I.P./DGEG, 2011 Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico, Lisbon – Portugal.
- [7] Henry, F., Uihlein, A., Colodel, C. M., Wetzels, C., Braune, A., Wittstock, B., Hasan, I., Kreißig, J., Gallon, N., Niemeier, S., Frech, Y., 2010 - Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union — Potential and costs, Elsevier, Energy and Buildings. Vol. 42, Issue 7, pp. 976-984.
- [8] European Commission, 2011 - A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brussels.
- [9] Comissão Europeia e Parlamento Europeu, 2012 Regulamento Delegado (UE) N°244/2012 da comissão de 16 de janeiro de 2012 que complementa a Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios.
- [10] Ministério da Economia e do Emprego, 2013 Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação, Decreto- Lei n° 118/2013 de 20 de agosto, Diário da República, 1ª serie – n° 159 – 20 de agosto de 2013.
- [11] ASEMAS, CYPE, 2014 Software Gerador de preços disponível em: <http://www.geradordeprecos.info/>
- [12] Comissão Europeia, 2012 Orientações que acompanham o Regulamento Delegado (UE) N° 244/2012 da Comissão, de 16 de janeiro de 2012, que complementa a Diretiva 3010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios.
- [13] CEN/TC, 2006 prEN 15459:2006 (E) Energy Efficiency for buildings – Standard economic evaluation procedure for energy systems in buildings.
- [14] Abrantes, N 2008 Requalificação Arquitetónica na reabilitação de edifícios de habitação social um caso de estudo: Vila D'Este, dissertação de mestrado em Reabilitação de Património Edificado, FEUP, Porto.
- [15] Ferreira et al, 2014 Comparing cost-optimal and net-zero energy targets in building retrofit, Building Research & Information, DOI: 10.1080/09613218.2014.975412.
- [16] Ferreira M., Almeida M., Rodrigues A., 2014 Cost optimal and net-zero energy in the renovation of Portuguese residential building stock – Rainha Dona Leonor neighbourhood case study, International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development, DOI: 10.1080/2093761X.2014.979268.