

Reabilitação energética da envolvente de edifícios: desempenho económico, energético e ambiental de ETICS com ICB ou EPS

Energy retrofit of buildings' envelope: economic, energy and environmental performance of ETICS with ICB or EPS

J. Silvestre^{a†}, A. Castelo^a, J. Silva^b, J. Brito^a, M. Pinheiro^a

^a *Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Lisboa, Portugal*

^b *Universidade de Évora, Departamento de Arquitectura, Évora, Portugal*

[†] *Autor para correspondência: jose.silvestre@tecnico.ulisboa.pt*

RESUMO

Este estudo apresenta uma comparação entre sistemas de ETICS (Sistema composto de Isolamento Térmico pelo exterior) utilizando dois materiais de isolamento diferentes: Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB) e Poliestireno Expandido (EPS), durante um período de estudo de 50 anos. O balanço do impacto ambiental é dado por Estudos do ciclo de Vida (ACV) "Cradle to Grave" (C2G), com ênfase nas emissões de carbono e na quantidade de energias primárias renovável (PE-Re) e não renovável (PE-NRe) utilizada por estes materiais. O balanço energético considera as principais características de isolamentos destes materiais, incluindo o desempenho energético da envolvente dos edifícios após a aplicação destes materiais e as correspondentes poupanças energéticas que estes permitem. O balanço final entre o desempenho ambiental e energético inclui uma estimativa C2G da redução das emissões de carbono e da redução do consumo das PE-RE e PE-NRe.

ABSTRACT

This study presents a comparison between ETICS (External Thermal Insulation Composite System) using two different insulation materials: Insulation Cork Board (ICB) and Expanded Polystyrene (EPS), during a study period of 50 years. The environmental impact balance is given by "Cradle to Grave" (C2G) Life Cycle Studies (LCA), with emphasis on carbon emissions and on the amount of renewable (PE-Re) and non-renewable (PE-NRe) primary energies used by these materials. The energy balance considers the main insulation characteristics of these materials, including the energy performance of the buildings' envelope after the application of these materials and the corresponding energy savings. The final balance between the environmental and energy performances includes a C2G estimate of the reduction of the carbon emissions and of the PE-RE and PE-NRe consumption.

Palavras-chave:

Estudos do ciclo de Vida; ETICS; ICB; EPS; NPV.

Keywords:

Life Cycle Assessment; ETICS; ICB; EPS; NPV.

1. Introdução

Uma solução existente para o isolamento externo contínuo nas paredes dos edifícios são os ETICS (Sistema composto de isolamento térmico pelo exterior). Os ETICS são aplicados como um

sistema de revestimento e isolamento exterior de paredes que permite melhorar a eficiência energética da envolvente dos edifícios novos ou reabilitados.

Os ETICS (Figura 1) são constituídos por uma placa de isolamento fixa sobre o substrato (colada, fixa mecanicamente ou ambos), sobre a qual são aplicadas uma ou duas camadas finas de revestimento reforçado. O revestimento também poderá ser utilizado para fixar o material de isolamento, que deverá ter uma boa aderência ao substrato, elevada resistência à fissuração, baixa capilaridade e uma resistência significativa à perfuração e ao impacto [1]. Os ETICS podem ser constituídos por diferentes materiais a diferentes espessuras, e podem diferir na percentagem de matéria orgânica existente nas camadas de revestimento, nos materiais de reforço utilizados e nas soluções de fixação [2].



Figura 1 - ETICS com ICB aplicado como solução de revestimento e isolamento de uma fachada de um edifício.

A aplicação de um isolamento térmico exterior no edifício permite uma redução das pontes térmicas e uniformiza o coeficiente de transmissão térmica em toda a fachada. Esta técnica: permite economizar energia; reduz o risco de condensações superficiais; melhora o conforto térmico interior tanto no inverno como no verão; reduz a espessura da parede exterior e, conseqüentemente, aumenta a área interna de construção, e reduz o peso das paredes e das cargas permanentes no edifício; melhora a permeabilidade das fachadas; é mais fácil de aplicar em comparação com outras técnicas; e oferece uma maior variedade de cores e texturas para as fachadas [3].

A solução de ETICS com isolamento em Poliestireno Expandido (EPS) é a mais utilizada em Portugal. O EPS é um material produzido a partir de um só material não renovável (partículas expandidas de poliestireno – base de petróleo) importado do estrangeiro. A aplicação de ICB nos ETICS tem vindo a ganhar dimensão em Portugal e em diversos países Europeus apesar da sua recente introdução no processo construtivo desta solução.

Este estudo inclui uma avaliação comparativa do desempenho ambiental, económico e energético (Environmental, Economic and Energy – 3E) do sistema ETICS. A caracterização do desempenho 3E de ambos os sistemas construtivos foi baseada em literatura de referência, trabalhos de pesquisa, dados de empresas e bases de dados de software.

A análise do desempenho ambiental é baseada numa Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do Berço ao Berço (C2C), com incidência nas emissões de carbono e nos consumos de energias primárias renováveis e não renováveis de todos os componentes. A análise do desempenho económico C2C tem em consideração os custos de aquisição e a poupança energética permitida pela implementação destes sistemas de reabilitação da envolvente dos edifícios.

A aplicação da ACV ao estudo de envolventes de edifícios tem vindo a ganhar dimensão na indústria da construção em vários países, de modo a identificar a melhor alternativa para melhorar o desempenho geral da envolvente do edifício. A envolvente é um dos elementos do edifício com mais impacto no desempenho 3E de um edifício, sendo que as paredes exteriores influenciam diretamente a envolvente, devido ao seu elevado valor de energia inicial incorporada, consumo de energia durante a utilização, custo inicial e de manutenção e o conforto interior proporcionado.

Os impactes 3E de cada solução de parede exterior resultam diretamente das propriedades dos materiais utilizados em cada solução. Por isso, aquando da conceção de novas alternativas ou na reabilitação da envolvente exterior, é importante a utilização de um método que permita a comparação entre diferentes alternativas e permita auxiliar na determinação da melhor solução a implementar em cada caso.

Atualmente existem diversos estudos já publicados que permitem a aplicação desses métodos para escolha das melhores soluções para a envolvente, tendo como exemplo os seguintes países:

- Portugal, em que na ACV foram consideradas sete alternativas para paredes exteriores com desempenho térmico semelhante e sete sistemas de aquecimento diferentes; este estudo teve em consideração a fase de produção e as necessidades de aquecimento de energia e de manutenção durante 50 anos [2];
- Nos Estados Unidos da América, um estudo de incluiu o cálculo da energia incorporada e desempenho térmico de doze soluções de paredes exteriores para um edifício em uma região de clima frio [4];
- Na Austrália, foi realizado um estudo para demonstrar a necessidade de considerar não apenas a energia do ciclo de vida do edifício, mas também as atividades realizadas pelos utilizadores do edifício. Este estudo engloba a energia incorporada na produção dos materiais de construção, energia usada durante as fases de operação do edifício e uma manutenção periódica durante um período de estudo de 30 anos [5].

Verificou-se, no entanto, que a maioria dos estudos já publicados apenas inclui parte da avaliação 3E, nomeadamente a avaliação do ciclo de vida energético. De facto, existem muito poucos estudos que incluam a avaliação 3E e todas as fases do ciclo de vida, o que torna inovador este estudo e o método aplicado, correspondendo a uma melhoria face a estudos anteriores de soluções construtivas similares e com iguais objetivos.

2. Caso de estudo – Isolamento com ICB

O objecto de estudo considerado foi um piso intermédio do edifício “Hexa”, constituído por 6 pisos residenciais e que representa as técnicas construtivas e arquitecturais mais utilizadas em Portugal, tendo sido considerada Évora para a localização do edifício.

As paredes exteriores estudadas são localizadas nas fachadas Norte e Sul do apartamento e a unidade estabelecida é um metro quadrado de parede exterior. O período de referência do estudo foi estabelecido para 50 anos [6].

Para considerar a renovação energética das fachadas dos edifícios “Hexa” com ETICS usando ICB, foram consideradas duas soluções de referência sem isolamento: uma com parede simples de tijolos ociosos de argila cozida com 0,22 m (W1); outro com uma parede dupla do mesmo material com duas folhas de 0,15 m e 0,11 m (W8). No total seis soluções melhoradas usando ETICS com ICB foram utilizadas para as paredes simples e também seis soluções foram utilizadas no estudo das paredes duplas (Tabela 1).

A renovação energética das paredes de referência é importante, mas é de salientar que as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento anuais de cada apartamento, no período de estudo, dependem não só da redução do coeficiente de transmissão térmica (U) mas também em que superfície (interior ou exterior) o isolamento é aplicado, sendo esta redução superior quando o isolamento é aplicado na superfície exterior da parede.

As operações de manutenção, reparação e substituição dos revestimentos internos e externos após a renovação da envolvente estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1 - Tipo de material de isolamento, designação, espessura e coeficiente de transmissão térmica (U) das soluções estudadas.

Tipo de Parede	Designação	Espessura (m)		U [W/(m ² .°C)]
		Isolamento	Parede	
Parede Simples	W1	-	0.26	1.36
	W2	0.04	0.30	0.58
	W3	0.05	0.31	0.51
	W4	0.06	0.32	0.45
	W5	0.07	0.33	0.41
	W6	0.08	0.34	0.37
	W7	0.09	0.35	0.34
	W8	-	0.35	0.95
	W9	0.04	0.39	0.49
Parede Dupla	W10	0.05	0.40	0.44
	W11	0.06	0.41	0.39
	W12	0.07	0.42	0.36
	W13	0.08	0.43	0.33
	W14	0.09	0.44	0.30

Tabela 2 - Operações de manutenção, reparação e substituição dos revestimentos interiores e exteriores considerados.

Solução de Revestimento	Operações de manutenção, reparação e substituição
ECS1 – Revestimento (0,02 m argamassa e tinta aquosa) ECS2 – ETICS	Limpeza total e pintura a cada 5 anos e reparação de 35% da área após 25 anos.
ICS1 – Revestimento (0,02 m argamassa e tinta aquosa)	Limpeza total e pintura a cada 5 anos e reparação de 5% da área após 10 anos.

3. Método de análise 3E-C2C

Neste estudo foi realizada uma abordagem integrada para a avaliação do desempenho 3E do berço ao berço (3E-C2C) do ciclo de vida dos materiais de construção e processos construtivos, estritamente relacionada com o desempenho térmico do edifício [7].

O método 3E-C2C, como descrito na Tabela 3, tem em consideração todo o ciclo de vida dos materiais de construção e processos construtivos tendo em conta todos os factores que poderão afectar os mesmos, tal como o desempenho do sistema construtivo na fase de utilização, a vida útil e o seu potencial de reciclagem.

A unidade de comparação utilizada neste estudo foi “um metro quadrado de parede exterior por um período de 50 anos após a renovação energética (aplicação dos ETICS)”, não considerando uma unidade funcional, e tendo em conta as etapas de fim de vida e a vida útil de cada alternativa. É possível efectuar a comparação entre as diversas soluções com diferentes coeficientes de transmissão térmica porque os impactos ambientais considerados pelo desempenho térmico no período de estudo já são considerados na ACV.

Tabela 3 - Fases do ciclo de vida discriminadas de acordo com as normas europeias (CEN, 2012a).

Limites da ACV		Fases do ciclo de vida/ Módulos de informação da ACV	Designação e descrição das fases da ACV	
Cradle to Cradle	Cradle to Cradle	Fase de produção (A1-A3)	A1	Extracção e processamento de matérias-primas, processamento e entrada de material secundário
			A2	Transporte para o fabricante
			A3	Fabricação
		Fase de montagem (A4-A5)	A4	O transporte até o local de construção
			A5	Instalação no edifício
		Fase utilização – módulos de informação referentes à manutenção do edifício (B1-B5)	B1	Utilização ou a aplicação do produto
	B2		Manutenção	
	B3		Reparação	
	B4		Substituição	
	B5		Remodelação	
	Fase utilização – módulos de informação referentes à operação do edifício (B6- B7)	B6	Utilização de energia para operação	
		B7	Utilização de água para operação	
	Fase fim de vida (C1-C4)	C1	Desconstrução / Demolição	
		C2	Transporte para o tratamento de resíduos	
C3		Processamento dos resíduos para reutilização, recuperação e/ou reciclagem		
C4		Descarte dos resíduos		
		Benefícios e pesos para além dos limites do sistema (D)	D	Potencial de reutilização, recuperação e/ou reciclagem (3R)

3.1. Desempenho Ambiental

A quantificação do desempenho ambiental do método 3E-C2C segue o modelo estabelecido nas ACV internacionais e a maioria dos princípios estabelecidos nas normas europeias [8,9,10]. O desempenho ambiental de cada fase do ciclo de vida é definido por:

- Fase de produção (A1-A3): Os dados da ACV de cada um dos materiais de construção utilizados começaram com o correspondente Inventário do Ciclo de Vida (ICV). A composição considerada para cada material do ETICS com isolamento em ICB e EPS é baseada num produtor Português [11].
- Fase de montagem (A4-A5): A instalação dos ETICS no edifício corresponde à operação de renovação da envolvente e inclui: remoção do revestimento anterior e respectivo transporte e descarte; revestimento e isolamento da parede exterior com ETICS com ICB ou EPS de variadas espessuras.
- Fase de utilização – manutenção, reparação e substituição (B2-B4): Os impactos ambientais dos materiais utilizados na manutenção, reparação e substituição durante o período de estudo. Os impactos não incluem outros impactos desta operação devido à sua natureza variável e imprevisível;
- Fase de utilização – desempenho energético (B6): O método 3E-C2C determina o desempenho energético a partir de uma estimativa das necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento durante a utilização do edifício. Por este método, estas necessidades são divididas pela área total da parede exterior de

modo a obter um valor relativo à unidade comparativa utilizada, permitindo assim uma estimativa dos seus impactos ambientais.

- Fase de fim de vida (C): O 3E-C2C considera o transporte do produto eliminado como parte do processamento de resíduos, incluindo o transporte de resíduos (C2), o processamento de resíduos (C3) e a alienação de resíduos, e o pré-tratamento físico e gestão do local de eliminação. (C4); os impactos ambientais da demolição (C1) não foram considerados, pois são similares para todas as alternativas.

3.2. Desempenho Económico

O estudo económico das soluções pelo método 3E-C2C é baseado no método “Whole-Life Cost” (WLC) [12] e segue a maioria dos princípios estabelecidos nas normas europeias [13]. O desempenho económico de cada fase do ciclo de vida é definido por:

- Fases de produção e montagem (A1-A5): O custo de instalação dos ETICS no edifício corresponde à renovação descrita no processo construtivo. No entanto, não tem em conta os custos de mão-de-obra para remoção do revestimento antigo e os custos de instalação de qualquer tipo de andaime necessário para a instalação.
- Fase de utilização – manutenção, reparação e substituição (B2-B4): O custo económico no ano “n” por metro quadrado das operações de manutenção, reparação e substituição que ocorreram nesse ano.
- Fase de utilização – desempenho energético (B6): O custo da energia no ano “n” por metro quadrado de parede exterior corresponde à energia necessária para aquecimento e arrefecimento, calculada de acordo com o método descrito nos regulamentos Portugueses [14,15,16];
- Fase de fim de vida (C e D): O custo económico no ano 50 por cada metro quadrado de parede exterior inclui apenas os custos de transporte e alienação dos elementos e as despesas e / ou receitas de reutilização, reciclagem e recuperação de energia [17].

4. Comparação do desempenho ambiental, económico e energético das soluções com ICB

O método 3E-C2C foi utilizado para quantificar e comparar o desempenho 3E das alternativas estudadas de reabilitação energética em comparação com as duas soluções de referência consideradas sem isolamento (W1 e W8). A reabilitação da envolvente é efetuada pela instalação de ETICS com ICB, considerando diferentes espessuras para este material.

A abordagem utilizada neste estudo está em conformidade com as normas e certificações internacionais e europeias. A comparação do desempenho ambiental das diferentes soluções incidiu sobre as emissões de carbono (expressa pela categoria de impacto ambiental “Global Warming Potential” - GWP) e no consumo de energia primária não renovável (PE-NRe) dos materiais utilizados na reabilitação energética. A comparação económica C2C resultou da aplicação do método 3E-C2C e teve em consideração os custos de aquisição e a poupança energética, na energia de aquecimento e arrefecimento, possibilitada pela instalação do ETICS na envolvente do edifício.

A comparação do desempenho energético teve em consideração as principais características do ETICS com ICB como material isolante, incluindo a melhoria do desempenho energético da envolvente do edifício após a sua reabilitação e a possível poupança energética. Com as atuais mudanças na forma de ocupação dos edifícios e nas exigências de conforto, que levam a um maior consumo de energia por equipamentos de aquecimento e arrefecimento, foi

considerado neste estudo não só o valor padrão de 10% das necessidades de energia, como também valores mais elevados (de 30% a 50%) de modo a simular cenários futuros de consumo de energia para edifícios residenciais unifamiliares [18] ou edifícios residenciais multifamiliares [19].

4.1. Análise das emissões de carbono e consumo de energia de ETICS com ICB

Os resultados obtidos na comparação ambiental e de consumo de energia relativos às emissões de carbono, expressas pelo GWP (Figura 2), demonstram um impacto ambiental nas fases A1-A3 entre 72 e 74% (não considerando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento) do GWP C2C total, e nas fases C2-C4 e D entre 1 e 3%. O GWP nas fases B2-B4 é similar para todas as alternativas, devido a terem o mesmo plano de manutenção, apresentado na Tabela 2, e representa entre 32 e 39% do GWP C2C total nas soluções reabilitadas e cerca de 98% para as paredes de referência.

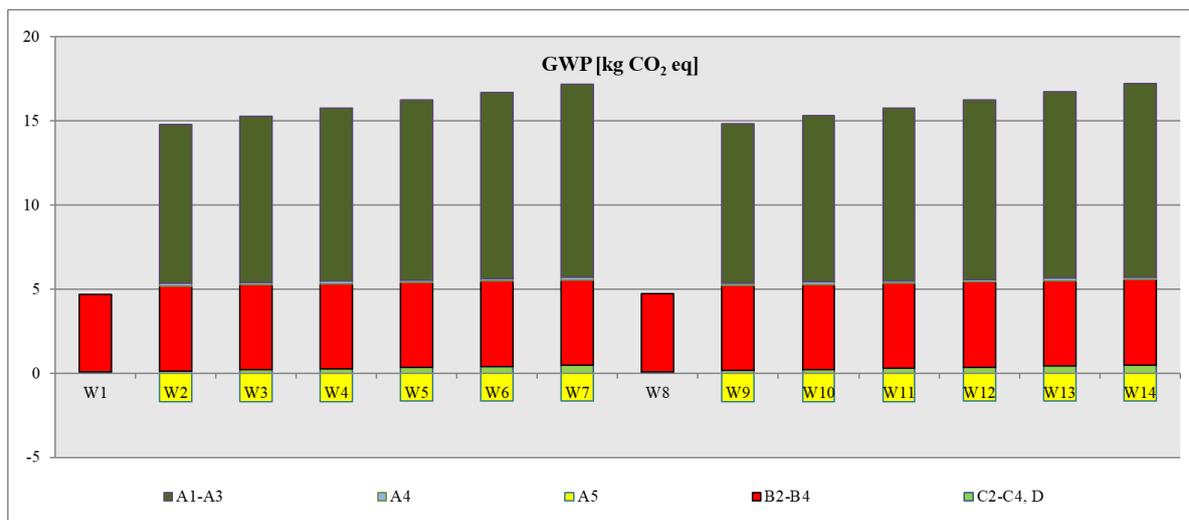


Figura 2 - C2C GWP (em kg CO₂ eq., não considerando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento) das soluções com ETICS com ICB

O consumo C2C de PE-NRe (Figura 3) demonstra um desempenho similar ao do GWP. O impacto das fases A1-A3 representa entre 61 e 66% e na fase do fim de vida representa entre -1 e 0%. As fases B2-B4 representam os restantes 98% do consumo de PE-NRe C2C para as soluções de referência e entre 32 e 39% para as restantes soluções, sem considerar a energia necessária para aquecimento e arrefecimento.

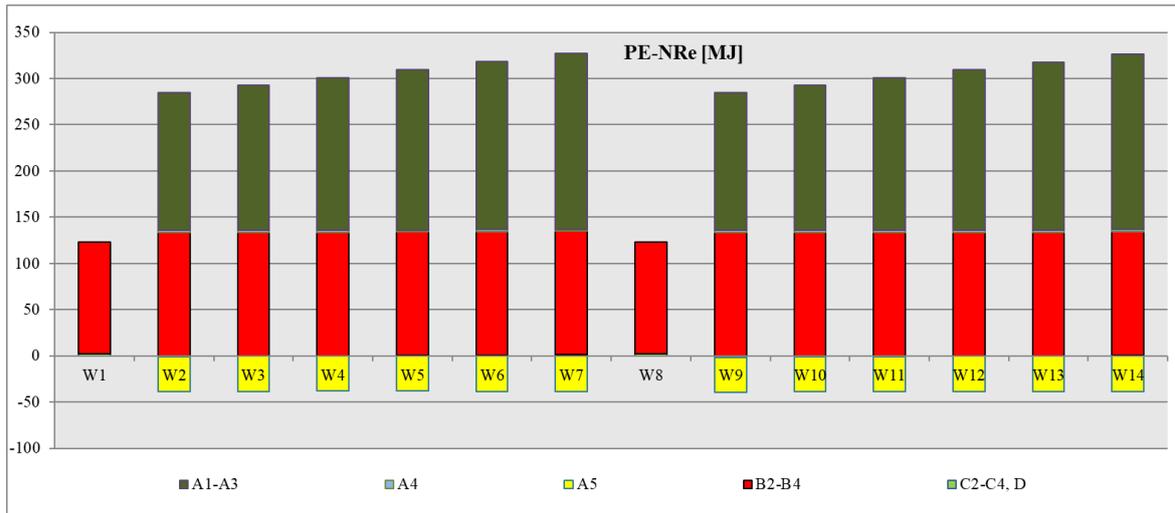


Figura 3 - C2C PE-NRe (em MJ, não considerando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento) das soluções com ETICS com ICB

4.2. Análise das emissões de carbono e consumo de energia de ETICS com ICB

Os resultados obtidos na avaliação do desempenho económico demonstram que o Valor Atual Líquido (VAL) do custo C2C (Figura 4) das soluções de ETICS com ICB nas fases A1-A3, A4 e A5 variam entre 31 e 33% e na fase de fim de vida correspondem a aproximadamente 1%. O VAL das fases B2-B4 é similar para todas as alternativas e representa entre 52 e 55% para as soluções reabilitadas e cerca de 41% para as soluções de referência. A restante contribuição do VAL é dada pelo consumo energético de cada alternativa, dependendo das necessidades de aquecimento e arrefecimento, e é de aproximadamente 46% para W1, 43% para W8, e varia entre 24 e 26% para as restantes soluções.

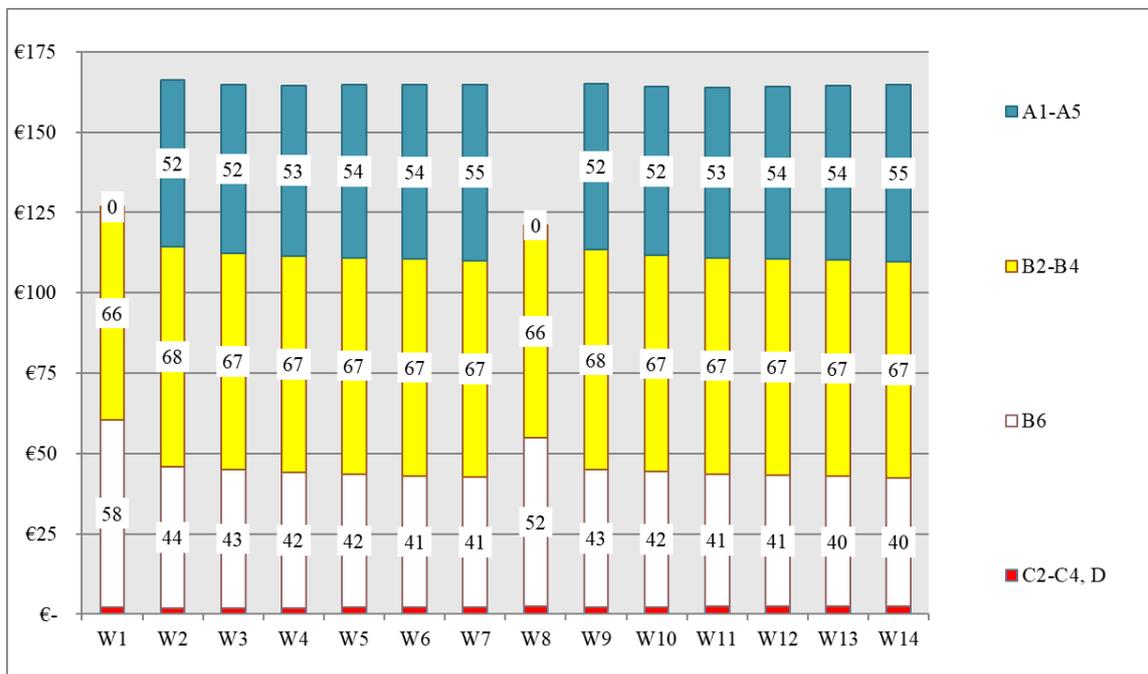


Figura 4 - VAL dos custos económicos (fases A1-A5, B2-B4 e C2-C4 e D) e energéticos (fase B6) de cada alternativa com ETICS com ICB

Com os resultados ilustrados na Figura 4, é também possível concluir que nenhuma das soluções onde ocorreu a aplicação de ETICS permite obter alguma poupança económica quando comparada com as soluções de referência. No entanto, os resultados ilustrados foram obtidos

tendo em consideração um consumo de energia durante a subfase B6 de apenas 10% para as necessidades de aquecimento e arrefecimento. Se forem considerados valores superiores de consumo para simular futuros cenários para edifícios residenciais unifamiliares e multifamiliares, então essas poupanças económicas tornam-se reais e significativas, como ilustrado na Figura 5.

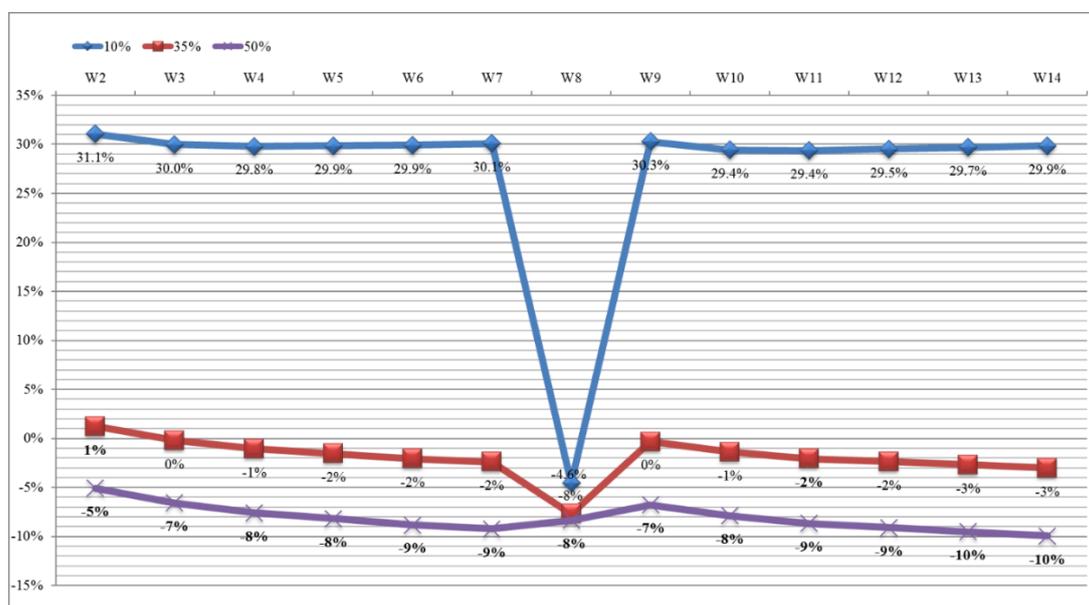


Figura 5 - Diferença entre o VAL dos custos económicos (fases A1-A5, B2-B4 e C2-C4 e D) e energéticos (fase B6) de cada alternativa de parede exterior e o VAL de W1, considerando diferentes padrões de consumo para a fase de utilização (garantindo 10, 35 ou 50% das necessidades energéticas) de ETICS com ICB

4.3. Análise das poupanças energéticas no aquecimento e arrefecimento com a aplicação de ETICS com ICB

Os resultados obtidos na comparação do impacte ambiental relativo às poupanças energéticas no aquecimento e arrefecimento demonstraram que o uso da espessura máxima no ETICS na superfície exterior das paredes exteriores pode resultar numa redução das emissões de carbono entre 22 e 31%. Resultados semelhantes foram obtidos para as poupanças no impacte ambiental do consumo de PE-NRe para as energias de aquecimento e arrefecimento durante o período de estudo.

5. Comparação do desempenho 3E de dois ETICS – Placas de ICB e EPS

Nesta seção, com o objetivo de comparar renovação energética das fachadas do edifício “Hexa” com ETICS utilizando EPS ou ICB, foram consideradas as mesmas duas soluções de referência apresentadas anteriormente (W1 e W8). Em seguida, seis soluções previamente estudadas usando ETICS com ICB (W4, W6, W7, W11, W13, W14) e seis novas usando o ETICS com EPS (WE4, WE6, WE7, WE11, WE13, WE14) foram comparadas (Tabela 4).

Os parâmetros de estudo utilizados para a comparação do desempenho de 3E de todas essas soluções são os mesmos descritos na seção 4 deste artigo.

A comparação apresentada nesta seção é feita entre soluções melhoradas com a mesma espessura de isolamento em sistemas de construção e soluções com o mesmo valor U, embora a diferença entre o valor-U de soluções com a mesma espessura de EPS ou ICB seja menor de 10%.

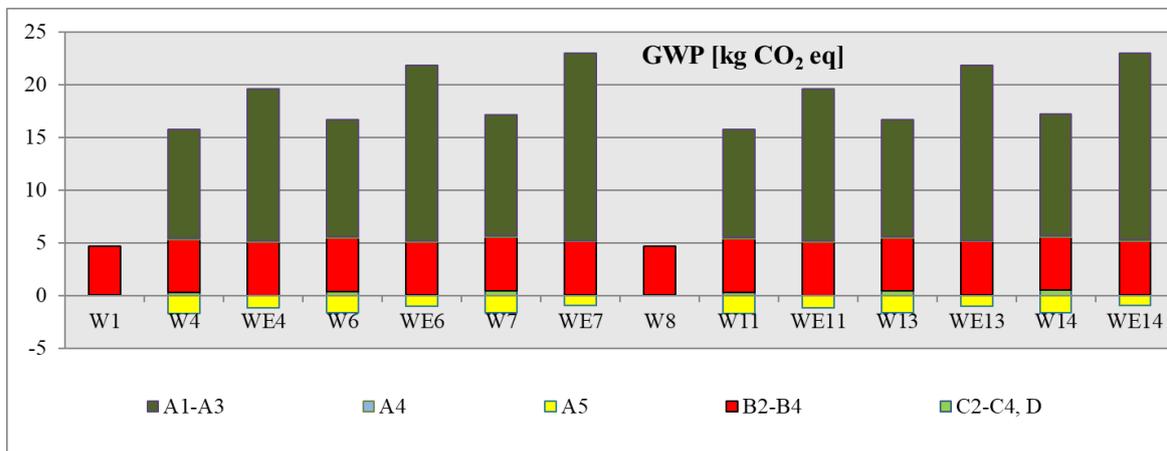
A comparação do desempenho energético teve em consideração as principais características de isolamento térmico do ETICS com EPS ou com ICB como material isolante, incluindo as melhorias no desempenho energético da envolvente do edifício após a sua instalação para renovação e as correspondentes poupanças de energia.

Tabela 4 - Tipo de material de isolamento, designação, espessura e coeficiente de transmissão térmica (U) das soluções estudadas.

Tipo de Parede	Material de Isolamento	Designação	Espessura (m)		U [W/(m ² .°C)]
			Isolamento	Parede	
Parede Simples	Nenhum	W1	-	0.26	1.36
	ICB	W4	0.06	0.32	0.45
	EPS	WE4	0.06	0.32	0.42
	ICB	W6	0.08	0.34	0.37
	EPS	WE6	0.08	0.34	0.34
	ICB	W7	0.09	0.35	0.34
	EPS	WE7	0.09	0.35	0.31
Parede Dupla	Nenhum	W8	-	0.35	0.95
	ICB	W11	0.06	0.41	0.39
	EPS	WE11	0.06	0.41	0.37
	ICB	W13	0.08	0.43	0.33
	EPS	WE13	0.08	0.43	0.31
	ICB	W14	0.09	0.44	0.30
	EPS	WE14	0.09	0.44	0.28

5.1. Comparação das emissões de carbono e consumo de energia

Os resultados obtidos na comparação ambiental e de consumo de energia relativos às emissões de carbono, expressas pelo GWP (Figura 6), demonstraram uma vantagem ambiental nas alternativas de ETICS com ICB nas fases A1-A3 entre 72% e 74% (não considerando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento) quando comparadas com as soluções com a mesma espessura em EPS. Esta desvantagem ambiental nas soluções de EPS deriva da utilização de matérias-primas não renováveis deste material. O GWP nas fases B2-B4 é similar para todas as alternativas, devido a terem a mesmo plano de manutenção (Tabela 2), e representa entre 23% e 39% do seu GWP C2C total.

**Figura 6** - C2C GWP (em kg CO₂ eq., não considerando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento) das soluções com ETICS com ICB e com EPS

O consumo C2C de PE-NRe (Figura 7) demonstra um desempenho similar ao do GWP. De facto, as vantagens ambientais dos ETICS com ICB nas fases A1-A3 em comparação com as soluções em EPS são directamente proporcionais à espessura do material de isolamento aplicado e pode variar entre os 44% e os 78%.

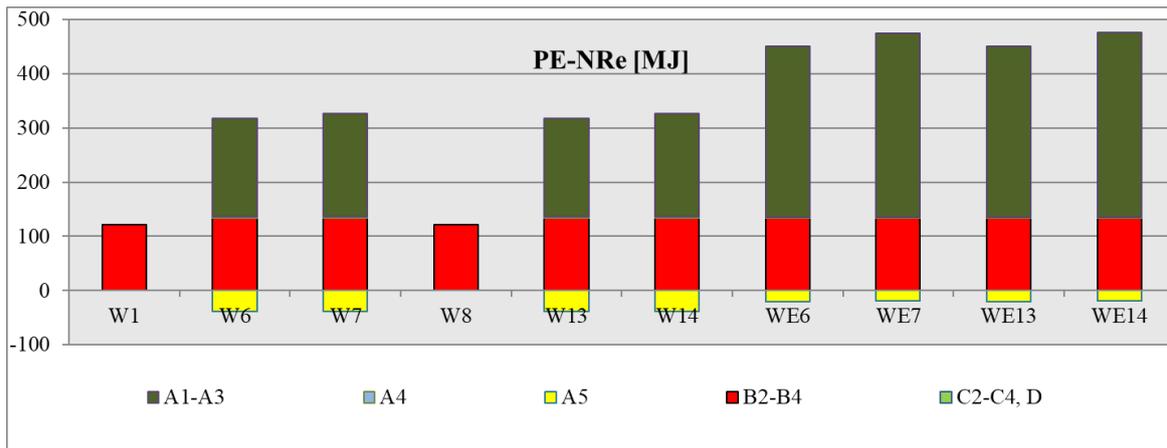


Figura 7 - C2C PE-NRe (em MJ, não considerando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento) das soluções com ETICS com ICB e com EPS

5.2. Comparação dos custos económicos e benefícios de ETICS com ICB ou EPS

Os resultados obtidos na avaliação do desempenho económico demonstram que os Valor Atual Líquido (VAL) do custo C2C (Figura 8) nas soluções de ETICS com EPS permitem uma poupança no custo de aquisição nas fases A1-A3, A4 e A5 variando entre os 28% e os 30%. Ao analisar o VAL do custo C2C este valor é reduzido devido ao peso dos custos de manutenção e de energia, mas continua a conferir uma vantagem económica na utilização de EPS nos ETICS devido ao seu inferior custo de aquisição quando comparado com a mesma solução em ICB.

Com os resultados ilustrados na Figura 8 é também possível concluir que nenhuma das soluções onde ocorreu a aplicação de ETICS permite obter alguma poupança económica quando comparada com as soluções de referência. No entanto, os resultados ilustrados foram obtidos tendo em consideração um consumo de energia durante a subfase B6 de apenas 10% para as necessidades de aquecimento e arrefecimento. Se forem considerados valores superiores de consumo (35% e 50%) para simular futuros cenários realísticos para habitações a edifícios residenciais multifamiliares, então essas poupanças económicas tornam-se muito mais significativas.

Na realidade a Figura 9 demonstra que as alternativas com 9 cm de ICB no ETICS têm um desempenho melhor do que as paredes de referência do ponto de vista do consumo de energia quando se considera 35% (W7 no grupo de paredes simples) ou 50% (W14 no grupo de parede duplas) das necessidades de aquecimento e arrefecimento. Para um valor de consumo de 25%, a alternativa do ETICS com 9 cm de EPS (WE7) torna-se a melhor alternativa no grupo de paredes simples. No grupo das paredes duplas, a solução WE14 (também com 9 cm de EPS) torna-se a melhor alternativa apenas para uma taxa de consumo de 35%. No entanto, as alternativas com ICB no ETICS apresentam sempre um maior VAL do custo C2C do que as com EPS independentemente das necessidades de consumo que é considerado para a fase de utilização, devido ao maior custo de aquisição e valor U para a mesma espessura de isolamento.

A Figura 10 é semelhante à Figura 9, mas inclui apenas as alternativas de parede exterior que foram renovadas pela aplicação do ETICS e também indica o valor-U correspondente a cada uma. Este gráfico ajuda o tomador de decisão a escolher a melhor alternativa de renovação energética a partir de um ponto de vista económico C2C, dependendo do valor U, do consumo de energia pretendido e do orçamento disponível.

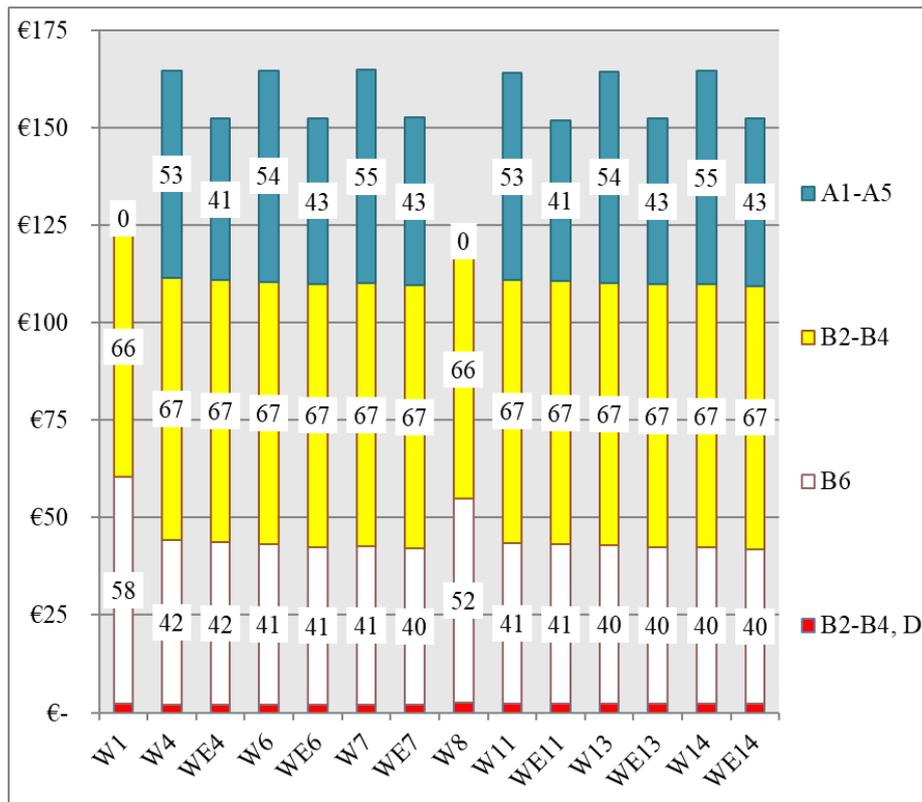


Figura 8 - VAL dos custos económicos (fases A1-A5, B2-B4 e C2-C4 e D) e energéticos (fase B6) de cada alternativa com ETICS com ICB e com EPS

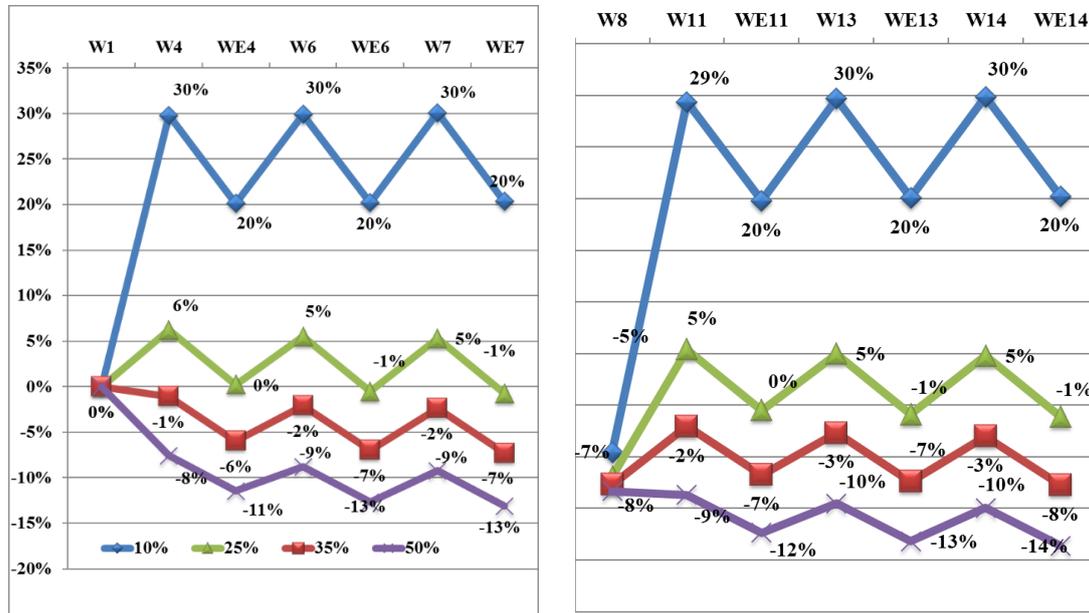


Figura 9 - Diferença entre o VAL dos custos económicos (fases A1-A5, B2-B4 e C2-C4 e D) e energéticos (fase B6) de cada alternativa de parede exterior e o VAL de W1, considerando diferentes padrões de consumo para a fase de utilização (garantindo 10, 35 ou 50% das necessidades energéticas) de ETICS com ICB e com EPS

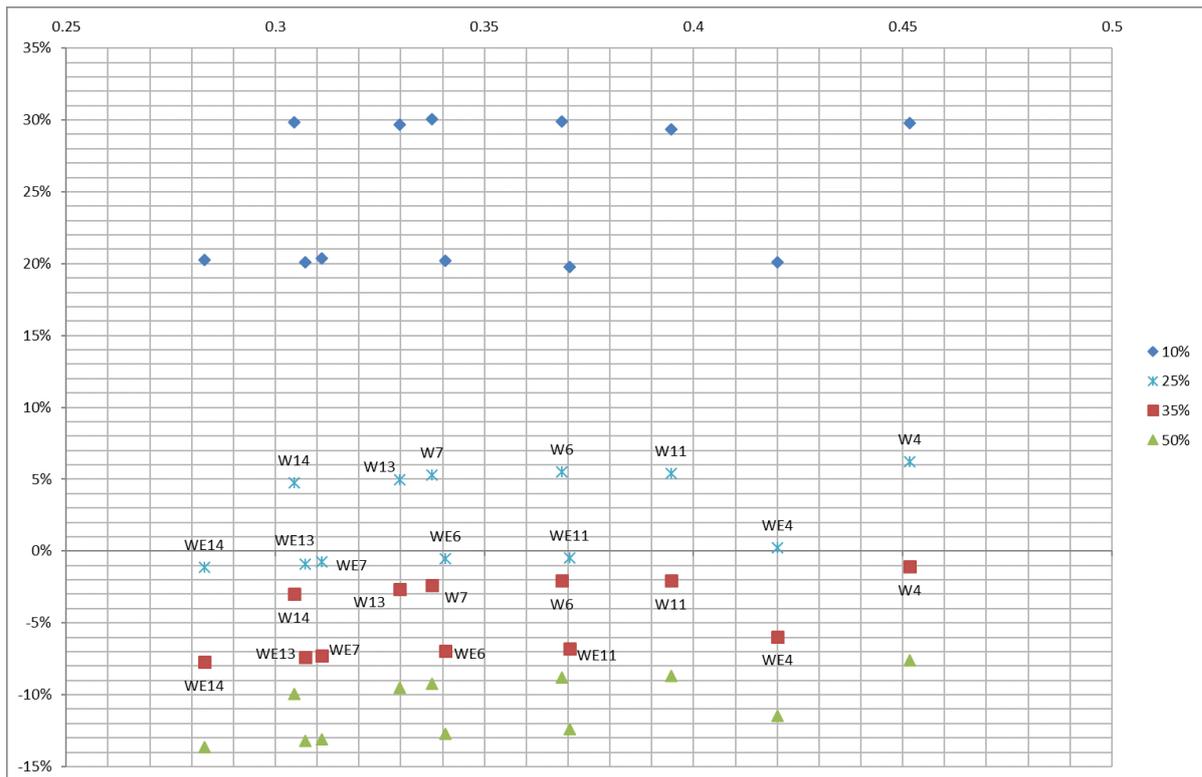


Figura 10 - Diferença entre o VAL dos custos económicos (fases A1-A5, B2-B4 e C2-C4 e D) e energéticos (fase B6) de cada alternativa de parede exterior e o VAL de W1, considerando diferentes padrões de consumo para a fase de utilização (garantindo 10, 35 ou 50% das necessidades energéticas) e o respetivo valor-U

5.3. Comparação das poupanças energéticas no aquecimento e arrefecimento

Os resultados obtidos na comparação do balanço económico, em relação às poupanças no impacto ambiental, demonstraram que o uso da espessura máxima nos ETICS na superfície externa das paredes exteriores pode resultar numa redução das emissões de carbono entre os 22% e os 31%. Resultados semelhantes foram obtidos para as poupanças no impacto ambiental do consumo de PE-NRe para a energias de aquecimento e arrefecimento durante o período de estudo.

6. Conclusões

Ao comparar as soluções do ETICS apenas com o ICB, os resultados deste estudo mostram que estas alternativas de parede exterior de ETICS com ICB têm uma vantagem ambiental devido à produção dos materiais utilizados, em termos das categorias “Potencial de Aquecimento Global” (GWP) e consumo de energia primária não renovável (PE-NRe), em comparação com a mesma solução com EPS.

Avaliando o consumo de energia para atender as necessidades de aquecimento e arrefecimento consideradas para ambas as soluções com a mesma espessura, a solução EPS requer menor consumo de energia, devido ao seu menor Valor-U. O custo de aquisição mais baixo dessa solução leva sempre a um custo "Cradle to Cradle" (C2C) mais reduzido.

Comparando duas soluções com valor-U semelhante, mas espessuras diferentes (as placas ICB com maior espessura devido à maior transmissão térmica), o consumo de energia necessário para cumprir as necessidades de aquecimento e arrefecimento são muito semelhantes, diferindo no custo de aquisição de ambas as soluções e na energia e recursos necessários para a produção dos materiais. Devido ao alto custo comercial do ICB, a solução de EPS apresenta sempre menor VAL do custo económico e energético.

Ao comparar as soluções de parede simples, verificou-se que W2 apresenta o melhor desempenho ambiental, caso o uso de energia para aquecimento e arrefecimento não seja considerado. Com a consideração das necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento, W7 mostra o melhor desempenho ambiental. A solução mais econômica é WE7 para necessidades de energia superiores a 10%.

Ao comparar as soluções de parede dupla, verificou-se que a solução W9 apresenta o melhor desempenho ambiental se o uso de energia para aquecimento e arrefecimento não for considerado. Com a consideração das necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento, o melhor desempenho ambiental é mostrado pelo W14. Para necessidades de energia superiores a 10%, a solução mais econômica é a WE14.

Avaliando o consumo de energia necessária para cumprir as necessidades de aquecimento e arrefecimento de soluções com ETICS em ICB e EPS com a mesma espessura, a solução em EPS requer um valor inferior de consumo de energia devido ao seu valor U mais reduzido. Assim sendo, associando também ao valor de aquisição mais reduzido, as soluções em EPS têm sempre um custo C2C mais reduzido.

Quando são comparadas duas soluções com valores de U semelhantes, mas espessuras diferentes, o consumo de energia necessária para cumprir as necessidades de aquecimento e arrefecimento é idêntico, mas devido ao elevado custo de aquisição das placas de ICB, as soluções em EPS apresentam sempre um VAL dos custos económicos e energéticos mais reduzido.

Agradecimentos

Este estudo foi realizado no âmbito do projecto MARIE - Mediterranean Building Rethinking for Energy Efficiency Improvement (2011-2014), co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional e pelo Programa MED. Os autores gostariam de agradecer o apoio da FCT (Fundação da Ciência e tecnologia) e do CERIS-ICIST do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Um agradecimento especial aos produtores portugueses dos materiais de construção pela cedência dos dados necessários para o desenvolvimento deste estudo.

Referências

- [1] M. R. Veiga. Training on external walls claddings, In: Construção 2004, 13-15 de dezembro, Porto, Portugal, 2004.
- [2] M. R. Veiga, C. P. Santos, Revestimento para isolamento térmico de fachadas: eficiência, durabilidade e garantia de qualidade. Construção Magazine 32 (2009) 12-18.
- [3] V.P. de Freitas, P.F. Gonçalves, Thermic insulation for external walls – Reinforced mortar mesh over EPS (ETICS), FEUP, Porto, Portugal. 2005.
- [4] P. Pierquet, J.L. Bowyer, P. Huelman, Thermal performance and embodied energy of cold climate wall systems. For. Prod. J., 48 (1998) 53-60.
- [5] G. Treloar, R. Fay, P.E.D. Love, U. Iyer-Raniga, Analysing the life-cycle energy of an Australian residential building and its householders. Build. Res. Inf., 28 (2000) 184–195. <https://doi.org/10.1080/096132100368957>.
- [6] S. F. Real. Contribution of life cycle cost analysis to design sustainability in construction (in Portuguese), Dissertação de M.Sc., Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2010.
- [7] J. D. Silvestre, J. Brito, M. D. Pinheiro, From the new European Standards to an environmental, energy and economic assessment of building assemblies from cradle-to-cradle (3E-C2C). Energy Build, 64 (2013) 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.001>.
- [8] Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 15643-2, Sustainability of construction works - Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance, 2011.
- [9] Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 15978, Sustainability of construction works -

- Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method, 2011.
- [10] Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 15804, Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products, 2012.
- [11] M. Matos, L. Soares, L. Silva, P., Sequeira, J. Carvalho, Life cycle assessment of an ETICS system composed of a natural insulation material: a case study of a system using insulation cork board (ICB), In: Portugal SB13. Contribution of sustainable building to meet EU 20-20-20 Targets, Guimarães, Portugal, 2013.
- [12] International Organization for Standardization (ISO). ISO 15686-5:2008, Buildings and construction assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing, 2008.
- [13] Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 15643-4, Sustainability of construction works- Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance, 2012.
- [14] Energias de Portugal, S.A., EDP. <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/BTN/Pages/TarifasBTNate20.7kVA.aspx>, 2021 (acesso em 11 abril 2021).
- [15] R. Mateus, L. Bragança. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT – H. Build. Environ., 46 (2011) 2166-2175.
- [16] RCCTE, Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios, Decreto de Lei nº 80/2006, 4 de abril, D.R.I-A Series 67– 2468-2513. 2006.
- [17] A. Coelho, J. de Brito. Economic analysis of conventional versus selective demolition – A case study. Resour. Conserv. Recycl., 55 (2011) 382-392.
- [18] H. Monteiro, F. Freire. Life-Cycle assessment of a house with alternative exterior walls: comparison of three assessment methods. Energy Build., (2012) 572-583.
- [19] A. Pinto. Aplicação da avaliação do ciclo de vida na análise energética e ambiental dos edifícios. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2008.

ORCID

J. Silvestre	0000-0002-3330-2000 (https://orcid.org/0000-0002-3330-2000)
A. Castelo	0000-0001-9889-2091 (https://orcid.org/0000-0001-9889-2091)
J. Silva	0000-0001-7907-2434 (https://orcid.org/0000-0001-7907-2434)
J. Brito	0000-0001-6766-2736 (https://orcid.org/0000-0001-6766-2736)
M. Pinheiro	0000-0001-5963-8947 (https://orcid.org/0000-0001-5963-8947)