



## Software de apoio à reabilitação térmica de edifícios utilizando cortiça

OLIVEIRA, Carlos F. F. de; LANZINHA, João C. G.

### Informações do Artigo

*Histórico:*

*Submissão: 27 Dezembro 2017*

*Aprovação: 5 Fevereiro 2017*

*Palavras-chave:*

*Evolução Tecnológica*

*Reabilitação*

*Isolamento Térmico*

*Cortiça*

### Resumo:

*A globalização tecnológica presenciada na atualidade permite obter na palma da mão toda a informação desejada sem grande dispêndio de tempo e recursos. Hodiernamente e devido à evolução da regulamentação, os edifícios são pensados logo aquando da realização do projeto, ostentando características ótimas de conforto e sustentabilidade. Contudo a problemática está nos edifícios antigos. Estando estes ausentes de qualquer solução de isolamento térmico têm como consequência baixo conforto térmico e inclusive aumento dos consumos energéticos. Com isto surgiu a necessidade de desenvolver um protótipo de uma aplicação móvel denominada "Pocket Engineer" com o objetivo de facilitar o trabalho aos intervenientes na ação de reabilitação térmica dos elementos opacos da envolvente dos edifícios de habitação, evitando-se a implementação de soluções não fundamentadas no cálculo, bem como consciencializar todos os intervenientes com a temática da importância na colocação de isolamento térmico.*

*Todo o desenvolvimento da aplicação teve como base o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) aplicado em Portugal que apresenta valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos dos edifícios. Utilizando estes coeficientes como referência, é possível garantir o cumprimento das exigências mínimas e determinar opções de reabilitação mais favoráveis através de uma comparação com os coeficientes de transmissão térmica da envolvente dos edifícios existentes, criando para tal níveis de qualidade térmica.*

*Seguindo um conjunto de opções interativas será fornecida ao utilizador a solução de espessura ideal proposta para o reforço de isolamento térmico com cortiça, consoante o nível de qualidade pretendido.*

### 1. Introdução

Atualmente observamos um mundo tecnológico, inovador, em que a cada dia são apresentadas novas descobertas e formas simplificadas de resolver as nossas necessidades e/ou problemas do dia-a-dia. Cada dia estamos mais informados e consciencializados de tudo

aquilo que nos rodeia, em que a era digital reina no fornecimento dessa informação.

Tudo é pensado de forma mais económica e eficiente possível sem descurar os padrões e regulamentos existentes. São desenvolvidas novas técnicas, melhoradas outras, permitindo inovações nos mais variados ramos, todos estas com o objetivo de acompanhar as necessidades populacionais a cada dia mais exigentes. Na

mesma linha de exigência está o conforto térmico dentro das habitações. Presentemente passamos grande parte do tempo dentro dos edifícios, seja para habitar ou para trabalhar, exigindo padrões de conforto que economicamente serão a seu tempo inoportáveis, uma vez que para garantir esta comodidade recorreremos a elevados consumos de energia. Este elevado consumo é em parte provocado pelo facto dos edifícios, principalmente os anteriores a 1990, data da criação do primeiro regulamento térmico (RCCTE) em Portugal, apresentarem um comportamento dissipativo devido à não utilização de soluções eficientes de isolamento térmico.

Objetivando esta redução de custos estabeleceu-se como principal foco de atenção do presente estudo o isolamento térmico de fachadas, pavimentos e coberturas, uma vez que é através destes elementos que ocorre maior dissipação de energia. Tendo como base o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH), atualmente em vigor em Portugal, promove-se a aplicação de aglomerado negro de cortiça devido às suas propriedades: material 100% natural; reciclável; contribui para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>; suporta temperaturas entre -180°C e + 120°C; resiste a roedores; permeável ao vapor de água; grande disponibilidade em território nacional (Portugal é líder destacado na sua produção e exportação mundial).

Foi com esta linha de pensamento que surgiu a necessidade de criar um protótipo da aplicação móvel “Pocket Engineer” [1], com o objetivo de informar/conscienciar os diferentes participantes na atividade de construção e utilização dos edifícios, a implementarem medidas que melhorem o conforto ou que o mantenham sem que para isso acartem custos elevados, bem como sensibilizar para a temática da evolução tecnológica e inovação no ramo de Engenharia Civil.

Através da aplicação proposta é possível determinar a espessura ótima de cortiça com vista à garantia do nível de qualidade térmica pretendido pelo utilizador consoante a zona climática em que se encontra a habitação. Permite, então, o aumento dos padrões de conforto para as três diferentes zonas climáticas de Inverno (I1, I2, I3) estabelecidas pelo REH para Portugal consoante as necessidades nominais de energia. Numa interligação entre sustentabilidade

reabilitação térmica e evolução tecnológica, pretende-se conscienciar as entidades responsáveis para a prática de metodologias que vão ao encontro das exigências populacionais aliando a cortiça como material natural e sustentável. Como objetivo último, alerta-se para a necessidade de adaptação, mudança e acompanhamento tecnológico pelo setor de Engenharia Civil, permitindo serviços mais eficientes e, neste caso, a redução do uso de energias não renováveis para obtenção de conforto térmico.

## **2. Edifícios e Sustentabilidade**

### **2.1 Idade do parque edificado**

Observando os dados constatados na Tabela 1, relativamente ao número de edifícios de acordo com a época de construção, constata-se que a maior parte do parque habitacional português (+ de 50%) foi construído antes da publicação do RCCTE de 1990, que marcou na regulamentação técnica o surgimento da preocupação com a redução das perdas térmicas ao nível da envolvente opaca dos edifícios.

Desta forma, são estes os edifícios que mais requerem atenção ao nível da sua reabilitação, uma vez que são os principais contribuintes para os elevados consumos energéticos no setor habitacional. Sabendo a constituição dos elementos da envolvente destes edifícios, maioritariamente constituídos por alvenaria de pedra, tabique, bloco normal e tijolo normal, e tendo como base as boas práticas do REH, é possível determinar as perdas térmicas provocadas por:

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos;
- Presença de humidade;
- Existência de pontes térmicas na envolvente dos edifícios;
- Baixo desempenho térmico de vão envidraçados e portas, etc.

O REH faz a divisão do território português de forma a prever as necessidades de aquecimento/arrefecimento e respetivo dimensionamento dos sistemas de climatização. O regulamento divide o país em 3 zonas de inverno (I1, I2, I3) e 3 zonas de verão

(V1, V2, V3), como se pode ver na figura 1, de forma a identificar o tipo de clima para aplicação de requisitos de qualidade térmica, em que I1-V1 representa um clima mais ameno e I3-V3 representa um clima mais agreste [3].

Sabendo o zonamento climático do município em estudo, o REH apresenta valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos. Utilizando estes coeficientes como referência, é possível garantir o cumprimento das exigências mínimas e determinar opções de reabilitação mais favoráveis através de uma comparação com os coeficientes de transmissão térmica da envolvente dos edifícios existentes, criando para tal, níveis de qualidade térmica.

## 2.2 Níveis de qualidade térmica

O trabalho desenvolvido na tese “Reabilitação de Edifícios – Metodologia de Diagnóstico e Intervenção” [4] apoia este conceito através da definição de níveis de qualidade térmica com uma escala “positiva” (desde N1 até N5), a que podemos acoplar uma escala “negativa” (desde N-1 até N-5). Esta escala “negativa” é obtida pela multiplicação do  $U_{máx}$  por uma percentagem, enquanto a escala “positiva” é caracterizada por valores sempre inferiores ao valor do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{máx}$ ) regulamentar. Os procedimentos de cálculo para obtenção dos níveis de qualidade sofrem alterações na atual proposta [1] uma vez que a atualização periódica dos regulamentos apresenta valores de U cada vez mais exigentes. Considerou-se que o valor máximo de N0 corresponde aos valores de  $U_{máx}$  para os diferentes elementos, garantindo assim o cumprimento dos mínimos regulamentares. Como forma de melhoria da qualidade térmica considerou-se que o valor máximo de N4 corresponde aos valores de  $U_{ref}$  e os níveis N1, N2, N3 e N5 são obtidos através da seguinte relação [1]:

$$K = \frac{(U_{máx} - U_{ref})}{4} \quad (2.1)$$

$$N1 = U_{máx} - K \quad (2.2)$$

$$N2 = N1 - K \quad (2.3)$$

$$N3 = N2 - K \quad (2.4)$$

$$N4 = U_{ref} \quad (2.5)$$

$$N5 = U_{ref} \times 0.9 \quad (2.6)$$

Em que:

$U_{máx}$  – Coeficiente de transmissão térmica máximo, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

$U_{ref}$  – Coeficiente de transmissão térmica de referência, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

K – Fator K obtido através da subtração de  $U_{máx} - U_{ref}$  a dividir por 4 que corresponde ao número de intervalos de N0 a N4, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

Com o intuito de melhor compreender estes níveis foi atribuída uma classificação, para a escala positiva, conforme ilustra a Tabela 2.

Na equação (2.1) o valor obtido através da subtração de ( $U_{máx} - U_{ref}$ ) é dividido por 4, que corresponde ao número de intervalos de N0 a N4. O valor máximo de N5 é obtido através da multiplicação de  $U_{ref}$  por uma percentagem (2.6), com objetivo de reduzir o valor de U abaixo do nível de referência. A escala negativa tem como objetivo consciencializar o quanto o valor de U das tipologias existentes está afastado dos valores mínimos regulamentares. Efetuados os cálculos para os diferentes elementos obtiveram-se os seguintes valores de U e seus níveis de qualidade correspondentes. [1]

Todos os restantes níveis de qualidade negativa (N-1 a N-5) traduzem grandes deficiências de isolamento térmico, não garantindo o cumprimento dos mínimos regulamentares e exigindo o recurso provável a sistemas de climatização para garantir os níveis de conforto considerados aceitáveis.

## 3. A cortiça como material de construção

Numa sociedade em que procura o desenvolvimento sustentável através da aplicação de materiais ecológicos na construção, e se verifica um exponencial crescimento na procura de técnicas e materiais de isolamento térmico com vista à diminuição dos custos das necessidades energéticas e, conseqüentemente, o cumprimento da regulamentação em vigor, a cortiça apresenta-se como um forte aliado no combate à redução de GEE – gases de efeito de estufa, com características ideais e únicas para integrar o desenvolvimento de sistemas construtivos.

### 3.1 Propriedades da cortiça

A composição química da cortiça confere-lhe características ótimas para a criação de isolantes térmicos, acústicos e anti vibratórios. A suberina confere à cortiça a sua elasticidade e compressibilidade, sendo a componente com maior presença na composição das paredes das células (45%). [5] Esta componente permite à cortiça ter a propriedade de ser o único sólido que ao sofrer compressão de um dos lados não aumenta o volume do outro. [6] A segunda componente com maior presença nas células da cortiça é a lenhina (27%), correspondendo à estrutura das paredes celulares assim como os polissacáridos (12%), conferindo-lhe rigidez. [5,6]

Os ceroides (6%) repelem a água e contribuem para a impermeabilidade a líquidos e a gases, enquanto os taninos (6%) conferem à cortiça a cor e sua proteção. A sua resistência à humidade permite-lhe assim envelhecer sem se deteriorar. [6]

Estas propriedades químicas, quando em conjunto, tornam a cortiça num material com propriedades físicas e mecânicas de excelência não só para a produção de rolhas, mas também para a produção do aglomerado negro que se revela ótimo para a aplicação no setor da construção, uma vez que [5] a) suporta temperaturas entre  $-180^{\circ}\text{C}$  e  $+120^{\circ}\text{C}$ ; b) permite o isolamento térmico e acústico em simultâneo, coeficiente de condutividade térmica de  $0.040 \text{ w/mk}$ ; c) apresenta uma durabilidade ilimitada, mantendo as características técnicas (45 a 50 anos); d) é resistente à água; e) é permeável ao vapor de água, deixando as paredes “respirar”; f) corrige as pontes térmicas das fachadas; g) em caso de incêndio não liberta gases, classe de fogo: Euroclasse E; h) é resistente aos roedores; i) é benéfico para pessoas que sofrem de alergia e de asma, uma vez que normalmente não tem elasticidade estática, não atraindo poeiras, pólen ou fibras pequenas; j) é resistente ao desgaste (cortiça:  $-0.09\text{g}$ , madeira:  $-0.2\text{g}$  e mármore:  $-0.93\text{g}$ ); k) toda a sua produção é natural, não havendo emissões de  $\text{CO}_2$ ; l) 100% reciclável; m) absorção de água  $\leq 130 \text{ kg/m}^3$ ;

Estas características fazem com que a cortiça seja cada vez mais reconhecida enquanto material de revestimento/isolamento nas habitações. Inúmeras são as empresas que promovem a

utilização deste material, quando aliado a outros materiais e técnicas inovadoras, desenvolvendo compósitos para a sua utilização na construção civil.

### 4. Modelo da aplicação móvel “Pocket Engineer”

A criação do protótipo da aplicação móvel “Pocket Engineer” tem com objetivo facilitar o trabalho aos intervenientes na ação de reabilitação térmica dos elementos opacos da envolvente dos edifícios de habitação, evitando-se a implementação de soluções não fundamentadas no cálculo.

Seguindo um conjunto de opções interativas, será fornecida ao utilizador a solução de espessura ideal proposta para o reforço de isolamento térmico com cortiça, consoante o nível de qualidade pretendido. Para o efeito, o utilizador terá de seguir os procedimentos descritos (complementados por imagens da aplicação móvel em funcionamento): [1]

1. Escolha do município onde está implementado o edifício a reabilitar de forma a obter o zonamento climático correspondente;
2. Escolha do elemento da envolvente opaca a reabilitar termicamente (parede, pavimento e/ou cobertura);
3. Escolha da opção do elemento construtivo existente que permitirá obter o coeficiente de transmissão térmica (U) de forma automática, essencial para a classificação do nível de qualidade térmica;
4. Escolha do nível de qualidade pretendido pelo utilizador, disponibilizando a aplicação a solução construtiva aconselhada com a indicação da espessura de isolamento térmico a aplicar.

Estes procedimentos podem ser repetidos para todos os restantes elementos da envolvente opaca do edifício a reabilitar. No final é possível a extração de um ficheiro PDF do qual consta a descrição e pormenores construtivos da solução a implementar.

### 5. Conclusões e propostas de trabalhos futuros

O presente trabalho acompanha e interliga toda a realidade atual onde a consciencialização e intervenção de todos constitui um fator chave na construção de um Planeta capaz de suportar as nossas necessidades e evolução, contribuindo para tal com práticas e medidas sustentáveis.

O fenómeno das alterações climáticas há muito que é colocado em cima da mesa e os cientistas alertam para a mudança de hábitos de forma a atenuar as emissões de GEE – gases de efeito de estufa. Mais do que nunca estamos informados sobre o impacto que a utilização de combustíveis fósseis tem no bom funcionamento ecológico do nosso Planeta, onde a redução deste tipo de combustíveis contribuirá não só para minimizar o fenómeno do aquecimento global, mas também para a redução da dependência energética dos países.

Na última década, porém, a evolução tecnológica e melhoria de vida das populações, aliada a um maior grau de exigência de conforto, levou a um crescimento da procura de sistemas de climatização em Portugal. Desta forma, o setor dos edifícios passou a apresentar a mais elevada taxa de consumo energético de entre os setores da economia nacional.

Através da caracterização do parque habitacional português realizada com base na literatura existente, pôde concluir-se que o elevado consumo energético provocado pela utilização dos edifícios é, em grande parte, resultado da ausência de linhas de atuação de qualidade, nomeadamente térmica, uma vez que todos os edifícios construídos antes da regulamentação térmica de 1990 e que não tenham sido sujeitos a obras de requalificação apresentam um défice significativo ao nível do isolamento térmico.

A necessidade de reabilitação térmica dos edifícios fica assim justificada como um tema da maior atualidade e é compreendida pelos especialistas da área como um fator essencial para o impulsionamento da economia construtiva e eficiência energética. A continuação da aplicação e estudo da temática será um fator decisivo para a redução dos consumos energéticos e contribuição para a redução dos GEE – gases de efeito de estufa.

Pelas razões apontadas sugerem-se algumas propostas para o desenvolvimento da nossa proposta: [1]

- Implementação prática da aplicação móvel “Pocket Engineer” e validação da sua aplicabilidade;
- Inclusão na aplicação dos custos aproximados de intervenção e período estimado para o retorno do investimento;
- Complemento da aplicação com a consideração de outros elementos da envolvente, nomeadamente pontes térmicas planas e lineares;
- Relacionar as intervenções de reforço do isolamento térmico utilizando cortiça com a melhoria do desempenho térmico;
- Incluir no catálogo e aplicação móvel a utilização de outros materiais naturais de isolamento térmico, de preferência disponíveis no local e com emissões reduzidas na sua extração, produção, transporte e aplicação.

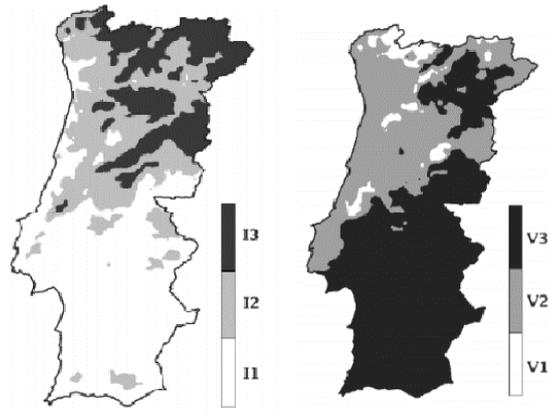
## 6. Referências

- [1] Oliveira, C.F.F; “Soluções técnicas para a reabilitação térmica de edifícios incorporando cortiça”, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, UBI – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2017.
- [2] Silva, C.S.N.; “Reabilitação de Edifícios Multifamiliares das décadas de 50, 60 e 70” – Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UBI – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2013.
- [3] Pena N.R., Flor V., Bouga S., “O zonamento climático – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei no 68/2008 de 14 de abril de 2008” pp.26-31,2013.
- [4] Lanzinha, J.C.; “Reabilitação de edifícios. Metodologia de diagnóstico e intervenção” tese de doutoramento em Engenharia Civil, UBI – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2006.
- [5] <http://www.amorimisolamentos.com/>, consultado em março de 2017.

[6] Natividade, J.V.; “Subericultura”, Ministério da Economia – Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Porto, Portugal, 1950.

## 7. Anexos

Figura 1 – Zonas climáticas de Inverno e Verão segundo o REH.



Fonte: PENA, 2013 [3]

Figura 2 – Valores de U [W/(m<sup>2</sup>.°C)] em função dos níveis de qualidade.

		Paredes exteriores		
		I1	I2	I3
Níveis de qualidade	N5	0,36	0,32	0,27
	N4	0,36	0,32	0,27
	N3	0,40	0,35	0,30
		0,74	0,66	0,59
	N2	0,74	0,66	0,59
		1,08	0,98	0,88
	N1	1,08	0,98	0,88
		1,41	1,29	1,16
	N0	1,41	1,29	1,16
		1,75	1,60	1,45
	N-1	1,75	1,60	1,45
		1,93	1,76	1,60
	N-2	1,93	1,76	1,60
		2,10	1,92	1,74
	N-3	2,10	1,92	1,74
		2,28	2,08	1,89
	N-4	2,28	2,08	1,89
		2,45	2,24	2,03
	N-5	2,45	2,24	2,03

		Pavimentos e coberturas		
		I1	I2	I3
Níveis de qualidade	N5	0,32	0,27	0,23
	N4	0,32	0,27	0,23
	N3	0,35	0,30	0,25
		0,58	0,48	0,41
	N2	0,58	0,48	0,41
		0,80	0,65	0,58
	N1	0,80	0,65	0,58
		1,03	0,83	0,74
	N0	1,03	0,83	0,74
		1,25	1,00	0,90
	N-1	1,25	1,00	0,90
		1,38	1,10	0,99
	N-2	1,38	1,10	0,99
		1,50	1,20	1,08
	N-3	1,50	1,20	1,08
		1,63	1,30	1,17
	N-4	1,63	1,30	1,17
		1,75	1,40	1,26
	N-5	1,75	1,40	1,26

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]

Figura 3 – Opção nº 1 da aplicação móvel.

De maneira a calcular o nível de qualidade que atualmente possui, indique os seguintes detalhes:

Escolha o município desejado:

- Alvaiázere
- Alvito
- Amadora
- Amarante
- Amares
- Anadia
- Ansião
- Arcos de Valdevez
- Arganil
- Armamar

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]



Figura 4 – Opção nº 2 da aplicação móvel.

De maneira a calcular o nível de qualidade que atualmente possui, indique os seguintes detalhes:

Escolha o município desejado:  
Covilhã

Elemento construtivo a reabilitar:

- 
- Pavimento
- Cobertura
- Parede

Continue

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]

Figura 5 – Opção nº 3 da aplicação móvel.

De maneira a calcular o nível de qualidade que atualmente possui, indique os seguintes detalhes:

Escolha o município desejado:  
Covilhã

Elemento construtivo a reabilitar:  
Cobertura

Tipo de Estrutura

- 
- Inclinada com ocupação
- Inclinada sem ocupação
- Plana

Continue

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]



Figura 6 – Opção nº 4 da aplicação móvel.

De maneira a calcular o nível de qualidade que atualmente possui, indique os seguintes detalhes:

Escolha o município desejado:  
Covilhã

Elemento construtivo a reabilitar:  
Cobertura

Tipo de Estrutura  
Inclinada com ocupação

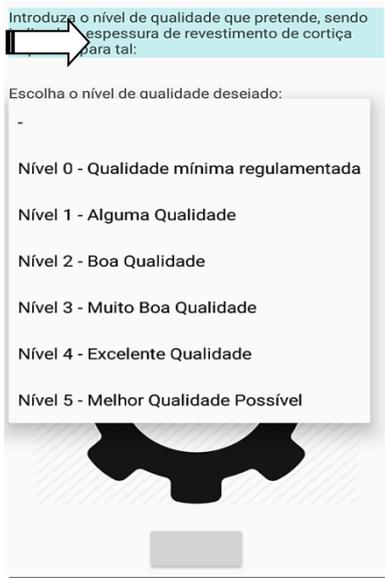
Tipo de construção

- 
- Madeira
- Laje de betão armado
- Com laje aligeirada-cerâmica

Continue

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]

Figura 7 – Opção nº 5 da aplicação móvel.



[1]

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]

Figura 8 – Opção nº 6 da aplicação móvel.



Fonte:

OLIVEIRA, 2017

Tabela 1 – Número de edifícios existentes, por época de construção, de acordo com os Censos de 2011.

Número de Edifícios	Época de Construção						Total
	Antes de 1946	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 2000	Depois de 2000	
	512.039	387.340	408.831	588.858	1.137.316	510.005	
Percentagem do número de edifícios (%)	14,45	10,93	11,53	16,61	32,09	14,39	100,00

Fonte: SILVA, 2013 [2]

Tabela 2 – Classificação dos níveis de qualidade.

Níveis	Requisito e Critérios de avaliação
N5	Solução com um nível de qualidade Excelente
N4	Solução com um nível de qualidade Muito Bom
N3	Solução com um nível de qualidade Bom
N2	Solução com um nível de qualidade Médio bom
N1	Solução com um nível de qualidade Médio
N0	Solução com um nível de qualidade mínimo regulamentar

Fonte: OLIVEIRA, 2017 [1]