

## **A cortiça na construção**

**Renxiang Lu**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Civil**

### **Orientadores**

Prof. Doutor Augusto Martins Gomes

Prof<sup>a</sup>. Doutora Ana Paula Patrício Teixeira Ferreira Pinto França de Santana

### **Júri**

Presidente: Prof. Doutor Albano Luís Rebelo da Silva das Neves e Sousa

Orientador: Prof. Doutor Augusto Martins Gomes

Vogal: Prof. Doutor José Alexandre de Brito Aleixo Bogas

**Outubro de 2014**



## **Agradecimentos**

Este espaço é dedicado àqueles que contribuíram para que este projecto fosse concretizado, portanto, deixo aqui os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos Professores Augusto Martins Gomes e Ana Paula Ferreira Pinto pela disponibilidade e orientação prestada com intuito de desenvolver de melhor maneira possível este projecto. Estou igualmente grato pela liberdade de acção que me permitiu e das críticas construtivas e recomendações que me deram.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer à administração da empresa Amorim Isolamentos S. A. em Vendas Novas e em especial ao Sr. João Paulo Pedro pela oportunidade em visitar e conhecer melhor a fábrica e muita a informação disponibilizada para a realização deste projecto. Da mesma maneira quero agradecer aos meus amigos Bernardo Law, Carina Costa e Orlando Anunciação pela paciência que tiveram em ajudar-me a corrigir os erros de Português, Inglês, estruturação e formatação do presente trabalho.

Agradeço ainda aos meus pais e toda a família que me educaram para que eu chegasse a esta etapa da minha vida.

E por fim quero agradecer aos meus amigos do Instituto Superior Técnico e outros pois estes sempre me apoiaram nos bons e maus momentos.



## Resumo

Em Portugal a principal actividade da indústria corticeira é sem dúvida o fabrico de rolhas para a indústria dos vinhos. No entanto, devido às exigências intrínsecas deste sector, muitos dos materiais são rejeitados, originando uma grande quantidade de resíduos que podem ser reaproveitados noutras indústrias. Por ser um produto 100% natural, ecológico, reciclável e com boas capacidades em termos de isolamento térmico e acústico, a cortiça tem vindo a ganhar utilidade noutros sectores nomeadamente na construção.

O presente trabalho tem como principal objectivo explicar a integração deste material e dos seus produtos derivados no sector da construção civil. Serão apresentadas as propriedades e a sua constituição de forma a fundamentar a boa aplicabilidade deste material e dos seus produtos manufacturados nesta indústria. Serão igualmente mencionadas e caracterizadas algumas das soluções já existentes/comercializadas pelas empresas mais conhecidas do país (nomeadamente: Corticeira Amorim) permitindo sensibilizar o público dos produtos já existentes e que melhorias poderão eventualmente ser aplicadas aos mesmos.

Por fim, de modo a comprovar a versatilidade do material irão ser apresentados casos de estudo onde se reflectirá melhor os benefícios e desempenho quando aplicado em obra.

Segundo a análise sobre alguns exemplos de aplicação, este material assume cada vez mais um papel diferenciador e de extrema importância. Apesar das desvantagens (facilmente degradável comparativamente com os materiais tradicionais), em geral, oferece mais benefícios em termos funcionais e estéticos.

**Palavras-chave:** cortiça, suberina, aglomerado composto de cortiça, aglomerado expandido de cortiça, isolamento térmico e acústico, revestimento de piso.



## **Abstract**

In Portugal the cork industry mostly works on wine bottling on the production of stoppers. However, due to the high demands quality control in this sector, most of the cork supply is not accepted and a great amount of waste is created which can be reused on other industries with fewer restrictions. Cork as a raw material has plenty of properties: it is natural, recyclable, light and provides a good performance on insulation as well, which makes it more and more appreciated on other industries especially in the constructions.

The objective of this work is to explain why cork can be used in construction and describe the benefits of using it in this sector. Firstly it details some properties of the raw material and manufactured products in order to comprehend its capacity and the advantages that can be obtained from using it. After, some of the existing solutions that are marketed by Portuguese companies are described and finally several case studies are presented with the intent to prove the material's potential when applied in the real world.

According to some existing buildings, this material is increasingly distinguished by its unique values: not only its good properties that can be useful in the building's service conditions but also the natural beauty it brings, that emphasizes the architecture of the construction. Despite the occurrence of some anomalies, it is certain that with further research and technological innovation, the study of cork will be a worthwhile contribution to the development of forthcoming constructions.

**Keywords:** cork, suberin, cork agglomerated composite, expanded cork agglomerated, thermal and acoustic insulation, floor covering.



## Índice geral

1. Introdução .....	1
2. Cortiça .....	3
2.1 Considerações iniciais .....	3
2.2 Origem.....	4
2.2.1 Cultivo.....	4
2.2.2 Descortiçamento.....	6
2.3 Estrutura anatómica .....	8
2.3.1 Formação e crescimento .....	8
2.3.2 Estrutura macroscópica .....	9
2.3.3 Composição química e estrutura microscópica .....	10
2.3.4 Estrutura e modelo simplificado para efeitos de cálculo .....	13
2.4 Características químicas .....	14
2.4.1 Comportamento face à humidade.....	14
2.4.2 Comportamento face ao aquecimento .....	17
2.4.3 Comportamento face ao fogo .....	19
2.5 Características físicas.....	21
2.5.1 Densidade relativa.....	21
2.5.2 Porosidade.....	22
2.5.3 Propriedades de superfície .....	23
2.5.4 Propriedades térmicas .....	24
2.5.5 Propriedades eléctricas .....	25
2.5.6 Propriedades acústicas .....	25
2.6 Características mecânicas .....	26
2.6.1 Propriedades viscoelásticas .....	26
2.6.2 Comportamento à compressão .....	27
2.6.3 Módulo de elasticidade .....	30
2.6.4 Coeficiente de Poisson e módulo de distorção.....	30
2.6.5 Comportamento à tracção.....	31
2.6.6 Torção.....	32
2.7 Defeitos .....	33
3. Produtos de cortiça.....	37
3.1 Considerações iniciais .....	37
3.2 Aglomerados .....	39

3.2.1	Aglomerados brancos .....	40
3.2.2	Aglomerados negros (ICB – Insulation <i>cork</i> board) .....	41
3.3	Produtos de revestimento de pisos .....	44
3.4	Produtos de revestimento de paredes interiores/tectos .....	51
3.5	Produtos de isolamento .....	53
3.5.1	Produtos de isolamento térmico e acústico .....	54
3.5.2	Produtos de revestimento exterior .....	62
3.5.3	Produtos de isolamento anti-vibrático .....	68
3.6	Outros .....	69
3.6.1	Futuro dos produtos de cortiça .....	71
4.	Estudos de mercado .....	73
4.1	Considerações iniciais .....	73
4.2	Exemplos de revestimentos de pisos .....	75
4.3	Exemplos de revestimentos de paredes/tectos .....	88
4.4	Produtos de isolamento .....	90
4.4.1	Isolamentos de cobertura .....	91
4.4.2	Isolamentos de parede .....	92
4.4.3	Isolamento de piso .....	95
5.	Exemplos de aplicação .....	99
5.1	Considerações gerais .....	99
5.2	Revestimentos .....	99
5.3	Isolamentos .....	101
6.	Conclusão .....	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
	Sites consultados .....	113
	Anexos .....	115
	Anexo A – Lista de normas sobre a cortiça .....	116

## Índice de figuras

Figura 2.1: Rolha de cortiça [S2].....	3
Figura 2.2: Vedante cilíndrico de cortiça [S5]. .....	4
Figura 2.3: Sobreiro (quercus suber L.) [3].....	5
Figura 2.4: Distribuição geográfica do sobreiro a nível mundial [3].....	5
Figura 2.5: Distribuição de sobreiros a nível nacional [3]. .....	6
Figura 2.6: Evolução do cultivo de sobreiros desde 1963 até 2006 por milhares de hectares [S5].....	6
Figura 2.7: Descortiçamento [1]. .....	7
Figura 2.8: Esquema da constituição do tronco do sobreiro. 1 – Xilema (lenho); 2 – Câmbio; 3 – Floema; 4 – Feloderme; 5 – Felogénio; 6 – Felema (cortiça); 7 – Costa [1].....	8
Figura 2.9: Representação esquemática da formação da cortiça. A – Entrecasco após descortiçamento; B – 30 dias depois; C – Fim do Outono; D – 9 anos depois [3].....	9
Figura 2.10: Localização da cortiça no sobreiro [3]. .....	10
Figura 2.11: Aspecto das lentículas numa prancha de cortiça [1]. .....	10
Figura 2.12: Aspecto da cortiça observado pela primeira vez no microscópio de Hooke [S3] .....	13
Figura.2.13: Modelação das células de cortiça obtida pelo método dos elementos finitos [5] .....	13
Figura 2.14: Curva de absorção de água $\Delta MM0$ em função de t. Indica-se a direcção de penetração da água: R – Radial; A – Axial; T – Tangencial [1] .....	14
Figura 2.15: Curvas de compressão da cortiça não-cozida. Direcção de compressão: R – Radial; T – Tangencial; A – Axial [1] .....	15
Figura 2.16: Curvas de compressão da cortiça imediatamente após a cozedura. Direcção de compressão: R – Radial; T – Tangencial; A – Axial [1] .....	15
Figura 2.17: Colocação dos provetes na câmara condicionada [7].....	16
Figura 2.18: Balança para pesagem dos provetes [7].....	16
Figura 2.19: Resultados das determinações da absorção de água ( $Wp$ ) por capilaridade efectuados pelo INETI em função da massa volúmica ( $\rho$ ) das amostras [8].....	17
Figura 2.20: Distribuição dos valores de $Wp$ submetidos ao ensaio de capilaridade obtidos nos três laboratórios [8]. .....	17
Figura 2.21: Variação da massa relativa ( $\Delta MM0$ ) da cortiça em função da temperatura para duas velocidades de aquecimento: 100°C.h – 1 (--) e 300°C.h – 1 (—) [1].....	18
Figura 2.22: Efeito do aquecimento do ar na variação de volume ( $\Delta VV0$ ) e densidade ( $\Delta \rho \rho 0$ ), em função da temperatura durante 15 (×), 30 (○) e 60 (●) minutos [1]. .....	18
Figura 2.23: Curva de compressão radial da cortiça não aquecida (NA) e durante os intervalos de tempo indicados, expressas em minutos e à temperatura de 250°C [1]. .....	19
Figura 2.24: Combustão de um bloco de cortiça [S6].....	20
Figura 2.25: Ensaio do objecto em combustão segundo a norma EN 12823 [11].....	21
Figura 2.26: Câmara de combustão [7]. .....	21
Figura 2.27: Fonte de ignição incidida no bordo do provete [7].....	21
Figura 2.28: Aspectos de diferentes porosidades de cortiças [3]. .....	23
Figura 2.29:Variação da permitividade eléctrica (parte real) em função da temperatura [1].	25

Figura 2.30: Variação da permitividade eléctrica (parte imaginária) em função da temperatura [1].	25
Figura 2.31: Variação do módulo de armazenamento em função da temperatura [1].	27
Figura 2.32: Variação do factor de perda em função da temperatura [1].	27
Figura 2.33: Colapso de células em compressão com encurvadura de uma parede carregada axialmente [1].	28
Figura 2.34: Colapso de células em compressão com encurvadura dum favo [1].	28
Figura 2.35: Curvas de compressão da cortiça. a) Representação esquemática simplificada da curva de compressão evidenciando as três regiões. b) Curvas experimentais em compressão radial (R) e não-radial (NR) [1].	28
Figura 2.36: Máquina de compressão [S1].	29
Figura 2.37: Dispositivo de registo [S1].	29
Figura 2.38: Variação dos módulos de elasticidade na direcção radial e não-radial medidos para cortiças de diferentes massas volúmicas. As regressões lineares feitas são apenas para facilitar a interpretação dos gráficos [1].	30
Figura 2.39: Diferentes curvas experimentais do coeficiente de Poisson. $\epsilon_L$ é a extensão na direcção da compressão e $\epsilon_T$ é a extensão numa direcção transversal [1].	31
Figura 2.40: Curvas de tracção solicitada segundo as três direcções principais (R – Radial; T – Tangencial; A – Axial) [1].	32
Figura 2.41: Curva de tensão de corte $\tau$ em função da distorção máxima $\gamma$ [1].	33
Figura 2.42: Bofe da cortiça num corte transversal [1].	34
Figura 2.43: Amostra de cortiça com verde [1].	35
Figura 2.44: Amostra de cortiça com enguiado [1].	35
Figura 2.45: Amostra de cortiça preguenta [1].	35
Figura 2.46: Amostra de figura com terra [1].	35
Figura 2.47: Amostra de cortiça com galeria de formigas [1].	36
Figura 2.48: Amostra de cortiça com marmoreado [1].	36
Figura 3.1: Relações entre os diferentes sectores corticeiras [3].	37
Figura 3.2: Hierarquia das entidades de normalização a nível nacional [S22].	38
Figura 3.3: Organigrama da normalização da cortiça [9].	39
Figura 3.4: Aglomerado branco [S4].	40
Figura 3.5: Rubbercork [S6].	41
Figura 3.6: Aglomerado negro [S4].	41
Figura 3.7: Aglutinação do grânulos do aglomerado negro de cortiça [S8].	42
Figura 3.8: Curva granulométrica típica para o fabrico de aglomerados do tipo parquet [1].	44
Figura 3.9: Curvas compressão do aglomerado de cortiça. Direcção paralela (C) e perpendicular (P) à direcção da prensagem do aglomerado [1].	45
Figura 3.10: Curvas de absorção sonora para vários aglomerados com características semelhantes [17].	45
Figura 3.11: Pavimento de cortiça em forma de placas [S4].	47
Figura 3.12: Exemplo de solução tradicional de revestimento em cortiça. 1 – Acabamento envernizado de alta resistência; 2 – Camada de cortiça decorativa; 3 – Aglomerado de cortiça [19].	47
Figura 3.13: Exemplo de solução não-tradicional de revestimento em cortiça. 1 – Acabamento envernizado de alta resistência; 2 – Folha de PVC; 3 – Camada de cortiça decorativa; 4 – Aglomerado de cortiça; 5 – Camada de PVC opaca [19].	47

Figura 3.14: Exemplo de placas de aglomerado de cortiça para pavimentos flutuantes [8].	49
Figura 3.15: Sinais de desgaste superficial do revestimento de aglomerado de cortiça [19].	50
Figura 3.16: Revestimento de parede interior [S4] [S25].	51
Figura 3.17: Tecto falso de cortiça [S4].	51
Figura 3.18: Isolamento de aglomerado expandido de cortiça [S3].	54
Figura 3.19: Estrutura de aglomerado negro de cortiça do tipo térmico [1].	54
Figura 3.20: Alguns tipos de isolamento feitos de aglomerado negro de cortiça [9].	56
Figura 3.21: Isolamento de parede com caixa-de-ar [S18].	57
Figura 3.22: Isolamento de parede pelo exterior [S18].	57
Figura 3.23: Isolamento de pavimento [S18].	57
Figura 3.24: Isolamento de cobertura inclinada [S18].	57
Figura 3.25: Evolução do atraso térmico com o aumento da espessura do isolamento [10].	59
Figura 3.26: Evolução do atraso térmico dos diferentes materiais: ICB (azul), XPS (vermelho) e MW (verde) [10].	59
Figura 3.27: Coeficiente de absorção sonora dos vários tipos de aglomerados em função da frequência [17].	61
Figura 3.28: Correlação do coeficiente de absorção com a massa volúmica [17].	62
Figura 3.29: Correlação do coeficiente de absorção com o módulo de elasticidade [17].	62
Figura 3.30: Solução de revestimento de parede ICB. 1 – Suporte; 2 – Superfície de colagem; 3 – Revestimento exterior de ICB [S12].	62
Figura 3.31: Célula experimental com placas de aglomerado de cortiça aplicado [11].	64
Figura 3.32: Variação da condutibilidade térmica em função da humidade relativa. Provete 4 – Azul; Provete 5 – Vermelho; Provete 6 – Verde. Resultados obtidos para humidade relativa 10%; 50%; 80% e 100% [11].	65
Figura 3.33: Falta de material nas placas do aglomerado expandido de cortiça [11].	67
Figura 3.34: Diferentes tonalidades do revestimento exterior [11].	68
Figura 3.35: Curva de compressão cíclica entre 0 a 1,2MPa, na direcção radial, a baixa frequência ( $5 \times 10^{-2}$ Hz). A área de um anel é a energia dissipada por unidade de volume num ciclo [1].	69
Figura 3.36: Corte da laje para a utilização do betão leve com regranulado de cortiça expandida [S12].	70
Figura 3.37: Sistema GEOGreen [S15].	71
Figura 3.38: Revestimento tubular flexível de cortiça [6].	72
Figura 3.39: Barreiras tubulares absorventes Corksorb para controlo de derrames [S29].	72
Figura 4.1: Registo das produções de outros bens silvícolas e de cortiça [S1].	73
Figura 4.2: Evolução das exportações de materiais de construção de cortiça no período entre 2000 a 2010 (Milhões de euros) [S1].	74
Figura 4.3: Índice ponderado de custos dos materiais de cortiça (figura 5.3) [S1].	74
Figura 4.4: Padrões de gama CORKCOMFORT [18].	75
Figura 4.5: Camada decorativa de tom claro (Identity Moonlight) [S17].	76
Figura 4.6: Camada decorativa de tom claro (Identity Champagne) [S17].	76
Figura 4.7: Camada decorativa de couro (Leather Nut) [S17].	76
Figura 4.8: Camada decorativa de couro (Leather Dusk) [S17].	76
Figura 4.9: Constituição da solução de pavimento colado de HPS. 1 – Acabamento HPS (superfície de alta performance); 2 – Superfície de alta resistência; 3 – Decorativo de cortiça genuína; 4 – Aglomerado de cortiça; 5 – Camada inferior em vinil [18].	76

Figura 4.10: Constituição da solução de pavimento flutuante de WRT. 1 – Verniz Xtreme WRT; 2 – Decorativo de cortiça genuína; 3 – Camada de cortiça flexível e isolante; 4 – HDF; 5 – Camada interior de cortiça integrada [18].	76
Figura 4.11: Padrões de gama LINOCOMFORT [18].	79
Figura 4.12: Constituição do pavimento flutuante de HPS: 1 – Acabamento HPS; 2 – Folha de linóleo; 3 – Camada de cortiça de alta densidade; 4 – HDF; 5 – Camada inferior de cortiça integrada [18].	79
Figura 4.13: Exemplo de diferentes tons de linóleo. 1 – Black Slate; 2 – Ivory; 3 – Sorrento Stone; 4 – Bahamas; 5 – Anthracite; 6 – Mist; 7 – Onyx Beige; 8 – Melon [S17].	80
Figura 4.14: Exemplo de algumas misturas de tons de linóleos: A – Onyx Beige e Sorrento Stone; B – Ivory e Chocolate; C – Ivory, Chocolate, Sorrento Stone, Mist e Onyx Beige; D – Smoke, Anthracite, Black Slate, Mist e Chocolate [S17].	80
Figura 4.15: Padrões de gama VINYLCOMFORT [18].	82
Figura 4.16: Constituição da solução de pavimento flutuante. 1 – Folha de vinil (com camada de desgaste de 0,3mm); 2 – Camada de cortiça de alta densidade; 3 – HDF; 4 – Camada inferior de cortiça integrada [18].	82
Figura 4.17: Exemplos de de folha de vinilo com texturas visuais de pedra: A – Pedra lunar (superfície com textura delicada e subtil); B – Pedra vulcânica (estrutura polida e sofisticada); C – Pedra laminada (textura forte e marcante) [S17].	83
Figura 4.18: Exemplos de folha de vinilo com texturas visuais de madeira: 1 – Alaska Oak; 2 – Chalk Oak; 3 – European Oak; 4 – Provence Oak; 5 – Canyon Oak; 6 – Smoked Oak [S17].	83
Figura 4.19: Padrões de gama WOODCOMFORT [18].	85
Figura 4.20: Exemplos de camadas decorativas de madeira. A – Classic Beech; B – Classic White Oak [S17].	85
Figura 4.21: Constituição da solução de pavimento flutuante de HPS. 1 – Acabamento HPS; 2 – Superfície de alta resistência; 3 – Decorativo de madeira genuína; 4 – Camada de cortiça flexível e isolante; 5 – HDF; 6 – Camada inferior de cortiça integrada [18].	85
Figura 4.22: Constituição da solução de pavimento colado de HPS. 1 – Acabamento HPS; 2 – Superfície de alta resistência; 3 – Decorativo de madeira genuína; 4 – Camada de cortiça flexível e isolante; 5 – Camada inferior de vinil integrada [18].	85
Figura 4.23: Textura Alabaster Cream com acabamento envernizado [S17].	88
Figura 4.24: Textura Cayman com acabamento encerado [S17].	88
Figura 4.25: Textura Malta Chestnut com acabamento encerado [S17].	88
Figura 4.26: Textura Hawaii Exclusive com acabamento encerado [S17].	88
Figura 4.27: Revestimento de tecto com uma textura de Oak wood com um acabamento envernizado [S18].	89
Figura 4.28: Solução de cobertura inclinada com isolamento colocado em viga de madeira. 1 – Suporte; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Tela transpirante e de controlo a vapor; 4 – Ripa e contra-ripa; 5 – Telha [S11].	91
Figura 4.29: Solução de cobertura inclinada com isolamento directamente sobre a laje de betão. 1 – Suporte; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Sub-telha; 4 – Ripado; 5 – Telha [S11].	91
Figura 4.30: Solução de cobertura inclinada com isolamento directamente sobre a laje de esteira. 1 – Laje de esteira; 2 – Aglomerado de cortiça expandida [S11].	91

Figura 4.31: Solução de cobertura acessível às pessoas. 1 – Laje; 2 – Betão leva com cortiça/formação da pendente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização; 6 – Camada geotêxtil; 7 – Betonilha; 8 – Acabamento final [S11]. ...	92
Figura 4.32: Solução de cobertura de reflectividade. 1 – Laje; 2 – Betão leva com cortiça/formação da pendente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização; 6 – Camada geotêxtil; 7 – Seixo rolado [S11]. .....	92
Figura 4.33: Solução de cobertura com acesso limitado. 1 – Laje; 2 – Betão leva com cortiça/formação da pendente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização com acabamento granulado de xisto [S11]. .....	92
Figura 4.34: Solução de cobertura ajardinada. 1 – Laje; 2 – Betão leva com cortiça/formação da pendente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização; 6 – Camada geotêxtil; 7 – Camada drenante; 8 – Tapete vegetal [S11]. .....	92
Figura 4.35: Sistema de ETICS de Amorim Isolamentos, S. A (Rw=54dB) [S16]. .....	93
Figura 4.36: Sistema parede dupla com preenchimento parcial do isolamento na caixa-de-ar de Amorim Isolamentos, S. A (Rw=53dB) [S16]. .....	93
Figura 4.37: Soluções de parede em fibra de coco colados topo-a-topo ou em forma de sandwich [S16]. .....	94
Figura 4.38: Solução de isolamento interior em alvenaria ISOCOR. 1 – reboco; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Parede dupla (Rw=53dB) [S11]. .....	95
Figura 4.39: Solução de isolamento interior em gesso cartonado ISOCOR. 1 – Reboco; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Montantes; 4 – Gesso cartonado [S11]. .....	95
Figura 4.40: Solução de isolamento de pavimento radiante SOFAFLOOR. 1 – Laje; 2 – Aglomerado expandido de cortiça; 3 – Chapa reflectora/Filme retráctil; 4 – Tubo de aquecimento; 5 – Betonilha; 6 – Pavimento final [S11]. .....	96
Figura 4.41: Solução de lajeta flutuante com revestimento de madeira (Rw=53dB) [S16]. ...	97
Figura 4.42: Solução de lajeta flutuante com revestimento de mosaico (Rw=53dB) [S16]. ...	97
Figura 4.43: Sistema de suporte para soalho pregado de Amorim Isolamentos, S. A. [S16].	97
Figura 4.44: Sistema de enchimento de caixa de soalho de Amorim Isolamentos, S. A. [S16]. .....	97
Figura 4.45: Esquema de colocação do isolamento anti-vibrático [S11]. .....	98
Figura 5.1: Templo Expiatório da Sagrada Família [S17]. .....	100
Figura 5.2: Pavimento da cripta de Sagrada Família com solução de CORKCOMFORT [S17]. .....	100
Figura 5.3: Corredor do Hollow on the Square Hotel [S17]. .....	100
Figura 5.4: Um dos quartos do Hollow on the Square Hotel [S17]. .....	100
Figura 5.5: Nezu Museum [S17]. .....	101
Figura 5.6: Pavimento do Nezu Museum [S17]. .....	101
Figura 5.7: Herdade da Cascada [21]. .....	102
Figura 5.8: Gralheira Velha [21]. .....	102
Figura 5.9: Bairro de Alvalade [21]. .....	102
Figura 5.10: Pavilhão de Portugal em Hannover 2000 [20]. .....	103
Figura 5.11: Corte lateral sul e este do Pavilhão Centro de Portugal [14]. .....	103
Figura 5.12: Destacamento das placas na fachada [14]. .....	104
Figura 5.13: Aparecimento de vegetação parasitária na fachada [14]. .....	104
Figura 5.14: Casa das Penhas Douradas [14]. .....	104

Figura 5.15: Escorrências existentes na superfície abaixo do parapeito [14]. .....	105
Figura 5.16: Diferenças de tonalidade e rugosidade do revestimento [14]. .....	105
Figura 5.17: Observatório do sobreiro e cortiça [20]. .....	105
Figura 5.18: Sistema de fixação do revestimento na fachada [20]. .....	105
Figura 5.19: Eco-Cabana [20]. .....	106
Figura 5.20: Colégio Pedro Arrupe [S20]. .....	107
Figura 5.21: Pavilhão de Portugal Shanghai 2012 [S20]. .....	107

## Índice de quadros

Quadro 2.1: Distribuição mundial das áreas do sobreiro e da produção da cortiça [S1].	5
Quadro 2.2: Distribuição nacional das áreas do sobreiro [S1].	6
Quadro 2.3: Resultados obtidos por diferentes sobre a constituição química da cortiça [4].	12
Quadro 2.4: Resumo das propriedades da cortiça [15].	33
Quadro 3.1: Especificações referentes ao aglomerado composto de cortiça [9].	40
Quadro 3.2: Especificações referentes ao aglomerado de cortiça expandida [9].	43
Quadro 3.3: Exemplos de área de uso segundo a classificação UPEC [9].	45
Quadro 3.4: Requisitos relativamente ao nível de uso da classificação UPEC [9].	46
Quadro 3.5: Especificações de ladrilhos de aglomerado de cortiça para revestimento de pisos [9].	48
Quadro 3.6: Classificação do ladrilho de cortiça com borracha para revestimento de pisos segundo.	48
Quadro 3.7: Especificações referentes aos painéis de revestimento de piso flutuante [9].	49
Quadro 3.8: Classificação de painéis de revestimento de piso para instalação flutuante – camada de uso em cortiça segundo NP EN 14085:2003 [9].	50
Quadro 3.9: Especificações referentes aos painéis de aglomerado de cortiça para revestimento de parede [9].	52
Quadro 3.10: Especificações referentes aos rolos de aglomerado de cortiça para revestimento de parede [9].	53
Quadro 3.11: Diferentes tipos de aglomerados negros [1].	54
Quadro 3.12: Características médias do aglomerado de cortiça para isolamentos térmicos [8].	55
Quadro 3.13: Características médias do aglomerado de cortiça para isolamentos acústicos [8].	55
Quadro 3.14: Características do aglomerado de cortiça expandida ensaiado [10].	58
Quadro 3.15: Características do XPS e MW ensaiado [10].	58
Quadro 3.16: Resultados obtidos para avaliar a durabilidade da condutibilidade térmica [10].	60
Quadro 3.17: Propriedades dos aglomerados ensaiados [17].	60
Quadro 3.18: Coeficientes de absorção sonora de outros materiais em função da frequência [17].	61
Quadro 3.19: Características de revestimento de parede ICB (SOFALCA) [S12].	62
Quadro 3.20: Características normalizadas do aglomerado negro para revestimento de fachadas [11].	63
Quadro 3.21: Valores de condutibilidade térmica a 10°C e 20°C [11].	64
Quadro 3.22: Efeito da humidade relativa na variação da condutibilidade térmica $\lambda$ (W/m.°C) [11].	65
Quadro 3.23: Resultados do ensaio de tracção [11].	66
Quadro 3.24: Variação da resistência à flexão e deformações a diferentes pressões em função da massa volúmica [17].	69
Quadro 3.25: Características de betões com regranulados (APCOR) [S4].	70
Quadro 4.1: Exportações e importações de cortiça em Portugal em milhões de euros [S1].	73
Quadro 4.2: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento colado HPS [S17].	77

Quadro 4.3: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante de WRT [S17]. .....	78
Quadro 4.4: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante de HPS [S17]. .....	81
Quadro 4.5: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante [S17].....	84
Quadro 4.6: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante de HPS [S17]. .....	86
Quadro 4.7: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento colado de HPS [S17].	87
Quadro 4.8: Ficha técnica sobre paredes de revestimentos interiores da coleção DECKWALL [S17]. .....	89
Quadro 4.9: Ficha técnica sobre produtos de isolamento ISOCOR [S11]. .....	90
Quadro 4.10: Ficha técnica do sistema isolamento exterior de Amorim Isolamentos, S. A [S16]. .....	94
Quadro 4.11: Espessuras e pressões recomendadas do isolamento anti-vibrático de ISOCOR [S11].....	98

## Simbologia

$M$  – Massa (kg ou g)

$\Delta M$  – Variação da massa (kg ou g)

$M_0$  – Massa inicial (kg ou g)

$t$  – Tempo (s, h ou dias)

$\sigma$  – Tensão de compressão ou de tracção (MPa)

$\sigma_c$  – Tensão de cedência (MPa)

$\varepsilon$  – Extensão (%)

$\varepsilon_c$  – Extensão de cedência (%)

$\varepsilon_L$  – Extensão na direcção da compressão (%)

$\varepsilon_T$  – Extensão na direcção transversal à de compressão (%)

$T$  – Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  ou K)

$\Delta V$  – Variação de volume (l ou  $\text{m}^3$ )

$V_0$  – Volume inicial (l ou  $\text{m}^3$ )

$\Delta\rho$  – Variação da massa volúmica ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\rho_0$  – Massa volúmica inicial ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$1/K$  – Resistência global de combustão (s/m)

$d$  – Diâmetro (mm)

$\gamma_{s\text{-ar}}$  – Tensão superficial na interface entre a fase sólida e ar (MPa)

$\gamma_{s\text{-l}}$  – Tensão superficial na interface entre a fase sólida e líquido (MPa)

$\gamma_{\text{l-ar}}$  – Tensão superficial na interface entre a fase líquida e ar (MPa)

$\theta$  – Ângulo de contacto ( $^{\circ}$ )

$c_p$  – Calor específico ( $\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$ )

$\lambda$  – Condutividade ou condutibilidade térmica ( $\text{J} \cdot (\text{m} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$  ou  $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$ )

$\alpha$  – Difusividade térmica ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$\epsilon'$  – Permittividade eléctrica parte real (–)

$\epsilon''$  – Permittividade eléctrica parte imaginária (–)

$\text{tg } \delta$  – Factor de perda (–)

$E$  – Módulo de elasticidade ou módulo de young (GPa ou Pa)

$E_s$  – Módulo de elasticidade do material da parede (MPa)

$E_R$  – Módulo de elasticidade medida na direcção radial (MPa)

$E_{NR}$  – Módulo de elasticidade medida na direcção não-radial (MPa)

$E^*$  – Módulo de elasticidade complexa (Pa)

$E'$  – Parte real de  $E^*$  ou módulo de armazenamento (Pa)

$E''$  – Parte complexa de  $E^*$  ou módulo de perda (Pa)

$\mu$  – Coeficiente de atrito (–)

$G$  – Módulo de distorção (GPa)

$G_{x,y}$  – Módulo de distorção (sendo  $x$  a extensão na direcção da compressão e  $y$  a extensão direcção transversal à de compressão) (GPa)

$z$  – Impedância ( $\text{GN} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$R$  – Coeficiente de reflexão (–)

$T$  – Coeficiente de transmissão (–)

$\nu$  – Coeficiente de Poisson

$\nu_{x,y}$  – Coeficiente de Poisson (sendo  $x$  a extensão na direcção da compressão e  $y$  a extensão direcção transversal à de compressão) (–)

$\tau$  – Tensão de corte (MPa)

$\gamma$  – Ângulo de distorção (rad)

## **Abreviaturas**

APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça

ASTM – American Society of Testing and Materials

CEN – Comité Europeu de Normalização

CT – Comissão Técnica

CTCOR – Centro Tecnológico da Cortiça

IPQ – Instituto Português da Qualidade

DLT – Digital Line Tape

DPC – Directiva dos Produtos da Construção

EN – Norma Europeia

ETA - Aprovação Técnica Europeia

ETAG – Guias para Aprovação Técnica Europeia

ETICS – External Thermal Insulation Composite System

HDF – High Density Fiberboard

HPS – High Performance Surface

HR – Humidade Relativa

ICB – Insulation Cork Board

INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial

ISO – International Organization of Standardization

LCAM – Laboratório Central de Apoio Metrológico

LEPC – Laboratório de Ensaio de Plásticos Celulares

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MDF – Medium Density Fiberboard

NP – Norma Portuguesa

OSB – Oriented Strand Board

PVC – Cloreto de Polivinila

SC – Sub-comissão

XPS – Extruded Polystyrene



## 1. Introdução

A produção de cortiça, em Portugal, corresponde a 1% do PIB nacional conferindo-nos um papel de líder a nível mundial. Uma boa parte destina-se à exportação e a sua grande utilidade verifica-se na concepção de rolhas para a indústria vinícola. No entanto, atendendo ao elevado controle efectuado na produção das mesmas muitos materiais são rejeitados (resíduos).

O ciclo razoável para a extracção da cortiça com utilidade para a concepção de rolhas ronda os nove anos, não contando com eventuais ataques de natureza biológica, física ou química originando ainda mais material desperdiçado. Este tipo de material considerado inútil para a fabrico de rolhas começou a ser utilizado noutros sectores menos exigentes de modo a reaproveitar os desperdícios que são gerados.

Nos tempos primórdios verificou-se que a cortiça era utilizada como flutuante. Actualmente é utilizada para fins antivibráticos, na engenharia mecânica, decoração, moda, entre outros. Este trabalho final de mestrado focar-se-á na sua aplicabilidade no sector da construção civil.

É visível, cada vez mais, engenheiros e arquitectos utilizarem a cortiça em prol de outros materiais mais tradicionais muito devido às suas propriedades e por ser um material natural, ecológico e reciclável. É possível beneficiar das suas vantagens intrínsecas possibilitando ainda o desenvolvimento de estruturas mais sustentáveis, denominadas de Construções Verdes. Com a descoberta da máquina a vapor e posteriormente da autoclave e com o aparecimento de diversos tipos de cola foi possível inovar na concepção de produtos de cortiça, nomeadamente ao nível do aglomerado de composto de cortiça e aglomerado expandido de cortiça.

São múltiplos os motivos que levaram a indústria da cortiça a procurar explorar e desenvolver mais este material (crise, necessidade de diversificação), existindo ainda muito por descobrir.

O principal objectivo deste trabalho será mostrar, através de uma compilação de dados e estudos, o porquê deste material poder ser adequado para a indústria da construção e como é pode ser integrado neste sector.

Começar-se-á por retratar a evolução da utilização da cortiça ao longo dos séculos abordando a questão da sua produção, extracção e tratamento. De seguida será caracterizada detalhadamente a sua constituição microscópica e macroscópica de forma a introduzir as suas propriedades (físicas e mecânicas). Outras condições a que a cortiça é exposta, no sector da construção, serão igualmente estudadas detalhadamente através de resultados provenientes de diversos ensaios existentes. Posteriormente descrever-se-á os produtos derivados e a origem desta matéria-prima. Serão igualmente apresentados os tipos de aplicação que poderá ter cada produto, a sua integração com outros materiais, a constituição das variadas soluções e os benefícios que se poderão obter através da sua utilização.

Devido às exigências definidas pela Directiva dos Produtos de Construção todos os tipos de material, quer a matéria-prima, quer os produtos derivados e os diversos tipos de aplicação, estão sujeitos a

um controlo de qualidade, estando isto devidamente regulamentado. A entidade que é responsável pela qualidade da cortiça em Portugal é a Comissão Técnica de Normalização da Cortiça. Existem referências normativas que caracterizam os diferentes tipos de produtos sendo possível encontrar nos anexos deste trabalho uma listagem dividida em normas nacionais, europeias ou ISO existentes para alguns produtos aplicados na construção civil.

Na prática serão apresentadas variadas soluções já existentes e comercializadas por empresas de renome no sector da cortiça (Grupo Amorim) pretendendo-se mostrar as inovações realizadas e o que poderá eventualmente vir a realizar.

Por fim, serão apresentados alguns casos de estudo de edifícios já construídos utilizando as soluções anteriormente mencionadas. Uma boa demonstração deste tipo de estrutura é o Pavilhão de Portugal na Expo 2000 – Hannover onde foi pela primeira vez utilizada cortiça como revestimento exterior dando uma imagem muito positiva de Portugal durante a exposição. Após este marco muitos engenheiros e arquitectos deslocaram-se a Portugal com o intuito de tentar estudar as técnicas e soluções que as empresas portuguesas aplicaram em vários projectos.

Uma vez que este trabalho consiste na compilação de resultados e conteúdos obtidos de ensaios experimentais realizados previamente é possível afirmar que existem poucas obras com esta organização o qual aborde especialmente a aplicação da cortiça no sector da construção.

No que respeita à cortiça como matéria-prima existem inúmeros trabalhos realizados por especialistas sobretudo na área da Biologia e Química Orgânica que através de ensaios detalham a constituição química e das propriedades físicas do material como [Natividade, 1950], [Gibson e Ashby, 1982], [Rosa e Fortes, 1988] e [Graça e Pereira, 1999]. Em relação aos produtos derivados da cortiça, a maior parte dos trabalhos existentes são provenientes de estudos realizados em Portugal pois é o país onde se produz maior quantidade de cortiça. O estudo das propriedades destes produtos e as aplicações das mesmas teve uma enorme contribuição por parte de [Gil, 1990-2005]. A nível nacional a regulamentação, avaliação da conformidade e qualidade dos produtos e materiais são da responsabilidade do IPQ (Instituto Português da Qualidade) e da APCOR (Associação Portuguesa da Cortiça).

No fim deste trabalho serão mencionadas as dificuldades e os sucessos que as empresas tiveram em alguns projectos (soluções comerciais e obras) e perspectivas de inovação ao nível dos seus produtos.

## 2. Cortiça

### 2.1 Considerações iniciais

A cortiça é um material biológico que apresenta diferenças no que diz respeito à constituição química e estrutura interna comparativamente com a madeira reflectindo-se posteriormente nas suas propriedades. A sua principal propriedade é o seu grande poder isolante tornando-o num material bastante procurado [1] [2].

A cortiça é um material leve, viscoelástico, praticamente impermeável a líquidos e gases, isolante térmico (figura 2.1) e eléctrico e um excelente absorvedor acústico e vibrático. [1] [2].

O cultivo dos sobreiros é uma ajuda não só para o país a nível económico (sector com elevado grau de penetração na economia portuguesa) mas também para a natureza, promovendo a flora e fauna pois muitas espécies dependem deste ambiente, desempenhando também um papel fundamental no combate à desertificação [2].

Este material foi manufacturado principalmente para a produção de rolhas para o sector da indústria sendo um produto que requer um perfeccionismo bastante elevado na concepção (existem imensos desperdícios de material). Assim sendo, pensou-se no reaproveitamento desses desperdícios para outro sector que não fosse tão exigente: o sector da construção [1] [2] [S1].



Figura 2.1: Rolha de cortiça [S2].

As outras partes desta árvore são aproveitadas para variados sectores: o fruto da árvore pode ser aproveitado para produção de óleos alimentares, as folhas para fertilizantes naturais e os ramos servem para a produção de carvão vegetal. Existe imenso interesse neste material pois é biodegradável, renovável, reciclável e não poluente o que contribui muito para a sustentabilidade na construção [1] [2] [S4].

Historicamente a cortiça é conhecida como um material muito versátil. Começou a ser utilizada pelos povos mediterrânicos para tapar e vedar as vasilhas. Mais tarde, no Egipto e Grécia, começou a ser utilizada como vedantes cilíndricos (figura 2.2) ou artefactos flutuantes embora sem grande conhecimento das suas propriedades. Só em meados do século XVII é que se deu maior importância ao seu uso para vedar recipientes de vinhos. Após o século XVII começou a haver um maior desenvolvimento da sua utilização. Em 1660 Robert Hooke, cientista da época, analisou pela primeira vez os constituintes da cortiça, através do seu microscópio, tendo visto algo semelhante a favos de mel [S3].

Desde então e até à actualidade tem-se vindo a verificar um crescimento e desenvolvimento da sua utilização. No futuro, devido às propriedades deste material, será possível assistir à sua concepção nas áreas de decoração e moda [S3] [S4].



Figura 2.2: Vedante cilíndrico de cortiça [S5].

## 2.2 Origem

O sobreiro tem sido cultivado desde os tempos remotos essencialmente na Península Ibérica e em locais húmidos no norte de África. No entanto, só desde o último século é que cortiça tem vindo a ganhar uso especialmente devido à sua utilização na indústria dos vinhos [1].

### 2.2.1 Cultivo

A cortiça é um material vegetal proveniente dos sobreiros (*quercus suber* L.). Os sobreiros (figura 3) são árvores típicas de regiões mediterrâneas atendendo às condições climáticas (temperatura e humidade) existentes nessas zonas. Normalmente, estas árvores conseguem viver até 300 anos e atingem em média 10 a 15m de altura. No entanto apenas se podem efectuar processos de descortiçamento quando estas chegam aos 150 a 200 anos. No entanto, as árvores destinadas à produção de cortiça encontram-se num montado onde são submetidas a intervenções de forma a

fortalecer o seu crescimento para a produção da cortiça. A densidade por hectare é de cerca de 50 a 150 unidades, para não prejudicar o crescimento das árvores [1] [2].

Portugal é responsável por mais de 50% da produção a nível mundial existindo também outros países produtores tais como Espanha e França, Itália, Marrocos, Argélia e Tunísia ilustrado na figura 2.4 e quadro 2.1. A nível nacional o sobreiro distribui-se diferentemente pelas diversas regiões do país concentrando-se cerca de 84% na região do Alentejo e na Região Centro e Algarve (figura 2.5 e quadro 2.2) [1] [2] [S4].

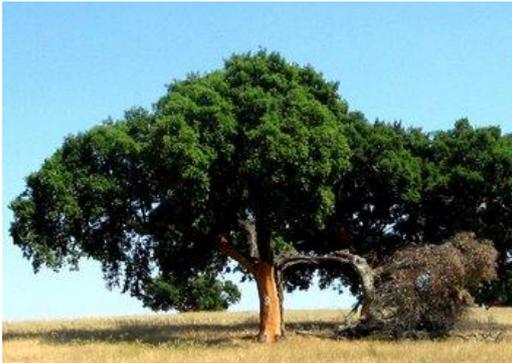


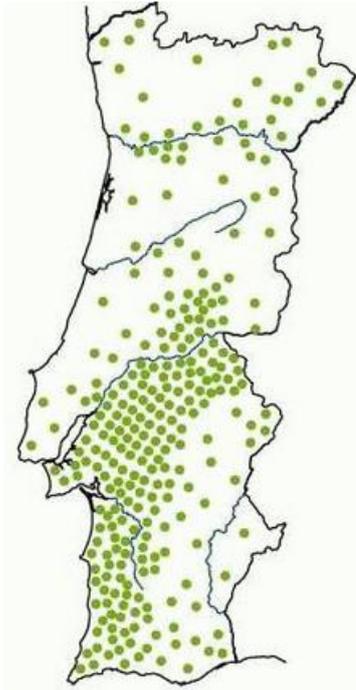
Figura 2.3: Sobreiro (*quercus suber* L.) [3].



Figura 2.4: Distribuição geográfica do sobreiro a nível mundial [3].

Quadro 2.1: Distribuição mundial das áreas do sobreiro e da produção da cortiça [S1].

<b>País</b>	<b>Área de sobreiro (% do total)</b>	<b>Produção de cortiça (% do total)</b>
Portugal	32	51
Espanha	22	23
França	4	4
Itália	4	4
Argélia	18	11
Marrocos	15	5
Tunísia	4	3



Quadro 2.2: Distribuição nacional das áreas do sobreiro [S1].

Zona	Área de sobreiro (% do total)
Alentejo	84
Centro	6
Algarve	5
Lisboa e Vale do Tejo	3
Norte	2

Figura 2.5: Distribuição de sobreiros a nível nacional [3].

Através da figura 2.6 é possível constatar que a evolução do cultivo de sobreiros entre 1963 e 1998 foi bastante elevada. Após 1998 e até 2006 verificou-se um abrandamento do cultivo de sobreiros.

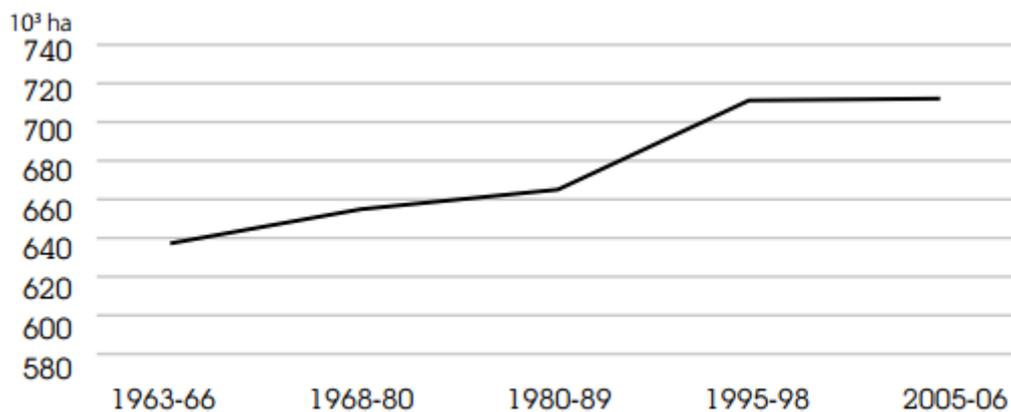


Figura 2.6: Evolução do cultivo de sobreiros desde 1963 até 2006 por milhares de hectares [S5]

### 2.2.2 Descortiçamento

Não é possível que toda a cortiça extraída seja utilizada para o fabrico de rolhas, uma vez que estas têm de apresentar características especiais, tendo de atingir uma qualidade bastante elevada (para a preservação do sabor e cheiro do vinho).

Denomina-se por cortiça virgem a primeira cortiça produzida pelo sobreiro. Esta não se adequa para as rolhas porque possuem fracturas provenientes do crescimento rápido da árvore [1].

A camada geradora de cortiça tem o nome de felogénio a qual é retirada e destruída sucessivamente. Contudo, esta consegue responder à extracção (também chamado felogénio traumático) regenerando-se, dando por conseguinte origem a cortiças de qualidade (exigidas no fabrico de rolhas).

A cortiça secundeira, oriunda da segunda extracção, não é suficientemente adequada, sendo apenas na terceira extracção onde se verificam as condições necessárias para o fabrico de rolhas. A esta cortiça dá-se o nome de cortiça amadia [1].

Existe um ciclo de extracção de cortiça para rolhas que em Portugal atinge cerca de 9 anos iniciando-se habitualmente no Verão. Podemos também constatar que para atingir cortiça de qualidade para as rolhas foi necessário desperdiçar muito material que pode ser aproveitado em outras áreas como o da construção [1].

O descortiçamento é normalmente efectuado manualmente com machados requerendo mão-de-obra experiente de forma a não ferir o câmbio (a camada geradora da árvore) e não despir toda a árvore para que se possa garantir uma regeneração sustentável (figura 2.7). Existem também descortiçamentos menos rigorosos como o falquejamento e descortiçamentos parciais, efectuados com maior frequência. Estas práticas são cada vez menos utilizadas devido à baixa qualidade da cortiça e devido aos danos provocados nas árvores.

As pranchas extraídas apresentam uma curvatura resultante da forma cilíndrica do tronco da árvore, pelo que no armazenamento são empilhadas de forma ordenada e com a parte convexa virada para cima. Nesta fase não é realizada nenhuma divisão nem classificação havendo, portanto, uma grande variação da qualidade e dimensão das pranchas extraídas. As divisões são efectuadas apenas nas indústrias especializadas [1].



Figura 2.7: Descortiçamento [1].

## 2.3 Estrutura anatómica

A estrutura da cortiça é parecida com a dos outros materiais lenho-celulósicos mas apresenta uma substância nas paredes celulares chamada suberina sendo esta muito pouco permeável a líquidos e gases. De seguida será feita uma caracterização macroscópica e microscópica da estrutura anatómica deste material [1] [2].

### 2.3.1 Formação e crescimento

Nos sobreiros existem duas camadas de revestimento: a primária designada por epiderme e a camada de revestimento secundária chamada periderme.

A cortiça é um tecido vegetal chamado felema fazendo parte da periderme. A periderme é um revestimento suberificado que substitui a epiderme quando esta morre detendo igualmente uma camada protectora como a epiderme. Esta rasga-se facilmente quando existe um crescimento radial acentuado renovando-se especialmente no caule e raiz. Na camada mais exterior da epiderme existe uma camada fina chamada cutícula que possui a cutina sendo este o polímero responsável pela transpiração e detém propriedades hidrofóbicas [1] [2].

Na figura 8 pode-se visualizar as três camadas que constituem a periderme: felogénio, felema e feloderme.

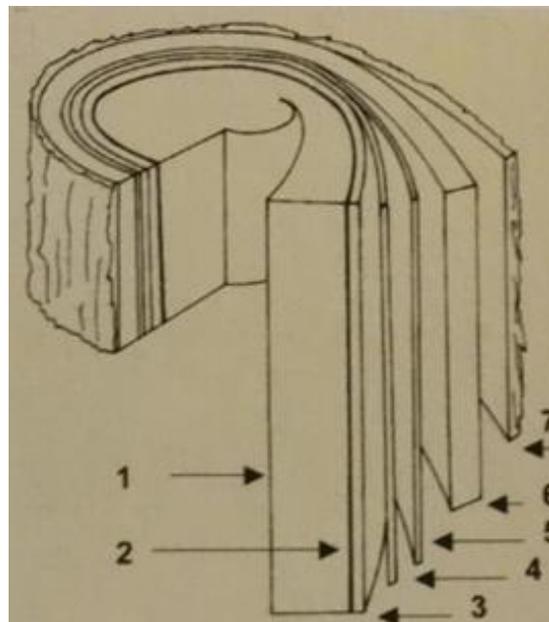


Figura 2.8: Esquema da constituição do tronco do sobreiro. 1 – Xilema (lenho); 2 – Câmbio; 3 – Floema; 4 – Feloderme; 5 – Felogénio; 6 – Felema (cortiça); 7 – Costa [1]

O felogénio forma-se sob a epiderme dividindo-se e expandindo-se, formando células do mesmo tipo entrando assim num ciclo meristemático. Esta expansão dá-se na direcção paralela à secção

tangencial e perpendicular a essa superfície. O felema é a parte produzida para o exterior (que neste caso é a própria cortiça), que com a expansão do felogénio forma uma parede primária que depois consegue envolver o citoplasma das células vizinhas acumulando outros materiais biossintetizados formando, portanto, a parede secundária. Por fim, depois da morte das células e secagem do citoplasma dá-se a biossíntese dos constituintes que ocupam os espaços vazios existentes. A parede primária é constituída por celulose e polissacáridos enquanto que na parede secundária desenvolve-se o súber, o constituinte que dá o aspecto de “casca” da cortiça [1].

Em relação à feloderme, esta é a parcela que se desenvolve no interior e possui propriedades de armazenamento de nutrientes. Ambas as partes tiveram de ser sujeitas a uma diferenciação celular adquirindo características próprias diferentes do felogénio que lhes deu origem.

A periderme que inicialmente se formou sob a epiderme perde a actividade e morre durante algum tempo. No entanto, devido à sua grande capacidade regenerativa, nasce novamente sob a primeira e assim sucessivamente, formando sempre o novo sob o velho quando este morre. É devido a esta capacidade do felogénio que existe uma formação constante da cortiça (figura 2.9) [1] [3].

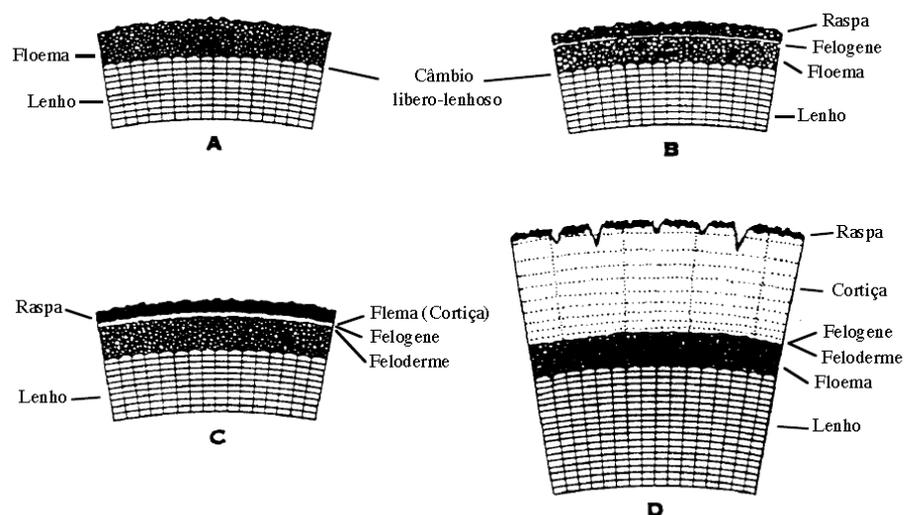


Figura 2.9: Representação esquemática da formação da cortiça. A – Entrecasco após descortiçamento; B – 30 dias depois; C – Fim do Outono; D – 9 anos depois [3].

### 2.3.2 Estrutura macroscópica

A estrutura de um material está sempre relacionada com a composição química e o modo como são feitas as ligações entre os átomos. Isto acontece também na cortiça, podendo-se classificar em dois níveis: a nível microscópico e macroscópico.

Em relação à estrutura macroscópica, com o sucessivo crescimento e degeneração do felogénio, existe acumulação das camadas formadas empurrando as mais antigas para o exterior dando origem à raspa que é o principal constituinte da costa, a camada exterior. Esta zona é seca e endurecida e, devido às tensões tangenciais provocadas pelo crescimento esta zona possui muitas fendas. À

camada mais recente dá-se o nome de barriga. Nesta zona existe menor elasticidade devido à existência de um maior número de canais lenticulares/poros que permitem o arejamento e causam uma certa descontinuidade (figura 2.10) [1] [3].

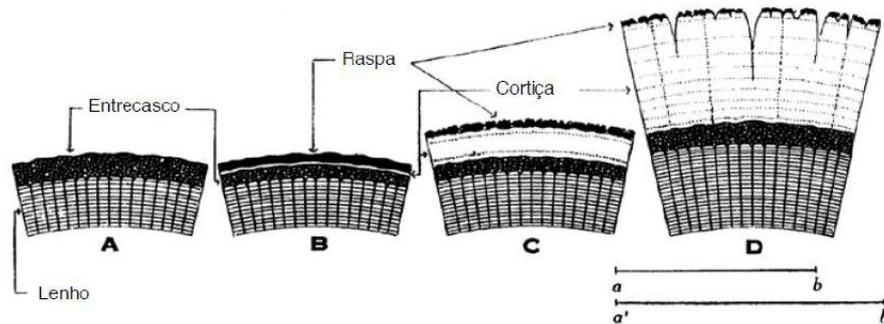


Figura 2.10: Localização da cortiça no sobreiro [3].

A qualidade da cortiça é determinada a nível macroscópico, onde a porosidade se assume como um factor determinante de classificação. Apesar de não serem defeitos a existência de canais lenticulares e porosidade em excesso pode condicionar a qualidade da cortiça especialmente na resistência e na conservação do sabor, no caso das rolhas. Dentro destas lentículas existe um tecido de enchimento de cor escuro e pulverulento com grande teor de extractivos e baixo teor de suberina. Actualmente, ainda não existe nenhuma explicação pela distribuição irregular destes canais (figura 2.11) [1].

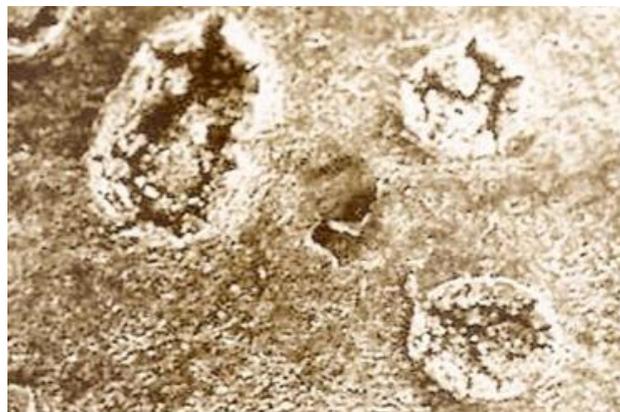


Figura 2.11: Aspecto das lentículas numa prancha de cortiça [1].

### 2.3.3 Composição química e estrutura microscópica

Para perceber microscopicamente a cortiça é necessário saber a sua constituição química.

A diferença fundamental da cortiça para outros materiais lenho-celulósicos é a existência de suberina, o constituinte que não existe nas paredes celulares de outros materiais e que confere alguma resistência, mas principalmente maior impermeabilidade [1] [S1].

As constituições químicas podem ser divididas em estruturais e não estruturais. As estruturais são a suberina, 40%; lenhina, 25% e polissacáridos, 20%. As não estruturais dividem-se em dois tipos: os extractivos 14% que são as ceras e taninos e os componentes inorgânicos que são as cinzas 1% [1] [2].

Em todos os estudos efectuados sobre a suberina foram utilizados métodos de despolimerização levando a que se alterassem as suas características iniciais. As suas propriedades ainda não se conhecem totalmente. Contudo, é possível saber que a suberina possui uma estrutura lipídica do tipo poliéster e que interage com a lenhina no papel da parede celular da cortiça. Existem cinco camadas na parede celular em que as duas mais interiores são à base de suberina dando uma maior impermeabilidade e as outras são à base de celulose e lenhina fornecendo rigidez à estrutura [1] [3].

Depois da extracção da suberina com métodos de despolimerização, verifica-se que esta é constituída por uma mistura complexa de monómeros, na sua maioria, alifáticos (compostos orgânicos constituídos por hidrogénio e oxigénio sem estrutura anelar) em cadeias longas e não ramificadas. Esta é constituída em 3 tipos: ácidos gordos, álcoois gordos e glicerol. Os mais importantes são os ácidos e estes dividem-se em 3 famílias: monoácidos- $\alpha$ ,  $\omega$ -diácidos e  $\omega$ -hidrácidos [1].

A estrutura molecular é baseada na ligação entre os grupos de ácidos diferentes e também entre ácidos e glicerol formando uma estrutura base do tipo poliéster aproveitando a multifuncionalidade e entrecruzamento entre grupos. Em estudos posteriores verificou-se que existem igualmente ligações entre os polímeros aromáticos (compostos orgânicos constituídos por hidrogénio e oxigénio com estrutura anelar) presentes na periferia da parede celular [1].

A lenhina é a componente que serve de suporte para os outros constituintes estruturais, pois se esta for retirada, a parede celular colapsa. Possui uma estrutura amorfa, mais ou menos isotrópica e facilmente dissolúvel na água (hidrofílica). A lenhina é formada pela polimerização de monómeros cumarílico, coniferílico e sinapílico dependendo da espécie da árvore. Neste caso, sendo o sobreiro uma espécie folhosa conclui-se que a cortiça possui mais os dois últimos monómeros. Devido à maior presença destes constituintes verificou-se que esta lenhina era mais condensada que a lenhina da madeira. A polimerização destes álcoois é iniciada pela eliminação do átomo de hidrogénio (desidrogenação) formando radicais onde se combinam uns com os outros sucessivamente formando a molécula de lenhina. Uma parte destes constituintes possui uma ligação cruzada com os constituintes da suberina e hemiceluloses [1].

Os polissacáridos da cortiça são principalmente constituídos por celulose e hemicelulose tendo uma função estrutural.

A celulose é uma macromolécula linear e húmida constituída por glicose numa cadeia muito longa, possuindo apenas este monómero. As moléculas da glicose estão dispostas umas ao lado das outras numa estrutura organizada, ligadas por pontes de hidrogénio intermoleculares. Ao conjunto agregado de moléculas lineares dá-se o nome de microfibrilas, criando zonas variadas de estrutura cristalina

(na maior parte) e não cristalina. Devido a esta disposição e às características dos átomos a que deram origem, a estrutura é fortemente anisotrópica possuindo maior resistência à tracção na direcção da fibrila e maior deformabilidade e flexibilidade na direcção perpendicular [1].

As hemiceluloses são uma mistura de polímeros de hexoses, pentoses e ácidos urónicos. Têm uma estrutura linear ramificada com um baixo grau de polimerização. Esta junta-se à celulose formando a parte estrutural da parede celular da cortiça [1].

Os extractivos são componentes orgânicos não estruturais e existem em maiores quantidades nas primeiras extracções da cortiça. Existem muitas famílias de compostos, mas os grupos mais importantes na cortiça são os lípidos triterpenos, onde são solubilizados por solventes de baixa polaridade, e os compostos fenólicos extraídos com solventes polares [1].

Estes componentes apresentam-se em baixa percentagem na cortiça encontrando-se mais na casca. Entre eles o mais importante é o cálcio existindo igualmente o fósforo, sódio, potássio e magnésio.

As percentagens em massa das composições indicadas por diferentes autores estão ilustradas no quadro 2.3.

Quadro 2.3: Resultados obtidos por diferentes sobre a constituição química da cortiça [4].

<b>Klauber (1920) (citado por Natividade, 1950)</b>		<b>Guillemonat (1960) (citado por Pereira, 1981)</b>		
<b>Composição</b>	<b>% da cortiça</b>	<b>Composição</b>	<b>% da cortiça</b>	
Suberina	58%	Ceróides	5%	
Celulose	22%	Taninos	6%	
Lenhina	12%	Suberina	45%	
Água	5%	Celulose e outros polissacáridos	12%	
Cerina	2%	Lenhina	27%	
Outros	1%	Cinzas e outros	5%	
<b>Lissia e Pes (1984)</b>		<b>Pereira (1988)</b>		
<b>Composição</b>	<b>% da cortiça</b>	<b>Composição</b>	<b>% da cortiça</b>	
Substâncias de natureza tânica solúveis em água	10%	Cinzas	<b>Virgem</b>	<b>Amadia</b>
			0,7%	1,2%
Substâncias de natureza cerosa extractáveis por dissolventes	5%	Extractivos	15,3%	14,2%
		Suberina	38,6%	39,4%
Substâncias saponificáveis (suberina)	45%	Lenhina	21,7%	21,8%
Lenhina e celulose	30%	Polissacáridos	18,2%	19,9%
Água, cinzas, etc.	10%			

### 2.3.4 Estrutura e modelo simplificado para efeitos de cálculo

Do ponto de vista geométrico, as células de cortiça foram visualizadas pela primeira vez em 1660 através do microscópio de Hooke. Este caracterizou-as como favos de um ninho de abelhas pois pareciam hexágonos e encontravam-se empilhadas em filas extensas. Mais tarde foram obtidas imagens com mais detalhe parecidas com as obtidas por Hooke [1] [5].

A cortiça apresenta células fechadas (material celular) onde existe apenas 15% de sólidos (parede celular). O seu interior é constituído por uma fase gasosa. Posteriormente, visualizou-se que no desenvolvimento axial as paredes celulares apresentam-se enrugadas e onduladas (figura 2.12) [5].

De modo a facilitar a análise quantitativa das propriedades da cortiça, foram realizados estudos de modelação das suas células através do método dos elementos finitos [5].

Do ponto de vista topológico as células de cortiça são poliedros que se contactam entre si através de arestas, faces e vértices. Uma vez que a sua formação é independente das células de felogénio, não existe regularidade ao nível da dimensão, podendo variar, na secção tangencial, entre 4 a 9 lados. No entanto, 90% dos casos variam de 5 a 7 lados, podendo adoptar a forma hexagonal ou em 3D o poliedro de Kelvin. Durante a modelação deve-se ter em atenção muitos factores e outras condições a simplificar, nomeadamente o tipo de comportamento, a quantificação e qualificação da acção e características intrínsecas do próprio material biológico. Todo este processo leva à obtenção de resultados fundamentais para este material sendo muitos destes ainda não totalmente validadas e outras ainda nem são conhecidas (figura 2.13) [1] [5].

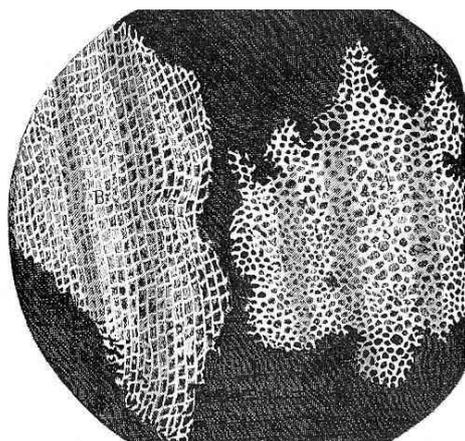


Figura 2.12: Aspecto da cortiça observado pela primeira vez no microscópio de Hooke [S3]

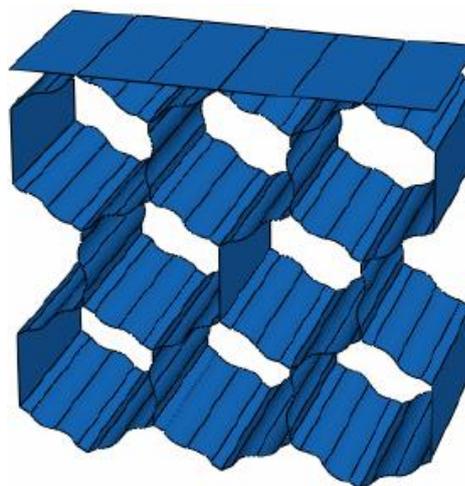


Figura.2.13: Modelação das células de cortiça obtida pelo método dos elementos finitos [5]

## 2.4 Características químicas

Não havendo nada documentado em relação às propriedades químicas da cortiça, neste subcapítulo irão ser caracterizados as propriedades deste material quanto à sua durabilidade face às condições exteriores.

Existem poucos resultados/estudos sobre a resistência ao desgaste mecânico, no entanto, este tema será abordado no subcapítulo respeitante ao atrito nas propriedades da cortiça.

### 2.4.1 Comportamento face à humidade

O comportamento da cortiça em contacto com água é algo importante de referir pois as suas propriedades consoante essa variação especialmente em termos de comportamento mecânico e de dimensão. No entanto apesar da sua estrutura alveolar e grande capacidade de absorção de água, as suas células não são conectáveis entre si havendo apenas trocas de humidade segundo as paredes celulares. Isto faz com que as trocas de higroscopicidade sejam lentas apenas segundo processos de difusão e por isso este material é utilizado como vedante ou isolamento.

No entanto, devido à sua natureza química, o baixo teor de albuminóides (proteínas solúveis em água) e à presença de taninos o tecido suberoso é mais ou menos inalterável sob acção da humidade. A água pode ser penetrada no estado líquido ou gasoso como no caso da cozedura [1].

A absorção da água pela cortiça é avaliada experimentalmente calculando os coeficientes de difusão através da medição das resistências eléctricas. Verificou-se que inicialmente o gráfico obtido segue a lei de Fick mas estabiliza para tempos elevados. É também de constatar, que devido à anisotropia, as dimensões aumentam de modo diferente conforme as direcções (figura 2.14) [1].

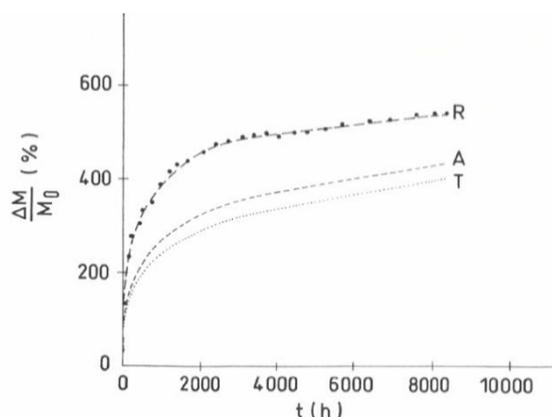


Figura 2.14: Curva de absorção de água  $\Delta M/M_0$  em função de  $t$ . Indica-se a direcção de penetração da água: R – Radial; A – Axial; T – Tangencial [1]

A cozedura da cortiça implica um processo de aproximadamente uma hora que consiste em mergulhar as pranchas da cortiça em grandes tanques com a água a 100°C. Não existem grandes alterações em relação à composição química pois, o tempo em contacto com a água é curto e a água apenas consegue penetrar por volta de 3mm de espessura da prancha. Esta operação provoca um endireitamento das paredes celulares (diminuindo as ondulações) e dá origem a um aumento do volume das pranchas em cerca de 30% e, mais uma vez, essa expansão não é isotrópica. Para além da diminuição das ondulações das paredes esta operação também permite eliminar a sujidade e os fungos que surgem na crosta das pranchas. Quanto ao efeito no comportamento em compressão, imediatamente após a cozedura (com teor de humidade cerca de 70%), a resistência é mais reduzida devido à presença de humidade, mas mais homogénea, embora a direcção radial continue a ser aquela que apresenta maiores resistências. O módulo de elasticidade também é reduzido para cerca de 70% comparativamente com a cortiça não-cozida (figuras 2.15 e 2.16) [1] [6].

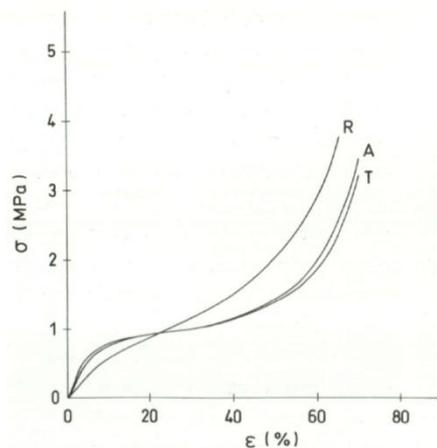


Figura 2.15: Curvas de compressão da cortiça não-cozida. Direcção de compressão: R – Radial; T – Tangencial; A – Axial [1]

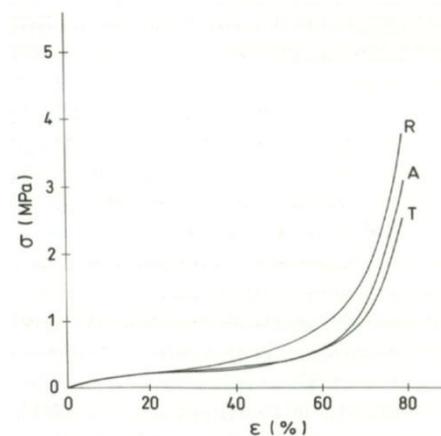


Figura 2.16: Curvas de compressão da cortiça imediatamente após a cozedura. Direcção de compressão: R – Radial; T – Tangencial; A – Axial [1]

No caso dos produtos de cortiça é igualmente importante o estudo da humidade pois, quando estes são aplicados na construção também estarão sempre sujeitos à variação do teor de humidade local que podem condicionar a função que desempenha.

Um dos ensaios mais realizados é o da permeabilidade ao vapor de água segundo a norma NP EN 12086 para o aglomerado de cortiça expandida. O objectivo deste ensaio consiste na verificação das características do aglomerado de cortiça expandida em termos de transmissão de vapor de água, por difusão, ao separar ambientes com pressões diferentes. A preparação do ensaio consistiu em primeiro lugar colocar cloreto de cálcio em cinco recipientes circulares metálicos com dimensões próximas das dos provetes e com uma espessura, tal como na célula, de 80mm. De seguida são colados os provetes aos recipientes e posteriormente o conjunto é pincelado com cera em toda a sua volta. Este procedimento teve como objectivo de impedir a saída do vapor de forma a obter resultados mais precisos. É de referir que a face mais próxima do cloreto de cálcio não é aquela que fica exposta ao exterior na célula, mas sim a que representa a face em contacto com a humidade relativa inferior. O ensaio iniciou-se com a colocação dos cinco provetes numa câmara condicionada a  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  e

50% de humidade relativa durante seis horas. Nessa câmara, a diferença de pressão é devida aos dois ambientes criados e mantidos entre as duas faces do provete. Com a colocação do cloreto de cálcio (substância que tem capacidade de retirar a humidade do ar) absorve essa humidade criando assim um fluxo de vapor. Os provetes são pesados diariamente. O ensaio termina quando os provetes atingirem uma estabilização de massa de  $\pm 5\%$  e mede-se a permeabilidade. É de salientar que ao remover os provetes da câmara para serem pesados, ter cuidado pois facilmente se desloca o cloreto de cálcio, o que pode interferir nos resultados (figuras 2.17 e 2.18) [7].



Figura 2.17: Colocação dos provetes na câmara condicionada [7]



Figura 2.18: Balança para pesagem dos provetes [7]

Segundo estudos posteriores, um outro ensaio que é realizado é o da imersão parcial de curta duração (capilaridade). Os resultados obtidos serão apresentados no âmbito da actividade normativa, para a determinação das características relevantes de placas de aglomerado de cortiça expandida de produção nacional. Nestes ensaios participaram três laboratórios nacionais: Laboratório de Ensaio de Plásticos Celulares do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC/LEPC), Laboratório da Unidade Sul do Centro Tecnológico da Cortiça (CTCOR/Sul) e Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI) [8].

O ensaio incidiu sobre três provetes com dimensões nominais de  $200 \times 200 \times 40 \text{ mm}^3$  e decorreu num ambiente de caracterizado por uma temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ \text{C}$  e uma humidade relativa de  $(50 \pm 5) \%$  (figura 3.3, 3.4 e 3.5). Os objectivos principais foram essencialmente confirmar e actualizar os resultados obtidos nos estudos anteriores [8].

Segundo a figura 20 as gamas de valores das massas volúmicas dos provetes ensaiados são semelhantes e compreendidas entre cerca de  $95$  e  $130 \text{ kg/m}^3$ . Nalguns casos as diferenças entre os desvios-padrões dos valores de cada produção são variadas devido não só à própria heterogeneidade do aglomerado de cortiça expandida, mas também pelo facto dos provetes ensaiados pelos três laboratórios não provirem necessariamente das mesmas placas. As diferenças sistemáticas motivadas pelo processo operativo, em particular, devidas à intervenção dos técnicos que realizaram o ensaio também contribuíram significativamente para estas dispersões. No entanto, em termos de avaliação da capilaridade a gama de valores médios varia entre cerca de  $0,1$  a  $0,5 \text{ kg/m}^2$ , valores estes que correspondem ao limite máximo especificado no projecto de Norma

Europeia relativa ao aglomerado expandido de cortiça. No entanto, existem raros valores pontuais que excedem o limite imposto pela norma e devem ser considerados (figura 2.19) [8].

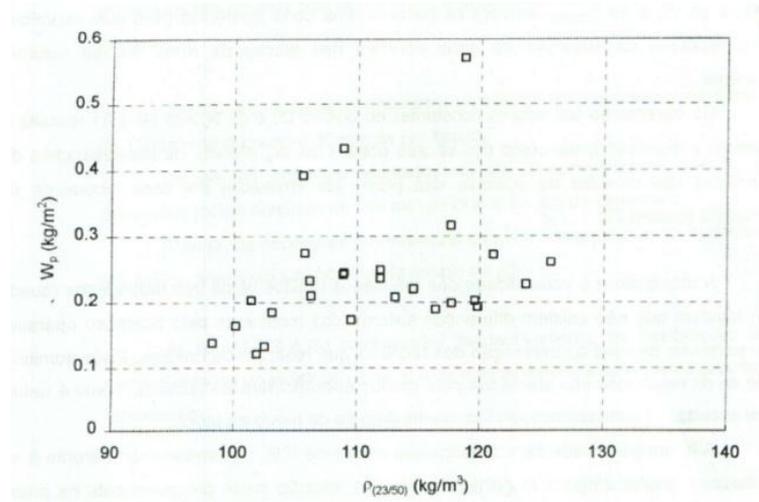


Figura 2.19: Resultados das determinações da absorção de água ( $W_p$ ) por capilaridade efectuados pelo INETI em função da massa volúmica ( $\rho$ ) das amostras [8].

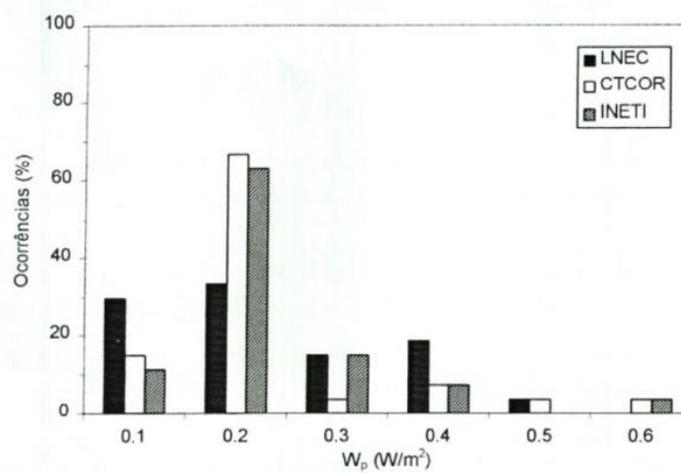


Figura 2.20: Distribuição dos valores de  $W_p$  submetidos ao ensaio de capilaridade obtidos nos três laboratórios [8].

#### 2.4.2 Comportamento face ao aquecimento

A cortiça muitas vezes poderá estar submetida a operações de aquecimento quer no processamento industrial quer durante a vida útil da estrutura, pelo que é de todo o interessante conhecer o efeito da temperatura no comportamento deste material. Para além da cozedura referida anteriormente, outros casos em que a cortiça está sujeita a um aquecimento são por exemplo: a secagem em estufas, polimerização do adesivo em fabrico de aglomerados, funcionamento como isolamento térmico ou no caso de ocorrência de incêndios [1] [6].

O estudo do aquecimento na cortiça é feita através de uma análise termogravimétrica que tem por base avaliar a perda de massa do material com o aumento da temperatura. Verifica-se no gráfico seguinte que entre a temperatura ambiente e os 200°C a diminuição de massa é apenas cerca de 6% mas, a partir daí até aos 500°C apresenta-se uma diminuição muito rápida. A esta temperatura a cortiça encontra-se reduzida a cinzas contendo cerca de 4% da sua massa inicial (figura 2.21) [1].

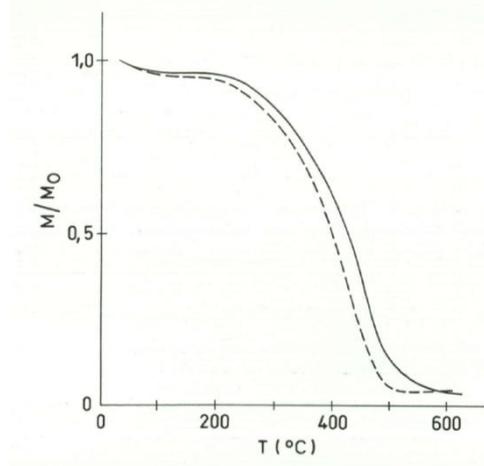


Figura 2.21: Variação da massa relativa ( $\Delta M/M_0$ ) da cortiça em função da temperatura para duas velocidades de aquecimento:  $100^\circ\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$  (--) e  $300^\circ\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$  (—) [1].

Quando aquecida ao ar, a cortiça sofre variações dimensionais e de massa que são em função do tempo e da temperatura de aquecimento. O aquecimento provoca uma variação anisotrópica sendo superior nas direcções não-radiais. As paredes das células antes do aquecimento apresentam-se onduladas, mas após isso ficam quase direitas. Como mostra o gráfico, para aquecimentos superiores a 100°C a expansão do volume está associada a uma diminuição da massa e densidade (figura 2.22) [1].

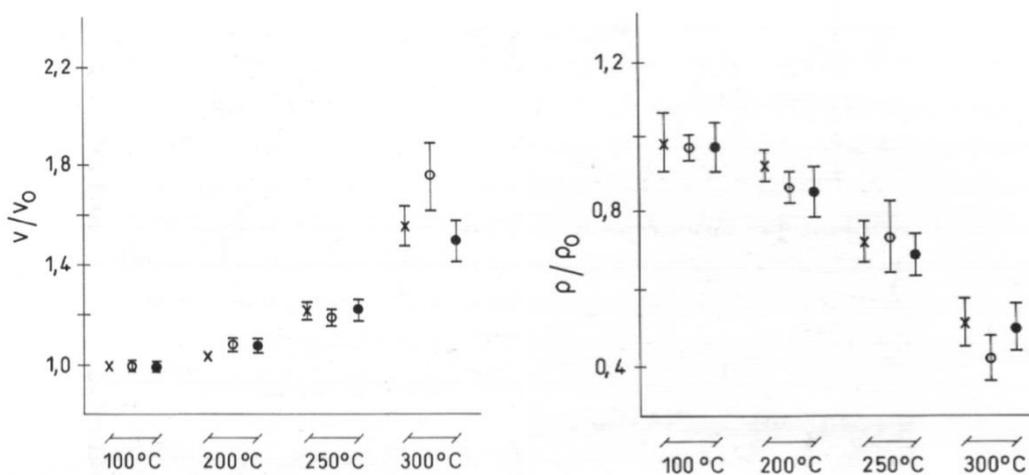


Figura 2.22: Efeito do aquecimento do ar na variação de volume ( $\Delta V/V_0$ ) e densidade ( $\Delta \rho/\rho_0$ ), em função da temperatura durante 15 (x), 30 (o) e 60 (●) minutos [1].

Em relação à resistência à compressão pode-se ver que existe uma diminuição não só com o aumento da temperatura, mas também com a duração desse aquecimento. Devido à estrutura alveolar e do teor de humidade entre as paredes verifica-se que a variação da resistência não é muito elevada para os diferentes tempos de exposição (figura 2.23) [1] [6].

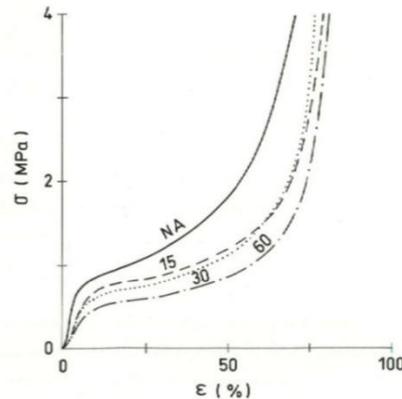


Figura 2.23: Curva de compressão radial da cortiça não aquecida (NA) e durante os intervalos de tempo indicados, expressas em minutos e à temperatura de 250°C [1].

### 2.4.3 Comportamento face ao fogo

Em relação à combustibilidade, em ocorrências de incêndios em montados de sobreiro verificou-se que a cortiça era um material quase incombustível ou de combustão retardada. Já no estudo do próprio sobreiro verificou-se que esta árvore tem propriedades retardantes ao fogo. Com a existência de uma grande quantidade de suberina no interior das paredes celulares das células dormentes do sobreiro, quando a chama incide na casca esta é queimada mas a parte interior é preservada devido à presença de suberina que possui grande capacidade de isolamento evitando essa propagação. A casca por si só também tem alguma quantidade de suberina que também ajuda para protecção contra incêndio. Para além disso, ajuda na regeneração e recuperação das zonas queimadas. Quando a chama é incidida a parte exterior fica carbonizada mas essa superfície funciona depois como barreira que impede a propagação para o interior do material acabando com a combustão (figura 2.24). Segundo a norma ASTM-C-209 realizou-se o teste onde se colocou um provete de aglomerado expandido de cortiça de duas polegadas sobre uma chama de um bico de Bunsen à temperatura de 1500°F e verificou-se que a combustão era muito lenta e levou cerca de 4 horas para a chama atravessar todo o provete. Existem relatos sobre casos de estruturas que foram salvas de danos maiores devido a esta propriedade de protecção. Para além disso os fumos e gases libertados quase que não são tóxicos uma vez que não apresentam nem cloretos nem cianetos. Os teores de monóxido e dióxido de carbono libertados são baixos sendo cerca de 0,1 a 0,6% e 0,1 a 2,3% respectivamente [9] [10] [S6].



Figura 2.24: Combustão de um bloco de cortiça [S6]

Um dos ensaios de incombustibilidade realizados para aglomerados de cortiça é segundo a norma ISO 1182, tem como objectivo avaliar a produção de calor e de chama. O ensaio consiste na introdução de um provete num forno tubular vertical aquecido a 750°C simulando as condições de incêndio. Com este aumento de temperatura avalia-se em períodos tempos normalizados a perda de massa devido à degradação do provete e a duração das inflamações persistentes [11].

Outro ensaio é o ensaio do objecto em combustão segundo a norma EN 12823 que consiste em colocar o provete numa situação muito desfavorável o qual é atacado directamente pelo fogo e radiação térmica originada pela combustão. O ensaio dá-se dentro numa câmara fechada sendo o provete sujeito a acção das chamas dum queimador de gás com potência térmica de 30KW simulando o incêndio. Um dos parâmetros obtidos é a taxa de desenvolvimento ao fogo e calor libertado o que consiste na medição da diminuição da concentração de oxigénio em função do aumento da temperatura, numa secção da conduta de exaustão dos gases de combustão. Outro dos parâmetros é a taxa de desenvolvimento e produção de fumo sendo obtidos com o registo contínuo da temperatura, da diferença de pressão e da atenuação luminosa numa secção da conduta de exaustão dos gases de combustão (figura 2.25) [11].

Um outro ensaio mas realizado especificamente para revestimentos exteriores de aglomerado de cortiça expandida é o ensaio de ignitabilidade sendo um dos ensaios referentes segundo o procedimento definido pela norma EN ISO 11925, que visa avaliar a inflamabilidade de produtos sujeitos a uma pequena chama incidido directamente no provete. O ensaio é realizado dentro numa câmara de combustão que tem no seu interior um pequeno bico de gás onde é gerado a fonte de ignição. Dentro da câmara os provetes que anteriormente são preparados com massa estabilizada a 23°C e humidade relativa de 50% e com dimensões normalizadas de 250x90x60mm<sup>3</sup>, são colocados na vertical e desloca-se a fonte de ignição de forma que incida no bordo inferior e a meio com incidência lateral. A avaliação do aglomerado é medida pela propagação da chama durante 15 ou 30 segundos para os diferentes tipos de ataque e por isso a norma recomenda a utilização de seis provetes. É fundamental garantir que a chama, ao ser preparada e nivelada com o comprimento de definido de 20mm fique a 45° para que incida o provete. Em relação aos registos e resultados obtidos,

para além de identificar a posição da aplicação da chama tem-se também a medição do tempo de inflamação até à sua extinção. Verifica-se igualmente se existe queda de gotas sob forma de partículas inflamadas ou não, observa-se o comportamento físico do provete e verifica-se se existem zonas destruídas. Analisa-se o tempo que é preciso para que a ponta da chama atinja os 150mm e tenta-se garantir que isso não aconteça num período de tempo pré-estabelecido na norma (figuras 2.26 e 2.27) [7] [11].



Figura 2.25: Ensaio do objecto em combustão segundo a norma EN 12823 [11]



Figura 2.26: Câmara de combustão [7].

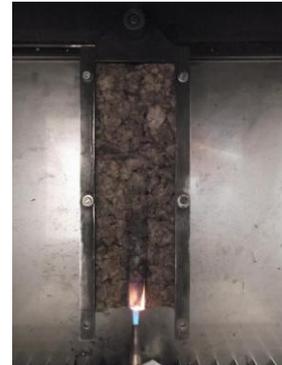


Figura 2.27: Fonte de ignição incidida no bordo do provete [7].

## 2.5 Características físicas

Uma vez explicadas as características da cortiça em termos micro e macroscópicos abordar-se-á as suas propriedades indicando e explicando as suas utilidades e vantagens. Será importante referir que todos os materiais de carácter biológico apresentam uma determinada variabilidade quando medida em diferentes amostras, não sendo possível retirar conclusões a 100% [1].

### 2.5.1 Densidade relativa

A cortiça é um material leve, com densidade baixa rondando cerca de 0,12 a 0,24, que resulta da densidade do sólido constituinte das paredes celulares. O resto é ocupado por ar ou misturas gasosas [1] [6].

A densidade da cortiça é muito variável podendo assumir múltiplas tipologias. No entanto, esta também varia consoante o tratamento que sofre antes de ser processada industrialmente como é o caso da cozedura, onde a cortiça sofre uma expansão resultante do aumento das dimensões celulares dando uma densidade mais baixa do que sem a ocorrência deste processo [1] [6].

Na mesma árvore a densidade pode variar consoante a zona em que é retirada (dimensões diferentes) e variando também de acordo com o crescimento dos anéis (época do ano em que são geradas). Em relação à variação do tamanho das células, estas não são tão importantes apesar de se

poder ter em conta. Segundo estudos realizados existe um decréscimo pouco acentuado na relação da densidade com o aumento da largura do anel, concluindo-se que não existe muita variação entre anéis de crescimento. Assim sendo, para efeitos de simplificação, no estudo das dispersões e valores limite considerou-se uma densidade média estabelecendo alturas e espessuras médias. Na mesma amostra retirada, as células geradas, durante o período final da actividade do felogénio formam células radialmente mais curtas apresentando paredes mais espessas do que as do início de actividade do felogénio, ao passo que as mais recentes possuem uma largura maior mas com espessura pequena [1].

A variação do tipo de cortiça tem a ver com as ondulações das paredes celulares resultantes das tensões de compressão geradas durante o processo de crescimento do material. A cortiça virgem apresenta ondulações mais pronunciadas pois as tensões de crescimento são maiores durante os primeiros anos. A formação de ondulações tem um efeito positivo para o aumento da densidade mas para células de espessuras maiores este efeito não é tão significativo [1] [6].

A densidade também pode ser afectada quer pela porosidade quer pelos defeitos que eventualmente possam existir. À partida parece que a porosidade faz diminuir a densidade o que não é totalmente verdade, pois os poros não são 100% vazios podendo apresentar um material pulverulento, e à volta dos poros (canais lenticulares) existe o aparecimento de células esclerificadas que formam um tecido de sustentação com parede espessa conferindo maior rigidez [1] [6].

### **2.5.2 Porosidade**

A porosidade da cortiça é determinada pelo volume ocupado pelos canais lenticulares. Estes canais são descontinuidades atravessando a prancha segundo a direcção radial e são criadas através de um processo de diferenciação celular por parte do felogénio. Caracterizam-se por apresentar uma actividade meristemática superior às restantes partes produzindo espaços intercelulares de forma dessegregada e pulverulenta. Os canais lenticulares contêm um baixo teor de suberina e elevados teores de extractivos. O poro propriamente dito é a secção transversal do canal lenticular. A variabilidade dimensional do poro traduz-se nas larguras dos canais podendo variar desde  $1\text{mm}^2$  a  $130\text{mm}^2$  (figura 2.28). Normalmente, este parâmetro é quantificado com o coeficiente de porosidade que define a percentagem de poros em relação à área total analisada. Quando a cortiça atinge valores de porosidade elevada dá-se o nome de bofe (referido anteriormente). A descontinuidade é causada por uma disfunção do felogénio (contração do tecido no interior do anel de crescimento com colapso das células do início de crescimento) [1] [12].

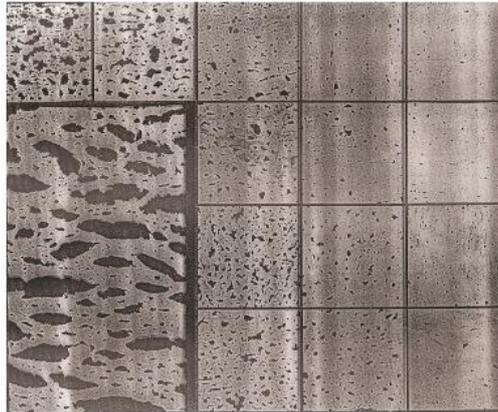


Figura 2.28: Aspectos de diferentes porosidades de cortiças [3].

### 2.5.3 Propriedades de superfície

#### Molhabilidade

A molhabilidade é uma propriedade bastante importante pois muitas vezes a ligação dos grânulos de cortiça é feita pela utilização de um aglutinante adesivo (cola). A capacidade de ligação pode afectar outras propriedades, nomeadamente as propriedades mecânicas. Para que exista uma ligação entre o adesivo e a cortiça é necessário que o adesivo se espalhe por toda a superfície das partículas do material. Para tal é desejável que a viscosidade seja baixa e o ângulo de contacto cortiça-adesivo seja pequeno. O ângulo de contacto é determinado pelos valores das tensões superficiais relativas às várias interfaces (líquido-ar, sólido-ar e sólido-líquido) em contacto, equilibrando-se nas componentes horizontais. Segundo a equação estabelecida, para ângulos pequenos confirma-se que a tensão superficial sólido-ar é maior que a de sólido-líquido, o que do ponto de vista energético significa que a interface sólido-ar é mais estável facilitando a agregação do adesivo com a cortiça. A cortiça possui uma tensão superficial sólido-ar de  $32\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$  sendo da mesma ordem de grandeza dos polímeros e muito inferior ao dos metais. Em relação aos líquidos foram realizados alguns ensaios onde se mostra a variação do ângulo de contacto no tempo. Verifica-se que com a água atinge o valor mais elevado (cerca de  $84^\circ$ ), com o iodeto de metileno ( $61^\circ$ ) e com alguns tipos de adesivos poliméricos é ainda mais baixo demonstrando que possui uma maior afinidade em relação aos últimos [1] [6].

$$\gamma_{s-ar} = \gamma_{s-l} + \gamma_{l-ar} \times \cos \theta \quad \text{Equação 2.1:}$$

#### Atrito

As propriedades de atrito, face às restantes, não são valorizadas, porém a cortiça apresenta elevados valores de atrito e baixos valores de desgaste, o que certamente poderá potencializar a sua utilização em determinadas aplicações que ainda se encontram por estudar. Sendo um material anisotrópico esta propriedade depende da direcção em que é solicitado, radial (R) ou não-radial (NR) tendo os

não-radiais valores da mesma ordem de grandeza. O atrito depende não só da direcção de aplicação da força mas também da direcção da superfície de escorregamento podendo ser R-NR, NR-R ou NR-NR. A primeira direcção é a direcção de compressão e a segunda direcção é a direcção de escorregamento. Experiências posteriores revelaram que NR-R era sensivelmente igual a NR-NR, por isso adoptou-se uma nomenclatura que indica apenas a direcção de compressão, R ou NR. Os valores médios obtidos para as duas direcções foram de  $R=0,55\pm 0,06$  e  $NR=0,46\pm 0,08$  podendo notar-se que os valores em média são maiores na direcção de compressão radial. Propriedades como o teor de humidade da cortiça e do suporte poderão afectar os valores de atrito obtidos [1].

## 2.5.4 Propriedades térmicas

### Expansão térmica e calor específico

A expansão térmica da cortiça, como em todos os materiais, ocorre devido à expansão dos sólidos que constituem as paredes das células. A cortiça, sendo um material de células fechadas, faz com que o gás no interior sofra pequenas expansões térmicas uma vez que este se encontra confinado pelas paredes. Para casos de expansões térmicas elevadas, como processos de tratamento de superfície com aquecimentos em estufa, esta poderá estar acompanhada de um aumento de volume de 15%. Apesar do pouco conhecimento sobre esta propriedade os valores ensaiados encontram-se entre  $2,5$  a  $5\times 10^{-5} K^{-1}$  [1].

Em relação ao calor específico este é definido como a energia necessária para aumentar um grau kelvin por cada unidade de massa. Sendo no caso da cortiça um material bifásico, o calor específico total é a soma dos calores específicos de ambos multiplicando pela respectiva fracção em massa. A parte gasosa pode ser quase desprezada devido à sua pequena fracção em massa. Resultados experimentais apontam para valores aproximados de cerca  $1700 J. (kg. K)^{-1}$  [1].

### Condutividade térmica

A condutividade térmica é certamente a propriedade térmica mais importante da cortiça sendo esta conhecida pelas suas capacidades de isolamento quando aplicadas na construção. A razão principal que faz com que a cortiça seja um bom isolante é o facto de o ar não exercer trocas por convecção ao contrário dos outros que se sucede com outros materiais (mau isolante). Num material celular existem várias contribuições para a condutividade térmica: condução através do sólido, condução e convecção pelo gás, e radiação entre as paredes celulares. A convecção e radiação só fazem sentido considerar para células grandes (de ordem de  $1\text{cm}^2$  o que não acontece na cortiça) uma vez que não acontece na cortiça e por isso serem desprezáveis [1].

## 2.5.5 Propriedades eléctricas

A cortiça é um dieléctrico, ou seja, um isolante eléctrico tendo uma condutibilidade muito baixa. No entanto, esta propriedade é muito condicionada pelo teor de humidade. Uma das características a quantificar é a constante dieléctrica pois representa a susceptibilidade do material em ser polarizado devido à existência de um determinado campo eléctrico. Para o caso da cortiça a sua constante dieléctrica a 20°C é de 1,4, inferior à dos sólidos, devido à presença de ar no seu interior. Para um campo eléctrico oscilatório foi adoptada uma representação desta constante através de uma parte real e outra imaginária demonstrada nas figuras seguintes (figuras 2.29 e 2.30). É igualmente possível verificar a diferença de comportamento do material com e sem secagem inicial (140°C) de acordo com a variação de temperatura. Note-se que para o caso sem secagem (parte real e imaginária), a constante dieléctrica atinge o pico para temperaturas próximas de 60°C ao passo que com secagem inicial esta constante não apresenta grandes variações [1].

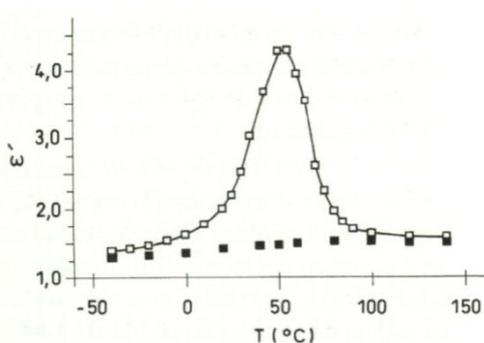


Figura 2.29: Variação da permitividade eléctrica (parte real) em função da temperatura [1].

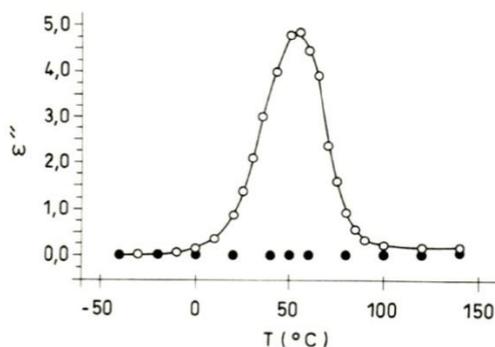


Figura 2.30: Variação da permitividade eléctrica (parte imaginária) em função da temperatura [1].

**Nota:** Os símbolos abertos referem-se à amostra original não submetida a qualquer aquecimento prévio. Os símbolos fechados dizem respeito a uma outra amostra após secagem a 140 °C.

## 2.5.6 Propriedades acústicas

Os materiais celulares e em particular a cortiça são muitas vezes utilizados para aplicação de isolamentos acústicos. No entanto, ao contrário das outras propriedades já referidas, não existe nenhuma teoria quantificada que descreva este comportamento o que implica a impossibilidade de saber, à priori, o comportamento do material [1] [6].

Para explicar o bom funcionamento acústico da cortiça é necessário estudar a interacção com o resto da construção. Normalmente são postos em contacto vários materiais em série, o qual tem impedâncias sonoras diferentes, ou seja, tem características diferentes no que diz respeito ao impedimento de propagação sonora. Quando a onda sonora é incidida e atingida na interface, parte desta é reflectida para o primeiro material e a outra é transmitida primeiramente para interface e só depois para o segundo material. O processo é traduzido pelas seguintes equações:

$$R = \frac{(z_1 - z_2)}{(z_1 + z_2)} \text{ e } T = 1 - R \quad \text{Equação 2.2:}$$

onde  $z_1$  e  $z_2$  correspondem às impedâncias de cada um dos materiais e R e T são os coeficientes de reflexão e transmissão do sistema. É possível atestar segundo as fórmulas anteriores que quanto maior a diferença das impedâncias maior é a reflexão e conseqüentemente menor a transmissão. Normalmente, uma divisória possui impedância elevada o que conjugando com a cortiça com impedância baixa  $1 \text{GN.s. m}^3$  dá um bom funcionamento a nível acústico [1] [6].

Nem todos os materiais de cortiça são bons para o isolamento uma vez que depende do tipo de porosidade que esta possui. Para melhor isolamento a porosidade terá que ser aberta como os aglomerados negros de cortiça onde é facilitada a movimentação do ar para dentro e para fora das células criando dissipações de energia. Ocorre também um amortecimento quando entra em contacto com as paredes celulares estando directamente relacionado com a viscoelasticidade do meio envolvente [1] [6].

## **2.6 Características mecânicas**

Quando se pensa na cortiça como material de construção é importante estudar as suas características mecânicas pois está sempre sujeita a forças ou deformações, as quais devem ser controladas de forma a garantir não só a segurança da estrutura mas também as condições em serviço.

### **2.6.1 Propriedades viscoelásticas**

A cortiça tal como os polímeros não possui um comportamento puramente elástico, a tensão quando aplicada origina uma parte elástica ocorrendo uma deformação que desaparece quando a carga é retirada. No entanto, existe uma outra parte onde a deformação não consegue acompanhar a tensão que é imposta, pois existem movimentos moleculares impedindo que a deformação ocorra instantaneamente, considerada como a parcela viscosa. Esta propriedade pode ser afectada por factores extrínsecos ao material, normalmente através da temperatura, da intensidade da força ou de factores relacionados com o próprio material, como por exemplo a quantidade de água existente no interior das células [1].

O comportamento viscoelástico pode ser representado por associação de modelos lineares elásticos, cujo comportamento é descrito pela lei de Hooke e com modelos lineares viscosos que pode ser descrito pela lei de Newton  $\mu$ . A caracterização do comportamento viscoelástico da cortiça é feita através de ensaios dinâmicos onde se impõe uma tensão, variando sinusoidalmente com o tempo, que por sua vez origina um módulo de elasticidade complexo  $E^*$ . O  $E^*$  é constituído por:  $E'$  representa o módulo de armazenamento de energia e  $E''$  representa o módulo de perda. É também definido o factor da perda de carga  $\text{tg } \delta$  (tangente da defasagem da deformação com a tensão), o qual representa a energia dissipada na forma de calor. Segundo os resultados obtidos pode-se verificar que o módulo de armazenamento diminui com a temperatura, enquanto que existe uma relação

inversa para o caso do factor de perda. É de salientar que existe um pico no gráfico do factor de perda representando provavelmente o momento da transição vítrea do material. Foram efectuados ensaios onde o teor de água no material se reduziu com a secagem (figuras 2.31 e 2.32) [1] [13].

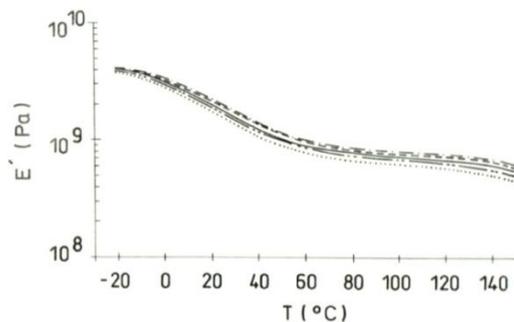


Figura 2.31: Variação do módulo de armazenamento em função da temperatura [1].

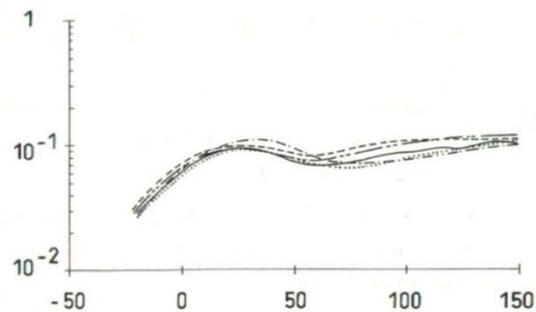


Figura 2.32: Variação do factor de perda em função da temperatura [1].

## 2.6.2 Comportamento à compressão

A cortiça no sector da construção civil é frequentemente exposta a forças de compressão o que torna relevante referir o seu comportamento face a estas acções, tais como, tensões verticais que carregam um pavimento de cortiça ou até mesmo uma prancha que esta sujeita à flexão [1] [13].

Para avaliar as suas propriedades é realizado um ensaio simples uniaxial, o provete normalizado é colocado entre os travessões das máquinas onde está sujeito a forças de compressão nas duas faces onde estão apoiadas. Devido à anisotropia da cortiça as propriedades têm de ser avaliadas nas direcções principais, mas dada a estrutura da cortiça é de esperar que os valores obtidos para direcções não radiais apresentem características aproximadamente iguais. Neste ensaio facilmente se determina a tensão e a extensão. Com estes dados é possível obter relações entre extensão e tensão nas curvas de compressão (figuras 2.33 e 2.34) [1] [13].

A figura 2.35 demonstra que para ambas as direcções existem três regiões. A primeira corresponde à fase viscoelástica. Nesta fase, devido à estrutura celular da cortiça, quando a força solicitada é retirada existe uma parcela elástica que é recuperada imediatamente (não é totalmente uniforme devido à não homogeneidade do material). Já a parte com natureza viscosa oferece uma resistência gradual como se fosse um escoamento. Este fenómeno é explicado pelos movimentos moleculares desencadeados pela tensão. Gera-se um atrito interno que evita a recuperação instantânea da deformação oferecendo alguma resistência. Apesar da não linearidade da curva, atendendo à heterogeneidade do material e da dependência das características de viscoelasticidade, é possível descrevê-la, de uma forma grosseira, através da lei de Hooke [1] [13].

Na segunda região aproxima-se de um patamar horizontal com declive de apenas 1MPa. Para cargas desta ordem de grandeza ocorrem fenómenos de encurvadura onde existem pequenas perturbações, podendo as células tocarem-se entre si e não se fracturarem, dando depois origem a grandes deformações até ao colapso das células [1]. Esta deformação não é reversível, mas poderá haver

parte que é recuperada (relacionado com a viscoelasticidade da cortiça). Este fenómeno é semelhante à instabilidade da compressão axial dum coluna quando atingido o valor crítico. Aí a coluna torna-se instável e qualquer pequeno desalinhamento induz uma deformação acentuada. No entanto, é notável que o colapso não ocorre simultaneamente em todas as células, isto é, o processo não é uniforme. No ensaio o colapso inicia-se geralmente num grupo de células junto da extremidade do provete ( $\epsilon_c$ ) que se vai propagando até à outra extremidade até atingir a extensão final ( $\epsilon_f$ ). O pequeno declive que apresenta deve-se à heterogeneidade da estrutura da cortiça com formação de células com resistências ligeiramente variadas [1] [6].

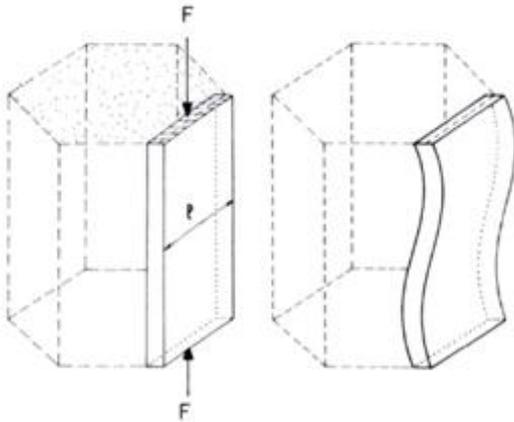


Figura 2.33: Colapso de células em compressão com encurvadura de uma parede carregada axialmente [1].

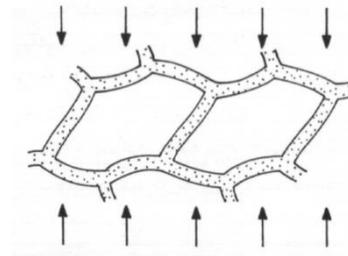


Figura 2.34: Colapso de células em compressão com encurvadura dum favo [1].

Por fim, na terceira região constata-se a densificação das células apresentando um elevado declive de  $d\sigma/d\epsilon$ . À medida que a dimensão das células vai diminuindo, com a mesma força aplicada, a tensão aumenta e as paredes encurvadas estabelecem mais contacto entre elas. A rigidez tenderá a aumentar mas não ocorrerá uma densificação total nem fractura das células pois existem sempre alguns espaços livres devido à elevada porosidade [1]. As três regiões são ilustradas na figura 2.35.

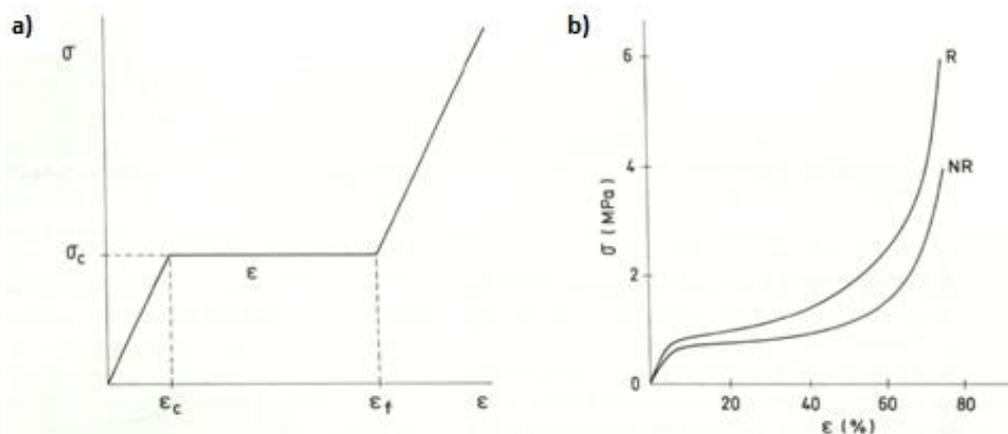


Figura 2.35: Curvas de compressão da cortiça. a) Representação esquemática simplificada da curva de compressão evidenciando as três regiões. b) Curvas experimentais em compressão radial (R) e não-radial (NR) [1].

Qualquer que seja a direcção da compressão as curvas têm todas este formato, porém apresentam valores significativamente diferentes devido à anisotropia do material. Existem algumas propriedades extrínsecas ao material que afectam os resultados deste ensaio, como por exemplo: a temperatura e a velocidade de compressão [1].

Semelhante a este é o ensaio de compressão segundo a norma NP EN 826 realizado para isolamentos de aglomerado expandido de cortiça. De seguida será descrito em pormenor este ensaio.

Este ensaio consiste na avaliação da resistência à compressão dos provetes de cortiça com 10% de deformação. A velocidade da compressão é definida previamente e é comprimida na direcção axial perpendicular às faces principais do provete de secção quadrada com dimensões 100×100 ou 150×150mm<sup>2</sup> e de espessura inferior. Para além da determinação da compressão pode ser utilizado para a determinação do módulo de elasticidade, da fluência e para avaliar comportamentos quando os provetes estão sujeitos a esforços em curta duração [14].

Um dos aparelhos utilizados é a máquina de compressão que se adequa ao domínio da força e deslocamento a efectuar. Contém dois pratos planos e paralelos, rígidos e polidos, quadrados ou circulares e pelo menos tem de ser igual ao lado do provete. Um dos pratos deve ser fixo e outro móvel e desloca-se a velocidade constante de acordo com o que está estipulado na norma (figura 2.36). Um outro aparelho é o dispositivo de registo que mede o deslocamento e a força com respectivas tolerâncias de exactidão e um dispositivo que regista os resultados obtidos (figura 2.37) [14].

O número de provetes de ensaio deve ser estabelecido na norma do produto, caso contrário devem ensaiar-se cinco provetes. O ensaio deve ser realizado em condições de temperatura de 23±2°C e de humidade de 50±5%. É registado o valor da força de compressão até chegar aos 10% de deformação e calcula-se a pressão exercida sabendo a secção (equação 2.3), esta deve ser superior a 100kPa como valor limite. A frequência de ensaio é de um em cada dia [14].

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0}$$

Equação 2.3:

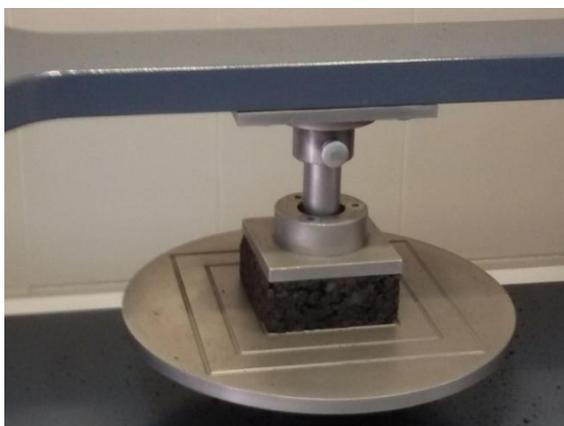


Figura 2.36: Máquina de compressão [S1].



Figura 2.37: Dispositivo de registo [S1].

### 2.6.3 Módulo de elasticidade

Como foi referido anteriormente, para a primeira região da curva de compressão é possível estimar o módulo de elasticidade médio, de uma forma simplificada, calculando simplesmente uma relação elástico-linear entre tensão e deformação.

Os valores obtidos foram baseados em modelos de análise elástica da cortiça onde se considera uma estrutura simplificada como um favo de mel em forma de células hexagonais regulares e ângulo  $\vartheta$ . Admite-se, por fim, que a estrutura se desenvolve tridimensionalmente sendo o comportamento global o somatório do comportamento de cada célula. (figura 2.38) [1] [6].

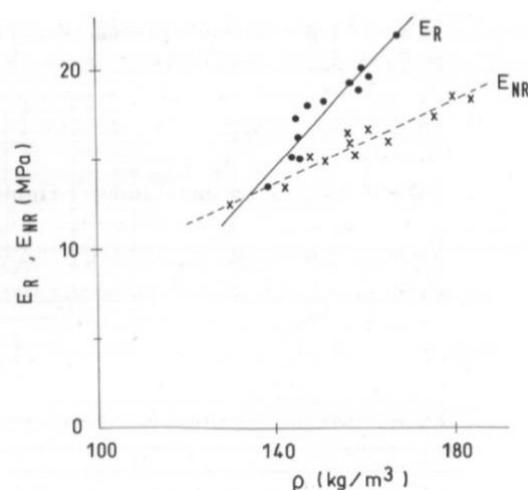


Figura 2.38: Variação dos módulos de elasticidade na direcção radial e não-radial medidos para cortiças de diferentes massas volúmicas. As regressões lineares feitas são apenas para facilitar a interpretação dos gráficos [1].

### 2.6.4 Coeficiente de Poisson e módulo de distorção

O coeficiente de Poisson, quantifica o valor da extensão transversal à direcção em que é aplicada uma força. Representa-se por:

$$\nu_{12} = -\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \quad \text{Equação: (2.4)}$$

sendo  $\varepsilon_2$  ou  $\varepsilon_T$  a extensão na direcção transversal e  $\varepsilon_1$  ou  $\varepsilon_L$  a extensão na direcção segundo a compressão.

No caso da cortiça, devido à sua anisotropia, é necessário representar pelo menos 3 casos:  $\nu_{R,NR}$ ,  $\nu_{NR,R}$ ,  $\nu_{NR,NR}$  sendo R a direcção radial e NR a direcção não radial. O primeiro representa a extensão na direcção da compressão e o segundo a extensão transversal [1].

Os três casos mencionados anteriormente estão representados no gráfico seguinte (figura 2.39). Os valores correntes utilizados são avaliados apenas para pequenas deformações onde podem ser consideradas em regime elástico ( $\nu_{R,NR}=0,097$ ;  $\nu_{NR,R}=0,064$ ;  $\nu_{NR,NR}=0,26$ ) [1].

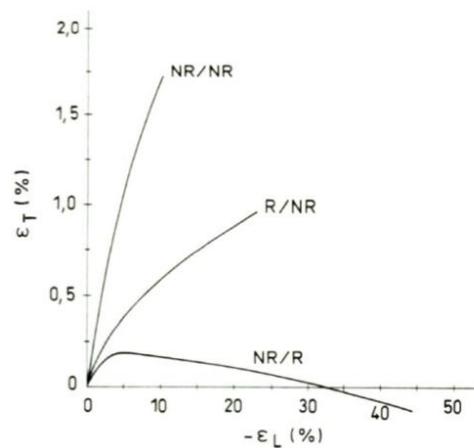


Figura 2.39: Diferentes curvas experimentais do coeficiente de Poisson.  $\epsilon_L$  é a extensão na direcção da compressão e  $\epsilon_T$  é a extensão numa direcção transversal [1].

Relativamente ao módulo de distorção (G), este é definido para uma deformação elástica linear provocada por uma tensão de corte que origina uma alteração dos ângulos iniciais da estrutura considerada sendo calculado da seguinte maneira:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad \text{Equação: (2.5)}$$

sendo  $\tau$  a tensão de corte e  $\gamma$  o ângulo de distorção.

Atendendo à anisotropia é necessário considerar apenas  $G_{R,NR}$  e  $G_{NR,NR}$ , devido à simetria dos tensores das tensões dos materiais elástico lineares  $G_{NR,R}=G_{R,NR}$  sendo R a direcção radial e NR a direcção não radial. Os primeiros valores indicam a direcção da face perpendicular em que a força actua e os segundos indicam a direcção da tensão tangencial que é aplicada. Segundo ensaios experimentais os valores obtidos para  $G_{R,NR}$  rondam os 2,5 e  $G_{NR,NR}$  4 [1] [6].

### 2.6.5 Comportamento à tracção

Apesar da cortiça ser submetida a esforços de compressão na maioria das suas aplicações há diversas situações em que é preciso considerar as tensões de tracção (exemplo: pranchas submetidos à flexão). Quando a cortiça é retirada da árvore existem tensões de tracção circunferenciais devido ao crescimento das camadas. É importante a avaliação de ocorrência de tracções, pois quando atingem valores críticos poderá originar fracturas no material [1] [13].

Nos ensaios à tracção fizeram-se ensaios uniaxiais onde a força só é aplicada numa direcção. No entanto, foi necessário ensaiar nas três direcções principais devido à anisotropia da cortiça. Tal como para a compressão, os provetes são travados nas extremidades e traccionados a uma velocidade constante havendo um aumento do comprimento inicial. Os resultados podem ser expressos num gráfico de tensão-extensão onde os valores dependem do teor de humidade da cortiça, temperatura do ambiente e velocidade de tracção. Para além do ensaio de tracção uniaxial muitas vezes também se realiza o ensaio de flexão que pode ser fixado em 3 ou 4 pontos. O provete para este tipo de ensaios é em forma de chapa ou paralelepípedo que são carregados nos pontos centrais onde são fixados. No estudo pormenorizado das fendas foram utilizados provetes com entalhes [1] [13].

Relativamente aos resultados obtidos nas curvas de tracção uniaxial pode-se verificar claramente que existe um comportamento anisotrópico. Quando aplicado nas direcções tangencial e axial, os provetes fracturam-se para tensões de tracção aproximadamente de 0,8MPa após uma extensão de cerca de 7%. Já para a direcção radial a fractura total só é atingida para valores de tensão e extensão de 1,2MPa e 18%, respectivamente. É de salientar que esta curva apresenta uma região ,onde existe flutuações de carga, em forma de “serrilhado” pois nesta zona, existem fracturas localizadas nas paredes laterais das células que se propagam em curtas distâncias (figura 2.40) [1] [13].

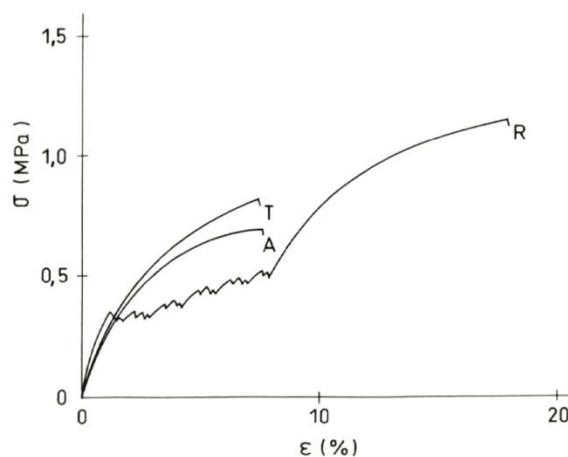


Figura 2.40: Curvas de tracção solicitada segundo as três direcções principais (R – Radial; T – Tangencial; A – Axial) [1].

### 2.6.6 Torção

A torção também é um modo de solicitação a considerar pois origina tensões na direcção tangencial da secção onde é aplicado a força (tensão de corte). No entanto, este fenómeno só é mais relevante para casos como desrolhamento de uma garrafa. No ensaio de torção é aplicado um binário que origina uma deformação angular no provete cilíndrico causando no interior tensões de corte  $\tau$  (figura 2.41) [1].

Segundo resultados obtidos no ensaio de torção de rolhas de aglomerado de cortiça, visível na figura 2.41, existe uma relação linear até cerca de 0,71MPa para ângulos de distorção de aproximadamente

0,078rad. Posteriormente, visualiza-se uma geometria curva até a rotura, que ocorre quando a rolha está sujeita ao binário máximo. Os valores obtidos para uma rolha de cortiça natural apresentam resultados muito próximos aos obtidos anteriormente [1].

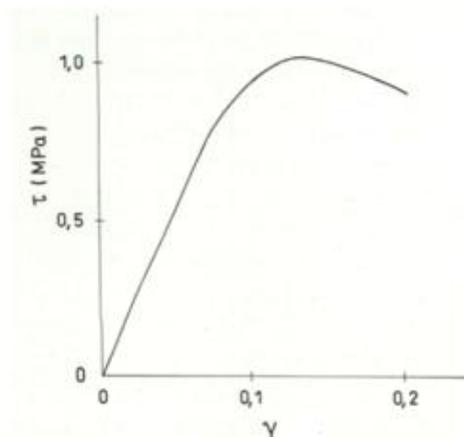


Figura 2.41: Curva de tensão de corte  $\tau$  em função da distorção máxima  $\gamma$  [1].

Apresenta-se de seguida, no quadro 2.4 valores médios de algumas propriedades obtidas da cortiça amadia.

Quadro 2.4: Resumo das propriedades da cortiça [15].

Propriedade	Valor típico	Unidades
Densidade	0,15 - 0,20	-
Porosidade	0,5 - 22	%
Capacidade calorífica	2050	$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
Coefficiente de expansão térmica	180	$10^6 / ^\circ\text{C}$
Condutividade térmica	0,028 - 0,044	$\text{Wm}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Tensão de rotura à compressão	1,5	MPa
Módulo de elasticidade	18 - 32	MPa
Módulo de distorção	0,005	GPa
Coefficiente de Poisson	0,10 - 0,20	-
Impedância acústica	0,12	$\text{kg}\times 10^6/\text{s. m}^{-2}$

## 2.7 Defeitos

Serão também mencionados alguns tipos de defeito que surgem com maior frequência na indústria corticeira provenientes de causas intrínsecas e extrínsecas à própria cortiça, condicionantes para a qualidade e durabilidade do material.

## Bofe

O bofe provém de um elevado número de fracturas de canais de diâmetro muito grande. Trata-se de uma descontinuidade existente no tecido suberoso que separa células de fim de estação das do início causada por disfunções funcionais do felogénio. A existência delas é evidente especialmente quando o sobreiro tem um crescimento rápido. É importante dizer que o bofe não contém material de enchimento e por isso não se pode associar à existência de canais lenticulares. A área do bofe é muito variável tendo comprimentos radiais médios de 14mm. Apesar de não ser tão condicionante para o sobreiro, em termos comerciais, apenas se pode usar cortiça com este tipo de defeito para o fabrico de aglomerados (figura 2.42) [1].

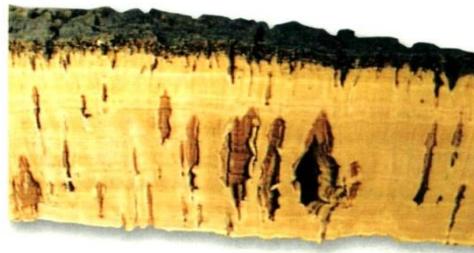


Figura 2.42: Bofe da cortiça num corte transversal [1].

## Verde

A cortiça é denominada de verde quando contém áreas com o elevado teor de humidade (400-500%) rodeadas por cortiça com teor de humidade normal (6-8%). A origem do verde é desconhecida e a ocorrência é variável para as mesmas condições de solo e ambientais. As regiões de verde surgem como manchas contínuas, junto à barriga com áreas variáveis desde apenas alguns mm<sup>2</sup> até alguns cm<sup>2</sup>. Não é fácil de detectar presença de verde por observação directa na superfície da prancha, apenas após o corte é mais fácil de se visualizar. Em relação ao tratamento, faz-se por secagem, mas nestas zonas o processo é mais lento do que na cortiça normal. Durante o processo de secagem a zona verde sofre uma contracção de 30% do seu volume inicial, enquanto que para a cortiça normal circundante o valor é de 5% no máximo. Após a secagem o verde apresenta teores de humidade semelhantes ao da cortiça normal, no entanto o líquido que se liberta inicialmente é incolor mas adquire uma coloração roxeada após exposição ao ar. Em termos de composição química comparativamente às zonas de verde e zonas de cortiça normal adjacente a composição monomérica quer da suberina quer da lenhina são semelhantes. Este defeito possui muitas implicações na posterior utilização e, obviamente, não possui condições perfeitas para o fabrico de rolhas já que a existência de elevado teor de humidade prejudica a função de vedação e isolamento para o qual estas são destinadas (figura 2.43) [1].

## Enguiado

Este defeito consiste na existência de fendas pronunciadas e dirigidas axialmente na costa das pranchas de cortiça e que podem estender-se às camadas subjacentes. O crescimento da cortiça dá-se com o aumento do diâmetro do tronco com a expansão radial do felema que cria tensões de

tracção na direcção tangencial podendo quebrar a parede das células e levar ao aparecimento destas fendas nas zonas periféricas das camadas suberosas. O enguiado aparece com mais frequência nas épocas em que o sobreiro teve um crescimento mais rápido como é o caso da cortiça virgem e secundária (figura 2.44) [1].

### Prego

O prego resulta da inclusão de células de esclerênquima (células mortas com parede celular lignificada) no interior da cortiça como raios ou fibras floémicas. Estas inclusões apresentam densidades e durezas muito superiores e elasticidade baixa comparativamente com as da cortiça pois resultam de células esclerificadas que possuem paredes muito espessas. Por esta razão a cortiça com prego excessivo não pode ser utilizada no fabrico de rolhas pois poderia ocorrer dificuldades durante a operação de engarrafamento (figura 2.45) [1].

### Terra

A terra é um defeito que corresponde à existência de uma porosidade caracterizada pelo facto dos canais lenticulares serem cónicos com a base no lado da barriga da prancha. A anomalia resulta do mau funcionamento do felogénio, em vez de produzir células suberosas típicas, produz um tecido frouxo, pulverulento de cor castanha-avermelhado que se assemelha a terra. Quando se manifestam em frequência, estas são inutilizáveis para obras de cortiça natural (figura 2.46) [1].



Figura 2.43: Amostra de cortiça com verde [1].



Figura 2.44: Amostra de cortiça com enguiado [1].



Figura 2.45: Amostra de cortiça preguenta [1].

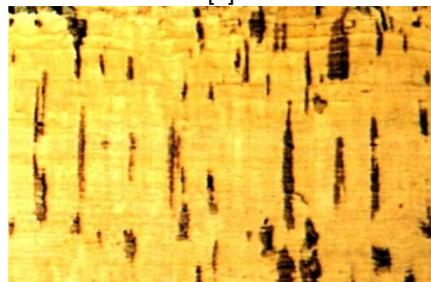


Figura 2.46: Amostra de cortiça com terra [1].

## Outros defeitos

Existem outros defeitos de origem biológica exterior que afectam a durabilidade da cortiça.

A esfoliação corresponde a uma descontinuidade na ligação entre anéis anuais. Está associada a uma alteração do processo meristemático devido por exemplo à destruição parcial por acção do fogo ou períodos particularmente secos. A zona da cortiça com este plano tangencial de descontinuidade do tecido suberoso é inadequada para a produção de rolhas [1] [4].

É chamado insecto ao defeito causado pela formação de galerias orientadas aleatoriamente na prancha da cortiça nomeadamente por formigas e larvas de cobrilha-da-cortiça. As galerias escavadas pelas formigas apresentam uma secção arredondada e são ocas. Quanto à larva de cobrilha, esta escava galerias no entrecasco junto ao felogénio, na feloderme e na parte do floema inactivo. As galerias, vistas na secção transversal, têm forma aproximadamente elíptica e apresentam-se cheias de excrementos misturados com restos de tecido suberoso compactados. Quando o insecto ocorre no ano de descortiçamento, a extracção da cortiça torna-se mais difícil e pode originar um maior número de feridas no processo. Obviamente a presença de insecto diminui a qualidade da cortiça que apenas pode ser utilizado no fabrico de aglomerados (figura 2.47) [1] [4].

Em relação ao ataque dos fungos existe o marmoreado que consiste no aparecimento de uma coloração azulada provocada pela penetração das hifas dos fungos nas paredes celulares. Este defeito é frequente nas cortiças de porosidade elevada pois é mais fácil a introdução de água e esporos de fungos através dos canais lenticulares. Outro defeito causado pela existência de fungos é o chamado mancha-amarela que consiste no aparecimento de manchas de cor acinzentada e descoloração do tecido adjacente e um odor a bolor. Este defeito aparece geralmente na cortiça da parte inferior do sobreiro. A cortiça com estas anomalias não podem ser utilizadas para o fabrico de rolhas pois existe possibilidade de contaminação com odores e gostos nas bebidas. Apenas podem ser utilizadas em indústrias para fabricos de aglomerados ou para trituração (figura 2.48) [1] [4].

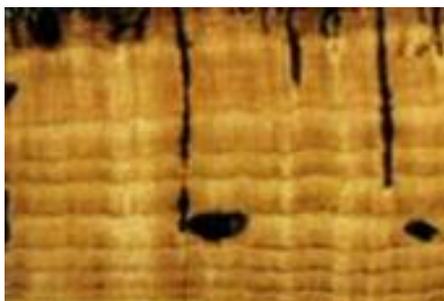


Figura 2.47: Amostra de cortiça com galeria de formigas [1].

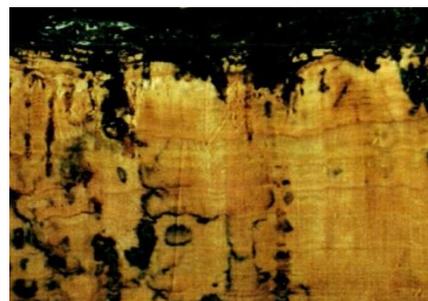


Figura 2.48: Amostra de cortiça com marmoreado [1].

### 3. Produtos de cortiça

#### 3.1 Considerações iniciais

Em Portugal a indústria da cortiça começou a ter um maior desenvolvimento depois da primeira guerra mundial e agora continua a desempenhar um papel importante para a economia portuguesa. A criação de uma enorme quantidade de desperdícios fez com que desenvolvesse portanto a indústria de processamento de cortiça de forma a melhor aproveitar esses materiais, os primeiros tiveram lugar principalmente em Silves, Évora e Azambuja [3].

Em linhas gerais a produção da cortiça envolve quatro grandes grupos: a indústria preparadora, transformadora, granuladora e aglomeradora. A indústria preparadora encarrega-se nomeadamente da extracção e preparação da cortiça como a cozedura e a selecção do material. Na indústria transformadora destina-se mais para a produção de rolhas e discos através de pranchas. Os materiais desperdiçados ou de qualidade inferior passam para a indústria de granuladora onde são triturados para outros fins. Por fim na indústria aglomeradora o material triturado é processado e fabricado produtos de exigências menos rigorosas do que as rolhas como os isolamentos e revestimentos (figura 3.1) [3].

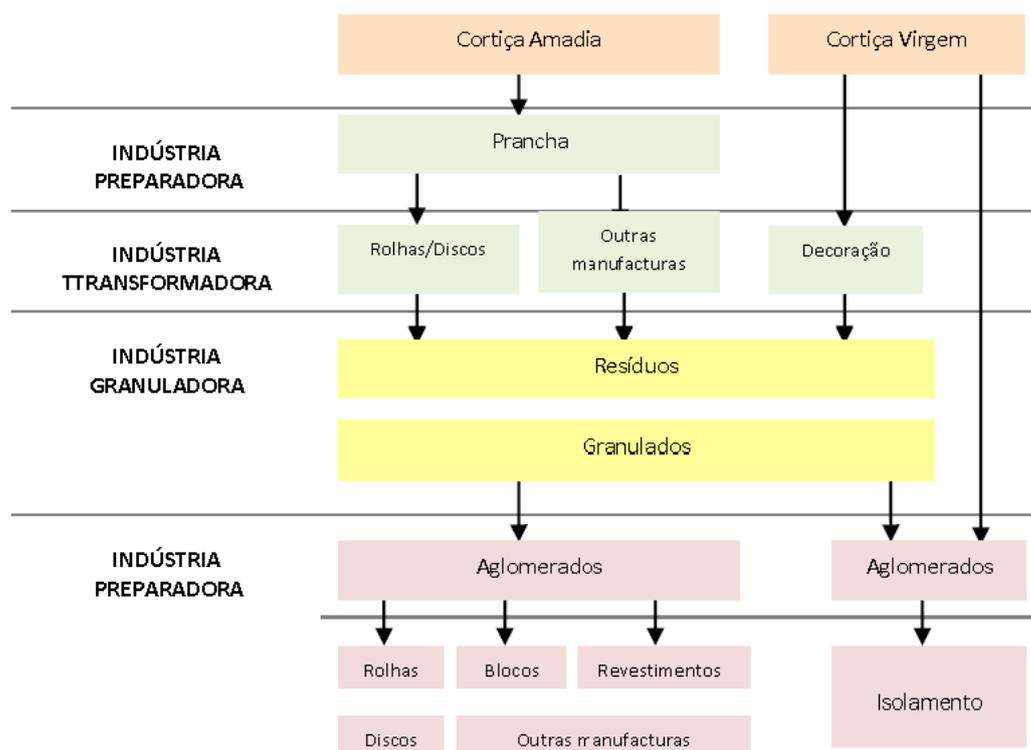


Figura 3.1: Relações entre os diferentes sectores corticeiros [3]

Para aplicações em termos de construção esta é essencialmente utilizada para revestimento de paredes, revestimento de pavimentos e produtos para isolamento. Para os dois primeiros são utilizados aglomerados brancos ao passo que o último é por aglomerados negros. Esta diferença reside essencialmente na qualidade dos grânulos em que é feito cada tipo de aglomerado [1].

Com a crescente utilização da cortiça na área da construção, foram criadas normas harmonizadas de forma a cumprir a Directiva dos Materiais e Produtos de Construção. A criação desta norma teve como objectivo garantir simultaneamente a adequação do uso deste produto como também garantir a protecção do ambiente, da saúde pública e segurança de pessoas e bens. Essa garantia pode ser reforçada através da marcação CE pois é a marcada obrigatória estipulada para a comercialização dos produtos e materiais de construção em geral [S2].

Em 1957 foi criada, a nível nacional a CT 16 – Comissão Técnica de Normalização da Cortiça que por sua vez é constituído por subcomissões que referente aos diferentes tipos de produtos de cortiça. Numa visão mais global esta comissão situa-se dentro da Associação Portuguesa da Cortiça (APCOR) que por sua vez está inserida no Instituto Português da Qualidade (IPQ) (figura 3.2). Neste momento estão em vigor cerca de 40 Normas Portuguesas (NP), aplicáveis a cortiça e derivados, que são revistas e actualizadas de cinco em cinco anos [S2].

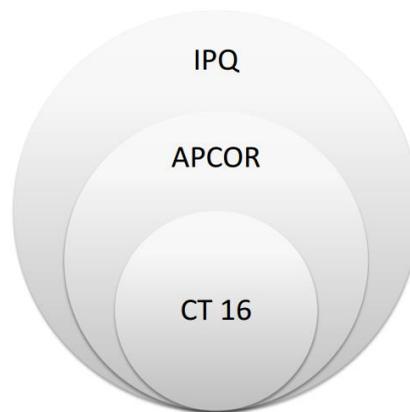


Figura 3.2: Hierarquia das entidades de normalização a nível nacional [S22].

A nível europeu, na sequência de harmonização técnica indispensável ao cumprimento da Directiva dos Materiais e Produtos da Construção (DPC), três das sete sub-comissões da CT16 têm colocado maior empenhamento em acompanhar a normalização deste sector. Desde o início, sendo os domínios em que os aglomerados de cortiça evidenciaram maiores interesses em não afastar dos seus parceiros, foi proposta a criação de Grupos de Trabalho “Cortiça” relativos aos “Isolamentos Térmicos” (CEN/TC 88/WG 13) e “Revestimentos de piso” (CEN/TC 88/WG 4) em 1988. Em 1992 este grupo de trabalho foi acrescido com o grupo de “Revestimentos de paredes” (CEN/TC 99/WG 3) (figura 3.3). No entanto apesar dos pontos fortes deste grupo de trabalho houve factores externos que contribuíram para atrasar a elaboração destas especificações especialmente devido às divergências de opiniões entre a comissão e CEN especialmente quanto aos termos da normalização e no estabelecimento de exigências essenciais de alguns ensaios. Contudo o sucesso desta norma permitiu uniformizar as especificações técnicas facilitando o negócio com os clientes, em igualdade de oportunidades dando ao mesmo tempo uma maior credibilidade nos seus produtos [8].

Como normas aplicáveis tem-se:

- Isolamento térmico: NP EN 13170 mais outros acrescentos para montagens e fixações.
- Revestimento de piso: NP EN 12104, NPEN 655, NP EN 1817 para parquetes e pisos com camada de PVC. Para o cumprimento dos requisitos essenciais da directiva a norma é a NP EN 14041.
- Revestimento de parede: NP EN 12781 e NP EN 13085.

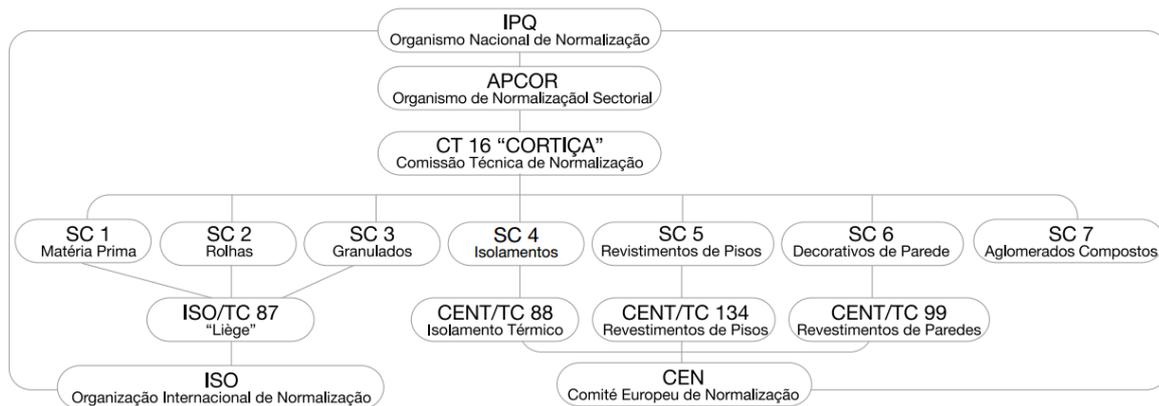


Figura 3.3: Organograma da normalização da cortiça [9].

A nível internacional foi criada a Comissão Técnica ISO/TC 87 sendo esta norma parecida à norma portuguesa. No entanto salienta-se que estas ISO foram anuladas, com excepção dos aglomerados acústicos e juntas que ainda se mantêm em vigor, mas continuam aqui referidas para poderem ser uma referência e úteis para certos fins [6].

### 3.2 Aglomerados

Em termos de fabrico no geral existem dois grupos: cortiça natural e cortiça aglomerada. Os produtos de cortiça natural são constituídos exclusivamente por cortiça sem ter sofrido qualquer tipo de transformação. Fazem parte desta classe produtos como as rolhas e os discos de cortiça. Devido à exigência da qualidade das rolhas existe um processo sistemático até chegar ao produto final passando pela preparação cozedura para eliminar a curvatura inicial, produção das rolhas onde são extraídas da prancha dando a forma, testadas e classificadas e, por fim o acabamento onde são lavadas branqueadas e tratadas. O aglomerado de cortiça é um produto muito importante na indústria pois com o seu aparecimento permitiu um melhor aproveitamento de cortiça de qualidades inferiores e de outros desperdício [1].

A cortiça aglomerada é ainda dividida em dois tipos:

O primeiro são os aglomerados compostos ou aglomerados brancos os quais para além da cortiça é adicionado um adesivo. Fazem também parte deste grupo o chamado rubbercork o qual é constituído para além da cortiça um ligante e um tipo de borracha. O segundo tipo é o chamado aglomerado puro ou também mais conhecido por aglomerado negro pois possui uma cor mais escura que as outras [8] [9].

### 3.2.1 Aglomerados brancos

Para a produção de aglomerados compostos são utilizados os restos de produção de rolhas (cerca de 75%) e são triturados em granulados de granulometria não inferior a 0,25mm o qual é adicionado um adesivo de forma a unir todas estas partículas. Este adesivo inicialmente era de origem animal mas, devido ao aparecimento de bolores passou a ser usado um termoendurecível (fenólicas, epoxídicas, poliéster e poliamida) ou um termoplástico (poliuretano). Para ser considerado um bom adesivo, este deverá recobrir a superfície dos grânulos de modo uniforme, sofrer endurecimento no processo de polimerização e sofrer deformação durante o endurecimento de forma a libertar tensões internas existentes. Para realçar ou inibir determinadas propriedades recorre-se à utilização de aditivos como plastificantes, corantes inibidores de fogo e outros. Em relação a sua fabricação normalmente é feita por prensagem em moldes mas também pode ser por extrusão. Os granulados são colocados num misturador onde é adicionado um adesivo misturando depois até ficar homogénea, por fim a mistura é vazada num molde e prensados. Depois são curados numa estufa e quando estabilizados são cortados com dimensões convenientes com discos de corte de alta velocidade (figura 3.4). Encontra-se no quadro 3.1 as exigências e requisitos dos diferentes propriedades a avaliar neste material de forma a cumprir a conformidade [1].



Figura 3.4: Aglomerado branco [S4].

Quadro 3.1: Especificações referentes ao aglomerado composto de cortiça [9].

<b>Características</b>	<b>Exigências</b>	<b>Método do ensaio</b>
<b>Massa volúmica</b>	a declarar pelo fabricante	NP 2372 ISO 7322
<b>Compressibilidade</b>	a declarar pelo fabricante	NP 2372 ISO 7322
<b>Recuperação</b>		
<b>Tensão de rotura por tracção</b>	≥200kPa	NP 2372 ISO 7322
<b>Resistência à água fervente</b>	Não deve dessegregar	NP 2372 ISO 7322

Em relação ao rubbercork o processo de fabrico é semelhante ao fabrico de uma borracha o qual acrescenta-se a ligação borracha-cortiça através de reacções químicas de vulcanização. É adicionado previamente agentes de vulcanização e catalisadores de polimerização. São colocadas em misturadores cilíndricos de rotação até a obtenção de uma pasta passando depois por uma calandra repetidas vezes até ficar homogénea, por fim são cortadas em forma de placa. A mistura da cortiça com a borracha procura juntar as vantagens dos dois materiais, assim a menor resistência mecânica e instabilidade dimensional da cortiça é compensada pela borracha ao passo que o envelhecimento e o elevado coeficiente de Poisson para compressões excessivas são combatidas pela cortiça. Este material é muito usado na indústria de automóveis como em juntas de motores e embraiagens. Também é utilizado em sistemas de isolamento sonoro e vibrático e em instalações industriais e ginásios como revestimento antiderrapante (figura 3.5) [1].



Figura 3.5: Rubbercork [S6].

### 3.2.2 Aglomerados negros (ICB – Insulation *cork* board)

Em relação aos aglomerados negros, a aglutinação da cortiça é conseguida sem nenhum adesivo devido à expansão volumétrica (por isso também chamado aglomerado expandido) e da exsudação das resinas naturais da cortiça que fazem a agregação das partículas (figura 3.6).



Figura 3.6: Aglomerado negro [S4].

O aglomerado de cortiça expandida foi descoberto em 1892 em Nova Iorque por John Smith que era fabricante de colete salva-vidas compostos por granulado de cortiça envolvidos por lona. Os coletes

eram enchidos com apoio de tubos metálicos para que a lona ficasse estendida. Uma vez, acidentalmente, um desses tubos cheio de granulado de cortiça rolou para uma caldeira e depois verificou-se que, calor não tinha consumido a cortiça no interior do tubo mas que tinha criado uma massa cilíndrica perfeitamente agregada. Este método foi designado por “Joining cork with its natural resins” sob a patente americana n.º 484345.

Actualmente, a aglutinação dos grânulos é conseguida à custa da degradação química da cortiça onde, são aquecidas à temperaturas elevadas em autoclaves, onde o material é sujeito a acção do vapor de água a temperaturas de ordem dos 350°C durante 20 minutos (figura 3.7). Na fábrica existem máquinas que geram vapor a essa temperatura e geralmente trabalham só à noite por questões de economia de energia. O material é baseado em cortiças de pior qualidade, restos de cortiça usada ou falca (cortiça proveniente dos pequenos ramos do sobreiro), onde depois são triturados em grânulos de dimensão entre 5 a 20mm que custa cerca de 2 euros por arroba (15kg). Este consiste num processo faseado onde é retirado o máximo possível de material que é agregado à cortiça e até chegar a essa granulometria é passada por uma série de peneiros e sujeito a um cozimento inicial. Depois numa análise química a este processo constata-se que, devido à temperatura fornecida, a degradação do material dá-se especialmente sobre os polissacáridos e extractivos enquanto a lenhina e suberina são mais resistentes. Os produtos de degradação voláteis são retirados havendo portanto uma perda de massa cerca de 25%. Por fim após o completo aquecimento e estabilidade dimensional, onde é colocado num tanque com água morna cerca de 80 a 90°C para evitar o choque térmico, os blocos são cortados em placas de diferentes espessuras consoante o seu tipo de uso através de serras de disco. Estas depois são colocadas em estufa e depois têm de ser secadas num período mínimo de sete dias antes poderem ser empilhados. Por fim para fins de comercialização, os produtos são armazenados separadamente consoante os requisitos dos clientes onde possuem a etiqueta respectiva com as certificações e algumas propriedades que obrigatoriamente têm de ser declaradas. Normalmente as dimensões são de 1000x500 mm<sup>2</sup> ou 1200x600 mm<sup>2</sup> com espessuras variadas, no entanto podem ser feitas com dimensões diversas conforme o pedido de encomenda do cliente. Encontra-se no quadro 3.2 as exigências e requisitos dos diferentes parâmetros deste material segundo os respectivos ensaios [1] [S12].



Figura 3.7: Aglutinação do grânulos do aglomerado negro de cortiça [S8].

Quadro 3.2: Especificações referentes ao aglomerado de cortiça expandida [9].

Característica		Exigência	Método de ensaio
Condutividade térmica		$\leq 0,060 \text{ W/m.k}$	ISO 8302
Resistência térmica		$0,025 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	ISO 8303
Comprimento	tolerância	Classe L1: valor nominal $\pm 3 \text{ mm}$	NP EN 822
		Classe L2: valor nominal $\pm 5 \text{ mm}$	
Largura	tolerância	Classe W1: valor nominal $\pm 2 \text{ mm}$	NP EN 822
		Classe W2: valor nominal $\pm 3 \text{ mm}$	
Espessura		tolerância	NP EN 823
	$25 \text{ mm} < \text{espessura} \leq 50 \text{ mm}$	Classe T1: $\pm 1 \text{ mm}$	
	$\text{espessura} > 50 \text{ mm}$	Classe T2: $\pm 2\%$ com máximo 2mm	
Esquadria	comprimento e largura	$\leq 4 \text{ mm/m}$	NP EN 824
	espessura	$\leq 2 \text{ mm/m}$	
Planeza		$\leq 2 \text{ mm}$	NP EN 825
Estabilidade dimensional	comprimento e largura	$\leq 0,5\%$	NP EN 1603
	planeza	$\leq 1 \text{ mm/m}$	
Deformação à compressão		$\geq \text{DLT}$	NP EN 1605
Teor em água		$\leq 8\% (\text{m/m})$	NP EN 12105
Reacção e resistência ao fogo		Classificação	NP EN 13501-1
Massa volúmica aparente		$\leq 130 \text{ kg/m}^3$	NP EN 1602
Comportamento à compressão (10% de deformação)		Nível CS (10) $90 \geq 90 \text{ kPa}$	NP EN 826
		Nível CS (10) $100 \geq 100 \text{ kPa}$	
		Nível CS (10) $110 \geq 110 \text{ kPa}$	
Carga pontual		$\geq \text{nível declarado}$	NP EN 12430
Compressibilidade	espessura	$\leq \text{valor declarado}$	NP EN 12431
	compressibilidade	$\leq \text{valor declarado}$	
Tensão de tracção perpendicular às faces		nível TR 40 $\geq 40 \text{ kPa}$	NP EN 1607
		nível TR 50 $\geq 50 \text{ kPa}$	
		nível TR 60 $\geq 60 \text{ kPa}$	
Comportamento à flexão		$\geq 130 \text{ kPa}$	EN 12089 método B
Resistência ao corte		$\geq 50 \text{ kPa}$	NP EN 12090
Absorção de água (curta duração)		$\leq 0,5 \text{ kg/m}^2$	EN 1609 método A
Transmissão ao vapor de água		$\geq \text{valor declarado}$	NP EN 12086
Resistência ao escoamento de ar		$\geq \text{nível declarado}$	EN 29053
Propriedades acústicas		$\geq \text{valor declarado}$	EN ISO 11654

### 3.3 Produtos de revestimento de pisos

No caso de revestimentos de pavimentos as propriedades da cortiça são exploradas nomeadamente devido ao seu poder de amortecimento ao choque em condições de serviço e capacidades de absorção térmica e sonora. É adoptado um material com menor quantidade de vazios tendo uma massa volúmica considerável cerca de 450 a 600 kg/m<sup>3</sup>. A rigidez é outra propriedade a ter em conta pois pretende-se que o pavimento sofra deformações pequenas quando uma carga é actuada e ao mesmo tempo essa deformação deve recuperar-se parcialmente. No entanto esta não é só controlada pela cortiça mas também pelo adesivo que é impregnado. No caso de revestimentos de pavimento são principalmente utilizadas resinas fenólicas e de poliuretano para colar os grânulos com uma percentagem em massa cerca de 4 a 6%. A massa específica que lhe é conferida é relativamente elevada. Este facto é devido a dois factores. O primeiro é o de possuir uma granulometria extensa de forma a garantir menos vazios, no entanto é evitado partículas muito finas devido à elevada superfície específica o que torna o material mais caro, pois sendo o adesivo o elemento mais caro, a elevada superfície específica faz com que haja um maior dispêndio de cola para o mesmo volume de aglomerado (figura 3.8). O segundo factor é a aplicação prévia de uma pressão elevada de forma a minimizar o vazio e aumentado o contacto entre as paredes das células de cortiça [1] [S4].

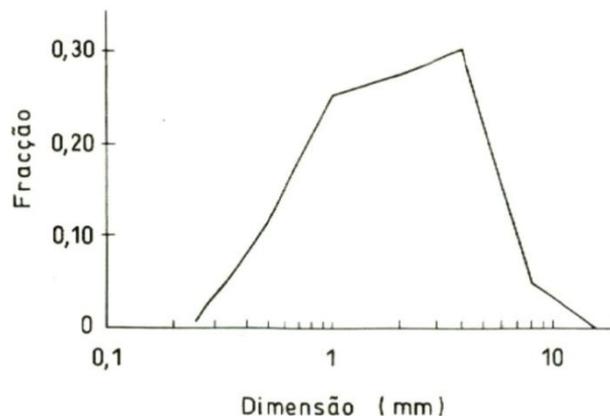


Figura 3.8: Curva granulométrica típica para o fabrico de aglomerados do tipo parquet [1].

A estrutura do aglomerado de cortiça não é uniforme sendo anisotrópica pois a solicitação provoca maiores deformações nos grânulos da periferia e quase nulas no interior. Este facto também está de certa forma relacionado com a molhabilidade da cortiça com o adesivo utilizado e com a direcção onde a prensagem foi feita.

A anisotropia do aglomerado pode ser mostrada através da figura 3.9 podendo distinguir-se os diferentes comportamentos segundo a direcção paralela e perpendicular. É de notar que na direcção perpendicular à compressão apresenta as três regiões tal como foi referido no estudo mecânico na cortiça, onde para pequenas deformações (até 20%) os aglomerados apresentam maior resistência enquanto para grandes deformações acontece o oposto [1].

Os aglomerados utilizados para revestimento de pavimento apresentam um módulo de elasticidade elevado cerca de 20MPa. Outras propriedades que são relevantes a considerar são a fluência e recuperação de dimensões e a resistência ao desgaste [1].

Em termos acústicos, apesar de não ser tão bom como os aglomerados negros, ainda assim são utilizados como revestimentos para correcções sonoras quer aéreas quer de percussão. Como se vê na figura 3.10, segundo ensaios realizados no LNEC, possuem uma baixa capacidade de absorção para uma gama de frequências baixas, até 800 Hz e valores até relevantes para valores acima disso até aos 3000Hz [17].

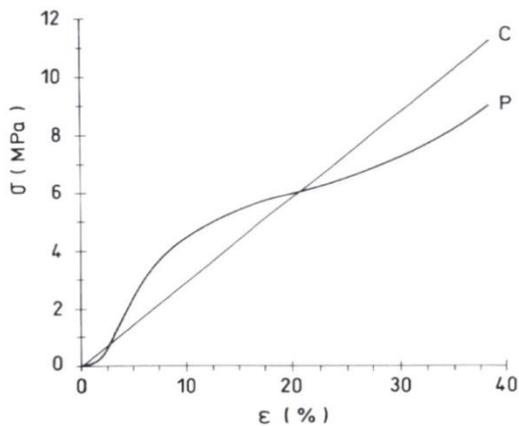


Figura 3.9: Curvas compressão do aglomerado de cortiça. Direcção paralela (C) e perpendicular (P) à direcção da prensagem do aglomerado [1].

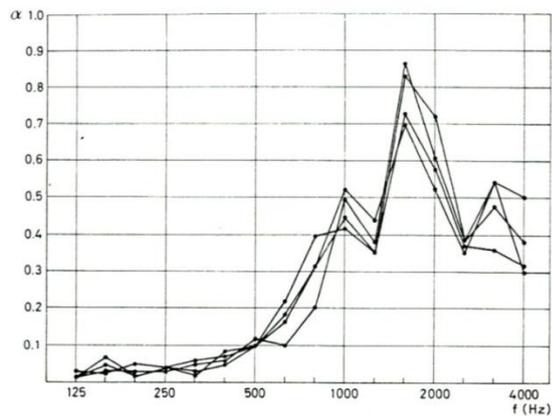


Figura 3.10: Curvas de absorção sonora para vários aglomerados com características semelhantes [17].

Os revestimentos de piso, para além de satisfazer requisitos de certas propriedades são também classificados pela normalização UPEC dividindo as áreas de uso em classes e níveis de uso como se mostra nos quadros 3.3 e 3.4.

Quadro 3.3: Exemplos de área de uso segundo a classificação UPEC [9].

Classe	Exemplos de áreas de uso
21	Quartos
22	Salas de estar e hall de entrada
22+	Salas de estar, hall de entrada, salas de jantar e corredor
23	Salas de estar, hall de entrada, salas de jantar e corredor
31	Hóteis, quartos, salas de conferência e pequenos escritórios
32	Salas de aulas, pequenos escritórios, hotéis e lojas
33	Escolas, centros comerciais e escritórios (espaços abertos)
34	Corredores multiusos e centros comerciais
41	Indústria de montagem de peças
42	Indústria de montagem de peças e armazéns
43	Indústria de montagem de peças pesadas e armazéns

Quadro 3.4: Requisitos relativamente ao nível de uso da classificação UPEC [9].

Classe	Símbolo	Nível de uso	Espessura a total mínima (mm)	Espessura mínima da camada de uso (mm)	Efeito da cadeira de roletes
21		Doméstico moderado	1,8	1,0	Nenhuma exigência
22		Doméstico geral médio	1,8	1,0	
23		Doméstico intenso	2,0	1,0	
31		Comercial moderado	2,0	1,0	
32		Comercial geral	2,0	1,0	Se ensaiado para verificação não devem ocorrer modificação a não ser ligeira alteração da superfície, não deve ocorrer delaminação
33		Comercial intenso	2,0	1,0	
34		Comercial muito intenso	2,0	1,0	
41		Industrial ligeiro moderado	2,0	1,0	
<b>Método de ensaio</b>		EN 685	EN 428	EN 429	

Existem vários tipos de acabamentos. Os revestimentos tradicionais, em que por cima do aglomerado composto de cortiça é dado um acabamento que pode ser encerado ou envernizado. Nos revestimentos não tradicionais, o aglomerado de cortiça fica entre outras películas, tal como o PVC. Outras soluções não-tradicionais, são por exemplo, pisos resilientes onde se mistura os aglomerados de cortiça com borrachas sintéticas, ladrilhos de aglomerado de cortiça com elastómeros e pisos flutuantes. Os aglomerados podem ser corados com pigmentos no processo de fabrico ou pintados superficialmente. A variedade de tipos de revestimento faz com que se torne possível haver soluções de uma folha simples ou com sobreposição de várias folhas (figura 3.12 e 3.13). Em termos de comercialização, os revestimentos tradicionais são normalmente fornecidos em forma de ladrilhos com dimensões 300×300mm<sup>2</sup> com espessuras entre 4 a 6mm e com um determinado acabamento (figura 3.11) [19].



Figura 3.11: Pavimento de cortiça em forma de placas [S4].

A aplicação destes materiais apresenta soluções diversas, sobrepondo este material a outros, nomeadamente, a madeira através de colagem com auxílio de rolos ou prensas. Existem dois tipos de colas: a cola de contacto e a cola unilateral. O que distingue ambas é que na cola de contacto a aplicação é feita no pavimento e no revestimento ao passo que na cola unilateral só se coloca no pavimento. Apresentam-se nos quadros 3.5 e 3.6 os requisitos para ladrilhos de aglomerado de cortiça para revestimentos de piso [19].

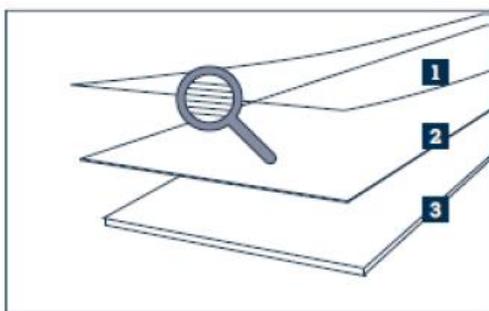


Figura 3.12: Exemplo de solução tradicional de revestimento em cortiça. 1 – Acabamento envernizado de alta resistência; 2 – Camada de cortiça decorativa; 3 – Aglomerado de cortiça [19].

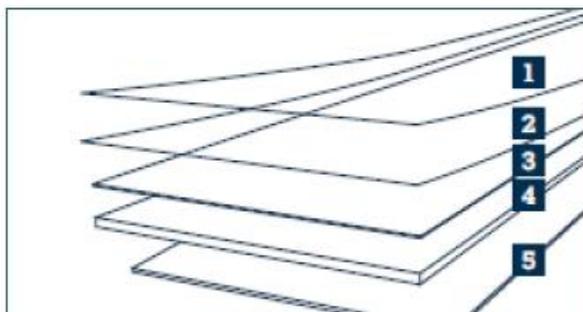


Figura 3.13: Exemplo de solução não-tradicional de revestimento em cortiça. 1 – Acabamento envernizado de alta resistência; 2 – Folha de PVC; 3 – Camada de cortiça decorativa; 4 – Aglomerado de cortiça; 5 – Camada de PVC opaca [19].

Quadro 3.5: Especificações de ladrilhos de aglomerado de cortiça para revestimento de pisos [9].

Característica	Exigência	Método de ensaio
Comprimento do lado	Desvio do valor normal $\leq 0,2\%$ e máximo de 1mm	ISO 9366
		NP EN 427
Espessura total	Desvio do valor normal	ISO 9366
	com acabamento: 0 a 0,25mm	NP EN 428
	sem acabamento: 0 a 0,50mm	
Esquadria e rectilinearidade	lado $\leq 400\text{mm}$ : $\leq 0,50\text{mm}$	ISO 9366
	lado $> 400\text{mm}$ : $\leq 1\text{mm}$	NP EN 427
Massa volúmica aparente	valor médio: $\geq$ nominal	NP EN 433
	valores individuais: $\geq 95\%$ nominal	
Massa por unidade de área	valor médio:	NP EN 430
	nominal $\pm 10\%$	
Estabilidade dimensional	variação permitida:	NP EN 434
	$\leq 0,4\%$	
Encurvamento	$\leq 6\text{mm}$	NP EN 434
Humidade	a declarar pelo fabricante	NP EN 12105

Quadro 3.6: Classificação do ladrilho de cortiça com borracha para revestimento de pisos segundo

NP EN 12104:2000 [9].

Exigências de classificação						
Classe/nível de uso	21	22	23	31	32	41
<b>Espessura total</b>	$\geq 3,2\text{mm}$		$\geq 4,0\text{mm}$			
<b>Massa volúmica aparente</b>	$\geq 400\text{kg/m}^3$		$\geq 450\text{kg/m}^3$		$\geq 500\text{kg/m}^3$	
<b>Massa residual</b>	$\leq 0,4\text{mm}$				$\leq 0,3\text{mm}$	

O piso flutuante é uma outra solução onde são aplicados na camada superior e inferior aglomerado de cortiça e que pelo meio é colocado uma camada intermédia de MDF (chapa de fibra de media densidade) ou HDF (chapa de fibra de alta densidade). As camadas são prensadas, sofrem um tratamento superficial e por fim, são cortadas em dimensões standard, as suas arestas são fresadas permitindo um encaixe entre elas, normalmente do tipo macho-fêmea ou encaixe mecânico tipo clique. Como é mostrado na figura seguinte o piso flutuante é constituído por uma base de aglomerado de cortiça de 1 a 3mm, uma parte intermédia em MDF ou HDF de 6 a 7mm e uma camada de uso de cortiça de 2,5 a 3,2mm, fazendo um total de 10 a 12mm e com dimensões usuais de  $900 \times 300\text{mm}^2$  (figura 3.14) [S4].

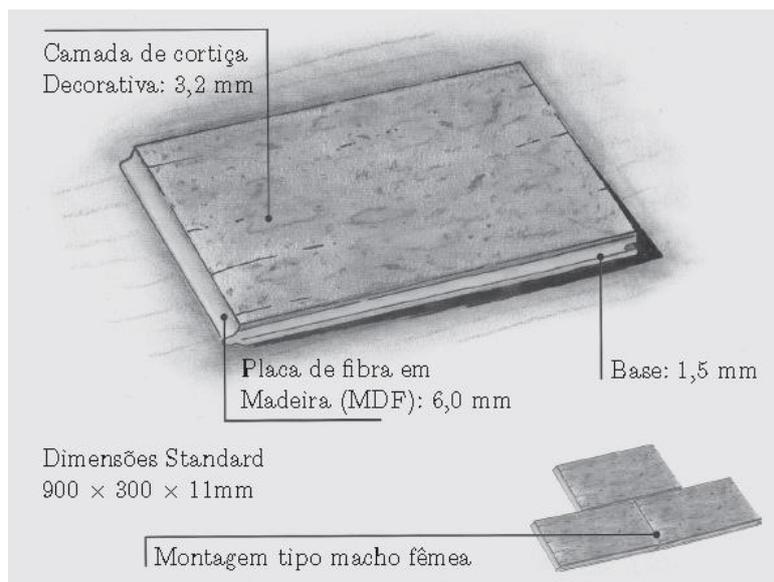


Figura 3.14: Exemplo de placas de aglomerado de cortiça para pavimentos flutuantes [8].

Apresenta-se nos quadros 3.7 e 3.8 as especificações normativas referentes ao piso flutuante.

Quadro 3.7: Especificações referentes aos painéis de revestimento de piso flutuante [9].

Característica	Exigência	Método de ensaio
<b>Dimensão medidas na camada de uso:</b>  <b>Painéis quadrados</b>  <b>Painéis rectangulares</b>	desvio do valor nominal	NP EN 427
	comprimento e largura: $\pm 0,10\%$ com máx 0,5mm	
	largura: $\pm 0,10\%$ com máx 0,5mm	
	comprimento: máx 2,0mm	
<b>Espessura</b>	média: nominal $\pm 0,25\text{mm}$	NP EN 428
	máx desvio da média: $\pm 0,30\text{mm}$	
<b>Esquadria rectilinearidade</b>	$\leq 0,50\text{mm}$	NP EN 427
	$\leq 0,50\text{mm}$	
<b>Planeza do painel em relação a:</b> (côncavo/convexo)	comprimento: $\leq 0,50\%/\leq 1,0\%$	NP EN 14085
	largura: $\leq 0,10\%/\leq 0,15\%$	Anexo A
<b>Folga entre painéis</b>	média: $\leq 0,15\text{mm}$	NP EN 14085
	média: $\leq 0,20\text{mm}$	Anexo B
<b>Desnível entre painéis</b>	média: $\leq 0,15\text{mm}$	NP EN 14085
	média: $\leq 0,20\text{mm}$	Anexo B
<b>Variação dimensional causada pela humidade atmosférica</b>	$\leq 5\text{mm}$	NP EN 14085 Anexo C

Quadro 3.8: Classificação de painéis de revestimento de piso para instalação flutuante – camada de uso em cortiça segundo NP EN 14085:2003 [9].

<b>Exigências e classificações</b>					
<b>Classe/nível de uso</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>32</b>
<b>Espessura nominal da camada de uso de cortiça</b>	≥2,5mm			≥3,0mm	

Em termos gerais, as vantagens da utilização de aglomerado de cortiça para pavimentos, para além da sua boa resistência mecânica e boas capacidades de isolamento, possui propriedades antibacterianas e resistência a bolores e térmitas. Quanto à resistência ao fogo apesar de se queimar tem propriedades retardadoras e não gera fumos tóxicos durante a combustão. Quanto à cor apresenta uma tonalidade natural podendo também ser aplicada pintura. Pode-se dizer que não requer tanta manutenção comparativamente com os outros materiais [S16].

No entanto possui as suas desvantagens. Como muitos dos materiais naturais este é afectado pelos raios ultravioletas, sendo por isso importante aplicar um verniz de alta qualidade. Para cargas concentradas em compressão os vestígios deixados também são nítidos pois ela não consegue recuperar totalmente. Apesar da sua boa durabilidade, em muitas situações, está sujeito a desgastes e riscagens que deixam marcas bem visíveis (figura 3.15) [S16].

Para o correcto tratamento do pavimento deve ser consultada a documentação técnica que possui todas as especificações do material. No entanto em operações rápidas de limpeza pode ser feita pela via húmida desde que não seja um processo prolongado e no caso da utilização de detergentes, este não deve possuir agentes abrasivos. Em termos de protecção é recomendado aplicar um acabamento de poliuretano de forma a prolongar a sua vida útil [19]. Em termos de manutenção, no geral dos pavimentos revestidos em cortiça deve ser feita uma reparação pelo utilizador, de três em três anos, das peças que eventualmente poderão estar soltas e poderão alastrar para problemas maiores [S26].



Figura 3.15: Sinais de desgaste superficial do revestimento de aglomerado de cortiça [19].

### 3.4 Produtos de revestimento de paredes interiores/tectos

Para o caso de revestimentos de paredes/tectos é utilizado um aglomerado mais mole e flexível com massa volúmica mais baixa. Não existe utilização de grânulos tão pequenos para ocupar os vazios como no caso anterior nem possa por um processo de compactação a pressões tão elevadas. O módulo de elasticidade dos aglomerados para revestimento de paredes apresentam valores muito inferiores na ordem de 2 a 3 MPa. As soluções do tipo de acabamento são semelhantes aos que são aplicados para revestimento de pavimentos (figura 3.16 e 3.17) [S4] [S25].



Figura 3.16: Revestimento de parede interior [S4] [S25].



Figura 3.17: Tecto falso de cortiça [S4].

Os revestimentos de parede de cortiça são uma alternativa natural, decorativa e moderna para revestimentos tradicionais. Estes revestimentos são confortáveis, resistentes e de fácil limpeza. Podem ser aplicados quer em espaços públicos quer para privados e adequados a todas as divisões devido à sua capacidade de durabilidade e estética. Também não retêm sujidade e reduzem os ruídos de impacte. Dependendo da utilização estão disponíveis revestimentos de espessuras diferentes e podem ser comercializados em painéis, rolos ou papel de parede. Estes revestimentos não exigem manutenção especial bastando, se necessário, limpar a superfície com panos húmidos [23].

Para a sua aplicação normalmente são colados ao suporte, para isso é necessário garantir boas condições de ligação não só a qualidade da cortiça e da cola mas também do substrato em que é aplicado. Primeiro devem ser limpos todos os resíduos que poderão estar no suporte. No caso de existir em irregularidades devem ser primeiro niveladas aplicando um primário. Depois de estar preparado o suporte é colocado uma cola normalmente de base aquosa no suporte e nos ladrilhos de cortiça com um rolo macio. A quantidade de cola deve ser adequada e o tempo de espera também e estão ambos relacionados com as condições de temperatura e humidade local. Antes da colocação de ladrilhos é necessário primeiro marcar o centro da parede com eixos perpendiculares e marcar outras paralelas a estas para facilitar a colagem. É importante coloca-las sem pressionar demasiado com ajuda de um mata-juntas e ter atenção às juntas de ladrilhos especialmente no cruzamento entre duas paredes [S6].

Existe uma ampla variedade de estilos, padrões e tonalidades. Os tons dos revestimentos podem ser mantidos ou alterados. Existem quatro tipos de opções:

- Superfície natural e lisa onde a cortiça é deixada no seu estado natural sem manchas ou tratamento de superfícies;
- Superfície encerada onde a cera aumenta e destaca as texturas naturais e padrões da cortiça e oferece maior protecção a gorduras;
- Superfície colorada para destacar a decoração de uma dada compartimentação;
- Superfície pintada ou recobertos para dar maiores características de protecção, no entanto este método não é muito usado pois perde-se os padrões naturais que a cortiça demonstra.

No caso dos revestimentos de tecto, a cortiça pode ser directamente aplicada sobre o tecto pregada ou colocada e aplicada com argamassa de gesso ou cimento. Apesar da sua leveza e bom isolamento térmico e acústico possui uma resistência relativamente baixa face a organismos biológicos comparativamente com os materiais tradicionais [S25].

Muitas das exigências destes dois tipos de revestimento são semelhantes ao dos revestimentos de piso e por isso as características já foram mencionadas anteriormente. Encontra-se de seguida nos quadros 3.9 e 3.10 os requisitos referentes a alguns tipos de revestimentos de parede.

Quadro 3.9: Especificações referentes aos painéis de aglomerado de cortiça para revestimento de parede [9].

<b>Característica</b>	<b>Exigência</b>	<b>Método de ensaio</b>
<b>Comprimento do lado</b>	tolerância: 0,5%	NP EN 427
<b>Espessura total mínima</b>	tipo I: 10mm	NP EN 428
	tipo II e III: 2mm	
<b>Esquadria rectilinearidade</b>	lado ≤400mm: ≤0,5mm	NP EN 427
	lado >400mm: ≤1,0mm	
<b>Tensão de rotura por tracção</b>	≥300kPa	ISO 7322
<b>Estabilidade dimensional</b>	variação máxima: ≤0,4%	NP EN 434
<b>Encurvamento</b>	≤6mm	NP EN 434
<b>Humidade</b>	≤7%	NP EN 12105
<b>Massa volúmica aparente</b>	a declarar pelo fabricante	NP EN 672
<b>Resistência das juntas</b>	não deve descolar	ISO 8724
<b>Teor de formaldeído</b>	≤95mg/kg	NP EN 12149

Quadro 3.10: Especificações referentes aos rolos de aglomerado de cortiça para revestimento de parede [9].

<b>Característica</b>	<b>Exigência</b>	<b>Método de ensaio</b>
<b>Dimensões</b>	largura: $\pm 1\%$ do valor nominal	NP EN 426
	comprimento: $\geq$ valor nominal	
<b>Espessura total</b>	$\pm 3\%$ do valor nominal	ISO 7322
<b>Rectilinearidade</b>	tolerância: 1%por cada 5m de comprimento	NP EN 427
<b>Tensão de rotura à tracção</b>	$\geq 200\text{kPa}$	ISO 7322
<b>Humidade</b>	$\leq 7\%$	NP EN 12105
<b>Flexibilidade</b>	não deve abrir fendas	ISO 4708
<b>Teor de formaldeído</b>	$\leq 95\text{mg/kg}$	NP EN 12429

### 3.5 Produtos de isolamento

Os aglomerados negros são utilizados principalmente para isolamento térmico, acústico ou vibrático mas também podem servir como revestimentos exteriores. Os isolamentos térmicos servem para melhorar a resistência térmica dos elementos de construção e também, em casos específicos, utilizadas para isolamentos frigoríficos especialmente em zonas que se tenha de exercer pressões elevadas. Os isolantes acústicos são destinados para corrigir a acústica local ou reduzir o seu nível acústico absorvendo parte da energia quando incidida no aglomerado ou diminuir o tempo de reverberação. Os produtos antivibráticos mais conhecidos por amortecedores são principalmente utilizados para reduzir a energia transmitida por máquinas vibratórias em contacto com o suporte ou fontes de percussão como passos ou queda de objectos. Estas consoante o seu tipo podem ser colocadas na cobertura, no piso entre a caixa-de-ar ou pelo exterior consoante a necessidade e da função que se quer dar [1] [S8] [S17].

As massas volúmicas dos materiais diferem consoante a sua utilização ( $120\text{kg/m}^3$  para os térmicos,  $90\text{kg/m}^3$  para os acústicos e  $180\text{kg/m}^3$  ou superior para os antivibráticos) e são produzidos a partir de diversas distribuições granulométricas. Por exemplo para funções acústicas poderá variar entre 5 a 10mm. Para o caso de funções térmicas tem-se geralmente espessuras entre 5 a 32mm, sendo as mesmas para os amortecedores antivibráticos. A curva de compressão do aglomerado negro continua a ter as três regiões tal como foi explicado para os casos anteriores. O módulo de elasticidade varia entre 1 a 2MPa para isolamentos acústicos e térmicos e 4 a 8MPa para os do tipo vibrático (quadro 3.11) [1].

Quadro 3.11: Diferentes tipos de aglomerados negros [1].

Tipo	Granulometria (mm)	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )
Acústico	5 – 10	80 – 100
Térmico	5 – 32	100 – 150
Vibrático	5 – 32	175 – 320

### 3.5.1 Produtos de isolamento térmico e acústico

A aplicação do aglomerado de cortiça expandida como isolamento térmico e acústico de fachadas é caracterizada pela colocação de placas deste material nas fachadas através de fixação mecânica ou de colagem (figura 3.18). Existem muitas vantagens na utilização destes aglomerados apesar de alguns inconvenientes condicionantes para a sua aplicação como por exemplo a alteração da cor por incidência de raios ultravioletas e sujeita a chuva; também o cheiro inicial quando aplicado não é agradável mas que é transitório e não tóxico [S20].

Opta-se pela sua aplicação como isolamento térmico de fachadas devido à sua estabilidade dimensional protegendo das variações térmicas, resistência a temperaturas muitas altas e muito baixas, correcção das pontes térmicas e pode ainda servir de impermeabilização. Para além destas devido à sua porosidade consegue “transpirar” o que contribui para a economia energética do edifício no sentido de minimizar as trocas de calor (figura 3.19). As propriedades térmicas estão apresentadas no quadro 3.12 [10].



Figura 3.18: Isolamento de aglomerado expandido de cortiça [S3].

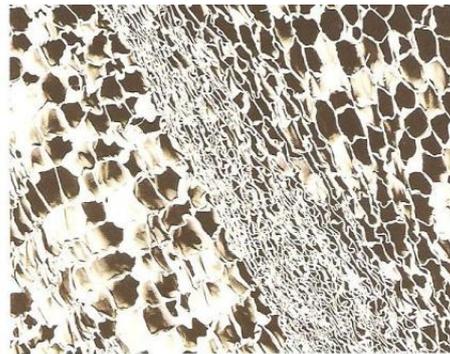


Figura 3.19: Estrutura de aglomerado negro de cortiça do tipo térmico [1].

Quadro 3.12: Características médias do aglomerado de cortiça para isolamentos térmicos [8].

<b>Propriedades</b>	<b>Valor típico</b>	<b>Unidades</b>
<b>Massa volúmica</b>	100 - 140	kg/m <sup>3</sup>
<b>Coefficiente de condutividade térmica</b>	0,039 - 0,045	W/m.°C
<b>Calor específico</b>	1,7 - 1,8	kJ/kg
<b>Coefficiente de expansão térmica</b>	25 - 50	×10 <sup>-6</sup>
<b>Pressão máxima (elástica)</b>	50	kPa
<b>Módulo de elasticidade</b>	1,9 - 2,8	MPa
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0 - 0,02	-
<b>Permeabilidade ao vapor de água</b>	0,002 - 0,006	g/m.h.mmHg
<b>Tensão de rotura à flexão</b>	0,14 - 0,2	MPa
<b>Tensão de rotura à tracção</b>	0,05 - 0,09	MPa
<b>Variação dimensional (25 °C e 75 HR)</b>	0,3	%
<b>Índice de oxigénio</b>	26	%
<b>Tensão de deformação a 10%</b>	0,15 - 0,18	MPa
<b>Deformação sob temperatura a 80°C</b>	1,4 - 2,4	%

Em termos acústicos o aglomerado de cortiça expandida é eficaz na correcção acústica de compartimentos pois consegue reduzir os ruídos aéreos e de percussão e evita ainda a propagação de vibrações existentes. No caso para a aplicação em estruturas de betão para além de reduzir os ruídos de percussão reduz também os ruídos transmitidos pelo ar e transmissão de ruídos e vibrações provenientes de pisos adjacentes. As suas propriedades estão apresentadas no quadro 3.13 [10].

Quadro 3.13: Características médias do aglomerado de cortiça para isolamentos acústicos [8].

<b>Propriedades</b>	<b>Valor típico</b>	<b>Unidades</b>
<b>Massa volúmica</b>	<100	kg/m <sup>3</sup>
<b>Coefficiente de absorção acústica</b>	0,33 - 0,80	-
<b>Coefficiente de condutividade térmica</b>	0,037 - 0,042	W/m.°C
<b>Tensão de rotura à flexão</b>	0,14 - 0,16	MPa
<b>Permeabilidade ao vapor de água</b>	0,004 - 0,010	g/m.h.mmHg
<b>Tensão de rotura à tracção longitudinal</b>	0,03	MPa
<b>Absorção de água por imersão</b>	9,2	%
<b>Absorção de água por capilaridade</b>	1,9	%
<b>Variação dimensional (25 C e 75 HR)</b>	0,4	%

## Algumas aplicações de isolamento térmico e acústico

Apresentam-se de seguida alguns destes tipos de isolamento (figura 3.20):

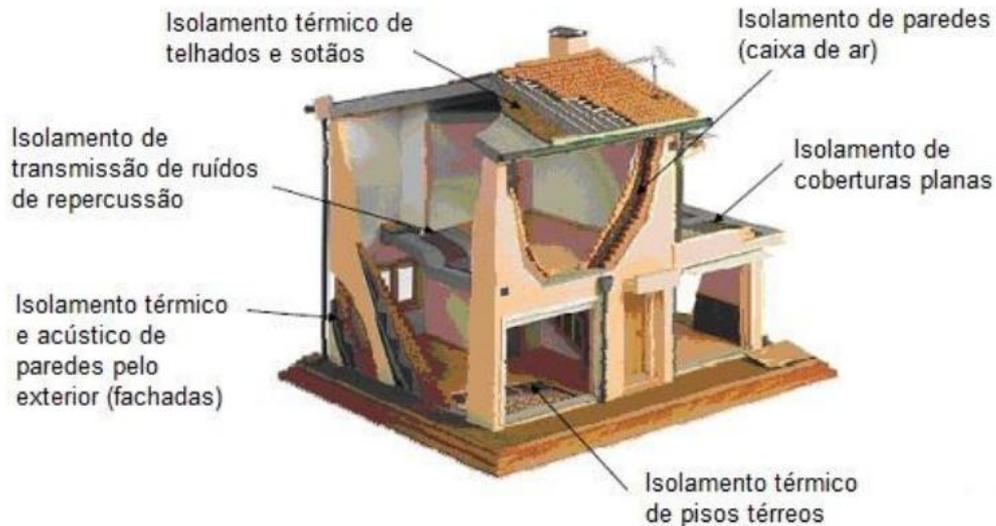


Figura 3.20: Alguns tipos de isolamento feitos de aglomerado negro de cortiça [9].

### Isolamento de parede com caixa-de-ar

No isolamento térmico de paredes as placas de aglomerado de cortiça têm de ser colocadas totalmente ou parcialmente entre as paredes. No entanto a aplicação total, apesar de ser mais fácil de ser executado em obra, pode haver águas de infiltração que entram acidentalmente prejudicando o funcionamento do sistema. A melhor solução para a execução deste sistema consiste na fixação da impermeabilização entre as placas de aglomerado de cortiça e o pano exterior garantindo um espaço de ar drenado e ventilado para o exterior (figura 3.21).

### Isolamento de parede pelo exterior (sistema ETICS)

O isolamento de parede pelo exterior tem como princípio a colagem do aglomerado de cortiça expandida à face exterior da parede e posterior aplicação de um revestimento sobre o isolamento térmico. Este sistema comparando com o anterior confere uma maior resistência ao choque, consegue corrigir as pontes térmicas do edifício e permite diminuir a espessura da parede. No entanto, apesar das vantagens, a sua aplicação deve ser estudada previamente, especialmente no que se refere à protecção contra os agentes exteriores (figura 3.22).



Figura 3.21: Isolamento de parede com caixa-de-ar [S18].

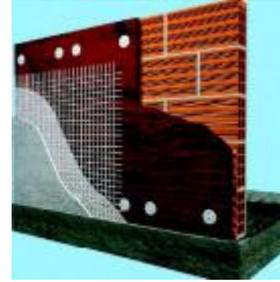


Figura 3.22: Isolamento de parede pelo exterior [S18].

### Isolamento de pavimento

Em geral nos pavimentos o aglomerado de cortiça deve ser colocado no interior, sobre a laje do pavimento de forma a proteger o isolamento. Depois, sobre o aglomerado de cortiça é colocada a betonilha, com interposição de uma folha de plástico ou feltro betuminoso, e por fim, sobre esta é colocado o revestimento de piso. É de chamar a atenção que este tipo de isolamento só se utiliza quando este se localiza em locais ventilados (figura 3.23).

### Isolamento de coberturas

No isolamento de coberturas a vantagem da aplicação do aglomerado de cortiça reside não só no facto da boa estabilidade dimensional face a temperaturas elevadas mas também é caracterizado por ter boa resistência mecânica. Para além disso a minimização do peso próprio nas coberturas é algo importante o que é conseguida com a aplicação do aglomerado de cortiça. Por fim as boas características de absorção acústica deste material podem ser aproveitadas fazendo diverso tipos de soluções. Podem ser usadas não só para coberturas inclinadas mas também para coberturas planas e até coberturas ajardinadas (figura 3.24).



Figura 3.23: Isolamento de pavimento [S18].



Figura 3.24: Isolamento de cobertura inclinada [S18].

## Ensaio e conclusões acerca dos isolamentos térmicos e acústicos

Foram realizados ensaios quanto ao atraso térmico deste tipo de isolamento e depois comparado este efeito com outros materiais mais correntes utilizados na construção.

O conceito de atraso térmico consiste em calcular o tempo decorrido entre a variação térmica numa superfície da parede exterior e o seu efeito que provoca na outra superfície oposta (interior) quando submetido a uma variação de calor. Embora a diferença de temperatura, num dado instante, tenha um determinado valor o fluxo de calor correspondente a essa temperatura só se dá mais tarde, pois está “atrasado” no tempo em relação à variação térmica causada no exterior. Um bom valor de atraso térmico está relacionado com uma baixa condutibilidade térmica e baixa difusividade térmica (rapidez o qual o corpo consegue-se ajustar à temperatura da envolvente) (figura 3.25).

Apresenta-se de seguida, a pedido pelo Amorim Isolamentos SA, um estudo realizado no Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências e Construção da Universidade de Coimbra acerca do atraso térmico do aglomerado de cortiça expandida. A temperatura inicial foi de 20°C com oscilação de 10°C em cada período de 24 horas (quadro 3.14) [10].

Quadro 3.14: Características do aglomerado de cortiça expandida ensaiado [10].

	<b>Condutibilidade térmica</b>	<b>Massa volúmica</b>	<b>Calor específico</b>	<b>Difusividade térmica</b>
<b>Unidades</b>	W/ m.°C	kg/m <sup>3</sup>	J/kg.°C	m <sup>2</sup> /s
<b>Valor</b>	0,038	100	1560	2,44×10 <sup>-7</sup>

Observa-se na figura 3.25 que o atraso térmico é directamente proporcional ao aumento da espessura do isolamento de aglomerado expandido de cortiça.

Foram realizados também ensaios em comparação com outros materiais mais comuns de isolamento: poliestireno extrudido (XPS) e lã de rocha (MW) (quadro 3.15).

Quadro 3.15: Características do XPS e MW ensaiado [10].

	<b>Condutibilidade térmica</b>	<b>Massa volúmica</b>	<b>Calor específico</b>	<b>Difusividade térmica</b>
<b>Unidades</b>	W/ m.°C	kg/m <sup>3</sup>	J/kg.°C	m <sup>2</sup> /s
<b>XPS</b>	0,035	35	1400	7,14×10 <sup>-7</sup>
<b>MW</b>	0,04	70	837	6,83×10 <sup>-7</sup>

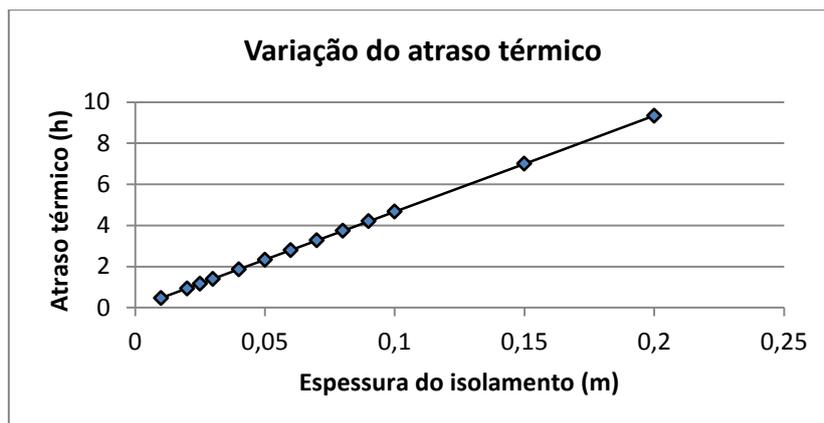


Figura 3.25: Evolução do atraso térmico com o aumento da espessura do isolamento [10].

Segundo os resultados obtidos, o aglomerado de cortiça expandida apresenta melhores capacidades de isolamento face a questão do atraso térmico. No entanto é importante notar que no caso do XPS apesar de possuir uma condutividade térmica menor, o seu comportamento não é tão bom como do aglomerado negro. Isto acontece pois o ICB possui uma difusividade menor, ou seja, o calor proveniente do exterior difunde-se no material e nem se quer chega às paredes interiores, antes pelo contrário é devolvido para o exterior, o que faz com que a temperatura da face receptora seja relativamente baixa. Conclui-se que o ICB leva vantagem em relação aos outros isolamentos para a gama de temperaturas que se aplica (figura 3.26) [10].

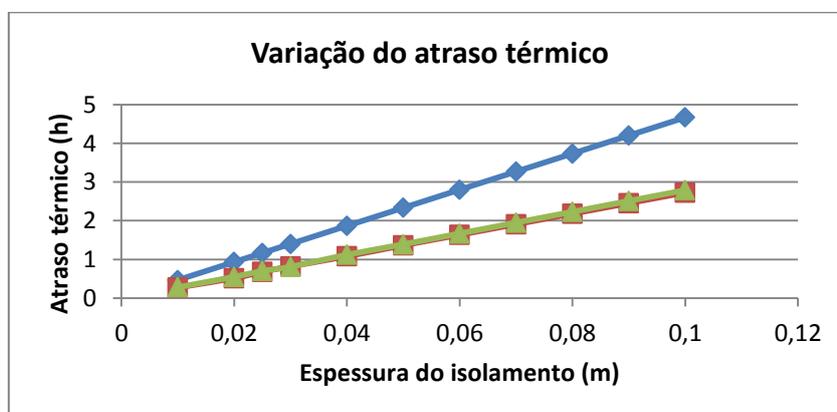


Figura 3.26: Evolução do atraso térmico dos diferentes materiais: ICB (azul), XPS (vermelho) e MW (verde) [10].

Em relação à durabilidade do isolamento de aglomerado de cortiça existem também resultados que comprovam a sua resistência face às condições exteriores.

Foram recolhidos os isolamentos, fornecidos também pelo Amorim Isolamentos SA, de armazéns frigoríficos em Matosinhos (FRIGOMATO) e foram ensaiados no Laboratório de Engenharia Civil (LNEC) segundo a Norma Europeia 12667: 2001 de forma a avaliar a sua condutibilidade térmica. Quando aplicadas, estes isolamentos estavam devidamente isolados e revestidos mas estiveram sujeitas, durante décadas, a condições extremas de humidade e temperatura [10].

Após a realização dos ensaios normalizados, as cinco amostras apresentaram uma condutibilidade térmica média de 0,0392W/ m.°C o que, comparado com um isolamento de aglomerado de cortiça expandido novo ( 0,036 a 0,040 W/ m.°C ), pode-se concluir que este material não perdeu as suas características e apresenta uma boa durabilidade face às condições exteriores referidas (quadro 3.16) [10].

Quadro 3.16: Resultados obtidos para avaliar a durabilidade da condutibilidade térmica [10].

	Características do provete		Condições de ensaio			Resultados do ensaio
	Espessura	Massa volúmica aparente	Temperatura média	Queda de temperatura	Densidade e do fluxo de calor	Condutibilidade térmica
Provete	(mm)	(kg/m <sup>3</sup> )	(°C)	(°C)	(W/m <sup>2</sup> )	(W/m.°C)
<b>A1</b>	28,5	110,8	9,9	16,4	22,4	0,039
<b>A2</b>	28,3	101,5	9,9	16,5	22,8	0,0391
<b>A3</b>	28,4	108,6	10	16,4	22,5	0,039
<b>A4</b>	28,3	98,4	10	16,4	22,7	0,0391
<b>A5</b>	28,3	106,9	10	16,5	23,3	0,0399
<b>Média</b>	-	105	10	-	-	0,0392

No âmbito do programa de colaboração com a Empresa Amorim S.A., com vista ao estudo de desenvolvimento dos seus produtos de aglomerado negro, foram realizados ensaios quanto às propriedades de absorção acústica, para comprovar a capacidade de isolamento do aglomerado negro já referido anteriormente. A amostra do ensaio continha vários tipos de aglomerados com propriedades diferentes: massa volúmica e módulo de elasticidade. Foram também avaliados para casos de revestimento com espessuras diferentes (quadro 3.17) [10].

Quadro 3.17: Propriedades dos aglomerados ensaiados [17].

Tipo de aglomerado	Massa volúmica	Módulo de elasticidade
	(kg/m <sup>3</sup> )	(MPa)
<b>801</b>	116	2,6
<b>404 D</b>	155	4,4
<b>324 D</b>	202	4,5

Segundo os resultados obtidos no geral, pode-se ver que para certos tipos de aglomerados, independentemente das frequências baixas ou altas, os valores de absorção sonora não são bons (variando de <0,1 a 0,5). Enquanto para outros, valores perto dos 500Hz os valores do coeficiente já apresentam valores razoáveis (≈0,2) e para valores mais altos, cerca de 1500 a 3000, apresentam valores muito bons (≈0,7 a 0,9). Esta gama de frequências é aquela que pode normal acontecer no dia-a-dia desde vozes das conversações até ruído provenientes da rua. Comparativamente com

outros materiais mais comuns de construções os valores de coeficiente de absorção é possível ver que os valores são melhores do que muitos deles (figura 3.27) [17].

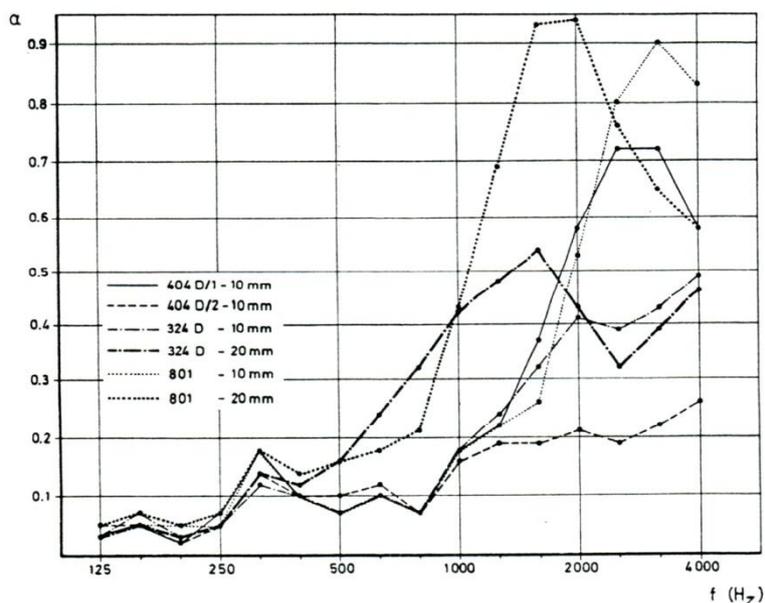


Figura 3.27: Coeficiente de absorção sonora dos vários tipos de aglomerados em função da frequência [17].

De forma a comparar os resultados obtidos apresentam-se de seguida os coeficientes de absorção térmica de outros materiais tradicionais para construção (quadro 3.18).

Quadro 3.18: Coeficientes de absorção sonora de outros materiais em função da frequência [17].

Material/Elemento	Coeficientes de absorção sonora $\alpha$			
	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz
Alvenaria de tijolo rebocada	0,01	0,01	0,02	0,02
Gesso cartonado (13mm) com caixa-de-ar (10cm)	0,11	0,05	0,03	0,02
Madeira (10mm) com caixa-de-ar (10cm)	0,25	0,2	0,17	0,15
Vãos envidraçados	0,08	0,05	0,04	0,03
Espuma de poliuretano (2,5cm)	0,25	0,45	0,84	0,97
Lã de rocha em superfície rígida (5cm)	0,63	0,96	1,00	1,00

Em relação à análise das propriedades que foram enunciadas anteriormente fizeram-se também correlações experimentais chegando a conclusões que já foram mencionadas anteriormente. Sabendo que as propriedades de absorção sonora de um material poroso dependem da propagação das ondas do material que constitui e das mecanismos de dissipação de energia, quanto maior for a porosidade do aglomerado mais absorvente será o material e conseqüentemente menos denso e menos rígido. Daí serem inversamente proporcionais quanto à capacidade de absorção (figura 3.28 e 3.29) [17].

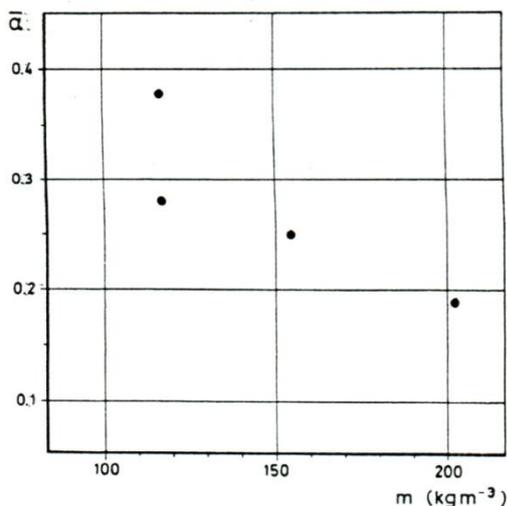


Figura 3.28: Correlação do coeficiente de absorção com a massa volúmica [17].

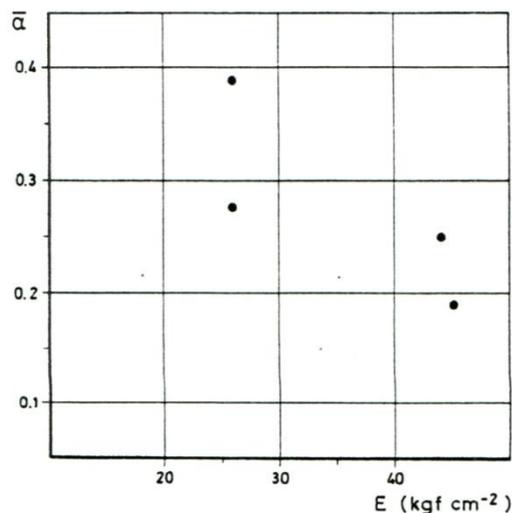


Figura 3.29: Correlação do coeficiente de absorção com o módulo de elasticidade [17].

### 3.5.2 Produtos de revestimento exterior

A aplicação do aglomerado expandido de cortiça no exterior muitas vezes pode ser uma solução mais económica e ao mesmo tempo, tirando partido das propriedades da cortiça, conseguir o isolamento térmico e acústico sem ser preciso a incorporação de outro material na parede com estas características (figura 3.30). Esta técnica não depende só das propriedades da própria cortiça mas também das condições e características do suporte e do sistema de fixação (colagem ou fixação mecânica). Algumas das suas propriedades estão apresentadas no quadro 3.19 [11].



Figura 3.30: Solução de revestimento de parede ICB. 1 – Suporte; 2 – Superfície de colagem; 3 – Revestimento exterior de ICB [S12].

Quadro 3.19: Características de revestimento de parede ICB (SOFALCA) [S12].

Características	Valores
Massa volúmica	120 a 130 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de condutibilidade térmica	0,038 a 0,040 W/m.°C
Absorção de água	0,3 kg/m <sup>2</sup>
Dimensões	1000x500mm
Espessuras	40 a 240mm

Este novo tipo de aplicação foi pela primeira vez utilizado na exposição universal em Hannover em 2000 no pavilhão de Portugal, onde o tema principal do evento destinava-se em encontrar novas tecnologias que garantissem, ao mesmo tempo, a sustentabilidade da natureza. Os casos de aplicação deste método e outros serão referidos mais em detalhe no capítulo 5.

No que diz respeito à normalização destes produtos, tendo elas propriedades semelhantes aos isolamentos exteriores, é possível recorrer às Aprovações Técnicas Europeias (ETA), Guias para Aprovação Técnica Europeia (ETAG) e documentos de homologação dos ETICS. No entanto, sendo este o acabamento final é necessário garantir ainda outros aspectos referentes à durabilidade face às condições exteriores. Para além disso é necessário que as normas relativamente aos materiais/produtos de fixação também sejam cumpridas. Algumas das suas características estão apresentadas no quadro 3.20 [11].

Quadro 3.20: Características normalizadas do aglomerado negro para revestimento de fachadas [11].

	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
<b>Comprimento</b>	1000±5mm	NP EN 822
<b>Largura</b>	500±3mm	NP EN 822
<b>Espessura</b>	(20 a 50mm)±1mm (55 a 160mm)±2mm	NP EN 823
<b>Planeza</b>	≤2mm	NP EN 825
<b>Massa volúmica aparente</b>	≤130kg/m <sup>3</sup>	NP EN 1602
<b>Coefficiente de condutibilidade térmica</b>	≤0,045W/m.°C	EN 12667
<b>Resistência à flexão</b>	≥130kPa	NP EN 12089
<b>Resistência à compressão</b>	≥100kPa	NP EN 826
<b>Resistência à tracção (perpendicular às faces ensaiadas)</b>	≥50kPa	NP EN 1607
<b>Teor de humidade</b>	≤8%	EN 12105
<b>Absorção de água</b>	≤0,5kg/m <sup>2</sup>	NP EN 1609
<b>Reacção ao fogo</b>	≤150mm.h	EN ISO 11925-1

### **Ensaio e conclusões acerca dos revestimentos exteriores**

Existem também resultados obtidos sobre várias propriedades de revestimentos exteriores de aglomerado de cortiça expandida. Estes resultados servem não só para verificar que as condições exigidas sejam garantidas mas também para comparar com os valores tabelados nas fichas técnicas [11].

Foi possível revestir com placas de aglomerado de cortiça expandida, também fornecida pela empresa Amorim Isolamentos SA, uma célula experimental localizada no campus do Laboratório

Nacional de Engenharia Civil (LNEC), com o objectivo de avaliar o seu comportamento em relação a algumas propriedades ao longo de um período de tempo e sob influência de condições diversas [11].

Antes de ser revestida com as placas, era aplicado um revestimento de argamassa de areia e de ligantes hidráulicos sobre as paredes exteriores duplas com panos de alvenaria simples de tijolo cerâmico furado. A colocação das placas foi iniciada com a limpeza da zona envolvente e remoção da argamassa de reboco existente. Aplicou-se o primário de forma a regularizar a superfície e melhorar a rentabilidade da aplicação e colou-se as placas de aglomerado de cortiça expandida com encaixe de topo sobre o suporte. Por fim, para uniformizar a superfície de acabamento recorreu-se a uma lixa mecânica (figura 3.31) [11].



Figura 3.31: Célula experimental com placas de aglomerado de cortiça aplicado [11].

Um dos ensaios que foi realizado foi a determinação da condutibilidade térmica aparente do aglomerado expandido de cortiça em função da humidade relativa, segundo a norma EN 12667. Inicialmente foram recolhidos três provetes (500x500x80 mm<sup>3</sup>) e colocados em câmaras condicionadas a 23°C e às diferentes humidades relativas exigidas pela norma (seco, 50%, 80% e 100%). Para a medição do fluxo os provetes são colocadas num medidor de fluxo térmico onde os provetes são fixados e existem dois fluxómetros que ficarão na face fria e quente do provete.

Foram primeiro calculados a condutibilidade térmica para 10°C e 20°C de forma a verificar a variação desta propriedade com o efeito da temperatura a humidade relativa constante (50%).

Quadro 3.21: Valores de condutibilidade térmica a 10°C e 20°C [11].

Provetes	Condutibilidade térmica a 10°C (W/m.°C)	Condutibilidade térmica a 20°C (W/m.°C)
1	0,04046	0,04191
2	0,04172	0,04189
3	0,04090	0,04142
Média	0,04103	0,04174

Analisando os resultados obtidos (quadro 3.21) vê-se que, a temperaturas mais elevadas obtêm-se valores de condutibilidade mais elevada, pelo facto desta propriedade depender da temperatura do fluxo de calor devido ao aumento de transferência por convecção e radiação.

Quadro 3.22: Efeito da humidade relativa na variação da condutibilidade térmica  $\lambda$ (W/m.°C) [11].

Provete	Massa volúmica	$\lambda_{10}$	$\lambda_{50}$	$\lambda_{80}$	$\lambda_{100}$
4	153,73	0,0405	0,0432	0,0439	0,0444
5	150,83	0,0419	0,0426	0,0437	0,0449
6	150,17	0,0409	0,0420	0,0423	0,0434
Média	151,58	0,0411	0,0426	0,0433	0,0442

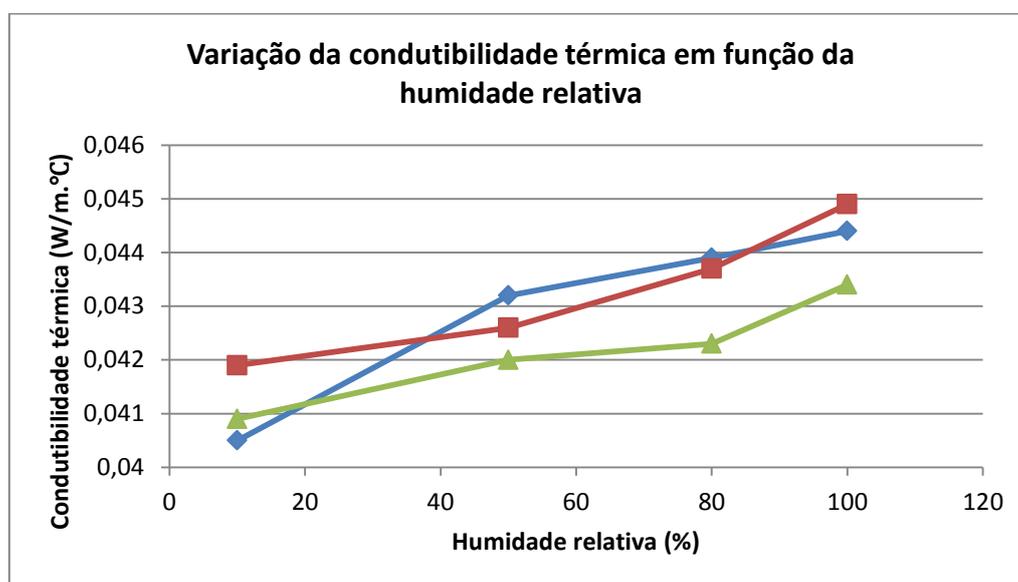


Figura 3.32: Variação da condutibilidade térmica em função da humidade relativa. Provete 4 – Azul; Provete 5 – Vermelho; Provete 6 – Verde. Resultados obtidos para humidade relativa 10%; 50%; 80% e 100% [11].

Como se pode ver na figura 3.32 e no quadro 3.22 quanto maior for a humidade relativa maior será a condutibilidade térmica do isolamento. A água penetra parcialmente ou totalmente nos poros do aglomerado, que inicialmente é ocupado por ar, e sendo estes muito melhores condutores que o ar (cerca de 23 vezes superior), reduzem o nível de isolamento do aglomerado.

No gráfico pode-se constatar que os aumentos de condutibilidade térmica não são constantes sendo diferentes de provete para provete. Esta diferença pode ser explicada essencialmente pela heterogeneidade do material pois sendo derivado de um produto biológico, as suas propriedades apresentam sempre variações que não podem ser controladas [11].

Outro ensaio feito foi o ensaio de durabilidade em relação à sua resistência mecânica. O objectivo do ensaio consiste em avaliar a tensão de rotura à tracção em diferentes condições. Serão comparados os resultados dos provetes iniciais com os que se sujeitaram a vários ciclos de envelhecimento acelerado (humidade e temperatura), com condições de temperatura e humidade mais agravantes.

Foram recolhidos 15 provetes com dimensões faciais de 100x100m<sup>2</sup>, e para cada conjunto de 5 foram avaliadas a sua tensão de rotura em condições de envelhecimento acelerado diferentes: tensão de rotura inicial, ao fim de 7 e 28 dias (quadro 3.23).

Quadro 3.23: Resultados do ensaio de tracção [11].

Ensaio de tracção		Tensão de rotura à tracção	Deformação na rotura
Amostra	Provete	(kPa)	(mm)
Inicial	P1	53,62	2,48
	P2	50,99	2,61
	P3	51,74	2,32
	P4	52,43	2,53
	P5	54,99	2,41
<b>Média</b>		<b>52,75</b>	-
Ao fim de 7 dias	P6	43,47	2,29
	P7	42,84	2,32
	P8	44,55	2,24
	P9	43,76	2,13
	P10	45,32	2,34
<b>Média</b>		<b>45,79</b>	-
Ao fim de 28 dias	P11	33,67	1,84
	P12	31,96	1,92
	P13	50,69	2,28
	P14	52,27	2,15
	P15	35,12	1,79
<b>Média</b>		<b>44,34</b>	-

Através dos resultados que de, forma geral, existe uma quebra quer da tensão de rotura quer do seu deslocamento consoante o agravamento das condições externas. Este facto deve-se essencialmente ao efeito da degradação da suberina com o envelhecimento, pois é esta a substância que estabelece a ligação dentro da estrutura da cortiça. Também é de notar que de uma maneira geral, o valor da tensão desce mais rápido que a deformação o que faz com que o módulo de elasticidade também tende a baixar, especialmente devido a grande quantidade de água que é penetrada. No entanto, para os 28 dias é possível ver alguns valores anómalos pois existe um aumento de tensão de rotura. Estes valores aparecem pelo facto deste material anisotrópico e, por ser derivado de um material orgânico que possui propriedades muito heterogéneas [11].

### **Anomalias e medidas de protecção**

Apesar das vantagens das propriedades da cortiça que foram referidas nos capítulos anteriores, na aplicação em obra, dependendo de caso para caso existem sempre problemas pois não é um material com durabilidade ilimitada.

Para o aglomerado expandido de cortiça para revestimentos exteriores, em condições normais de utilização as placas apesar de estarem sujeitas à incidência solar directa, alguma precipitação e ciclos de molhagem e secagem, pode-se dizer que até possui um bom comportamento não apresentando nem deformações nem descolagens na parede. No entanto um dos problemas mais frequentes é a danificação do material, como por exemplo buracos criados por bicadas de aves ou de outras fontes. Quando os orifícios criados forem grandes poderão condicionar não a estética da fachada mas também propiciar condições para criação de vegetações exógenas ou até mesmo dar origem a maus funcionamentos e situações de insegurança pois atingem a interface entre o suporte ou camadas subadjacentes. Nestes casos, aquando de uma dimensão considerável deve-se proceder à substituição das placas (figura 3.33) [11] [12].



Figura 3.33: Falta de material nas placas do aglomerado expandido de cortiça [11].

Outra particularidade deste material, considerado como uma anomalia por alguns, é o facto da sua mudança de cor devido às condições de ambiente (temperatura, humidade, exposição solar, etc.) a que está disposto. Em muitos projectos tem-se verificado que existe perda de cor nos meses iniciais quando é aplicado, ficando mais claro ou mais escuro consoante a estação de ano Verão ou Inverno, respectivamente. No entanto para muitos arquitectos, esta propriedade é uma vantagem e deve ser mantido por ser um acontecimento cíclico natural. Por outro lado deve-se dar mais atenção às manchas escuras originadas no processo de fabrico pois dá um aspecto tosco e não uniforme tornando a fachada inestética. Para evitar a mudança de tonalidade ou dar outra cor opta-se por tintas aquosas anti raios ultravioletas ou vernizes. Não devem ser usados acabamentos oleosos pois o aglomerado consegue absorve-lo rapidamente, devido à sua grande porosidade, e acabam por não ter qualquer função de protecção (figura 3.34) [11].



Figura 3.34: Diferentes tonalidades do revestimento exterior [11].

### 3.5.3 Produtos de isolamento anti-vibrático

Como foi referido em capítulos anteriores sobre a viscoelasticidade da cortiça, esta é uma das propriedades importantes que faz com que o aglomerado negro de cortiça seja também importante para fins anti-vibratórios dissipando as energias que lhes são fornecidas [1] [20].

Os materiais como o aglomerado negro de cortiça possuem uma combinação de acções elásticas e viscosas, ao se deformarem, a parcela viscosa não sofre deformação e é dissipada pelo atrito interno do material, devido à sua heterogeneidade, que retém a energia que depois é dissipada em forma de calor [1] [20].

É possível comprovar a sua capacidade de amortecimento com ensaios feitos em compressão cíclica numa máquina de ensaios de tracção. O ensaio faz-se da mesma maneira que o ensaio de compressão simples mas com variação da tensão entre cada ciclo num valor entre 0 e um valor de  $\sigma_{max}$ . Mostra-se o resultado deste ensaio na figura 3.35.

A forma do ciclo estabiliza-se ao fim de 5 ciclos e o deslocamento cessa ao fim de 50. É apenas mostrado no gráfico as curvas obtidas para o 1°, 2°, 10° e 50°. Observa-se que devido à existência de uma desfasagem entre a tensão e extensão em todos os ciclos, faz com que haja sempre uma quantidade de energia que é dissipada em todos os ciclos o que evidencia a capacidade de amortecimento do aglomerado [1].

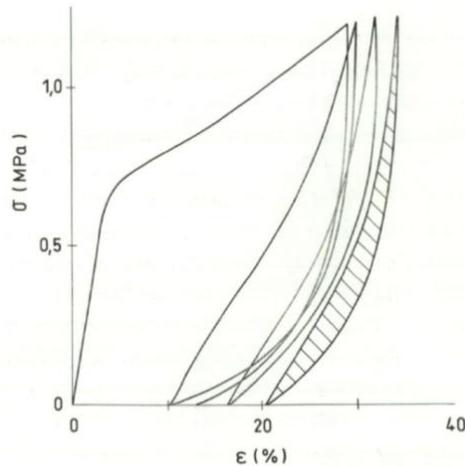


Figura 3.35: Curva de compressão cíclica entre 0 a 1,2MPa, na direcção radial, a baixa frequência ( $5 \times 10^{-2}$ Hz). A área de um anel é a energia dissipada por unidade de volume num ciclo [1].

Os valores favoráveis para ter um bom amortecimento do aglomerado negro de cortiça corresponde fisicamente a valores de massa volúmica elevada, não só porque se obtém melhores valores de módulo de armazenamento  $E'$  mas também a resistências mecânicas e ao desgaste maior de acordo com as exigências devidas às tensões a que estarão sujeitos. Ilustra-se no quadro seguinte, resultados obtidos no LNEC em relação às deformações causadas para diferentes pressões em função da massa volúmica (quadro 3.24) [17].

Quadro 3.24: Variação da resistência à flexão e deformações a diferentes pressões em função da massa volúmica [17].

Massa volúmica kg/m <sup>3</sup>	Resistência à flexão kg/cm <sup>2</sup>	Deformação às pressões em kg/cm <sup>2</sup> de:					
		0,6	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
175/190	2,7/3,2	-	1,0	2,0	3,8	-	-
210/225	3,8/4,5	-	0,8	0,2	3,2	-	-
245/255	6,0/6,7	-	-	1,1	1,8	2,8	-
290/320	7,4/8,2	-	-	-	1,2	1,6	2,0

### 3.6 Outros

Os aglomerados negros de cortiça expandida (e também os rubbercork) podem ser utilizados também como juntas de dilatação. Este é colocado normalmente entre a laje e o piso das construções que aproveita a sua elasticidade acompanhando facilmente as dilatações e contracções do elemento estrutural evitando riscos de assentamentos. [8].

Por fim é importante referir que, para os granulados desperdiçados sem poderem ser usados para outros fins, chamados regranulados, são aproveitados e utilizados como material de enchimento de

paredes, coberturas, terraços ou tectos de último piso. São também utilizados na preparação de argamassas com cimento para aligeirar o peso de determinados elementos de construção, ou até mesmo para fabrico de peças específicas (quadro 3.25) [8].

Algumas das características que se apresentam em catálogos de fabricantes:

- Massa volúmica = 70 -80 kg/m<sup>3</sup>
- Coeficiente de condutividade térmica = 0,048 W/m°C
- Granulometria = 0/3 – 0/10 – 0/15 – 3/15

Quadro 3.25: Características de betões com regranulados (APCOR) [S4].

Traço em volume			Peso (por m <sup>3</sup> )	Resistência à compressão	Condutividade térmica
Cimento	Areia	Regranulado	kg/m <sup>3</sup>	MPa	W/ m.°C
1	0	6	400	0,2	0,13
1	0	4	500	0,6	0,18
1	2	6	900	1,1	0,24
2	3	8	1100	1,7	0,60

Também se encontra no mercado betões leves com incorporação de regranulado de cortiça. Esta é feita com a colocação dos regranulados dentro da betoneira antes da colocação do cimento e areia e a mistura deve ser pouco líquida para evitar a separação dos vários elementos. Este tipo de betão não só tem vantagens em termos de peso (aligeiramento) mas também possui uma melhor capacidade de isolamento térmico e acústico. Durante o fabrico não absorve a humidade do betão o que promove uma secagem mais eficiente sem fissurações (figura 3.36) [S12] [S14].

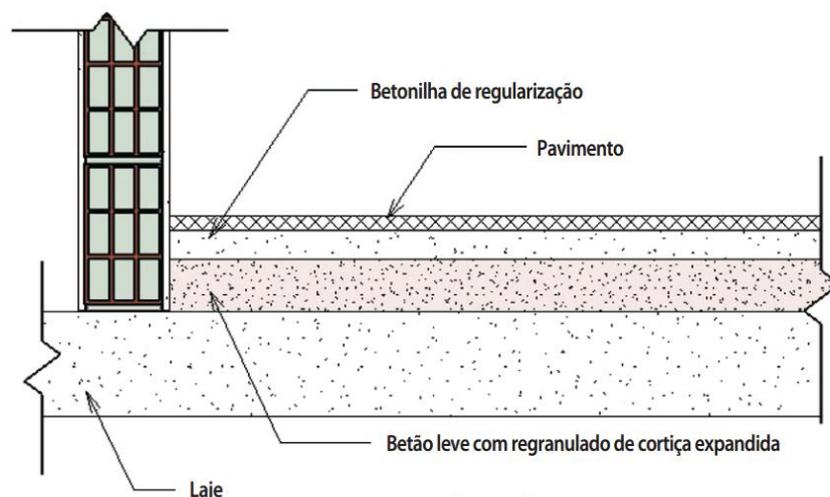


Figura 3.36: Corte da laje para a utilização do betão leve com regranulado de cortiça expandida [S12].

### 3.6.1 Futuro dos produtos de cortiça

A crise em Portugal a indústria de empresas de aglomerados de cortiça foram, de certa forma, afectadas por isso tiveram que repensar outras estratégias de negócio para além da construção, apesar de conseguirem exportar uma vasta quantidade para o estrangeiro onde apreciam mais as qualidades deste material. Foi para a área de design que a utilização da cortiça se alargou fabricando peças de mobiliário para ser colocadas à vista ao contrário dos isolamentos que ficavam dentro da caixa-de-ar. As fábricas tiveram que aprender novas maneiras de processar a cortiça de forma a satisfazer as necessidades dos projectos arquitectónicos e de decoração (por exemplo peças com geometrias irregulares) [S3] [S6].

Outras inovações que estão a ser investigadas na área da construção civil é a sua integração com outros materiais para fins estruturais ou não. Esta não só é uma medida de sustentabilidade para as futuras construções mas também permite tirar vantagens dos vários materiais quando combinadas num material só. O desenvolvimento da indústria dos ligantes certamente irá dar maior uso deste material pois possibilita descobrir novas combinações até de materiais de pior qualidade (resíduos de cortiça) [8].

Existem já testes de soluções de reabilitação mais sustentáveis com a utilização da cortiça. É o caso do sistema GEOGreen, investigado pela Universidade da Beira Interior com a parceria da ISOCOR e SOFALCA tendo já recebido Prémio Inovação Tektónica 2013. O sistema consiste na reutilização de resíduos naturais servindo de suporte para criar zonas de vegetação. Este modelo que está a ser desenvolvido foi baseado em exemplos já existentes como coberturas ajardinadas, no entanto este sistema permite garantir uma maior sustentabilidade pois o consumo de água que será necessário é minimizado devido às propriedades de retenção de água dos materiais usados. A resistência mecânica e capacidade de suporte também são garantidas pela utilização de aglomerado de cortiça expandida. A utilização deste sistema permite dar um ar mais ecológico à construção onde é aplicado contribuindo para um arrefecimento passivo do mesmo associado às características térmicas, acústicas e ambientais dos materiais utilizados (figura 3.37) [S15].



Figura 3.37: Sistema GEOGreen [S15].

Na indústria automóvel, foram feitas inúmeras experimentações com este material e obtiveram-se resultados bastante interessantes em colocar a cortiça dentro do habitáculo nas juntas e no piso. Segundo testes realizados é comprovado que com a cortiça se consegue manter a temperatura com o aquecimento do automóvel ao contrário dos materiais utilizados actualmente como plásticos e, aliado ao facto de ser um material leve, ecológico e confortável ao toque, concede-lhe uma clara vantagem em relação aos materiais até aí utilizados [8].

Outras novas invenções que têm a ver com a área de engenharia. É por exemplo a introdução de um revestimento tubular flexível obtido por extrusão. Este destina-se essencialmente para proteger as tubagens de ar condicionado e de sistemas de aquecimento de água do desgaste por via fotoquímica e térmica (figura 3.38) [8].



Figura 3.38: Revestimento tubular flexível de cortiça [6].

Também tem sido desenvolvido pela Amorim Isolamentos S. A. o aproveitamento do regranulado de cortiça, onde se reutiliza os restos dos defeitos dimensionais das placas de isolamento para a execução de produtos absorventes chamadas Corksorb. Estes desperdícios depois de serem tratadas termicamente são colocados em sacos em forma de almofada ou baguetes que servem de absorvente de derrames, através da sua estrutura porosa, de óleos em fábricas ou até em zonas marítimas pois a cortiça tem capacidades de flutuação (figura 3.39).



Figura 3.39: Barreiras tubulares absorventes Corksorb para controlo de derrames [S29].

## 4. Estudos de mercado

### 4.1 Considerações iniciais

Sendo um material natural maioritariamente da Península mediterrânica, devido às suas propriedades este produto é cada vez mais procurado no estrangeiro. Em relação às exportações, em 2010 a indústria corticeira apresenta valores de cerca de 755 milhões de euros resistindo à crise financeira que existe no país (quadro 4.1) [S1].

Em termos globais 60% das transacções de cortiça a nível mundial têm origem em Portugal. O valor das exportações portuguesas de cortiça representa cerca de 0,7 % do PIB (preços de mercado), 2,24 % do valor das exportações portuguesas [S1].

Quadro 4.1: Exportações e importações de cortiça em Portugal em milhões de euros [S1].

Balança comercial	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Exportações	903,3	896,0	881,7	838,0	848,5	853,8	823,7	698,3	754,5
Importações	139,1	169,8	130,2	146,2	130,4	131,8	129,3	83,0	96,0

Em termos de, produção devido à crise, apresenta uma tendência decrescente e conseqüente perda de valor. Esta tendência não só se revela para o caso da cortiça mas também na produção de bens silvícolas no geral. Segundo dados estatísticos entre 2008 a 2009 a variação de produção de cortiça apresentou uma quebra de 12,1%. Relativamente há 10 anos atrás a perda é ainda mais clara apontando para cerca de 56,6% (figura 4.1) [S1].

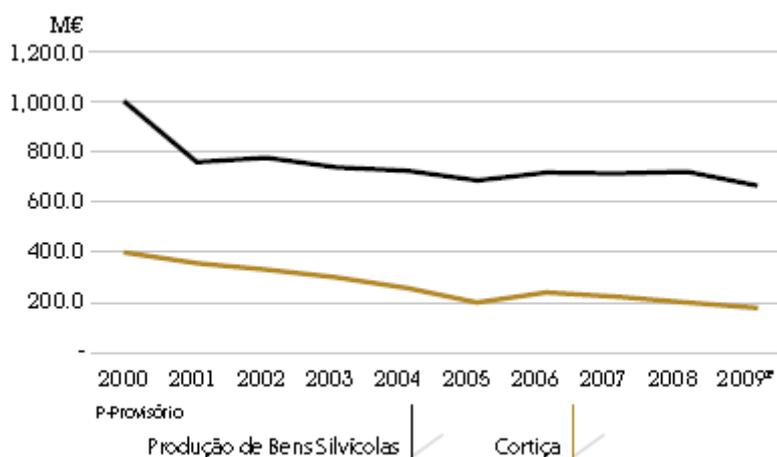


Figura 4.1: Registo das produções de outros bens silvícolas e de cortiça [S1].

O sector é caracterizado como uma tradição para a sociedade portuguesa criando cada vez mais produtos e conquistando novos segmentos de mercado. Neste momento o fabrico de rolhas representa 60% do total das exportações enquanto os produtos de construção civil representam 15%.

Para além destes o resto é ocupado por outras indústrias como a do fabrico de automóveis. Os países que mais importam este produto são a Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos, China, Canadá, entre outros [S1].

Em relação aos materiais de construção da cortiça, estas representam a segunda categoria de produtos de cortiça mais exportada. Segundo dados obtidos em 2010 observou-se que nesse ano atingiu um valor cerca de 176,3 milhões de euros. Apesar do ligeiro crescimento de 2009 para 2010, no geral, devido à crise existe uma tendência decrescente desde 2001, revelando uma perda de 66,5 milhões de euros. Os produtos considerados nesta análise foram essencialmente divididas em quatro tipos (segundo a nomenclatura combinada do Instituto Nacional da Estatística): desperdícios de cortiça; cubos, blocos, chapas, folhas, tiras, ladrilhos, cilindros maciços em cortiça aglomerada com e sem aglutinante em cortiça aglomerada e obras de cortiça. Apesar da tendência decrescente viu-se uma subida acentuada dos produtos em cortiça aglomerada com aglutinante (figura 4.2) [S1].

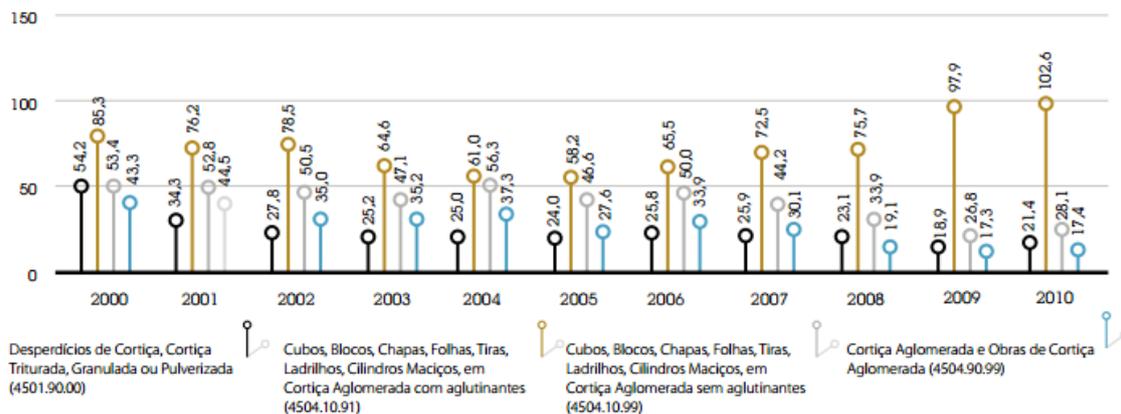


Figura 4.2: Evolução das exportações de materiais de construção de cortiça no período entre 2000 a 2010 (Milhões de euros) [S1].

Também segundo o Instituto da Construção e do Imobiliário, responsável pela revisão de preços das empreitadas em obras públicas, onde publica o índice de custos dos materiais onde destaca o aglomerado negro e os ladrilhos de cortiça sendo estes produtos já bastante utilizados na construção (figura 4.3) [S1].

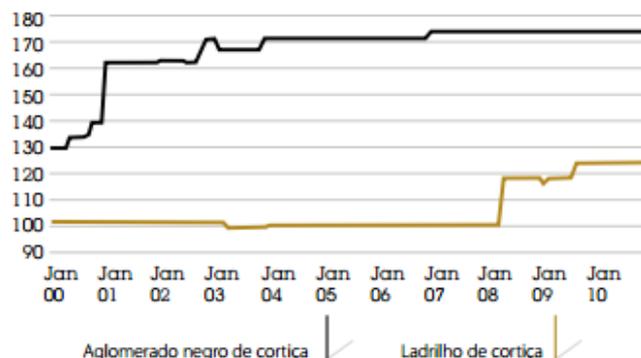


Figura 4.3: Índice ponderado de custos dos materiais de cortiça em relação ao custo no ano 1991 (figura 5.3) [S1].

## 4.2 Exemplos de revestimentos de pisos

No mercado existem diversos tipos de revestimentos de piso de aglomerado branco de cortiça sendo diferentes de fábrica para fábrica, especialmente em termos de soluções e processamento. De seguida serão apresentadas algumas das gamas de revestimento fabricado pela empresa Wincaders possuindo características, padrões e especificações diferentes. Esta empresa é uma marca de excelência dos revestimentos Amorim desde 1868, inspirando-se nos valores da natureza e tecnologias avançadas para execução de soluções orientadas para diferentes usos [S17].

### Gama CORKCOMFORT

Nesta gama os pavimentos são feitos por multicamadas podendo ser em solução flutuante ou colada (figura 4.9 e 4.10). Em todas as soluções existem uma camada superior de verniz que serve de protecção contra desgastes, riscos e abrasões resultantes de utilização corrente. Em termos decorativos existe uma camada fina, imediatamente abaixo à da anterior, existe uma camada fina que dá o tom e a cor que o utilizador desejar. Existem por exemplo o tom claro que cria um ambiente mais tranquilo e relaxado; o tom de couro (leather) que é ideal para criar ambientes rústicos e outros (figura 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8). Debaixo desta situa-se a camada de cortiça aglomerada que oferece conforto, estabilidade e capacidade de isolamento térmico e acústico. As dimensões são um pouco variadas. Para os pavimentos flutuantes podem ser  $905 \times 295 \times 10,5 \text{ mm}^3$  ou  $605 \times 445 \times 10,5 \text{ mm}^3$  consoante a camada decorativa e para os pavimentos colados as dimensões podem ser  $600 \times 300 \times 4 \text{ mm}^3$  ou  $600 \times 300 \times 3 \text{ mm}^3$  dependendo do tipo de acabamento (figura 4.4). As especificações técnicas encontram-se nos quadros 4.2 e 4.3 [18] [S17].



Figura 4.4: Padrões de gama CORKCOMFORT [18].



Figura 4.5: Camada decorativa de tom claro (Identity Moonlight) [S17].



Figura 4.6: Camada decorativa de tom claro (Identity Champagne) [S17].



Figura 4.7: Camada decorativa de couro (Leather Nut) [S17].



Figura 4.8: Camada decorativa de couro (Leather Dusk) [S17].

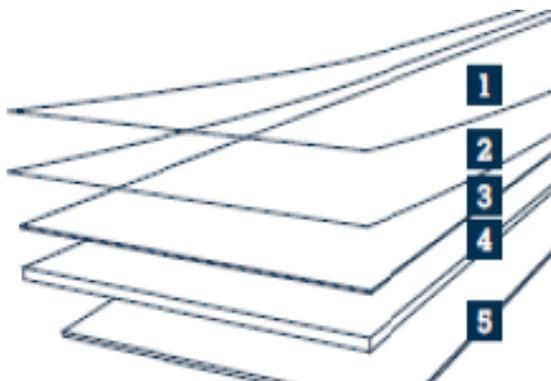


Figura 4.9: Constituição da solução de pavimento colado de HPS. 1 – Acabamento HPS (superfície de alta performance); 2 – Superfície de alta resistência; 3 – Decorativo de cortiça genuína; 4 – Aglomerado de cortiça; 5 – Camada inferior em vinil [18].

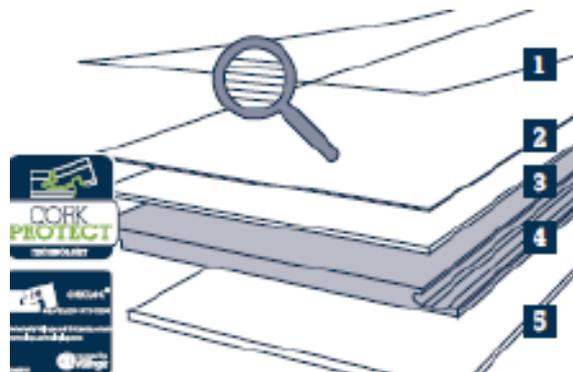


Figura 4.10: Constituição da solução de pavimento flutuante de WRT. 1 – Verniz Xtreme WRT; 2 – Decorativo de cortiça genuína; 3 – Camada de cortiça flexível e isolante; 4 – HDF; 5 – Camada interior de cortiça integrada [18].

Quadro 4.2: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento colado HPS [S17].

<b>Uso</b>	Doméstico	ISO 10874	Classe	23	
	Comercial	ISO 10874	Classe	31	
	Industrial	ISO 10874	Classe	42	
<b>Descrição do acabamento</b>		Verniz acrílico de cura UV com nano-partículas			
<b>Propriedades gerais: EN 14085+EN 12104+EN 665</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Dimensões</b>		EN ISO 24342	mm	≤0,13% até max 0,5mm	
<b>Espessura total</b>		EN ISO 24346	mm	±0,20	
<b>Rectilinearidade medida na camada de uso</b>		EN ISO 24342	mm	-	
<b>Esquadria e rectilinearidade de</b>	≤400mm	EN ISO 24342	mm	≤0,25	
	>400mm		mm	≤0,35	
<b>Massa volúmica da camada de uso</b>		EN ISO 23996	kg/m <sup>3</sup>	Valor nominal (1360) ± 50	
<b>Espessura nominal da camada de cortiça</b>		EN ISO 24340	mm	2,5	
<b>Espessura do underlay</b>		EN ISO 24340	mm	(0,25mm) ± 10%	
<b>Varição dimensional após exposição ao calor</b>		EN ISO 23999	%	≤0,4	
<b>Encurvamento após exposição ao calor</b>		EN ISO 23999	mm	≤6	
<b>Aderência entre camadas</b>		EN ISO 24345	N/50mm	≥35	
<b>Massa total por unidade de área</b>		EN ISO 23997	g/m <sup>2</sup>	Valor nominal (2700) - 10%; +30%	
<b>Peso específico</b>		EN 672	kg/m <sup>3</sup>	-	
<b>Resistência ao fogo</b>		EN 13501-1	classe	Bfl s1	
<b>Propriedades de segurança: EN 14041</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Resistência térmica</b>		EN ISO 12667	m <sup>2</sup> .K/W	R≤0,150	
<b>Redução de ruído de impacto</b>		ISO 140-8	dB (ΔL <sub>w</sub> )	8	

Quadro 4.3: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante de WRT [S17].

<b>Uso</b>	Doméstico	ISO 10874	Classe	23	
	Comercial	ISO 10874	Classe	33	
	Industrial	ISO 10874	Classe	-	-
<b>Descrição do acabamento</b>		Verniz acrílico de cura UV com partículas cerâmicas			
<b>Propriedades gerais: EN 14085+EN 12104+EN 665</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Dimensões</b>		EN ISO 24342	mm	mais 0,10% até largura: max 0,5mm e comprimento: max 2,0mm	
<b>Espessura total</b>		EN ISO 24346	mm	±0,25	
<b>Esquadria</b>		EN ISO 24342	mm	≤0,50	
<b>Rectilinearidade medida na camada de uso</b>		EN ISO 24342	mm	≤0,30	
<b>Esquadria e rectilinearidade</b>	≤400mm	EN ISO 24342	mm	-	
	>400mm		mm	-	
<b>Massa volúmica da camada de uso</b>		EN ISO 23996	kg/m <sup>3</sup>	-	
<b>Espessura nominal da camada de cortiça</b>		EN ISO 24340	mm	-	
<b>Espessura do underlay</b>		EN ISO 24340	mm	-	
<b>Encurvamento após exposição ao calor</b>		EN ISO 23999	mm	-	
<b>Teor de humidade</b>		EN 12105	%	-	
<b>Massa total por unidade de área</b>		EN ISO 23997	g/m <sup>2</sup>	Valor nominal (8000) - 10%; +30%	
<b>Peso específico</b>		EN 672	kg/m <sup>3</sup>	-	
<b>Propriedades de segurança: EN 14041</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Resistência ao fogo</b>		EN 13501-1	classe	Efl s1	
<b>Resistência térmica</b>		EN ISO 12667	m <sup>2</sup> .K/W	R≤0,150	
<b>Redução de ruído de impacto</b>		ISO 140-8	dB ( $\Delta L_w$ )	14	

## Gama LINOCOMFORT

A gama LINOCOMFORT é a gama de linóleo, produzida essencialmente a partir da junção da cortiça com óleo de linhaça, resinas e pigmentos naturais conferindo solução ideal com liberdade criativa para uma grande diversidade de soluções (figura 4.11). É uma solução biodegradável, ecológica, durável e de fácil colocação e só não é recomendado para zonas de humidade excessiva. Quanto à limpeza também é fácil remover a sujidade superficial com uma vassoura ou aspirador. A solução é em pavimento flutuante semelhante à gama anterior mas com uma camada de linóleo. Esta camada, caracterizada anteriormente é coberta por um acabamento HPS (superfície de alta performance) onde não só consegue minimizar os riscos e marcas no pavimento mas também confere uma capacidade antiderrapante e impede o desenvolvimento de microrganismos. Por baixo da folha de linóleo encontra-se a camada de cortiça que desempenha a função de isolamento térmico e acústico. Em relação às dimensões a colecção dispõe painéis de 905x290mm<sup>2</sup> e quadrados de 290x290mm<sup>2</sup> (figura 4.12). Existe uma diversidade de tons de linóleo e com as dimensões pré-definidas ainda permite conjugar os diferentes tipos de peças, basta saber o tipo de função do pavimento e o tipo de mobiliário da divisão que pretende trabalhar (figura 5.13 e 5.14). A especificação técnica encontra-se no quadro 4.4 [18] [S17].



Figura 4.11: Padrões de gama LINOCOMFORT [18].

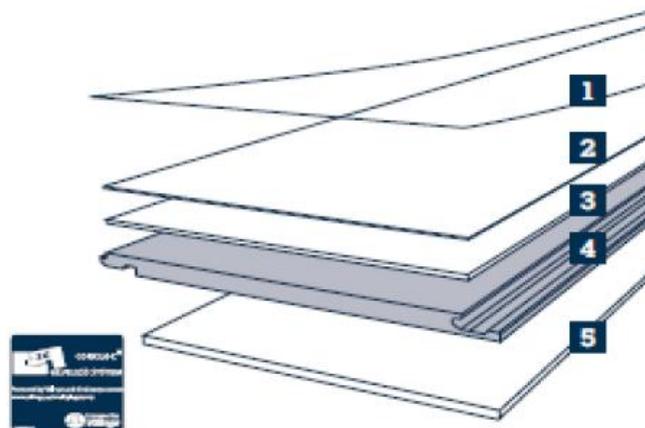


Figura 4.12: Constituição do pavimento flutuante de HPS: 1 – Acabamento HPS; 2 – Folha de linóleo; 3 – Camada de cortiça de alta densidade; 4 – HDF; 5 – Camada inferior de cortiça integrada [18].



Figura 4.13: Exemplo de diferentes tons de linóleo. 1 – Black Slate; 2 – Ivory; 3 – Sorrento Stone; 4 – Bahamas; 5 – Anthracite; 6 – Mist; 7 – Onyx Beige; 8 – Melon [S17].

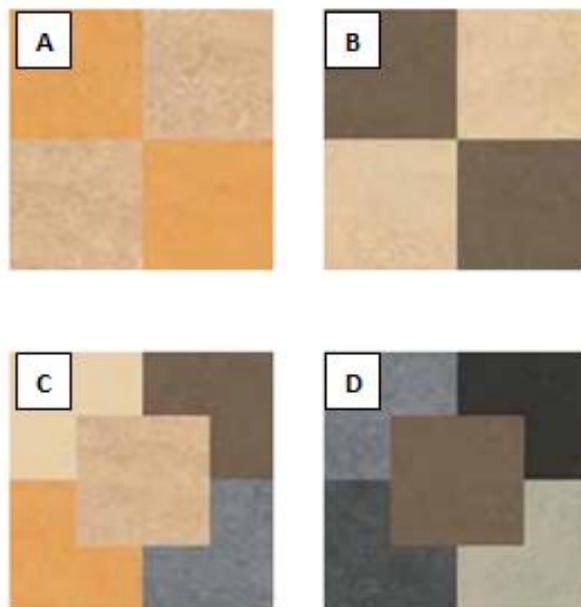


Figura 4.14: Exemplo de algumas misturas de tons de linóleos: A – Onyx Beige e Sorrento Stone; B – Ivory e Chocolate; C – Ivory, Chocolate, Sorrento Stone, Mist e Onyx Beige; D – Smoke, Anthracite, Black Slate, Mist e Chocolate [S17].

Quadro 4.4: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante de HPS [S17].

Teste	Norma	Unidade	Especificações
Classe de uso doméstico	EN 685	Classe	23 
Classe de uso comercial	EN 685	Classe	32 
Classe de uso industrial	EN 685	Classe	-
<b>Propriedades genéricas</b>			
<b>Rectilinearidade</b>	-	mm	0,10
<b>Esquadria</b>	-	mm	0,00
<b>Espessura da camada de uso</b>	EN 429	mm	2,0
<b>Massa volúmica aparente</b>	EN 672	kg/m <sup>3</sup>	830
<b>Massa por unidade de superfície</b>	EN 430	g/m <sup>2</sup>	8300
<b>Estabilidade dimensional</b>	EN 669	%	comprimento 0,03 largura 0,02
	EN 434	%	comprimento 0,10 largura 0,13
<b>Propriedades adicionais</b>			
<b>Redução aos ruídos de impacto</b>	ISO 140-8	dB	16
<b>Resistência térmica</b>	EN 12664	m <sup>2</sup> .K/W	0,095
<b>Condutibilidade térmica</b>	EN 12664	W/m.K	0,104
<b>Resistência à abrasão</b>	EN 660-2	Ciclos/perda de peso (g)	2000/295
<b>Teste à cadeira de castor</b>	EN 425	Efeito	Sem alterações visíveis
<b>Mossa residual</b>	EN 433	mm	0,07
<b>Propensão à electricidade estática</b>	EN 1815	kV	Anti-estático
<b>Resistência à queimadura de cigarros</b>	EN 1399	Aceso	Forte dano
	-	Esmagado	Sem alterações visíveis
<b>Estabilidade à luz</b>	EN ISO 105-B2	Grau	Escala de cinzas:5
	EN 15187	Classe	Escala de azuis:>6

## Gama VINYLCOMFORT

Nesta solução é utilizado o vinílico como acabamento dando ao revestimento de piso uma maior resiliência (figura 4.15). Nesta gama distingue-se das soluções tradicionais pois as placas são encaixadas de forma segura em solução flutuante. Apenas das juntas serem seladas de forma a proteger da humidade (figura 4.16). Para além das vantagens da fácil instalação e limpeza este acabamento dá um aspecto elegante podendo ser apresentado com diferentes tons mas também texturas de diferentes materiais o que torna a solução bastante inovadora. Em relação às camadas abaixo de cortiça, tal como nas gamas anteriores para além de fornecer boas características de isolamento também permite garantir um grande conforto reduzindo custos de energia significativos. Esta solução é muito utilizada especialmente para espaços residenciais domésticos e também em espaços comerciais. Os formatos disponíveis são  $905 \times 295 \times 10,5 \text{ mm}^3$  ou  $905 \times 185 \times 10,5 \text{ mm}^3$  consoante a textura visual, pedra ou madeira respectivamente, que se pretende para a camada de acabamento (figura 4.17 e 4.18). A especificação técnica encontra-se no quadro 4.5 [18] [S17].

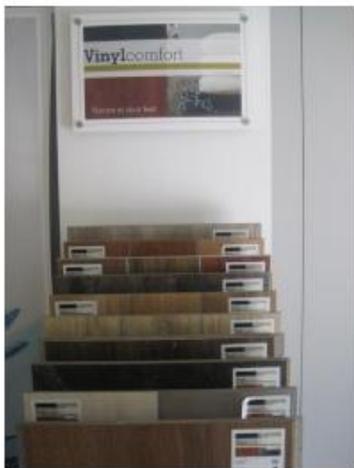


Figura 4.15: Padrões de gama VINYLCOMFORT [18].

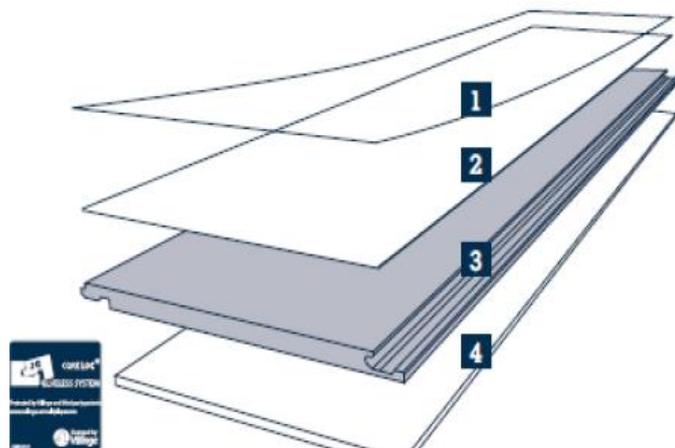


Figura 4.16: Constituição da solução de pavimento flutuante. 1 – Folha de vinil (com camada de desgaste de 0,3mm); 2 – Camada de cortiça de alta densidade; 3 – HDF; 4 – Camada inferior de cortiça integrada [18].



Figura 4.17: Exemplos de de folha de vinilo com texturas visuais de pedra: A – Pedra lunar (superfície com textura delicada e subtil); B – Pedra vulcânica (estrutura polida e sofisticada); C – Pedra laminada (textura forte e marcante) [S17].



Figura 4.18: Exemplos de folha de vinilo com texturas visuais de madeira: 1 – Alaska Oak; 2 – Chalk Oak; 3 – European Oak; 4 – Provence Oak; 5 – Canyon Oak; 6 – Smoked Oak [S17].

Quadro 4.5: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante [S17].

<b>Uso</b>	Doméstico	EN 685	Classe	23	
	Comercial	EN 685	Classe	32	
	Industrial	EN 685	Classe	-	-
<b>Propriedades gerais: EN 14085+EN 12104+EN 665</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Dimensões</b>		EN 427	mm	mais 0,10% até largura: max 0,5mm e comprimento: max 2,0mm	
<b>Espessura total</b>		EN 428	mm	±0,25	
<b>Esquadria</b>		EN 427	mm	≤0,50	
<b>Rectilinearidade medida na camada de uso</b>		EN 427	mm	≤0,30	
<b>Esquadria e rectilinearidade</b>	≤400mm	EN 427	mm	-	
	>400mm		mm	-	
<b>Massa volúmica aparente</b>		EN 672	kg/m <sup>3</sup>	Valor nominal (900)±50	
<b>Massa total por unidade de área</b>		EN 430	g/m <sup>2</sup>	Valor nominal (9800) - 10%; +13%	
<b>Mossa residual</b>		EN 433	mm	≤0,15	
<b>Varição dimensional (calor)</b>		EN 434	%	-	
<b>Encurvamento após exposição ao calor</b>		EN 434	mm	-	
<b>Propriedades de classificação: EN 655 + EN 649</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Espessura total (vinil + camada de cortiça)</b>		EN 428	mm	≥3,0	
<b>Espessura da camada de uso (grupo desgaste T)</b>		EN 429	mm	≥0,3	
<b>Propriedades de segurança: EN 14041</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Resistência ao fogo</b>		EN 13501-1	classe	Bfl s1	
<b>Resistência térmica</b>		EN 12667	m <sup>2</sup> .K/W	0,112	
<b>Redução de ruído de impacto</b>		ISO 140-8	dB ( $\Delta L_w$ )	16	

## Gama WOODCOMFORT

Nesta colecção a solução baseia-se na execução de pavimentos flutuantes principalmente na junção de duas matérias-primas, a madeira e cortiça não só a nível visual mas também funcional pois a madeira consegue dar um aspecto mais natural e uma maior resistência protegendo a cortiça flexível que confere a capacidade de isolamento à solução. Para além da compatibilidade ecológica dos dois materiais a sua aliança faz com que estabeleça também um balanço entre a estética e o conforto desta solução (figura 4.19 e 4.20). Em cima desta possui ainda uma superfície de resistência ao choque e uma camada de HPS, tal como explicado anteriormente serve para proteger dos riscos e abrasões (figura 4.21). A solução não está a ser desenvolvida apenas para áreas domésticas mas também para zonas comerciais, escritórios e áreas públicas. A dimensão corrente é de 1220x140mm<sup>2</sup> com micro-biselados nos quatro lados. Existe também a solução colada que é parecida à anterior mas requer apenas o uso de uma cola acrílica unilateral e as dimensões são 900x150mm<sup>2</sup> com 3,2mm de espessura (figura 4.22). As especificações técnicas encontram-se nos quadros 4.6 e 4.7 [18] [S17].



Figura 4.19: Padrões de gama WOODCOMFORT [18].

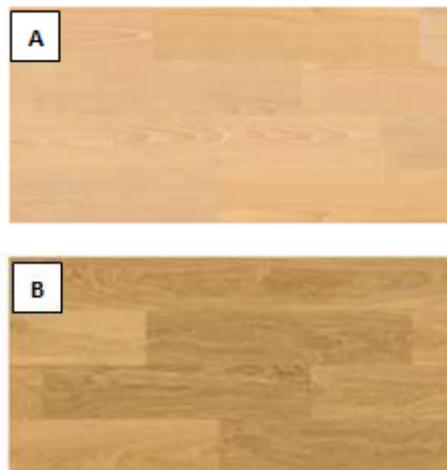


Figura 4.20: Exemplos de camadas decorativas de madeira. A – Classic Beech; B – Classic White Oak [S17].

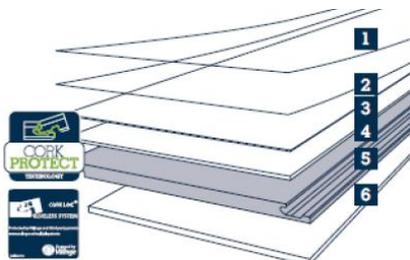


Figura 4.21: Constituição da solução de pavimento flutuante de HPS. 1 – Acabamento HPS; 2 – Superfície de alta resistência; 3 – Decorativo de madeira genuína; 4 – Camada de cortiça flexível e isolante; 5 – HDF; 6 – Camada inferior de cortiça integrada [18].

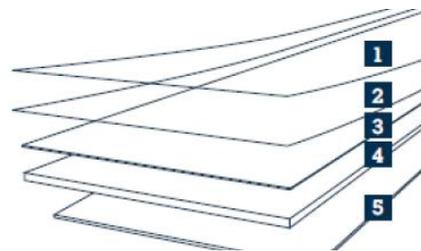
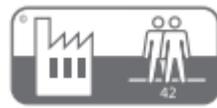


Figura 4.22: Constituição da solução de pavimento colado de HPS. 1 – Acabamento HPS; 2 – Superfície de alta resistência; 3 – Decorativo de madeira genuína; 4 – Camada de cortiça flexível e isolante; 5 – Camada inferior de vinil integrada [18].

Quadro 4.6: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento flutuante de HPS [S17].

<b>Uso</b>	Doméstico	ISO 10874	Classe	23	
	Comercial	ISO 10874	Classe	33	
	Industrial	ISO 10874	Classe	-	-
<b>Descrição do acabamento</b>		Verniz acrílico de cura UV com nano-partículas			
<b>Propriedades gerais: EN 14085+EN 12104+EN 665</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Dimensões</b>		EN 427	mm	mais 0,10% até largura: max 0,5mm e comprimento: max 2,0mm	
<b>Espessura total</b>		EN 428	mm	±0,25	
<b>Esquadria</b>		EN 427	mm	≤0,50	
<b>Rectilinearidade medida na camada de uso</b>		EN 427	mm	≤0,30	
<b>Esquadria e rectilinearidade</b>	≤400mm	EN 427	mm	-	
	>400mm		mm	-	
<b>Espessura nominal da camada de cortiça</b>		EN 429	mm	-	
<b>Espessura do PVC de backling</b>		EN 429	mm	-	
<b>Massa volúmica da camada de uso</b>		EN 436	kg/m <sup>3</sup>	Valor nominal (1360)±50	
<b>Massa total por unidade de área</b>		EN 430	g/m <sup>2</sup>	Valor nominal (9800) - 10%; +13%	
<b>Encurvamento após exposição ao calor</b>		EN 434	mm	-	
<b>Aderência entre camadas (PVC)</b>		EN 431	N/50mm	-	
<b>Propriedades de classificação: EN 655 + EN 14085</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Espessura da camada de uso (grupo desgaste T)</b>		EN 429	mm	≥0,5	
<b>Mossa residual</b>		EN 433	mm	≤0,25	
<b>Propriedades de segurança: EN 14041</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Resistência ao fogo</b>		EN 13501-1	classe	Bfl s1	
<b>Resistência térmica</b>		EN 12667	m <sup>2</sup> .K/W	≤0,098	
<b>Redução de ruído de impacto</b>		ISO 140-8	dB ( $\Delta L_w$ )	14	

Quadro 4.7: Ficha técnica sobre alguns dos requisitos do pavimento colado de HPS [S17].

<b>Uso</b>	Doméstico	ISO 10874	Classe	23	
	Comercial	ISO 10874	Classe	33	
	Industrial	ISO 10874	Classe	42	
<b>Descrição do acabamento</b>		Verniz acrílico de cura UV com nano-partículas			
<b>Propriedades gerais: EN 14085+EN 12104+EN 665</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Dimensões</b>		EN 427	mm	≤0,13% até 0,5mm max	
<b>Espessura total</b>		EN 428	mm	±0,20	
<b>Esquadria</b>		EN 427	mm	-	
<b>Rectilinearidade medida na camada de uso</b>		EN 427	mm	-	
<b>Esquadria e rectilinearidade</b>	≤400mm	EN 427	mm	≤0,25	
	>400mm		mm	≤0,35	
<b>Espessura nominal da camada de cortiça</b>		EN 429	mm	2,5	
<b>Espessura do PVC de backling</b>		EN 429	mm	(0,25mm)±10%	
<b>Massa volúmica da camada de uso</b>		EN 436	kg/m <sup>3</sup>	Valor nominal (1360)±50	
<b>Massa total por unidade de área</b>		EN 430	g/m <sup>2</sup>	Valor nominal (2900) +13%; -10%	
<b>Encurvamento após exposição ao calor</b>		EN 434	mm	≤6	
<b>Aderência entre camadas (PVC)</b>		EN 431	N/50mm	≥35	
<b>Propriedades de classificação: EN 655 + EN 14085</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Espessura da camada de uso (grupo desgaste T)</b>		EN 429	mm	≥0,5	
<b>Mossa residual</b>		EN 433	mm	≤0,20	
<b>Propriedades de segurança: EN 14041</b>		<b>Norma</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especificações</b>	
<b>Resistência ao fogo</b>		EN 13501-1	classe	Bfl s1	
<b>Resistência térmica</b>		EN 12667	m <sup>2</sup> .K/W	≤0,024	
<b>Redução de ruído de impacto</b>		ISO 140-8	dB (ΔL <sub>w</sub> )	8	

### 4.3 Exemplos de revestimentos de paredes/tectos

Também dentro da empresa Wincaders encontra-se apenas uma secção destinada para revestimentos de parede interior com aglomerado branco de cortiça chamada DECKWALL. Esta colecção é descrita como uma solução que combina formas e texturas únicas com o conforto da cortiça e possui uma boa durabilidade que conserva ao longo muito tempo. As texturas apresentadas são parecidas às dos revestimentos de pavimento podendo variar de tons originais da cortiça ou rústicos até visuais mais modernas e exóticas (figura 4.23 a 4.26). As dimensões das peças são 600x300mm<sup>2</sup> com 3mm de espessura e possuem um acabamento encerado ou envernizado. A especificação técnica encontra-se no quadro 4.8 [S17].



Figura 4.23: Textura Alabaster Cream com acabamento envernizado [S17].



Figura 4.24: Textura Cayman com acabamento encerado [S17].



Figura 4.25: Textura Malta Chestnut com acabamento encerado [S17].



Figura 4.26: Textura Hawaii Exclusive com acabamento encerado [S17].

Quadro 4.8: Ficha técnica sobre paredes de revestimentos interiores da colecção DECKWALL [S17].

Propriedades	Norma/teste de ensaio	Unidade	Resultado	
			Encerado	Envernizado
Dimensões	EN 427	mm	600±0,5%	
			300±0,5%	
Esquadria	EN 427	mm	600:<1,0mm	
			300:<0,5mm	
Espessura	ISO 7322	mm	3,0±0,3%	
Massa volúmica aparente	EN 672	kg/m <sup>3</sup>	≥200	
Peso específico	EN 434	%	≤0,4	
Encurvamento	EN 434	mm	≤6	
Teor de humidade	EN 12105	%	≤7	
Resistência térmica	EN 12667	m <sup>2</sup> .K/w	0,0583	0,0572
Resistência ao fogo	EN 13501-1	Classe	Es2, d0	Ds1, d0
Redução de ruído	ISO 354	aw	0,10	
Emissão de metais pesados e elementos específicos	EN 12149	-	Cumprimento requisito	

Quanto ao revestimento de tecto, Este tipo de revestimento não é muito documentado por haver muitos tipos de solução e muitas das vezes é referido na caracterização do revestimento de paredes pois, em termos de aplicação são mais ou menos parecidos. É descrito como uma solução de alta qualidade que conjuga a beleza e sustentabilidade com a qualidade da solução. Para um produto natural é considerado um material que possui bastante estabilidade face à alteração da função para o qual foi projectado. Normalmente a comercialização destas placas contém dimensões de 300x300mm<sup>2</sup> ou 600x300mm<sup>2</sup> e espessuras de 3mm. Não só podem ser aplicados em casas domésticas mas também em restaurantes e hotéis. Quanto aos acabamentos podem ser encerados, envernizados ou com outros efeitos especiais na estrutura do revestimento. Os tons e texturas dadas para o visual são também parecidos ao dos revestimentos de parede. Quanto à instalação a superfície deve ser limpa e regularizada e aplicada cola nas duas interfaces (figura 4.27) [S17].



Figura 4.27: Revestimento de tecto com uma textura de Oak wood com um acabamento envernizado [S18].

#### 4.4 Produtos de isolamento

Tal como foi referido anteriormente, as empresas de construção civil aproveitam a cortiça rejeitada do fabrico de rolhas para fabricar isolamentos diversos com uma grande variedade de soluções. Apresentam-se de seguida os vários tipos de isolamentos fabricados pela empresa ISOCOR. Esta empresa promove e comercializa os produtos produzidos e desenvolvidos pela empresa mãe, a SOFALCA. A SOFALCA é uma empresa portuguesa familiar fundada em 1966 sediada em Abrantes e centra a sua actividade na produção de aglomerado de cortiça expandida. A unidade industrial situa-se perto do montado de forma a otimizar o circuito entre a matéria-prima e a produção. Paralelamente à produção contém também parcerias onde permite ter um feedback sobre os produtos comercializados numa perspectiva de melhoria contínua e encontrar novos tipos de aplicação. A ficha técnica encontra-se no quadro 4.9 [S11].

Quadro 4.9: Ficha técnica sobre produtos de isolamento ISOCOR [S11].

<b>Propriedades</b>	
<b>Massa volúmica</b>	100 a 120kg/m <sup>3</sup>
<b>Coefficiente de condutividade térmica</b>	0,037 a 0,040W/m.k
<b>Difusão térmica</b>	1,4 a 1,9x10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /s
<b>Tensão de rotura à flexão</b>	0,14 a 0,2 MPa
<b>Tensão de compressão com extensão a 10%</b>	≥100kPa
<b>Módulo de elasticidade</b>	1,5N/mm <sup>2</sup>
<b>Permeância ao vapor de água</b>	386ng/Pa.s.m <sup>2</sup>
<b>Resistência à difusão do vapor de água</b>	7 a 14
<b>Classe de reacção ao fogo</b>	Es1, d0
<b>Dimensões das placas</b>	
Comprimentoxlargura	1000x500mm <sup>2</sup>
Espessuras	10 a 300mm
<b>Valores de isolamento em função da espessura</b>	
<b>Espessuras (mm)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>.k/W)</b>
40	1,000
50	1,250
60	1,500
80	2,000
<b>Certificações</b>	
<b>Certificação/Normalização</b>	
<b>Classe de emissões para o ar interior</b>	

#### 4.4.1 Isolamentos de cobertura

Apresentam-se de seguida algumas soluções de isolamento de cobertura comercializadas pela ISOCOR. Estes produtos são caracterizados por terem uma boa resistência e durabilidade, excelente atraso térmico e serem de fácil instalação. A temperatura de utilização varia de  $-180^{\circ}\text{C}$  a  $140^{\circ}\text{C}$  (figura 4.28 a 4.34).

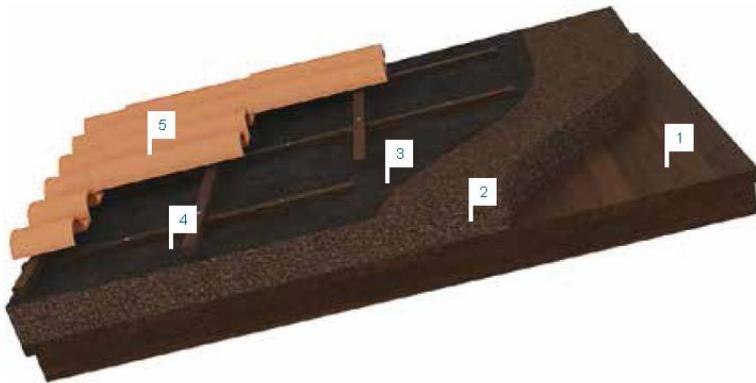


Figura 4.28: Solução de cobertura inclinada com isolamento colocado em vigeamento de madeira. 1 – Suporte; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Tela transpirante e de controlo a vapor; 4 – Ripa e contra-ripa; 5 – Telha [S11].

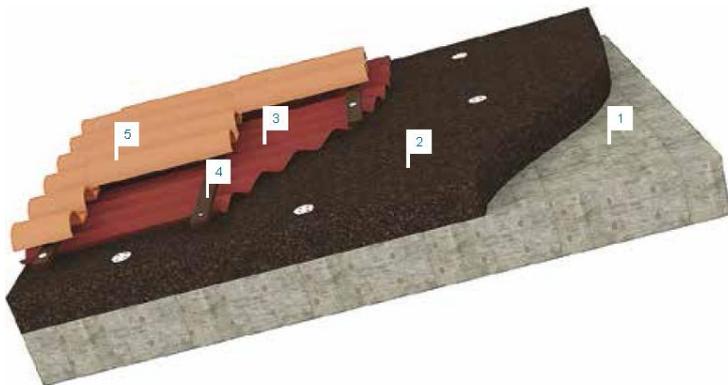


Figura 4.29: Solução de cobertura inclinada com isolamento directamente sobre a laje de betão. 1 – Suporte; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Sub-telha; 4 – Ripado; 5 – Telha [S11].



Figura 4.30: Solução de cobertura inclinada com isolamento directamente sobre a laje de esteira. 1 – Laje de esteira; 2 – Aglomerado de cortiça expandida [S11].

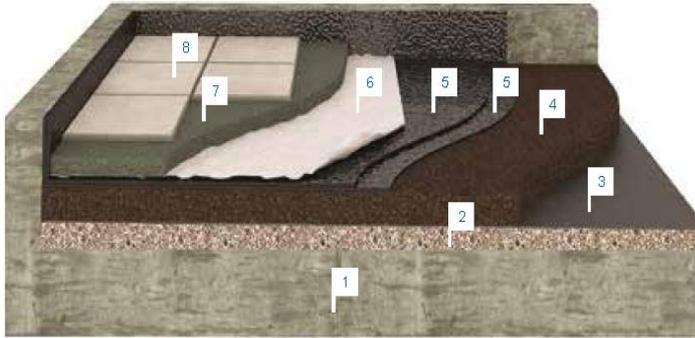


Figura 4.31: Solução de cobertura acessível às pessoas. 1 – Laje; 2 – Betão leve com cortiça/formação da pente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização; 6 – Camada geotêxtil; 7 – Betonilha; 8 – Acabamento final [S11].

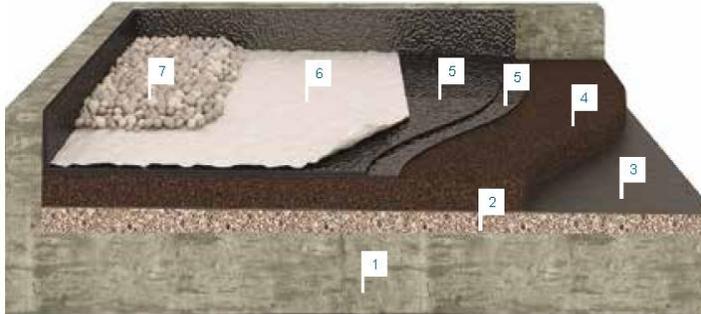


Figura 4.32: Solução de cobertura de reflectividade. 1 – Laje; 2 – Betão leve com cortiça/formação da pente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização; 6 – Camada geotêxtil; 7 – Seixo rolado [S11].

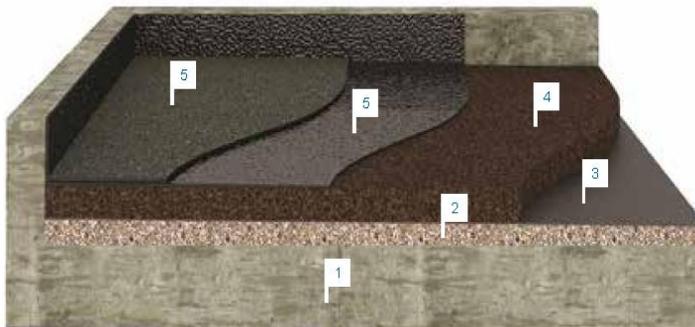


Figura 4.33: Solução de cobertura com acesso limitado. 1 – Laje; 2 – Betão leve com cortiça/formação da pente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização com acabamento granuloso de xisto [S11].

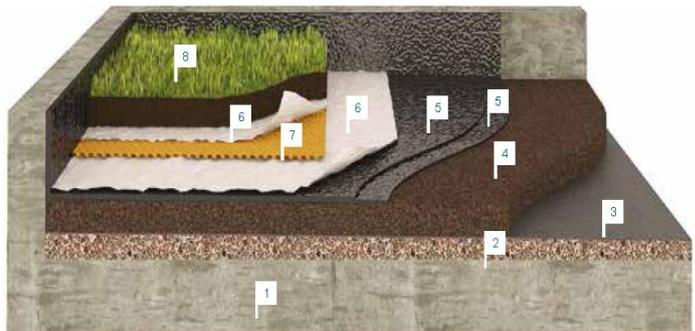


Figura 4.34: Solução de cobertura ajardinada. 1 – Laje; 2 – Betão leve com cortiça/formação da pente; 3 – Barreira ao vapor; 4 – Aglomerado expandido de cortiça; 5 – Impermeabilização; 6 – Camada geotêxtil; 7 – Camada drenante; 8 – Tapete vegetal [S11].

#### 4.4.2 Isolamentos de parede

Em termos de isolamento de parede, tal como foi referido em capítulos anteriores, pode-se usar o aglomerado expandido de cortiça como solução tradicional com o isolamento no interior ou em forma de ETICS ou com caixa-de-ar. Tal como noutros materiais a solução de ETICS possui vantagens como melhor isolamento térmico e sonoro e reduz os custos energéticos, mas por outro lado, é uma solução mais vulnerável a agentes exteriores e mais difícil de ser executada. A utilização de ICB como isolamento não só permite dar um maior conforto térmico e acústico mas também garante

estabilidade dimensional face às variações de temperatura. Apresentam-se de seguida algumas das soluções comercializadas pela empresa ISOCOR e Grupo Amorim de isolamentos de parede com ICB. O Grupo Amorim começou a sua actividade em 1870 e hoje é líder mundial no sector da cortiça. Esta empresa está organizada em várias unidades de negócio sendo uma delas especializada no fabrico de ICB para isolamentos (Amorim isolamentos, S.A.). Porém, apesar da diversidade de soluções publicadas, a combinação do ICB com os outros materiais não é matéria de investigação da empresa. No entanto empresa disponibiliza produtos para a incorporação de várias indústrias e também se dedica à investigação e desenvolvimento de novos produtos corticeiros (figura 4.35 a 4.39). A ficha técnica encontra-se no quadro 4.10 [S16].



Figura 4.35: Sistema de ETICS de Amorim Isolamentos, S. A (Rw=54dB) [S16].



Figura 4.36: Sistema parede dupla com preenchimento parcial do isolamento na caixa-de-ar de Amorim Isolamentos, S. A (Rw=53dB) [S16].

Quadro 4.10: Ficha técnica do sistema isolamento exterior de Amorim Isolamentos, S. A [S16].

<b>Características técnicas</b>	
<b>Massa volúmica:</b>	110 a 120kg/m <sup>3</sup>
<b>Condutibilidade térmica:</b>	0,037 a 0,040W/m.°C
<b>Resistência à flexão:</b>	≥1,8×10 <sup>6</sup> kg/m <sup>2</sup>
<b>Resistência a 10% de compressão:</b>	≥100kPa
<b>Resistência à tracção perpendicular às faces:</b>	50kPa
<b>Temperaturas admissíveis:</b>	-180 a 120°C
Não absorve água por capilaridade	
Excelente isolamento acústico	
<b>Resistência ao fogo do produto:</b>	Euroclasse E
<b>Características ambientais</b>	
Processo industrial 100% natural e sem aditivos	
Durabilidade de 50 a 60 anos sem perda de características	
Totalmente reciclável	
Sumidouro CO <sub>2</sub>	
Baixa energia incorporada	
Sem emissões de compostos nocivos para a qualidade do ar interior	
<b>Linhas de produto</b>	
<b>Standard:</b>	1000x500x (10 a 320mm)

De forma a aumentar o desempenho destas soluções a nível acústico, o aglomerado de cortiça expandida pode ser colocado junto a fibras de coco em esquema de sandwich. As fibras são recolhidas, trituradas e secadas e, durante o processamento sofrem um processo de espadelagem onde são produzidas placas com 10 a 20mm de espessura. Devido à sua estrutura alongada e emaranhada permite ter boas capacidades de isolamento acústico. Por ter boas capacidades de durabilidade e ser também um material natural, a mistura dos dois materiais permite executar soluções ainda melhores. Este é mais aplicada nas paredes mas também em tectos e pavimentos (figura 4.36) [S16].



Figura 4.37: Soluções de parede em fibra de coco colados topo-a-topo ou em forma de sandwich [S16].

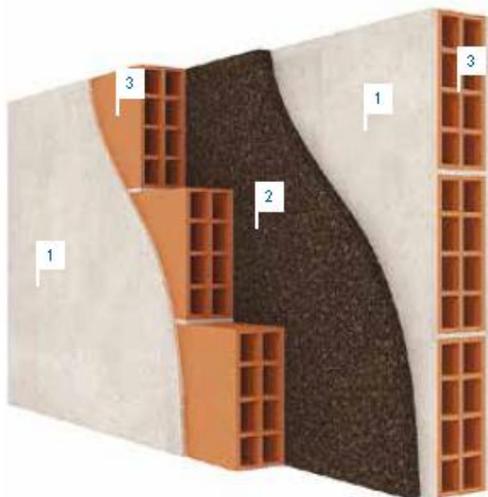


Figura 4.38: Solução de isolamento interior em alvenaria ISOCOR. 1 – reboco; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Parede dupla ( $R_w=53\text{dB}$ ) [S11].

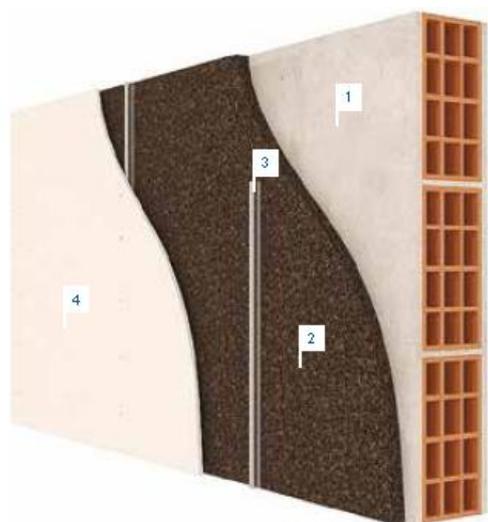


Figura 4.39: Solução de isolamento interior em gesso cartonado ISOCOR. 1 – Reboco; 2 – Aglomerado de cortiça expandida; 3 – Montantes; 4 – Gesso cartonado [S11].

#### 4.4.3 Isolamento de piso

Também proveniente das parcerias das empresas ISOCOR e SOFALCA existe também uma solução de isolamento para pavimentos chamada solução de pavimento radiante SOFALFLOOR. Esta solução é desenvolvida tendo em conta o circuito de tubagens colocadas debaixo do pavimento (como é o caso de tubos de água quente e fria, electricidade ou de aquecimento) de forma a regular o efeito térmico e sonoro produzido por estes. Na solução apresentada, o aglomerado expandido de cortiça é colocado em cima da laje. O aglomerado encontra-se ranhurada pois não só facilita aplicação das próprias placas e suporte mas também isola melhor o frio que é transmitido para o solo. Por outro lado devido à descontinuidade estrutural entre a betonilha e a laje com a inserção do aglomerado expandido de cortiça, origina uma redução significativa de transmissão de vibrações e ruídos resultantes do impactos nos pavimentos (figura 4.40) [S11].

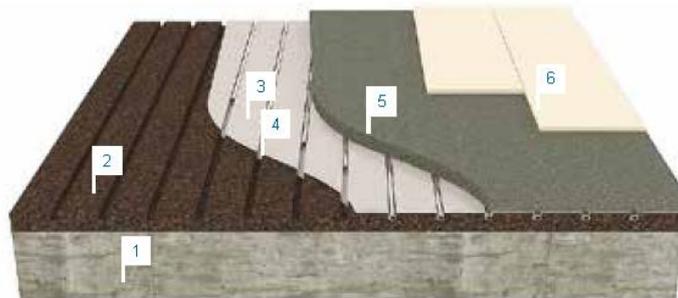


Figura 4.40: Solução de isolamento de pavimento radiante SOFAFLOOR. 1 – Laje; 2 – Aglomerado expandido de cortiça; 3 – Chapa reflectora/Filme retráctil; 4 – Tubo de aquecimento; 5 – Betonilha; 6 – Pavimento final [S11].

Também proveniente do Amorim Isolamentos, S. A existem soluções com a incorporação do aglomerado expandido de cortiça como isolamento em pavimentos flutuantes com diferentes tipos de revestimentos através de sobreposições e colagens. Nesta solução a dimensão da placa é de 1000x500x (10 a 320mm). Existem também soluções pregadas onde o isolamento serve ao mesmo tempo de suporte para o soalho que é revestido. A esta solução chama-se Lambourdé sendo as placas de aglomerado expandido de cortiça compostas por duas tiras de madeira embutidas o que facilita a fixação mecânica da aplicação. Nesta solução a dimensão é 1000x500x (40 a 100mm). Em relação às propriedades técnicas e ambientais os isolamentos utilizados para estas soluções são idênticas aos do tipo de isolamento de paredes. Ainda outra maneira de execução do isolamento é com o enchimento de granulados de cortiça expandida sendo eficiente contra ruídos de percussão. O produto é colocado sob o pavimento final, preenchendo a caixa-de-ar do sistema de soalho. Este material é leve com massa volúmica cerca de 60 a 70kg//m<sup>3</sup> e são fornecidos em sacos de rafia ou big bags. Existem por fim os revestimentos exteriores de cortiça expandida já caracterizados no capítulo 3. As placas possuem dimensões de 1000x500mm<sup>2</sup> e espessuras entre 40 a 240mm (figura 4.41 a 4.44) [S16].

Em termos de isolamento a sons de percussão as duas soluções anteriores apresentam os seguintes valores:

- a) Laje 140mm, aglomerado de cortiça expandida 20mm, Lajeta (betonilha) 50mm,  $\Delta L_w=21\text{dB}$ .
- b) Laje 140mm, aglomerado de cortiça expandida 50mm, Lajeta (betonilha) 50mm,  $\Delta L_w=22\text{dB}$ .
- c) Laje 140mm, aglomerado de cortiça expandida 20mm, Lajeta (betonilha) 70mm,  $\Delta L_w=22\text{dB}$ .
- d) Laje 140mm, aglomerado de cortiça expandida 50mm, Lajeta (betonilha) 70mm,  $\Delta L_w=25\text{dB}$ .



Figura 4.41: Solução de lajeta flutuante com revestimento de madeira (Rw=53dB) [S16].



Figura 4.42: Solução de lajeta flutuante com revestimento de mosaico (Rw=53dB) [S16].



Figura 4.43: Sistema de suporte para soalho pregado de Amorim Isolamentos, S. A. [S16].



Figura 4.44: Sistema de enchimento de caixa de soalho de Amorim Isolamentos, S. A. [S16].

### Exemplo de isolamento anti-vibrático de piso

Segundo informações retiradas da empresa ISOCOR, o seu produto de isolamento anti-vibrático possui uma elasticidade natural revelando-se como um material eficaz contra vibrações suportando cargas pesadas e boas propriedades anti-sísmicas. Apresenta também boa resistência física e tem

uma fácil instalação e transporte. Apesar de ser resistente ao óleo e água é coberto por um vedante que o separa da estrutura de betão (figura 4.45 e quadro 4.11) [S11].

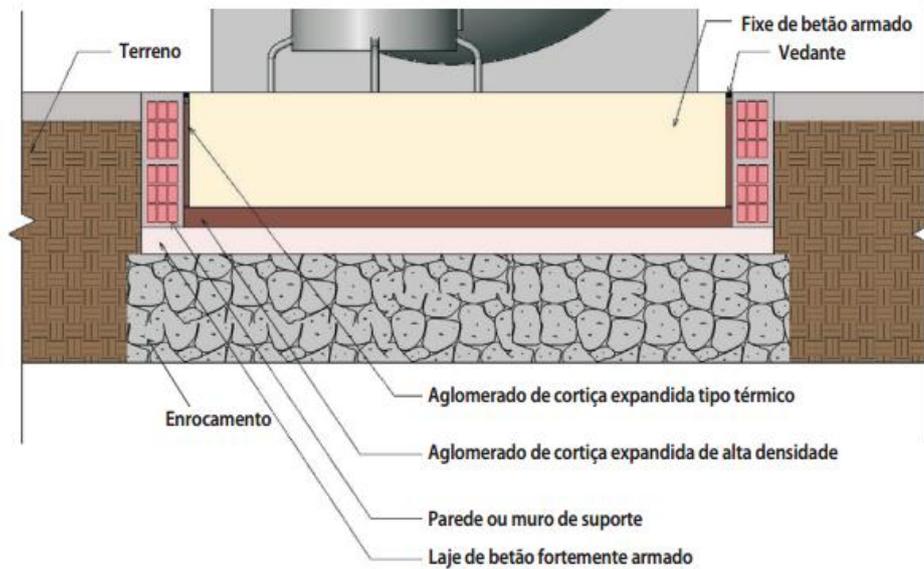


Figura 4.45: Esquema de colocação do isolamento anti-vibrático [S11].

Quadro 4.11: Espessuras e pressões recomendadas do isolamento anti-vibrático de ISOCOR [S11].

Espessuras e pressões recomendadas				
Espessura em centímetros (cm)	2,5	5,0	7,5	10,0
Massa volúmica 145/160kg/m <sup>3</sup> Pressão MPa	0,08-0,10	0,07-0,12	0,05-0,15	0,03-0,18
Massa volúmica 175/190kg/m <sup>3</sup> Pressão MPa	0,10-0,15	0,08-0,18	0,06-0,20	0,05-0,22
Massa volúmica 210/225kg/m <sup>3</sup> Pressão MPa	0,13-0,18	0,10-0,20	0,08-0,22	0,07-0,24
Massa volúmica 240/255kg/m <sup>3</sup> Pressão MPa	0,16-0,21	0,13-0,22	0,10-0,24	0,09-0,25
Massa volúmica 290/320kg/m <sup>3</sup> Pressão MPa	0,26-0,31	0,22-0,33	0,20-0,34	0,19-0,40

## **5. Exemplos de aplicação**

### **5.1 Considerações gerais**

Actualmente a cortiça é utilizada principalmente como isolante ao nível das construções em cortiça. No passado esta era utilizada como material de construção mesmo sem se conhecer aprofundadamente as suas características. A evolução de conhecimentos relativamente às suas propriedades possibilitou que esta fosse mais procurada e utilizada devido não só às suas propriedades físico-químicas, mas também por ser um material natural e renovável [20].

Cronologicamente é possível realizar uma divisão no que respeita a obras já efectuadas com este material: obras históricas, contemporâneas e futuras. Nas obras históricas a cortiça era usada como isolamento térmico e acústico sendo integrado com os materiais tradicionais (alvenaria de cortiça), nomeadamente com adobe, a taipa ou a pedra. Era igualmente utilizada para a realização de paredes decorativas de interiores e exterior. Nas obras de carácter contemporâneo utiliza-se placas de aglomerado puro expandido como material de revestimento externo nas paredes externas dos edifícios não acrescentando qualquer outro material de construção. Por fim, no plano futurístico a cortiça é combinada, tal como no passado, com os materiais de construção por forma a explorar mais e melhor no que diz respeito às suas propriedades e com o objectivo de tentar aperfeiçoar as técnicas já existentes [20].

### **5.2 Revestimentos**

O Templo Expiatório da Sagrada Família é um dos monumentos visitados onde o pavimento interior é revestido por aglomerado composto de cortiça. Este monumento foi idealizado pelo arquitecto Antoni Gaudí onde pretende mostrar a grandiosidade deslumbrando qualquer pessoa pela sua arquitectura. No pavimento foi usado revestimentos provenientes da Amorim Revestimentos em parceria com os produtos de revestimentos wWncaders tal como foi explicado no capítulo anterior. Foi utilizado essencialmente a gama CORKCOMFORT material que confere uma enorme sensação de conforto e garante uma boa capacidade de absorção acústica. A utilização de cortiça como pavimento foi definido pelo arquitecto Jordi Bonet de forma a manter a linha da natureza de Gaudí, inicialmente era para ser de pedra de pórfiro mas não havia possibilidade de produzir dimensões tão grandes. Foram utilizadas cerca de 2000m<sup>2</sup> de aglomerado numa solução de pavimento colado com um acabamento de verniz de alto tráfego. Devido à alta exuberância mostrada este monumento foi declarado como Património Cultural da Humanidade pela UNESCO. A obra ainda está em construção e está prevista ser totalmente concluída apenas em 2026, ano centenário da morte do arquitecto (figura 5.1 e 5.2) [S17].



Figura 5.1: Templo Expiatório da Sagrada Família [S17].



Figura 5.2: Pavimento da cripta de Sagrada Família com solução de CORKCOMFORT [S17].

A cortiça é igualmente utilizada por países que não se encontram junto da zona mediterrânea (zona de produção). Na África do Sul utilizou-se a cortiça na construção do Hollow on the Square Cape Town City Hotel. Este projecto foi concebido pela empresa M&B Architecture&Interiors com base no princípio de ecoeficiência onde todos os materiais usados são naturais conferindo ao espaço uma sensação de conforto. O pavimento utilizado foi mais uma vez a solução da gama CORKCOMFORT proveniente da empresa Amorim Revestimentos sendo esta uma solução eficiente 100% natural e reciclável. As texturas dadas por esta solução são de elevada elegância, possuem tonalidades variadas e as linhas decorativas amplas e distintas. Os corredores do terceiro piso e elevador, um total aproximadamente 310m<sup>2</sup>, possuem textura de Identity Spice e com acabamento de HPS (superfície de alta performance). Os quartos virados a norte do 2º e 3º piso com uma área 333m<sup>2</sup> de o pavimento, tem uma textura de Chestnut com acabamento de HPS. Em 10 quartos do 1º piso, num total de 152m<sup>2</sup>, foi usada a textura de Linn Sepia com acabamento de WRT (figura 5.3 e 5.4) [S17].



Figura 5.3: Corredor do Hollow on the Square Hotel [S17].



Figura 5.4: Um dos quartos do Hollow on the Square Hotel [S17].

O revestimento de cortiça proveniente da Amorim Revestimentos foi utilizado igualmente na renovação do Nezu Museum no Japão. O museu originalmente foi construído em 1940 e era considerado um dos melhores museus em Tóquio. Reaberto em 2009 após um período longo de restauro pelo arquitecto Kengo Kuma é um projecto mundialmente admirado pela forma como combinou a tradição, a modernidade e a natureza (pavimentos de aglomerado composto de cortiça). Este projecto ganhou prémios de melhor design interior e inovação com produtos de cortiça. O museu possui um hall central envidraçado, virado para os jardins tendo um piso de 1600m<sup>2</sup> onde foi utilizada

a gama CORKCOMFORT com a textura de Personality Nightshade pretendendo-se dar uma tranquilidade acústica e visual de modo a atingir o conceito da harmonia japonesa (figura 5.5 e 5.6) [S17].



Figura 5.5: Nezu Museum [S17].



Figura 5.6: Pavimento do Nezu Museum [S17].

### 5.3 Isolamentos

As construções rudimentares onde foram utilizadas este material basearam-se em dois tipos de sistemas construtivos. O primeiro denominado de alvenaria de pranchas de cortiça onde as cortiças em forma de prancha, com largura entre 50 a 70cm, são sobrepostas contra fiadas e de forma transversal ao muro funcionando como se fossem tijolos e são ligadas por argamassa de terra. O acabamento pode ser homogéneo ou ter uma textura irregular deixando as pranchas salientes. Quanto ao segundo sistema, este é mais complexo tratando-se de um processo onde existe mistura da cortiça na argamassa de saibro e cal. Para a construção destes muros seria necessário construir uma espécie de taipal ao lado, de forma a garantir a verticalidade da parede. Em termos genéricos para além de ter capacidades de revestimento, tem uma função mais de isolamento pois protege da humidade ascensional proveniente do solo e da chuva [21].

#### Primeiros vestígios

No Alentejo é possível encontrar, em antigas construções, vestígios de cortiça podendo estar relacionado com o facto de, em Portugal, ser uma zona abundante de sobreiros. A mais antiga referência sobre a utilização da cortiça na construção de habitações faz parte do actual concelho de Montemor-o-Novo e remonta a 1669. Na mesma localidade, na freguesia de Cortiçadas de Lavre a cortiça já é considerada como se fosse uma cultura deixada pelos seus antepassados justificando o nome cortiçadas no nome da freguesia. A abundância de construções em cortiça é justificada pela escassez dos outros materiais de construção. Na Herdade da Cascada, situada a nordeste das Cortiçadas de Lavre a maior parte das construções possuem paredes formadas pela sobreposição de elementos de cortiça intercalados de barro. Na Gralheira Velha, situada a noroeste das Cortiçadas de Lavre, próximo do concelho de Coruche, os elementos de cortiça sobrepostos em fiadas denotam uma organização mais perfeita do que nas verificadas anteriormente. Para além das construções de

habitação este tipo de construção também era destinado para execução de armazéns e abrigo para animais (figura 5.7 e 5.8) [21].



Figura 5.7: Herdade da Cascada [21].



Figura 5.8: Gralheira Velha [21].

Nos bairros antigos de Alvalade existem registos semelhantes aos referidos anteriormente. Nas paredes de pedra e terra eram adicionadas pranchas de cortiça de modo a melhorar a protecção e dificultando a transposição de pessoas e animais. Era utilizado como revestimento isolante em muitos edifícios de habitação em conjunto com a madeira. O tecto era feito apenas de madeira (figura 5.9) [21].



Figura 5.9: Bairro de Alvalade [21].

### **Pavilhão de Portugal expo 2000**

Em relação a construções contemporâneas começou-se a utilizar painéis de aglomerado negro como revestimento exterior sendo a primeira experiência com sucesso o Pavilhão Centro de Portugal na Feira internacional (expo) de Hannover Alemanha em 2000. Este pavilhão foi projectado por Eduardo Souto Moura e Álvaro Siza Vieira ocupando uma área de terreno de 2051,5m<sup>2</sup>. Durante a exposição esta construção foi muito valorizada por proporcionar não só o conhecimento dos aspectos culturais, sociais, naturais e paisagísticos mas também porque pretende dar ênfase às questões ambientais nomeadamente à sustentabilidade deste produto. O pavilhão apresenta-se em forma de “L”. Exteriormente é revestido maioritariamente por aglomerado negro de cortiça (utilizado na grande

maioria em aplicações interiores) oferecendo boas condições de durabilidade operando igualmente como isolamento térmico e acústico interagindo com o meio envolvente (figura 5.10). Quanto à pormenorização, os estudos locais relatam que os perfis que suportam as placas de revestimento de cortiça, são fixados mecanicamente num suporte metálico. Os perfis de aço possuem 1cm de espessura e 17cm de largura que percorrem todo o exterior do edifício. Na zona frontal o perfil tem configuração de moldura onde são encaixados desfasadamente as placas de aglomerado de cortiça expandida com 15cm de espessura. Após o aparafusamento ao suporte, na interface da junta entre as placas foi passado um cordão de mástique para melhorar a aderência e estabilidade entre placas (figura 5.11) [20].



Figura 5.10: Pavilhão de Portugal em Hannover 2000 [20].

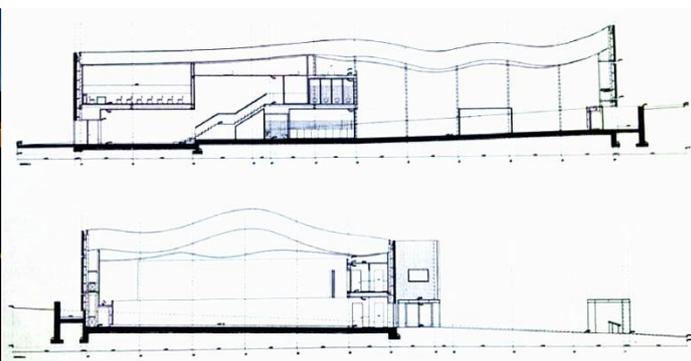


Figura 5.11: Corte lateral sul e este do Pavilhão Centro de Portugal [14].

Este pavilhão é desmontável e reutilizável encontrando-se actualmente em Coimbra A sua gestão está a cargo da Câmara Municipal de Coimbra e encontra-se montado nesta mesma cidade sendo agora denominado de Pavilhão Centro de Portugal e utilizado para actividades de exposição e música. Por ser a primeira aplicação de aglomerado de cortiça expandida em revestimento de fachada sempre suscitou curiosidade a projectistas de todo o mundo considerando-a uma referência para futuros projectos [14].

No que respeita ao seu estado de conservação o maior problema consiste no aparecimento de sinais de excesso de humidade devido às condições climáticas da zona onde se encontra. Devido à excessiva higroscopicidade, a cor da fachada tornou-se mais acinzentada e apareceram também algumas irregularidades e destacamento de alguns blocos. Combinando com a acumulação de poeiras e sujidades houve aparecimento de uma grande quantidade de vegetações distribuídas no alinhamento vertical da fachada e fungos nos locais menos dispostos ao sol. As variações de temperatura entre blocos e ventos fortes causam deformações e tensões elevadas entre o revestimento e as fixações, sendo as últimas insuficientes para garantir a estabilidade das placas. Por último, existem manchas que são visíveis na fachada e cujo aspecto é diferente da mudança da tonalidade resultante de humidade. Estas devem-se especialmente a problemas de fabrico e colocação em obra: exsudação da resina desigual para todo o volume, cozimento desigual e não uniforme, granulometrias diferentes e trabalhos pouco cuidados na colocação em obra. As placas devem ser tratadas como foi referido anteriormente, isto é, devem ser limpas, protegidas e se for

necessário remover e substituir por outras novas. Posteriormente a esta construção apareceram mais projectos com este tipo de solução devido às inúmeras vantagens apresentadas (figura 5.12 e 5.13) [14].



Figura 5.12: Destacamento das placas na fachada [14].



Figura 5.13: Aparecimento de vegetação parasitária na fachada [14].

### Casa das Penhas Douradas

A Casa das Penhas Douradas, Hotel Design & Spa, localiza-se em pleno Parque Natural da Serra da Estrela a uma altitude de 1500m. Este hotel é um projecto do arquitecto Pedro Brígida de 2008 e foi distinguido com o prémio de Melhor Unidade Portuguesa de Turismo em Espaço Rural. Foi ampliada várias vezes devido ao seu sucesso e, na sua última ampliação foi construído um novo edifício ao lado de linhas simples revestido com aglomerado de cortiça expandida. O revestimento fixado mecanicamente no suporte são placas com dimensão de 1000x500mm<sup>2</sup> e com espessura de 10cm dispostas em alinhamentos verticais desencontrados. No topo da fachada principal foi utilizado um rufo de alumínio como pingadeira (figura 5.14) [20].



Figura 5.14: Casa das Penhas Douradas [14].

Devido às condições climáticas extremas é importante fazer inspecções periódicas de forma a garantir a conservação do material apesar dos revestimentos terem sido colocados recentemente. Numa primeira abordagem, observou-se que o revestimento apresentava um tom muito acinzentado devido à grande concentração de humidade e temperaturas baixas do ambiente. Também é evidenciado escorrências na superfície abaixo do parapeito pois a tonalidade apresentada é completamente diferente e é causado pela humidade condensada nos grandes envidraçados. Apresenta também manchas pontuais aleatórias espalhadas na fachada principal. A textura da

fachada apresenta alguma rugosidade motivada quer pelo desgaste face às condições ambientais existentes, quer pelos problemas ocorridos durante a obra. Neste edifício, apesar de existirem algumas anomalias semelhantes ao caso de estudo anterior, as condições exteriores não permitem a formação de fungos ou vegetações parasitárias. As formas de tratamento e prevenção também são semelhantes às referidas anteriormente. Neste caso poderia ter sido realizado um melhor controlo da massa volúmica do material, de modo a que os aglomerados de densidades maior ficassem expostos ao exterior entrando em contacto com os agentes exteriores e protegendo os interiores que possuem uma densidade relativamente mais reduzida (figuras 5.15 e 5.16) [14].



Figura 5.15: Escorrências existentes na superfície abaixo do parapeito [14].



Figura 5.16: Diferenças de tonalidade e rugosidade do revestimento [14].

### Observatório do sobreiro

O observatório do sobreiro e cortiça situado em Coruche foi projectado pelo arquitecto Manuel Couceiro em 2006. Devido ao local onde é inserido adoptou-se uma geometria diferente, utilizando-se revestimento de cortiça nas fachadas. Este revestimento sendo fixado por sistemas de chapas e parafusos no elemento estrutural apresenta dois tipos de cortiça, a virgem e a amadia, de forma a conjugar os diferentes tons e outros efeitos de cor. A colocação de painéis com relevo sobre a cortiça demonstra a inovação desta construção (figura 5.17 e 5.18) [20].



Figura 5.17: Observatório do sobreiro e cortiça [20].

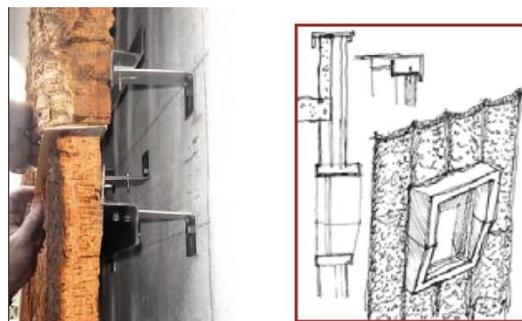


Figura 5.18: Sistema de fixação do revestimento na fachada [20].

### Eco-Cabana

O conceito de Eco-Cabana surge na tentativa de conceber uma habitação, recorrendo ao uso de materiais reciclados ou recicláveis, bem como, a energias renováveis (pegada ecológica). Este

projecto, concebido com a ajuda da Câmara Municipal de Cascais e com material de isolamento proveniente da Amorim Isolamentos, S.A, venceu o prémio “Ideias Verdes” em 2007. A atribuição deste prémio deveu-se essencialmente à ideia inovadora aplicada ao nível do controlo energético, onde foram utilizadas as eco-créditos que estabelecem o limite de recursos internos fornecidos pela natureza, permitindo que os utilizadores tenham a consciência da energia consumida no seu dia-a-dia [20].

A estrutura tem forma de estrela de três pontas constituída por vigas treliçadas em madeira lamelada. Relativamente à sua constituição possui uma estrutura de madeira onde interiormente é aplicado um derivado de madeira (OSB) e no exterior aglomerado negro de cortiça que é encaixado com um sistema de fixação mecânico (figura 5.19) [20].



Figura 5.19: Eco-Cabana [20].

### **Colégio Pedro Arrupe**

O colégio Pedro Arrupe que se situa perto da ponte Vasco da Gama em Lisboa é outro projecto que envolve a ideia da sustentabilidade utilizando produtos naturais como é o caso do aglomerado negro de cortiça. O edifício inaugurado em 2010 de autoria da GJP Arquitectos Associados e executado pela empresa Alves Ribeiro, S.A. tem uma área de construção de 17500m<sup>2</sup> e o seu desenvolvimento é baseado num grupo de blocos independentes que são ligados por um conjunto de passadiços exteriores. O aglomerado de cortiça expandida proveniente de Amorim Isolamentos é utilizado como revestimento exterior o qual garante uma excelente capacidade de isolamento térmico e consegue interagir com as condições atmosféricas ora clareando ora escurecendo. Foram utilizados ao todo 8000m<sup>2</sup> com espessuras de 50 e 100mm (figura 5.20) [20].

### **Pavilhão de Portugal Expo Shanghai 2012**

Este pavilhão construído com 5500 m<sup>2</sup> proveniente da empresa Amorim Isolamentos S. A. foi projectado pelo arquitecto Carlos Couto como uma solução de construção ecológica para o futuro estando em sintonia com o tema da exposição “Better city, better life”. Foram utilizadas diversos materiais de cortiça não só como elementos estéticos mas também como soluções técnicas e revestimentos interiores. O edifício reflecte o conceito da sustentabilidade nas cidades

contemporâneas, realçando-o como elemento-chave das políticas nacionais em termos económico-ambientais. Na fachada foi usado aglomerado expandido de cortiça num total de 3640m<sup>2</sup>. Nos locais de visita e zonas protocolares foram utilizadas cerca de 1100 m<sup>2</sup> de aglomerado. De forma semelhante foram aplicados nos escritórios revestimentos da gama WOODCOMFORT com um visual de madeira. Por fim, para as zonas técnicas foram utilizadas 780m<sup>2</sup> de aglomerado com melhores características acústicas. Considerado como uma grande inovação e das soluções mais sustentáveis alguma vez feita, o pavilhão ganhou imensos prémios, sendo um deles o de Arquitectura para Melhor Projecto Público. A título de curiosidade, quase cinco milhões de pessoas visitaram este local e muitas delas retiraram bocados da fachada, uma vez que não sabiam de que material se tratava (figura 5.21) [S20].



Figura 5.20: Colégio Pedro Arrupe [S20].



Figura 5.21: Pavilhão de Portugal Shanghai 2012 [S20].



## 6. Conclusão

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu efectuar uma compilação de informação à cortiça, aos seus derivados e à sua utilização no sector da construção. Indicam-se seguidamente as principais conclusões:

- Portugal, sendo o maior país de produção mundial em cortiça, investe principalmente na produção de rolhas. No entanto devido às exigências neste sector existe uma enorme quantidade de material desperdiçado e que pode ser reaproveitado noutros sectores tal como na indústria da construção civil.

- A estrutura e constituição química deste material a nível microscópico (nomeadamente existência de suberina nas paredes celulares de cada célula combinando com os outros compostos orgânicos), torna este material especial, diferente dos outros materiais naturais e com boas propriedades físicas e mecânicas, tais como a capacidade de isolamento térmico e sonoro e características anti-vibráticas.

- Apesar das qualidades mencionadas, existem algumas desvantagens como a possibilidade de degradação dos materiais biológicos, e a anisotropia das suas propriedades o que torna difícil de as quantificar. No entanto com as qualidades que possui e por ser um material ecológico e 100% reciclável, cada vez mais os engenheiros e arquitectos apostam neste novo desafio e substituem os materiais de construção mais tradicionais pela cortiça.

- Em relação aos produtos derivados de cortiça, os mais utilizados são o aglomerado expandido de cortiça ou aglomerado negro, o aglomerado composto de cortiça ou aglomerado branco e o rubbercork que também faz parte deste último grupo. No caso do primeiro tipo de aglomerado, a integração dos grânulos de cortiça não necessita de nenhuma cola e durante o seu fabrico existe uma expansão dos mesmos libertando uma resina que os cola entre eles, e que apresenta uma cor mais escura que dá origem à designação. Em relação aos aglomerados brancos estas precisam de cola para unir os grânulos e apresentam um tom mais claro. Quanto ao rubbercork consiste na ligação da cortiça com uma borracha sintética onde se pretende obter as vantagens de ambos os materiais.

- Cada tipo de aglomerado tem a sua própria área de aplicação. O aglomerado branco normalmente é utilizado para revestimentos interiores como paredes, tectos e pavimentos. Estão normalmente à vista podendo levar acabamentos ou texturas para elevar a estética da compartimentação onde é aplicada. No caso do aglomerado negro este é mais usado para funções de isolamento dentro dos elementos. Estes são os materiais que possuem maiores capacidades de isolamento e estão normalmente integrados em diversas soluções de parede, pavimento ou tectos, entrando em contacto com outros materiais. Ultimamente apareceram novas utilizações deste produto, tais como a aplicação como revestimento exterior ou para funções anti-vibratórias. Esta última função pode também ser desempenhada pelo rubbercork.

- Em termos de regulamentação sobre a cortiça a nível nacional foi criada a Comissão Técnica de Normalização da Cortiça (CT 16) responsável pela elaboração de normas e controlos de conformidade. Devido ao sucessivo aumento da comercialização dos produtos derivados de cortiça

foram criados ainda Grupos de Trabalho referentes a aplicações específicas como os isolamentos térmicos, revestimentos de piso e revestimentos de parede. De referir ainda que a nível mundial existem as normas ISO.

- Em termos de produtos comercializadas pelas empresas do mercado nacional, o Grupo Amorim é aquele que lidera a venda e inovação dos produtos especialmente destinados à construção criando parcerias com muitas outras. Obviamente todas têm o seu próprio produto de forma a promover as qualidades únicas dos seus produtos, porém todas estas têm que garantir a conformidade segundo os ensaios normalizados referidos para cada tipo descritos no regulamento.

- Relativamente aos casos de estudos e aplicação em obra, muitos empreiteiros e arquitectos referem que a utilização da cortiça é um desafio inovador e ao mesmo tempo uma mais-valia pois garante o conforto e auto-sustentabilidade da construção. Apesar de ser uma área ainda não totalmente dominada e com existência de algumas lacunas, acredita-se que no futuro, com o desenvolvimento tecnológico facilmente serão ultrapassadas as dificuldades e serão encontradas soluções cada vez melhores.

Quanto a sugestões de desenvolvimentos futuros apresentam-se as seguintes:

- Em termos dos produtos derivados de cortiça existem pouca informação e incerteza sobre algumas das propriedades tais como reacções ao fogo ou degradação do material a longo prazo que podem ser melhoradas. Em termos de ensaios normalizados, sendo a regulamentação relativamente recente ainda existe alguma confusão pois os valores limites ou o tipo de ensaio está descrito de forma diferente dependendo do método seguido pelas comissões ou grupos de trabalho. Visto isto recomenda-se portanto melhorias na definição desses métodos.

- É de referir que na aplicação do aglomerado expandido de cortiça como revestimento exterior, por ser ainda uma técnica relativamente recente, existem ainda questões sobre o método de aplicação e durabilidade do produto que ainda estão em desenvolvimento. Actualmente, apesar dos poucos exemplos já existentes, o material é muito mais utilizado como isolamento interior sob protecção de outras camadas. Por isso, recomendam-se estudos posteriores sobre este tipo de aplicação, especialmente quanto à protecção contra os ambientes agrestes e, da mesma forma, os métodos de protecção para conservar as suas propriedades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fortes, M.A., Rosa, M.E. & Pereira, H. (2004). *aCortiça*. 1ª edição, IST Press. Lisboa.
- [2] Verdú, F. A. (1992) *Madera y Corcho*, Serviço de Publicaciones, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid.
- [3] Silva, M.E.C.M. (2010). *A Cortiça – suas características e propriedades*. Apontamentos em Tecnologia de Produtos Vegetais. Universidade do Minho, Braga.
- [4] Vieira, H. D. (2009) *Análise da qualidade da cortiça amadia relevantes para a sua qualidade industrial*. Tese de Mestrado de Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- [5] Costa, M.L.B (2011) *Caracterização das propriedades físicas, mecânicas e térmicas de betões com incorporação de cortiça*. Tese de mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra.
- [6] Gibson, L. J., Ashby, M. F. (1999) *Cellular Solids Structure and Properties*. 2ªedição, Cambridge Solid State Series, Massachussets.
- [7] Roseta, M. O. Z. C. (2013) *Estudo laboratorial sobre o aglomerado de cortiça expandida aplicado como revestimento exterior*. Tese de Mestrado de Engenharia Civil – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.
- [8] Lucas J. A. C. (1998). *Ensaio pré-normativos de determinação das principais características de placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB)*. LNEC. Lisboa.
- [9] Silva J. S. & Catry F., *Forest fires in cork oak stands in Portugal*, International Journal of Environmental Studies, vol. 63, nº3, pp. 243, 2006.
- [10] Pausas G. J, *Resprouting of Quercus suber in NE Spain after fire*, Journal of Vegetation Science, pp. 707, 1997.
- [11] Ferreira F. F. F. (2012) *Estudo de soluções de revestimento de fachada com incorporação de cortiça*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade do Porto, Porto.
- [12] Teles, A.R.C.M. (2000) *Comportamento de compósitos de borracha/cortiça para aplicação em juntas*. Tese de mestrado em Engenharia de Polímeros. Universidade do Minho, Braga.
- [13] Ribeiro, L.F. (2000) *Comportamento da cortiça à compressão e tracção*. Tese de mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- [14] Neto, V. E. C. (2012) *Aplicações modernas de aglomerado de cortiça expandida (ICB) na construção*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade do Porto, Porto.

- [15] Dias, D. (2009) *Comportamento ao impacto a baixa velocidade de laminados de epóxido/fibra de vidro, com camadas de cortiça*. Tese de mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto.
- [16] Gil L., Bicho M. F. (1999). *Cortiça Guia Normativo*. 1ª edição, Instituto Português da Qualidade (IPQ). Caparica.
- [17] Gil, L. 2007. *Manual Técnico: Cortiça como Material de Construção*. Ed. APCOR, Stª Mª Lamas.
- [18] Reis A. M. P. L. (2011) *Revestimentos de pisos em aglomerado de cortiça*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.
- [19] Silva R. C. S. C. (2008) *Melhoria de resposta sísmica de edifícios com recurso a paredes de corBe*. Tese de Mestrado de Engenharia Mecânica – Universidade de Aveiro, Aveiro.
- [20] Chiebao, F. (2011). *Cortiça e Arquitectura*. 1ª edição, Euronatura. Coimbra.
- [21] Silva, J.G., Vale, C. P. (2010) *A utilização da cortiça em paredes de adobe – Contexto histórico e perspectivas futuras*. Terras em Seminário. Porto.

## Sites consultados

- [S1] <http://www.apcor.pt/> [acesso em: 20/11/2013]
- [S2] <http://www.amorim.com/> [acesso em: 20/11/2013]
- [S3] <http://www.corkway.pt/> [acesso em: 20/11/2013]
- [S4] <http://www.ctb.com.pt/> [acesso em: 20/11/2013]
- [S5] <http://sofalca.pt/> [acesso em: 12/03/2014]
- [S6] <http://isolamentos.net/> [acesso em: 10/08/2014]
- [S7] <http://naturlink.sapo.pt/> [acesso em: 20/11/2013]
- [S8] <http://www.orquestraclasicadocentro.org/> [acesso em: 04/12/2013]
- [S9] <http://dofsa.pt/> [acesso em: 23/04/2014]
- [S10] <http://arquitecturaesustentabilidade.com/> [acesso em: 12/03/2014]
- [S11] <http://www.isocor.pt/en/> [acesso em: 29/07/2014]
- [S12] <http://www.corkdobrasil.com/> [acesso em: 10/08/2014]
- [S13] <http://fibrosom.com/> [acesso em: 30/06/2014]
- [S14] <http://portugaliacork.com/> [acesso em: 10/08/2014]
- [S15] <http://www.anteprojectos.com.pt/> [acesso em: 23/04/2014]
- [S16] <http://www.amorimisolamentos.com/> [acesso em: 10/08/2014]
- [S17] <http://www.wicanders.com/> [acesso em: 04/12/2013]
- [S18] <http://corkfloorsales.com/> [acesso em: 10/08/2014]



# Anexos

**Anexo A – Lista de normas sobre a cortiça**

## **Anexo A – Lista de normas sobre a cortiça**

As normas portuguesas existentes em relação à cortiça são [16]:

NP 63 1993 Cortiça – Tipos comerciais para trituração

NP 67 1989 Cortiça – Aglomerados puros expandidos em placas para isolamento térmico. Características, colheita de amostras e acondicionamento.

NP 68 1986 Aglomerados puros expandidos em placas – Determinação da massa volúmica aparente.

NP 114 1994 Cortiça – Granulados – Classificação e características.

NP 115 1994 Cortiça – Granulados – Determinação da granulometria.

NP 273 1986 Cortiça – Terminologia.

NP 298 1993 Cortiça em prancha – Definições, calibragem, classificação e acondicionamento.

NP 299 1993 Cortiça – Cortiça em prancha, cortiça virgem, refugo, rebusco, traçamentos e aparas. Definições e acondicionamento.

NP 604 1995 Cortiça – Comportamento em água fervente.

NP 605 1995 Cortiça – Granulados – Determinação da massa volúmica.

NP 606 1995 Granulados de cortiça – Determinação da humidade.

NP 713 1994 Cortiça – Granulados – Colheita de amostras.

NP 714 1986 Aglomerados de cortiça puros expandidos em placas – Determinação da deformação sob pressão constante.

NP 1044 1994 Cortiça – Cortiça em prancha, cortiça virgem, refugo, rebusco, traçamentos e aparas – Determinação da humidade.

No 1045 1994 Cortiça – Cortiça em prancha, cortiça virgem, refugo, rebusco, traçamentos e aparas – Colheita de amostras para determinação da humidade.

NP 1551 1989 Cortiça – Aglomerados puros expandidos acústicos em placas – Características, colheita de amostras e acondicionamento.

NP 1552 1988 Cortiça – Aglomerados puros expandidos acústicos em ladrilhos – Características, colheita de amostras e acondicionamento.

NP 1698 1994 Cortiça em raça – Traçamentos comercialmente secos – Definições, classificação e acondicionamento.

NP 1705 1995 Cortiça – Rolhas – Vocabulário.

NP 1777 1997 Aglomerado composto de cortiça – Material para preenchimento de juntas de dilatação – Ensaios.

NP 1778 1997 Aglomerado composto de cortiça – Material para preenchimento de juntas de dilatação. Especificações – Embalagem.

NP 2311 1997 Aglomerado composto de cortiça – Material para juntas para a indústria mecânica. Sistema de classificação, exigências, colheita de amostras, embalagem e marcação.

NP 2312 1997 Aglomerado composto de cortiça – Material para juntas para indústria mecânica – Ensaios.

NP 2372 1997 Cortiça – Aglomerado composto de cortiça. Ensaios.

NP 2802 1994 Rolhas de cortiça – Características dimensionais, colheita de amostras, embalagem e etiquetagem.

NP 2803 1997 Rolhas de cortiça – Ensaios.

NP 2804 1988 Cortiça – Ladrilhos de aglomerado composto – Determinação das dimensões e desvios da ortogonalidade e da retilinearidade das arestas. Painéis decorativos – Ensaios.

NP 2905 1988 Painéis decorativos – Classificação, características, colheita de amostras e embalagem.

NP 2922 1996 Produtos de cortiça – Regras e tabelas de amostragem.

NP 3004 1996 Cortiça – Aglomerado composto de cortiça – Características, colheita de amostras e acondicionamento.

NP 3199 1988 Rolos decorativos – Ensaios.

NP 3251 1988 Rolos decorativos – Características.

prNP 3308 1989 Discos de aglomerado de cortiça – Comportamento à vedação.

NP 3382 1988 Cortiça – Rolhas – Quantificação da migração global.

NP 3383 1988 Cortiça – Rolhas – Determinação do resíduo de extração em água.

NP 3384 1988 Cortiça – Rolhas – Determinação do teor de cloretos.

NP 3386 1986 Discos de aglomerado de cortiça – Características.

NP 3531 1990 Discos de aglomerado de cortiça – Ensaios.

NP 3725 1989 Cortiça – Rolhas – Determinação do número de leveduras, fungos, e bactérias.

prNP 3790 1990 Discos de aglomerado de cortiça – Ensaio de comportamento à vedação.

NP 3920 1989 Ladrilhos de aglomerado composto de cortiça – Características, colheita de amostras e acondicionamento.

NP 3921 1989 Ladrilhos de aglomerado composto de cortiça – Ensaio.

NP 4284 1994 Rastos para calçado – Ensaio – Características.

NP 4318 1996 Triturados de cortiça – Classificação e características.

prNP 4351 1997 Rolhas de cortiça. Especificação.

As normas internacionais existentes em relação à cortiça são:

ISO 633 1986 – Cork – Vocabulary.

ISO 1215 1998 Commercially dry virgin cork, remassage, gleanings, corkwood refuse and corkwaste – Definitions and packaging.

ISO/FDIS1216 1216 1998 Corkwood in planks – Grading, classification and packing.

ISO/DIS1997 1997 Granulated cork and cork powder – Classification, characteristics and packing.

ISO 2030 1990 Granulated cork – Size analysis by mechanical sieving.

ISO 2031 1991 Granulated cork – Determination of bulk density.

ISO 2066 1986 Expanded pure agglomerated cork – Determination of moisture content.

ISO/DIS2067 1997 Granulated cork – Sampling.

ISO 2077 1979 Pure expanded corkboard – Determination of modulus of rupture by bending.

ISO 2189 1986 Expanded pure agglomerated cork – Determination of bulk density.

ISO/CD2190 1996 Granulated cork – Determination of moisture content.

ISO 2191 1972 Cork – Expanded pure agglomerated – Deformation under constant pressure.

ISO 2219 1989 Expanded pure agglomerated cork for thermal insulation – Characteristics, sampling and packing.

ISO 2385 1993 Corkwood in planks, virgin cork, cleanings, cork pieces, corkwood refuse and corkwaste – Sampling to determine moisture content.

ISO 2386 1998 Corkwood in planks, virgin cork, cleanings, cork pieces, corkwood refuse and corkwaste – Determination of moisture content.

ISO 2509 1989 Sound-absorbing expanded pure agglomerated cork in tiles – Characteristics, sampling and packing.

ISO 2510 1989 Sound reducing composition cork in tiles – Characteristics, sampling and packing.

ISO 2569 1994 Cork stoppers – Vocabulary.

ISO 2582 1978 Cork and cork products – Determination of thermal conductivity – Hot plate method.

ISO 3810 1987 Floor tiles of agglomerated cork – Methods of test.

ISO 3813 1987 Cork – Floor tiles of agglomerated cork – Characteristics, sampling and packaging.

ISO 3863 1989 Cylindrical cork stoppers – Dimensional characteristics, sampling, packaging and marking.

ISO/DIS3867 1997 Composition cork – Expansion joints fillers – Test methods.

ISO/DIS3869 1997 Composition cork – Expansion joints fillers – Specifications, packaging and marking.

ISO 4707 1981 Cork – Stoppers – Sampling for inspection of dimensional characteristics.

ISO/DIS 4708 1997 Composition cork – Gaskets material – Test methods.

ISO/DIS 4709 1997 Composition cork – Gaskets material – Specifications.

ISO 4710 1988 Cork stoppers for sparkling wines and gasified wines – Specifications.

ISO 4711 1987 Agglomerated cork discs – Specifications.

ISO/DIS4714 1997 Composition cork – Specifications, sampling, packaging and marking.

ISO/DIS7322 1997 Composition cork – Test methods.

ISO/DIS8507 1997 Agglomerated cork discs – Test methods.

ISO 8724 1989 Cork decorative panels – Specifications.

ISO 9148 1987 Composition cork in rolls for decoration – Test methods.

ISO 9149 1987 Composition cork in rolls for decoration – Specifications.

ISO/DIS9366 1997 Agglomerated cork floor tiles – Determination of dimensions and control of squareness and straightness of edges.

ISO 9392 1989 Agglomerated cork discs – Sealing behaviour.

ISO 9727 1991 Cylindrical stoppers of natural cork – Physical tests – Reference methods.

ISO 9986 1990 Composition cork for shoe outsoles – Specifications.

ISO/CD10106 1998 Cork stoppers – Determination of global migration content.

ISO/CD10107 Cork stoppers – Determination of chloride content by potentiometric titration.

ISO 10718 1993 Cork stoppers – Enumeration of colony-forming units of yeasts, moulds and bacteria capable of growth in an alcoholic medium.

As normas europeias e transcritos para a norma portuguesa existentes em relação à cortiça são:

EN 423 1993 NP EN 423:1994 Revestimentos de piso resilientes. Determinação do efeito de manchas.

EN 424 1993 NP EN 424:1994 Revestimentos de piso resilientes. Determinação do efeito do movimento simulado de um pé móvel.

EN 425 1994 NP EN 425:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação do efeito numa cadeira com roletes.

EN 426 1993 NP EN 426:1994 Revestimentos de piso resilientes. Determinação das dimensões faciais, da esquadria e da retilinearidade dos materiais em folhas ou rolos.

EN 427 1994 NP EN 427:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação das dimensões faciais, da esquadria e da retilinearidade de ladrilhos.

EN 428 1993 NP EN 428:1994 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da espessura total.

EN 429 1993 NP EN 429:1994 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da espessura das camadas.

EN 430 1994 NP EN 430:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da massa por unidade de área.

EN 431 1994 NP EN 431:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da aderência entre camadas.

EN 432 1994 NP EN 432:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da resistência ao corte.

EN 433 1994 NP EN 433:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da massa residual após aplicação de carga estática.

EN 434 1994 NP EN 434:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da estabilidade dimensional e encurvamento por acção do calor.

EN 435 1994 NP EN 435:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da flexibilidade.

EN 436 1994 NP EN 436:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da massa volúmica da camada de uso

EN 655 1996 NP EN 655:1997 Revestimentos de piso resilientes. Ladrilhos de cortiça com camada de uso em policloreto de vinilo. Especificações.

EN 661 1994 NP EN 661:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da propagação da água.

EN 662 1994 NP EN 662:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da resistência de abrasão.

EN 663 1994 NP EN 663:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da profundidade convencional da decoração.

EN 664 1994 NP EN 664:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação das perdas voláteis.

EN 665 1994 NP EN 665:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da exsudação de plastificantes.

EN 666 1994 NP EN 666:1995 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da gelificação.

EN 672 1995 NP EN 672:1996 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da massa volúmica aparente do aglomerado de cortiça.

EN 684 1995 NP EN 684:1996 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da resistência à tracção das juntas.

EN 685 1995 NP EN 685:1996 Revestimentos de piso resilientes. Classificação.

EN 718 1995 NP EN 718:1996 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da massa por unidade de área da armadura ou do tarso dos revestimentos de piso em policloreto de vinilo.

EN 822 1994 NP EN 822:1994 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação do comprimento e largura.

EN 823 1994 NP EN 823:1994 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da espessura.

EN 824 1994 NP EN 824:1994 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da esquadria.

EN 825 1994 NP EN 825:1994 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da planeza.

EN 826 1996 NP EN 826:1996 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação do comportamento à compressão.

EN 1081 1998 NP EN 1081:1998 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da resistência eléctrica.

EN 1399 1997 NP EN 1399:1997 Revestimentos de piso resilientes. Determinação da resistência à queimadura do cigarro e ao cigarro esmagado.

EN 1602 1996 NP EN 1602:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da massa volúmica aparente.

EN 1603 1996 NP EN 1603:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da estabilidade dimensional e de forma em condições normais e constantes de laboratório (23°C/50% de humidade relativa).

EN 1604 1996 NP EN 1604:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da estabilidade dimensional em condições definidas de temperatura e humidade.

EN 1605 1996 NP EN 1605:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da deformação em condições definidas de compressão e temperatura.

EN 1606 1996 NP EN 1606:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da fluência em compressão.

EN 1607 1996 NP EN 1607:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da resistência à tracção perpendicular às faces.

EN 1608 1996 NP EN 1608:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da resistência à tracção paralela às faces.

EN 1609 1996 NP EN 1609:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da absorção de água por imersão parcial: ensaio de curta duração.

EN 12085 1997 NP EN 12085:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação das dimensões lineares dos provetes.

EN 12086 1997 NP EN 12086:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação das propriedades de transmissão ao vapor de água.

EN 12087 1997 NP EN 12087:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da absorção de água por imersão parcial: ensaio de longa duração.

EN 12088 1997 NP EN 12088:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da absorção de água por difusão: ensaio de longa duração.

EN 12089 1997 NP EN 12089:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação do comportamento à flexão.

EN 12090 1997 NP EN 12090:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação da resistência ao corte.

EN 12091 1997 NP EN 12091:1997 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios. Determinação aos efeitos gelo-degelo.

prEN ISO 9229 1997 Thermal insulation – Definitions of terms.

prEN 12103 1998 Resilient floor coverings – Specifications for cork underlays.

prEN 12104 1998 Resilient floor coverings – Specifications for cork floor coverings.

EN 12105 1998 NP EN 12105:1997 Revestimentos de paredes em rolos. Determinação da migração de metais pesados e outros elementos, do monómero de cloreto de vinilo e do formaldeído libertado.

EN 12466 1998 Resilient floor coverings – Vocabulary.

prEN 12781 1998 Wallcoverings – Specification for cork panels.

prEN 13085 1998 Wallcoverings – Specification for cork rolls.