

Desenvolvimento de protótipos para pavimento e revestimento de parede em interiores com base em cortiça

Development of cork prototypes for flooring and wall covering for indoor applications

Ana Patrícia Cebola Poeiras

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais – Ramo Engenharia dos Produtos Florestais

Orientadora: Doutora Sofia Knapic de Soares Ferreira

Co-orientadora: Doutora Helena Margarida Nunes Pereira

Júri:

Presidente: Doutor António Manuel Dorotêa Fabião, Professor Associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Ofélia Maria Serralha dos Anjos, Professora Adjunta da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Doutora Sofia Knapic de Soares Ferreira, Bolseira de Pós-doutoramento do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

A concretização deste trabalho só foi possível devido ao apoio e dedicação de algumas pessoas, às quais estou profundamente grata por toda a ajuda, bem como à Fundação para a Ciência e Tecnologia e Centro de Estudos Florestais.

Em primeiro lugar quero agradecer à Fundação para a Ciência e Tecnologia, promotora de um dos projetos no qual este trabalho se insere: “EucPlus-Novos processos e utilizações para madeira de eucalipto” (PTDC/AGR-CFL/119752/2010) e “WoodTech” (Interreg, SUDOE). Ao projeto “WoodTech” (Interreg, SUDOE), no âmbito do qual foram realizados os protótipos de pavimento.

O meu mais sincero agradecimento à Doutora Sofia Knapic, minha orientadora, sem a qual este trabalho não se teria tornado uma realidade, por todo o apoio, incentivo, críticas, correções, sugestões e dicas, que tanto contribuíram para a concretização desta Tese.

À Professora Helena Pereira, co-orientadora, que viabilizou este trabalho desde o início, contribuindo sempre com ideias enriquecedoras.

Ao Professor Jorge Gominho, que me encaminhou e ajudou na escolha do tema da Tese.

À equipa do LNEG: Engenheiro António Santos, Joana e Carlota por toda a disponibilidade prestada, companheirismo e ajuda, e também à equipa do LNEC pela realização de outros ensaios mecânicos.

Ao Engenheiro Miguel Pestana, que, por um acaso, sugeriu, e me deu a oportunidade de conhecer uma fábrica de aglomerado negro, bem como ao Engenheiro Lopes Infante, que viabilizou essa visita.

Ao Arnaldo e a todos os meus amigos e colegas do ISA, um grande obrigado, por toda a companhia e paciência demonstrada ou por um simples “tu consegues”.

E em especial um grande agradecimento aos meus pais, sem os quais esta etapa não teria sido alcançada.

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”

Antoine Lavoisier

Resumo

Este trabalho tem como objetivo estudar produtos para revestimento de parede e pavimento que possam contribuir para uma maior valorização das matérias primas utilizadas - madeira de *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides* e *Quercus faginea*, e aglomerado e regranulado negro de cortiça expandido, desenvolvendo produtos mais ecológicos e de maior valor acrescentado para espaços interiores. Para isso foram elaborados protótipos para revestimento de pavimento e parede. Os protótipos para pavimento apresentam três camadas: as madeiras referidas anteriormente com aglomerado negro de cortiça (camada superior), madeira de pinheiro bravo (camada intermédia) e Rubbercork (camada inferior). Os protótipos para revestimento de parede tiveram como base o regranulado expandido de cortiça e cola, adicionando-se cascas ou aparas de *E. maculata*, *E. botryoides* ou *Q. faginea*. Realizaram-se testes físico-mecânicos de dureza e inchamento para os protótipos de pavimento, concluindo-se que o protótipo com *E. maculata* apresenta maior dureza (41 N.mm⁻²) e menor inchamento, ou seja, melhor desempenho.

Para os produtos de revestimento de parede realizaram-se ensaios de dureza, tração e condutividade térmica. Os protótipos feitos com cascas apresentaram a maior densidade (316 kg.m⁻³), dureza (2,9 MPa), tração (0,19 MPa) e condutividade térmica (0,044 W/m.K), ou seja, maior resistência mecânica, comparativamente aos protótipos feitos com aparas.

Palavras-chave: Aglomerado negro de cortiça expandida, regranulado negro de cortiça expandida, *Quercus faginea*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides*.

Abstract

The objective of this work is to find products for wall covering and flooring that can contribute to a greater valorization of the raw materials used - wood of *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides* and *Quercus faginea*, and black expanded cork agglomerate and regranulate – by developing greener and more value-added products for indoor use. Prototypes for flooring and wall covering were assembled. The prototypes for flooring had three layers: the previously mentioned woods and black cork agglomerate (top layer), pine wood (middle layer) and Rubbercork (bottom layer). The prototypes for wall coverings were based on the expanded cork regranulate and glue, adding barks or shavings of *E. maculata*, *E. botryoides* or *Q. faginea*.

Physical and mechanical tests were made to measure hardness and swelling for the floor prototypes, concluding that the prototype with *E. maculata* has a higher hardness (41 N.mm⁻²) and lower swelling, and therefore an improved performance.

For wall covering products physical and mechanical testes were made to determine hardness, strength and thermal conductivity. The prototypes made with bark chips had the highest density (316 kg.m⁻³), hardness (2,9 MPa), traction (0,19 MPa) and the highest thermal conductivity (0,044 W/m.K), and showed higher mechanical strength, in comparison to prototypes made with wood chips.

Keywords: Black cork expanded agglomerate, black cork expanded regranulate, *Quercus faginea*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides*.

Extended abstract

Wood is one of man's most important natural resources, being renewable and with low energy requirement for processing.

The raw materials selected for this study are oak and eucalypts (*Quercus faginea*, *Eucalyptus maculata* and *Eucalyptus botryoides*), and are not known by their timber potential. Oak and eucalypt forests occupy large areas in Portugal as commercial plantations for solid wood and cork production, and for pulpwood. Respectively the other raw material selected was black expanded agglomerate and regranulate cork. Cork combines a set of particular properties that make it an interesting material for this type of other applications i.e. involving energy absorption and insulation.

This work aimed at finding products for wall cladding and flooring that can contribute to a greater valorization of the raw materials in order to develop greener and more value-added products. It is also an objective of this work to enhance the expanded agglomerate and regranulate cork as a raw material for new products.

The prototypes for flooring have three layers and used wood of *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides* or *Quercus faginea* with black cork agglomerate (top layer), pine wood (middle layer) and Rubbercork (bottom layer). The prototypes for wall coverings were based on the expanded cork regranulate and glue, adding barks or shavings of *E. maculata*, *E. botryoides* or *Q. faginea*.

Tests on physical and mechanical properties - hardness and swelling - were made for three types of wood in flooring prototypes. The prototype with *E. maculata* has a higher hardness (41 N.mm⁻²) and lower swelling, i.e. improved performance.

Tests on physical and mechanical properties were also done for the wall covering prototypes. Hardness, strength and thermal conductivity were assessed. The prototypes made with expanded cork regranulate, glue and bark chips had the highest density (316 kg.m⁻³), hardness (2,9 MPa), traction (0,19 MPa) and the highest thermal conductivity (0,044 W/m.K), and it was the prototype who showed higher mechanical strength. The prototypes with wood chips had lower density (191 kg.m⁻³), hardness (1,5 MPa) and traction (0,09 MPa).

The prototype produced with black regranulate and bark chips of *E. maculata* showed the best mechanical properties.

Keywords: Black cork expanded agglomerate, black cork expanded regranulate, *Quercus faginea*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides*.

Índice

Resumo.....	IV
Abstract.....	V
Extended abstract	VI
Lista de figuras.....	IX
Lista de quadros.....	XII
1. Introdução	1
1.1 A floresta portuguesa em números	1
1.2 A madeira de <i>Quercus faginea</i>	3
1.3 A madeira de <i>Eucalyptus maculata</i> e <i>Eucalyptus botryoides</i>	3
1.4 O regranulado expandido de cortiça	5
1.4.1 A cortiça	5
1.4.2 O aglomerado expandido de cortiça	6
1.4.3 O regranulado expandido	8
1.5 Objetivos.....	8
1.6 Estrutura da tese.....	9
2. Material e Métodos.....	10
2.1 Protótipos para pavimento	10
2.1.1 Dureza Brinell.....	13
2.1.2 Inchamento após imersão em água.....	14
2.2 Protótipos para revestimento de parede	15
2.2.1 Densidade	18
2.2.2 Dureza Janka	19
2.2.3 Tração.....	20
2.2.4 Condutividade térmica.....	21
3. Resultados e Discussão	23
3.1 Protótipos para pavimento	23
3.1.1 Dureza Brinell.....	28
3.1.2 Inchamento após imersão em água.....	29
3.2 Protótipos para revestimento de parede	30

3.2.1 Densidade	33
3.2.2 Dureza Janka	34
3.2.3 Tração	36
3.2.4 Condutividade térmica	40
4. Conclusões	42
5. Bibliografia	43
6. Anexos	47

Lista de figuras

Figura 1. Distribuição do montado em Portugal e na bacia Mediterrânea (APCOR, 2014)	2
Figura 2. Madeira de <i>Q. faginea</i>	3
Figura 3. Madeira de <i>E. maculata</i>	4
Figura 4. Madeira de <i>E. botryoides</i>	4
Figura 5. Constituição de um tronco de sobreiro com exploração de cortiça: 1- Xilema, 2-Câmbio, 3-Floema, 4-Feloderme, 5-Felogénio, 6-Felema; 7-Costa (FORTES et al, 2004)	5
Figura 6. Blocos de aglomerado negro (SOFALCA)	6
Figura 7. Regranulado negro de cortiça expandida (ISOCOR)	8
Figura 8. Serra de disco Griggio	11
Figura 9. Garlopa Griggio	11
Figura 10. Madeira de <i>E. maculata</i>	11
Figura 11. Aglomerado negro pincelado com cera Durocin 2K CERA	11
Figura 12. Colagem de ripas de pinho à base	12
Figura 13. Protótipo para pavimento: madeira de <i>E. maculata</i> com aglomerado negro	12
Figura 14. Provetes 5x5 cm de protótipo de <i>E. maculata</i> (M), de protótipo de <i>Q. faginea</i> (F) e de <i>E. botryoides</i> (B)	13
Figura 15. Ensaio de dureza Brinell a um provete construído com madeira de <i>E. botryoides</i>	13
Figura 16. Esquema das medições dos diâmetros realizados à marca de impacto	14
Figura 17. Esquema das medições realizadas a um provete: e – espessura, C – cortiça, 1a e 1b – lamela 1, 2a e 2b – lamela 2	15
Figura 18. Mistura de regranulado negro com cola	17
Figura 19. Mistura de regranulado negro com cola e aparas de <i>E. maculata</i>	17
Figura 20. Mistura de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i>	17
Figura 21. Mistura pronta a entrar na prensa. Falta chapa superior	18
Figura 22. Prensa hidráulica de pratos quentes	18
Figura 23. Máquina de ensaios universal Amsler	19
Figura 24. Ensaio de Dureza Janka	19
Figura 25. Provetes de 5x5 cm para teste à tração: A – aglomerado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i> ; B - aglomerado negro com cola; C - aglomerado negro com cola e aparas de <i>E. maculata</i>	20

Figura 26. Suportes metálicos com provetes para realização dos ensaios à tração	20
Figura 27. Ensaio de tração na máquina INSTRON 4467	21
Figura 28. Thermal Conductivity Analyser	21
Figura 29. Madeira de <i>E. maculata</i> e aglomerado expandido de cortiça: A – apresentação frontal, B - perfil	23
Figura 30. Madeira de <i>Q. faginea</i> e aglomerado expandido de cortiça: A – apresentação frontal, B – perfil	24
Figura 31. Madeira de <i>E. botryoides</i> e aglomerado expandido de cortiça	24
Figura 32. Madeira de <i>E. maculata</i> e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz: A – apresentação frontal, B – perfil	25
Figura 33. Madeira de <i>E. maculata</i> e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz	25
Figura 34. Madeira de <i>E. botryoides</i> e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz: A – apresentação frontal, B – perfil	26
Figura 35. Madeira de <i>E. maculata</i> e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz	26
Figura 36. Madeira de <i>Q. faginea</i> e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz	27
Figura 37. Perfil de protótipo para revestimento de pavimento: A-madeira de <i>E. maculata</i> , B-aglomerado negro, C-madeira de pinho, D-Rubbercork	27
Figura 38. Diâmetros da moosa deixada pela esfera em madeira de <i>E. maculata</i> (proвете M10)	28
Figura 39. Diâmetros da moosa deixada pela esfera em madeira de <i>Q. faginea</i> (proвете F14)	28
Figura 40. Diâmetros da moosa deixada pela esfera em madeira de <i>E. botryoides</i> (proвете B2)	29
Figura 41. Placa de regranulado negro com cola (A e B)	30
Figura 42. Placa de regranulado negro com cola e aparas de <i>E. maculata</i> (A e B)	31
Figura 43. Placa de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i> (A e B)	31
Figura 44. Placa de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. botryoides</i>	32
Figura 45. Placa de regranulado negro com cola e cascas de <i>Q. faginea</i>	32
Figura 46. Placa de regranulado negro com cola e aparas de <i>Q. faginea</i>	33
Figura 47. Resultado de um ensaio à dureza Janka, numa placa de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i>	35
Figura 48. A e B - Resultado do ensaio 1	37
Figura 49. Resultado do ensaio 3	37

Figura 50. Curvas força-extensão obtidas nos ensaios das placas de regranulado negro com cola (1 a 5)	38
Figura 51. A e B - Resultado do ensaio 9, realizado a amostra de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i>	38
Figura 52. Resultado do ensaio 13, realizado a amostra de regranulado negro com cola e aparas de <i>E. maculata</i>	39
Figura 53. Curvas força-extensão obtidas nos ensaios das placas de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i> (6 a 10)	39
Figura 54. Curvas força-extensão obtidas nos ensaios das placas de regranulado negro com cola e aparas de <i>E. maculata</i> (11 a 15)	40

Lista de quadros

Quadro 1. Áreas florestais por espécie nos IFN de 1995/1998 e 2005/2006 e resultados preliminares de 2010/2011 (Fonte: ICNF)	1
Quadro 2. Processo de fabrico do aglomerado expandido de cortiça (Ministério da Indústria, Energia e Exportação)	7
Quadro 3. Propriedades do aglomerado expandido de cortiça	7
Quadro 4. Ensaios preliminares	16
Quadro 5. Protótipos	16
Quadro 6. Médias dos resultados dos ensaios de dureza Brinell	28
Quadro 7. Valores de inchamento nas lamelas 1 e 2 (%), de larguras e espessura da madeira e da cortiça; Valores de aumento de peso dos provetes (%)	29
Quadro 8. Determinação de densidades em 2 placas de cada tipo	34
Quadro 9. Determinação da dureza Janka: realização de 5 ensaios em cada placa	35
Quadro 10. Ensaios de tração (valores médios)	36
Quadro 11. Resultados referentes ao ensaio de condutividade térmica	40
Quadro 12. Condutividade térmica de materiais de revestimento em W/m.k	41

1. Introdução

1.1 A floresta portuguesa em números

A floresta portuguesa ocupa cerca de 3,46 milhões de hectares, representando 38,8% do território nacional. As principais espécies florestais, por ordem decrescente em área ocupada, são o eucalipto, o sobreiro e o pinheiro bravo, representando um total de cerca de 74% das áreas florestais existentes (AIFF 2010).

O Quadro 1 mostra as áreas das espécies dominantes segundo os Inventários Florestais Nacionais de 1995/1998, 2005/2006 e resultados preliminares de 2010/2011.

Quadro 1. Áreas florestais por espécie nos IFN de 1995/1998 e 2005/2006 e resultados preliminares de 2010/2011

Espécie	1995/1996	2005/2006	2010/2011
Pinheiro-bravo	977 883	795 489	714 445
Eucaplito	717 246	785 762	811 943
Sobreiro	746 828	731 099	736 775
Azinhreira	366 687	334 980	331 179
Carvalhos	91 897	66 016	67 116
Pinheiro-manso	120 129	172 791	175 742
Castanheiro	32 633	38 334	41 410
Alfarrobeira	2 701	4 726	5 351
Acácias	12 278	12 203	11 803
Outras folhosas	155 187	169 390	177 767
Outras resinosas	61 340	73 442	73 217

Fonte: ICNF, 2014

Espécies como o eucalipto e o pinheiro manso estão em crescimento, o que poderá ser devido à sua elevada rentabilidade (períodos de retorno de investimento inferiores). Os montados de sobreiro tendem a estabilizar apesar de também garantirem elevada rentabilidade, mas com períodos de retorno mais lentos (AIFF 2010).

As três principais espécies florestais ocupam uma importante posição na Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP), com cerca de 174722 ha (5,5% da área florestal nacional). Cerca de 6,5% de pinheiro bravo, 3,0% de sobreiro e 2,8% de eucalipto estão inseridas nas RNAP, sendo estas importantes para assegurar a preservação da biodiversidade e dos habitats (AIFF 2010). Os ecossistemas florestais asseguram um conjunto de bens e serviços, tais como a fixação de CO₂, proteção contra a erosão do solo, retenção de água, bem como valores sociais, educacionais e económicos.

Estas espécies são responsáveis pelas principais subfileiras industriais existentes, contribuindo para a internacionalização dos mercados e da economia, reflectidas em 9,3% do total de exportações nacionais de bens (AIFF 2010), e contribuindo com 2,5% para o Produto Interno Bruto e 3% para o emprego (ICNF 2014).

Os sobreiros podem integrar sistemas multifuncionais onde se associa a cultura arbórea a uma cultura agrícola e uma exploração de gado ou sistemas monofuncionais com uma marcada utilização florestal, onde a produção de cortiça se associa à cinegética e à apicultura (SILVA 2007). Apresentam uma forte importância económica, social e ecológica, promovendo diferentes serviços ambientais, fixação de CO₂, regulação hidrológica, prevenção da desertificação e protecção da biodiversidade (RIVES et al. 2012) tendo-se desenvolvido desde o início do século XIII a primeira lei agrária de protecção dos montados de sobreiro. O sobreiro (*Quercus suber* L.) é responsável pela produção da cortiça, principalmente na bacia do Mediterrâneo (Figura 1), onde encontra boas condições de desenvolvimento, como forte luminosidade, temperatura amena e baixa humidade (NATIVIDADE 1991). Portugal é responsável por 51% da produção mundial de cortiça.

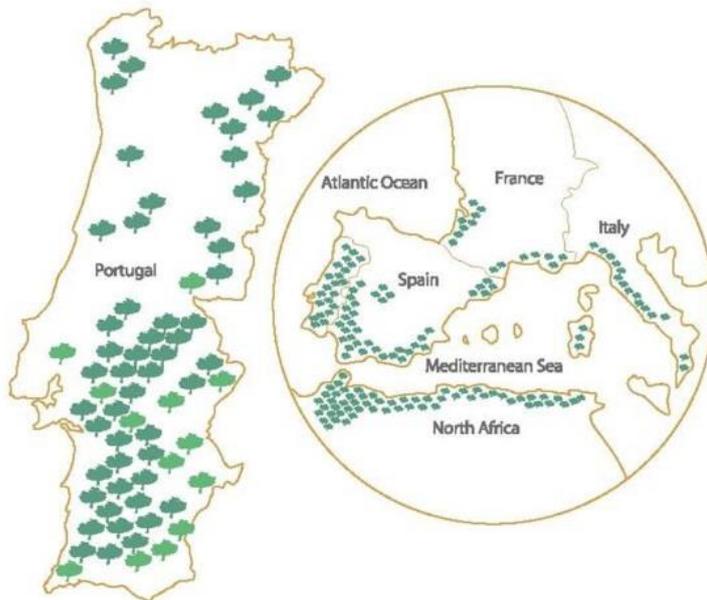


Figura 1. Distribuição do montado de sobreiro em Portugal e na bacia Mediterrânea (APCOR, 2014)

1.2 A madeira de *Quercus faginea*

A espécie *Quercus faginea* Lam. apresenta um crescimento lento podendo atingir cerca de 20 metros de altura de fuste. Não tolera ensombramento e adapta-se bem a uma amplitude térmica elevada.

A madeira apresenta uma densidade de 890 kg.m^{-3} , e é considerada pesada. Apresenta uma retração bastante acentuada (cerca de 25%), anisotropia média e uma tensão de rutura forte (cerca de 37 kg.cm^{-2}) (CARVALHO 1997). É uma madeira dura (5,4 kgf), resistente à compressão e com um coeficiente de resiliência forte, ou seja, resistente ao choque (RAMOS 2009, KNAPIC et al. 2011). Estas características tornam a madeira de *Quercus faginea* (Figura 2) adequada para a produção de, por exemplo, lambris e pavimentos.

Como é uma madeira muito dura podem existir algumas dificuldades na sua serragem, apresentando uma propensão para fendimentos. No entanto é uma madeira onde a colagem é satisfatória, bem como um acabamento superficial com lixa adequado. Tem ainda uma boa receção de vernizes (CARVALHO 1997).



Figura 2. Madeira de *Q. faginea*

1.3 A madeira de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus botryoides*

A espécie *Eucalyptus maculata*, apresenta uma taxa de crescimento elevado podendo variar entre 20 e 45 m de altura e 0,75 e 1,3 m de DAP, dependendo se os locais promovem condições adequadas de crescimento ou não (IPNF 2014). Desenvolve-se bem a baixas altitudes, em locais de sol abundante, em solos com boa drenagem e preferem temperaturas quentes que variam entre 22 e 35°C no mês mais quente, mas suportando bem mínimas de 5°C. É ainda tolerante à seca (FERREIRA 1979).

A madeira (Figura 3) tem propriedades mecânicas adequadas ao uso como madeira sólida, é resistente a fungos e ataques de insectos, sendo por isso uma madeira utilizada em marcenaria e construções (BOLZA 1978).

Apresenta uma coloração clara de tons amarelados, visualmente apelativa combinando bem com tons mais escuros, como é o caso do aglomerado negro. Tem uma forma de fuste direita e densidades que rondam os 970 kg.m^{-3} (FERREIRA 1979).



Figura 3. Madeira de *E. maculata*

A espécie *Eucalyptus botryoides* pode crescer até 15 m de altura e atingir até 1 metro de DAP, se as condições forem favoráveis. Os tons da casca podem variar consoante a localização geográfica: os tons mais avermelhados e alaranjados situam-se em zonas costeiras e os tons mais acinzentados em zonas de interior.

A madeira desta espécie apresenta uma densidade de cerca de 620 kg.m^{-3} , moderadamente pesada, conferindo-lhe resistência e durabilidade (KNAPIC et al. 2014).

Apresenta uma retração acentuada (17,3%), anisotropia média e coeficiente de resiliência elevado. É uma madeira moderadamente elástica, com uma tensão de rutura mediana (22 kg.cm^{-2}). Detém uma rigidez também mediana (3,6 kgf), o que permite uma serragem fácil. Apresenta uma boa aptidão à colagem e permite obter um acabamento fácil.

É por isso usada para revestimento de pavimentos, utilizando-se para esse fim neste trabalho prático, mas também é utilizada em mobiliário maciço, contraplacado folheado, bem como construção naval (CARVALHO 1997).

Na Figura 4 pode observar-se o toro de madeira de *E.botryoides* que foi utilizado neste trabalho.



Figura 4. Madeira de *E. botryoides*

1.4 O regranulado expandido de cortiça

1.4.1 A cortiça

A cortiça (felema) é o parênquima suberoso originado pelo meristema subero-felodérmico do sobreiro, o felogénio, constituindo o revestimento do seu tronco e ramos, ou seja a periderme (PEREIRA 2007). É um material natural e celular, produzido pelo felogénio para o exterior da árvore. Após o descortiçamento o felogénio morre, formando-se um novo felogénio (denominado traumático).

Na Figura 5 é possível visualizar a constituição de um tronco de sobreiro, com exploração de cortiça.

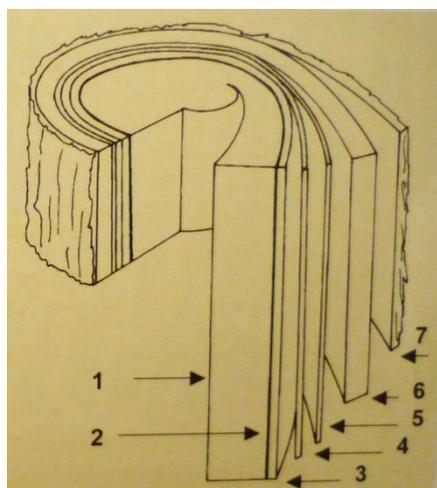


Figura 5. Constituição de um tronco de sobreiro com exploração de cortiça: 1-Xilema, 2-Câmbio, 3-Floema, 4-Feloderme, 5-Felogénio, 6-Felema; 7-Costa (FORTES et al, 2004)

A primeira extração de cortiça ocorre quando a árvore atinge 70 cm de PAM (perímetro à altura do peito) sendo denominada de cortiça virgem. A cortiça virgem apresenta um aspecto muito irregular, com fissuras verticais, que resultam das tensões tangenciais originadas pelo crescimento radial do fuste (FORTES et al. 2004, PEREIRA 2007). Esta cortiça apresenta um baixo valor comercial sendo destinada à produção de aglomerados.

A cortiça secundeira, como o próprio nome indica, formada a partir de um novo felogénio, é a cortiça de segunda tiragem, nove anos mais tarde, que, apesar de apresentar uma estrutura mais regular ainda é imprópria para o sector da indústria rolheira. Com a remoção da cortiça secundeira é formado um novo felogénio, ao qual se dá o nome de cortiça amadia. É esta a cortiça que apresenta maior valor comercial, sendo a que é utilizada na indústria rolheira.

A cortiça que não apresenta características compatíveis com a produção de rolhas é conduzida para o setor dos aglomerados. Aqui utilizam-se os restos da indústria rolheira e matéria prima que não é adequada para a produção de rolhas, tal como cortiça virgem,

secundária, refugos de cortiça amadia e desperdícios, sendo assim possível o aproveitamento integral deste material. Dentro deste setor pode-se dividir a produção de aglomerados em compostos e puros.

- Os aglomerados compostos (ou brancos) dos quais fazem parte as rolhas aglomeradas, rubbercork e painéis, são constituídos por cortiça (grânulos de sub-produtos da indústria rolheira e bocados e refugos da cortiça amadia) e um ligante (FORTES et al. 2004, PEREIRA 2007).

- Os aglomerados puros, negros, ou de cortiça expandida, são formados por grânulos, como é o caso da cortiça virgem ou cortiça amadia com teor de costa elevado.

1.4.2 O aglomerado expandido de cortiça

O aglomerado é obtido pela aglomeração térmica dos grânulos de cortiça a temperaturas elevadas (200 - 250°C).

A aglomeração é realizada em autoclave com vapor sobreaquecido, provocando a degradação termoquímica e a formação de compostos que funcionam como ligante natural. Neste processo não são adicionadas colas. Parte dos constituintes químicos são degradados termoquimicamente e volatilizados ou arrastados pelo vapor. Neste processo a cortiça sofre um aumento de volume, mas a sua massa diminui consideravelmente (FERREIRA e PEREIRA 1986; PEREIRA 2007). No final do processo formam-se blocos de aglomerado negro que são posteriormente cortados consoante as dimensões pretendidas (Figura 6).



Figura 6. Blocos de aglomerado negro (SOFALCA)

O Quadro 2 esquematiza de forma simplificada o processo de fabrico do aglomerado expandido de cortiça, dividido em seis fases (Ministério da Indústria, Energia e Exportação, 1982).

Quadro 2. Processo de fabrico do aglomerado expandido de cortiça

1º - Fase preliminar	<ul style="list-style-type: none">• Receção da matéria-prima• Empilhamento
2º - Fase de trituração	<ul style="list-style-type: none">• Separação das impurezas• Trituração• Calibragem
3º - Fase de secagem	<ul style="list-style-type: none">• Secagem e/ou pré-aquecimento
4º - Fase de cozedura	<ul style="list-style-type: none">• Enchimento das autoclaves• Cozedura• Extração de suberina• Produção de vapor
5º - Fase de acabamento	<ul style="list-style-type: none">• Arrefecimento dos blocos• Repouso• Serragem• Lixagem
6º - Fase final	<ul style="list-style-type: none">• Embalagem• Armazenagem

Fonte: Ministério da Indústria, Energia e Exportação

Este produto tem como principal utilização o isolamento térmico e acústico em interiores de paredes, variando a sua utilização consoante a densidade, ou então o revestimento de sub-pavimentos. No Quadro 3 estão mencionadas as suas principais características.

Quadro 3. Propriedades dos Aglomerado expandido de cortiça

Propriedade	Valor
Densidade	105 a 130 kg.m ⁻³
Coeficiente de condutividade térmica	0,040 W m ⁻¹ .k ⁻¹
Coeficiente de absorção acústica (para 500Hz)	0,33
Tensão de rutura	1,4 a 2,0 kgf.cm ⁻²
Temperatura	-180°C a +140°C
Classificação de fogo	Euroclass E

Fonte: Isocor (www.isocor.pt)

Pode ainda ser utilizado em conjunto com outros materiais, como é o caso de diferentes espécies de madeira, para revestimento de pavimentos, contribuindo para melhorar as suas características.

Quando atinge o seu termo de vida útil, maioritariamente por desejo dos proprietários, por reestruturações de espaços, ou obras e demolições, é possível proceder ao seu aproveitamento através da regranulação. Este regranulado apresenta um teor de suberina e

extrativos inferior uma vez que já foram aproveitadas no fabrico do aglomerado. No entanto adicionando cola é possível formar um novo material para revestimento de parede.

1.4.3 O regranulado expandido

O regranulado expandido de cortiça é obtido a partir da reciclagem de desperdícios do aglomerado negro expandido, após atingir o seu termo de vida útil, bem como a partir da trituração das placas danificadas durante a sua produção. Apresenta densidades aparentes que variam entre 65 e 80 kg.m⁻³ e condutividade térmica de 0.050 W.mK⁻¹ (ISOCOR 2010).

Os regranulados são utilizados com a função de isolamento térmico; no enchimento de espaços vazios entre paredes duplas ou sobre o teto do último piso (GIL 1998); na preparação de argamassas com cimento (betão leve), para aligeirar o peso em determinados elementos de construção; empregando-se ainda no enchimento de caixas de soalho para correção acústica e térmica (ISOCOR 2010).

O regranulado negro (Figura 7) proveniente da regranulação do aglomerado negro usado, é um produto “verde” proporciona economia energética, é ecológico e sustentável.



Figura 7. Regranulado negro de cortiça expandida (ISOCOR)

1.5 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo apresentar produtos de revestimento de paredes e de pavimento que possam contribuir para uma maior valorização das matérias primas utilizadas, por forma a desenvolver produtos mais ecológicos e de maior valor acrescentado. É também objetivo deste trabalho a valorização do aglomerado e do regranulado expandido de cortiça como matéria prima para novos produtos de revestimento interior.

Esta dissertação visa demonstrar que os materiais à base de aglomerado e regranulado negro de cortiça não servem apenas para uso interno, invisíveis à vista. Pretende-se assim que este material se torne visível, apelativo e estético, aumentando-se a sua valorização, nomeadamente quando associado a diferentes espécies de madeira como é o caso dos protótipos para revestimento de pavimento, obtendo-se também um melhoramento relativo à estabilidade dimensional.

1.6 Estrutura da tese

O trabalho está dividido em cinco capítulos:

O capítulo 1, Introdução, está dividido em “A floresta portuguesa em números”, “A madeira de *Quercus faginea*”, “A madeira de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus botryoides*”, “O regranulado expandido de cortiça”, “Objetivos” e “Estrutura da tese”.

No capítulo 2, Material e Métodos, são descritos os materiais e procedimentos para produzir os protótipos e realizar os testes mecânicos.

No capítulo 3, Resultados e Discussão, mostram-se os protótipos finalizados e os resultados dos ensaios mecânicos realizados.

No capítulo 4 apresentam-se as conclusões do trabalho.

Para finalizar, no capítulo 5 encontra-se a bibliografia consultada.

2. Material e Métodos

Para a elaboração dos protótipos para revestimento de pavimento e parede utilizaram-se como matérias primas o aglomerado e o regranulado expandido de cortiça, e madeiras de *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus botryoides* e *Quercus faginea*.

As madeiras de eucalipto são provenientes de ensaios de campo do Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa, situados na Tapada da Ajuda (38°42'N;09°10'W), com idades entre os 3 e os 7 anos.

A madeira de carvalho cerquinho é proveniente de Cortiços, em Macedo de Cavaleiros (41°30'41''N;07°01'06''W) e de Gralhós em Izeda (41°32'10''N;06°46'25''W), com idades a variar entre os 34 e os 60 anos.

2.1 Protótipos para pavimento

Os protótipos foram montados no ISA, tendo os testes mecânicos de dureza e imersão sido realizados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Os produtos produzidos são compostos por três camadas: a) uma camada superior de componentes de madeira e cortiça (aglomerado expandido); b) uma camada intermédia de madeira maciça de pinheiro bravo; c) uma camada inferior composta por Rubbercork. As três camadas foram coladas entre si, sendo a junção entre peças feita com recurso ao tradicional encache macho-fêmea.

Foram utilizados para a camada superficial aglomerado negro de cortiça e madeira maciça de *Quercus faginea*, *Eucalyptus maculata* e de *Eucalyptus botryoides*. A camada intermédia foi elaborada com madeira de pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) e a camada inferior com um aglomerado de partículas de cortiça e borracha (Rubbercork).

Foram preparadas ripas com dimensões variadas, a partir de toros de madeira das espécies referidas. O corte das peças foi feito recorrendo a uma serra universal de corte de madeira (LM 310I UNIVERSAL COMBI MACH.2000MM"CE") (Figura 8).

Descascaram-se os toros, que foram posteriormente cortados em paralelepípedos e aplainados na garlopa (Figura 9) com uma espessura de corte de 0,5mm até apresentarem faces regulares e dimensões constantes, que se aproximam dos 27x6x2cm (Figura 10).



Figura 8. Serra de disco Griggio



Figura 9. Garlopa Griggio



Figura 10. Madeira de *E. maculata*

Foram também preparados paralelepípedos de 20x1x1 cm de aglomerado negro a partir de um bloco de grandes dimensões, com a densidade de 240 g.cm^{-3} . Um dos lados destas tiras foi pincelada com cera “Durocin 2K CERA, meio brilho, de verniz poliuretano de dois componentes (77-021.0000.06)” (Figura 11).



Figura 11. Aglomerado negro pincelado com cera Durocin 2K CERA

Para a construção dos protótipos, de 20x25x2,5 cm, cortou-se um retângulo com as mesmas dimensões de Rubbercork, sobre o qual se colaram ripas de madeira de pinho, igualmente com as mesmas medidas (Figura 12). Para todas as colagens foi utilizada a cola epóxida de colagem rápida.



Figura 12. Colagem de ripas de pinho à base

A madeira das espécies de eucalipto e de carvalho, bem como o aglomerado negro, é colocada sobre o pinho, transversalmente, para garantir a estabilidade mecânica e dimensional dos protótipos. As diferentes madeiras e o aglomerado negro foram dispostos de modo a serem obtidos diferentes padrões, observando-se um exemplo na Figura 13.

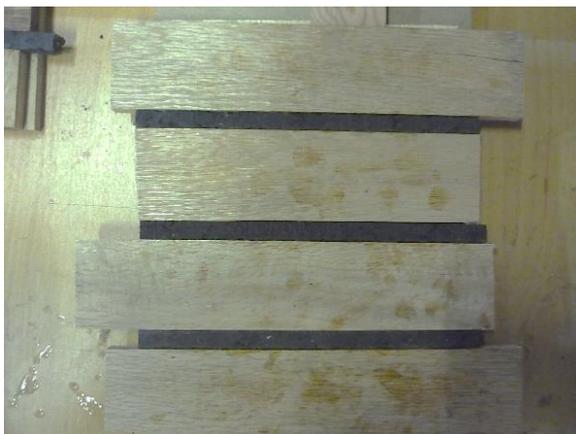


Figura 13. Protótipo para pavimento: madeira de *E. maculata* com aglomerado negro

O protótipo foi colocado numa prensa (a frio) durante 48 h sob um peso de 65 kg, após o qual foi aplainado na garlopa. No final alguns protótipos foram sujeitos a um acabamento superficial com verniz incolor LUXENS.

As cascas e as aparas resultantes da madeira de *E. maculata* e *Q. faginea* bem como as cascas de *E. botryoides*, foram guardadas para a elaboração dos protótipos para revestimento de parede.

2.1.1 Dureza Brinell

A realização deste teste foi feita com recurso a uma máquina universal AG250KNIS-MO da Shimadzu, de acordo com a norma EN 1534. Foram testados 12 provetes com *E. maculata* na superfície, 14 com *Q. faginea* e 15 com *E. botryoides* (Figura 14) de 5x5 cm, provenientes de três protótipos construídos (um de cada tipo de madeira), utilizando-se uma esfera de aço de 10 mm de diâmetro que foi pressionada contra o provete com força constante (Figura 15), até atingir 1 KN em 15 s. A carga foi mantida durante 25 s e retirada de seguida.



Figura 14. Provetes 5x5 cm de protótipo de *E. maculata* (M), protótipo de *Q. faginea* (F) e *E. botryoides* (B)



Figura 15. Ensaio de dureza Brinell a um provete constituído por madeira de *E. botryoides*

A marca de impacto deixada pela esfera em cada um dos provetes foi medida recorrendo-se ao sistema de análise de imagem que incorpora uma solução com captura digital de 7 mega

pixéis em macro stand com sistema de iluminação de alta frequência e utiliza o software AnalySIS® (version 3.1). Foram medidos dois diâmetros perpendiculares entre si (Figura 16). Para determinar a dureza utilizou-se a Equação 1, onde a força F e o diâmetro da esfera D são constantes.



Figura 16. Esquema das medições dos diâmetros realizados à marca de impacto

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

HB – dureza Brinell, expressa em N.mm⁻²;

F – força exercida pela esfera no provete, expressa em Newton;

D – diâmetro da esfera, expresso em mm.

d – média dos diâmetros cruzados da moosa deixada pela esfera, em mm.

2.1.2 Inchamento após imersão em água

Este ensaio, realizado de acordo com a Norma EN 13329, pretende avaliar o desempenho dos protótipos para pavimento no caso de uma exposição à água provocada por inundações ou outros acontecimentos acidentais. Foram testados os três tipos de madeira, tendo sido utilizados os mesmos provetes do ensaio de dureza Brinell.

Os provetes foram colocados numa atmosfera controlada a 23°C e 50% H.R. Após estabilizarem foram pesados e medidos em 3 pontos de cada lado (1a, 1b, 2a e 2b), bem como em espessura, para se calcular uma média (Figura 17). De referir que a lamela 1 é composta por pinho e a lamela 2 pelas madeiras já referidas, e por cortiça em alguns casos. As medições foram feitas com a tabela de leitura Mitutoyo com um computador digital Mitutoyo, com 0,01 mm de precisão. Após realizar as medições os provetes foram imersos parcialmente em água, a 20°C durante 24 horas. Foram posteriormente pesados e medidos, para ser calculada a variação e a percentagem de inchamento, pela Equação 2

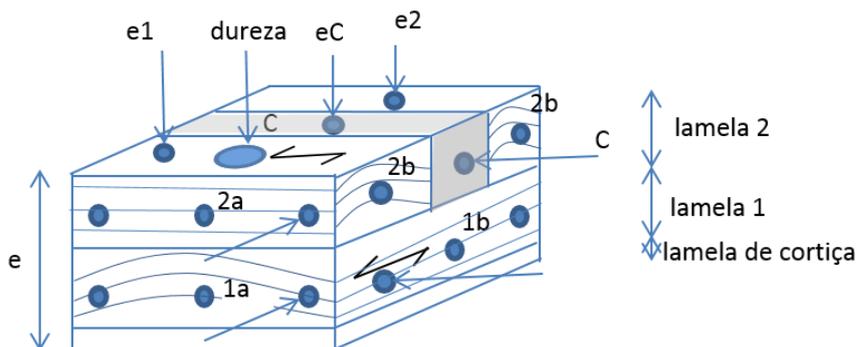


Figura 17. Esquema das medições realizadas a um provete: e – espessura, C – cortiça, 1a e 1b – lamela 1, 2a e 2b – lamela 2

$$S = \frac{(l_{final} - l_{inicial}) * 100}{l_{final}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

S – percentagem de inchamento;

l – largura do provete (1a, 1b, 2a ou 2b), obtida a partir da média das 3 medições

2.2 Protótipos para revestimento de parede

Utilizou-se regranulado expandido de cortiça, aparas de madeira de *E. maculata* e *Q. faginea*, cascas de *E. maculata*, *Q. faginea* e *E. botryoides* e cola BS3010 poliuretano.

O regranulado negro existente apresentava uma granulometria variada, tendo sido necessário uma redução de dimensões para cerca de 2 mm, utilizando o moinho de facas Retsch SM 2000 com uma malha de 10 mm.

As cascas de *E. maculata*, *E. botryoides* e *Q. faginea*, obtidas através da preparação das madeiras para a construção dos protótipos para pavimento, foram moídas utilizando-se a mesma malha de 10 mm.

A elaboração dos protótipos (placas com regranulado negro de cortiça para revestimento de parede) bem como os testes mecânicos foram feitos no Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG), com recurso a uma prensa hidráulica de pratos quentes com dimensões de 30x30 cm.

Foram feitos alguns ensaios preliminares de junção de materiais fazendo variar a quantidade de cola de poliuretano BS3010, a temperatura da prensa e o tempo de prensagem (Quadro 4). Com base nos resultados obtidos nos ensaios preliminares foi possível fazer os protótipos finais (Quadro 5).

A cola utilizada, BS3010 poliuretano, é termoendurecível, de polímeros reticulados, que forma um excelente adesivo estrutural devido à transformação química irreversível sofrida (USDA, 1999).

Os principais componentes são o álcool e os isocianatos, que formam fortes ligações químicas obtendo-se bons resultados mesmo em superfícies difíceis de colar. Apresenta elevada resistência mecânica e à humidade, excelente molhabilidade, menor tempo de prensagem e menor consumo específico de resina (ALMEIDA, 2006).

O uso imprescindível de cola deve-se ao facto do regranulado apresentar pouca capacidade de autoaglomeração.

Quadro 4. Ensaio preliminares

Ensaio de teste	Material e quantidade (mL)	Quantidade de cola (mL)	Tempo de prensagem (min)	Temperatura (°C)	Observações
1	1200 de aparas <i>E. maculata</i>	40 cola + 40 água	5	100	Placa queimada devido a pouca espessura (<0.05 cm). Aumentar quantidade de material.
2	2400 regranulado negro	40 cola + 40 água	5	120	Placa saturada de água. Evitar diluição da cola e aumentar temperatura e tempo de prensagem. Boa espessura (1 cm)
3	2400 regranulado negro	80 cola	30	150	Mistura colocada entre 2 chapas metálicas (molde). A placa colou às chapas metálicas: é necessário utilizar papel de alumínio e parafina entre a mistura e as chapas.

Quadro 5. Protótipos

Tipo de placa	Composição
4 placas de regranulado negro	2400 mL material + 80 mL cola
4 placas de regranulado negro com aparas de <i>E. maculata</i>	
4 placas de regranulado negro com cascas de <i>E. maculata</i>	

1 placa de regranulado negro com cascas de <i>E. botryoides</i>	1400 mL regranulado + 1000 mL aparas/cascas + 80 mL cola
1 placa de regranulado negro com cascas de <i>Q. faginea</i>	
1 placa de regranulado negro com aparas de <i>Q. faginea</i>	

O preparado (Figuras 18, 19 e 20) foi colocado entre papel de alumínio e placas de chapa untadas com parafina (Figura 21) e introduzido na prensa (Figura 22).



Figura 18. Mistura de regranulado negro com cola



Figura 19. Mistura de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata*



Figura 20. Mistura de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata*

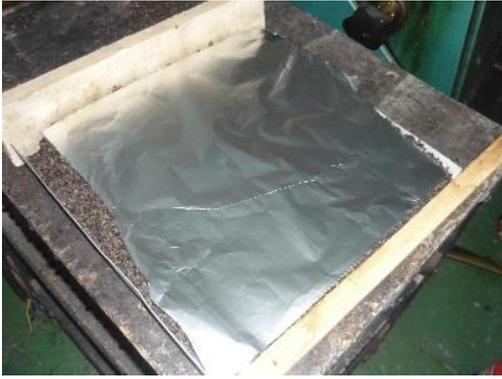


Figura 21. Mistura pronta a entrar na prensa. Falta chapa superior



Figura 22. Prensa hidráulica de pratos quentes

As placas contendo materiais de *E. botryoides* e *Q. faginea* apenas serviram para observação do aspecto visual, enquanto que os protótipos de regranelado negro simples com cola e aqueles onde se usou material de *E. maculata* foram sujeitos à realização de testes mecânicos (dureza, tração e condutividade térmica).

2.2.1 Densidade

Mediram-se as densidades das placas de cada tipo com base na Equação 3. As três dimensões das placas foram medidas com auxílio de fita métrica e paquímetro, bem como a massa das respectivas placas, utilizando-se uma balança.

$$\rho = \frac{m}{bht} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

- m é a massa de cada placa, expressa em g
- b, h, t são as dimensões das placas expressas em mm

2.2.2 Dureza Janka

O ensaio foi realizado recorrendo a uma máquina de ensaios universal Amsler de acordo com a Norma ASTM D 143:2000, com a penetração a meia profundidade de uma esfera de 11 mm de diâmetro (Figura 23).



Figura 23. Máquina de ensaios universal Amsler



Figura 24. Ensaio de Dureza universal Amsler

Mediu-se a força de penetração e depois calculou-se a dureza. Realizaram-se 5 leituras, como exemplificado na Figura 24, por cada placa que se pretendia testar (placa de regranulado negro com cola, placa de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata* e placa de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata*).

A dureza Janka foi calculada pela Equação 4, onde a força máxima atingida por metade da penetração da esfera é dividida pela superfície projetada:

$$HD = \frac{F_{m\acute{a}x}}{(\pi * D^2) / 4} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 4})$$

Onde:

HD – dureza de Janka expressa em N.mm⁻²;

F_{máx} – força máxima atingida pela penetração de meia esfera no provete, expressa em Newton;

D – diâmetro da esfera, expresso em mm.

2.2.3 Tração

Para este ensaio foi utilizada a máquina de ensaios à tração INSTRON 4467 de acordo com a Norma NP EN 1607:1998, tendo sido necessário cortar as placas em provetes de 5x5 cm (Figura 25). Foram utilizados 5 cubos de cada placa a testar: placa de regranulado negro com cola, placa de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata* e placa de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata*. Mediu-se cada cubo com um paquímetro. Colocaram-se 30 suportes metálicos na estufa a 100°C, para derreter um pouco a cola previamente existente e receber melhor a cola quente de pistola a aplicar.

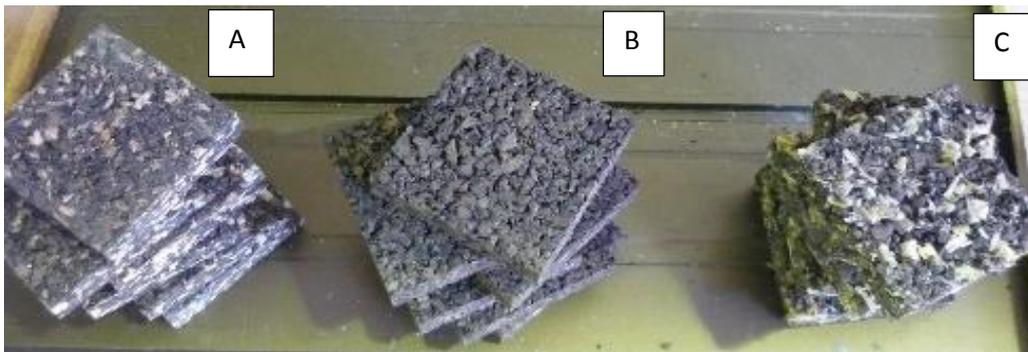


Figura 25. Provetes de 5x5cm para teste à tração: A – aglomerado negro com cola e cascas de *E. maculata*; B - aglomerado negro com cola; C - aglomerado negro com cola e aparas de *E. maculata*.

Colocou-se a cola em ambas as faces dos suportes de metal, ficando o provete no meio, como se pode observar na Figura 26, deixando-se secar por 24 horas.



Figura 26. Suportes metálicos com provetes para realização dos ensaios à tração.

Cada provete foi colocado na máquina ficando preso pela extremidade dos suportes metálicos (Figura 27). Mediu-se a força máxima exercida com a rutura, em Newton, convertendo-se depois para kgf. Calculou-se a tração exercida, de acordo com a Equação 5.



Figura 27. Ensaio de tração na máquina INSTRON 4467.

$$\text{Tração de rutura} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{bh} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 5})$$

Onde:

$F_{m\acute{a}x}$ - força máxima atingida aquando da rutura, expressa em kgf

b, h – dimensões transversais do provete, expressas em mm

2.2.4 Condutividade térmica

Para realizar este ensaio utilizou-se o aparelho medidor da condutividade térmica Thermal Conductivity Analyser, modelo 88, de marca Anacon, tendo sido feitas placas com dimensões de 20x20x1 cm. Foram analisadas uma placa de aglomerado negro com cola, de aglomerado negro com cola e aparas de *E. maculata* e de aglomerado negro com cola e cascas de *E. maculata*.



Figura 28: Thermal Conductivity Analyser

Após calibrar o aparelho medidor com uma placa padrão, realizou-se uma leitura para cada placa e acompanhou-se a estabilização até se observar um valor fixo no painel (Figura 28). A amostra foi colocada entre duas superfícies, uma superfície fria e outra quente, a 10°C e 37°C, respetivamente, existindo assim um diferencial de temperatura. O fluxo de calor através da placa foi medido com recurso a um fluxómetro de calor, cujo valor observado indica a condutividade térmica na unidade Kcal/h.m.°K, que foi posteriormente transformada em W/m.K.

3. Resultados e Discussão

3.1 Protótipos para pavimento

As figuras 29 a 36 mostram os diferentes modelos elaborados com variação na disposição dos materiais da camada superficial.

As Figuras 29, 30 e 31 apresentam uma opção com três ripas de madeira maciça com 6x20x1 cm e três tiras de aglomerado negro. Este modelo foi construído para os três tipos de madeira – *Eucalyptus maculata* (Figura 29), *Quercus faginea* (Figura 30) e *Eucalyptus botryoides* (Figura 31).

A Figura 32 apresenta uma opção com a madeira de *Eucalyptus maculata*. Este protótipo é composto por seis ripas de madeira maciça com 3x20x1 cm e cinco ripas de aglomerado negro.

As Figuras 33 e 34 apresentam uma opção onde se alteram cubos com paralelepípedos de madeira, sempre separados por tiras de aglomerado expandido. Este modelo foi construído para a espécie de *Eucalyptus maculata* (Figura 33) e *Eucalyptus botryoides* (Figura 34).

A Figura 35 apresenta uma opção com madeira de *Eucalyptus maculata* e aglomerado expandido de cortiça e mostra dois paralelepípedos no sentido vertical e três no sentido horizontal, estando o horizontal em maior proporção.

A Figura 36 apresenta uma opção com madeira de *Quercus faginea* e aglomerado expandido de cortiça.

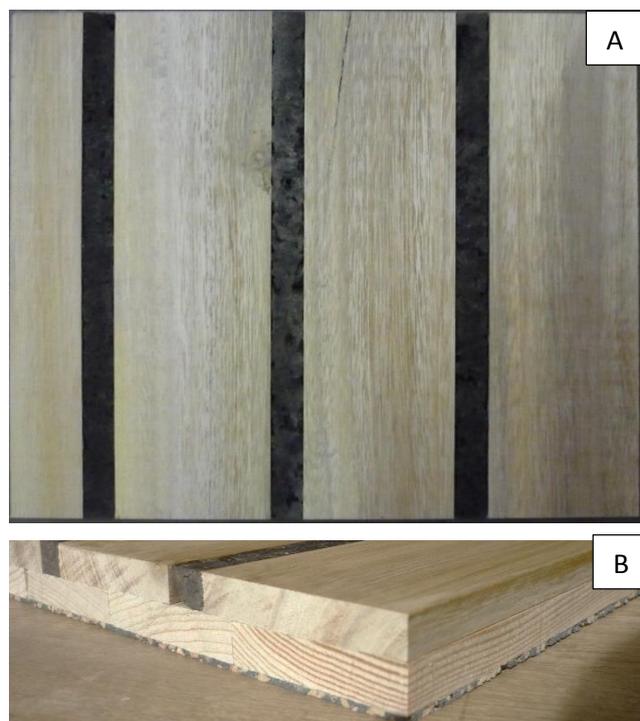


Figura 29. Madeira de *E. maculata* e aglomerado expandido de cortiça: A-apresentação frontal, B-perfil



Figura 30. Madeira de Q. faginea e aglomerado expandido de cortiça



Figura 31. Madeira de E. botryoides e aglomerado expandido de cortiça

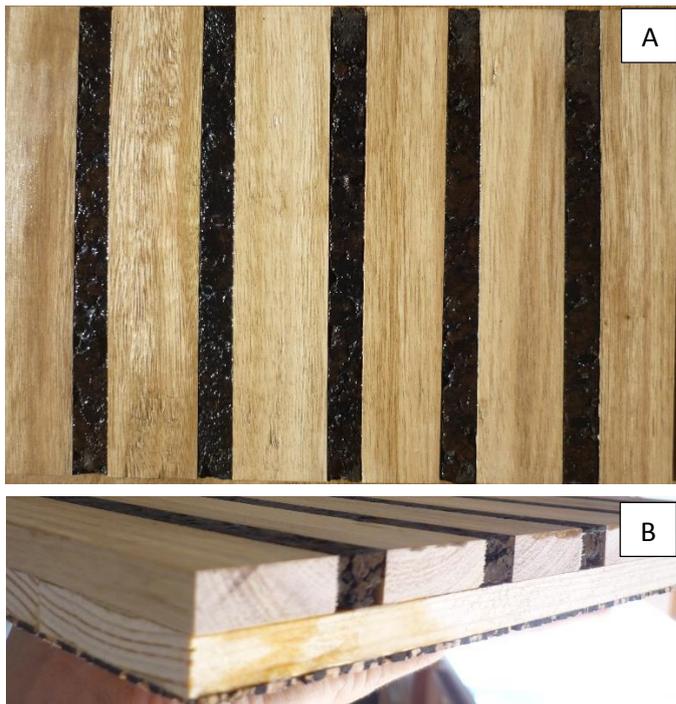


Figura 32. Madeira de E. maculata e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz: A – apresentação frontal, B – perfil



Figura 33. Madeira de E. maculata e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz

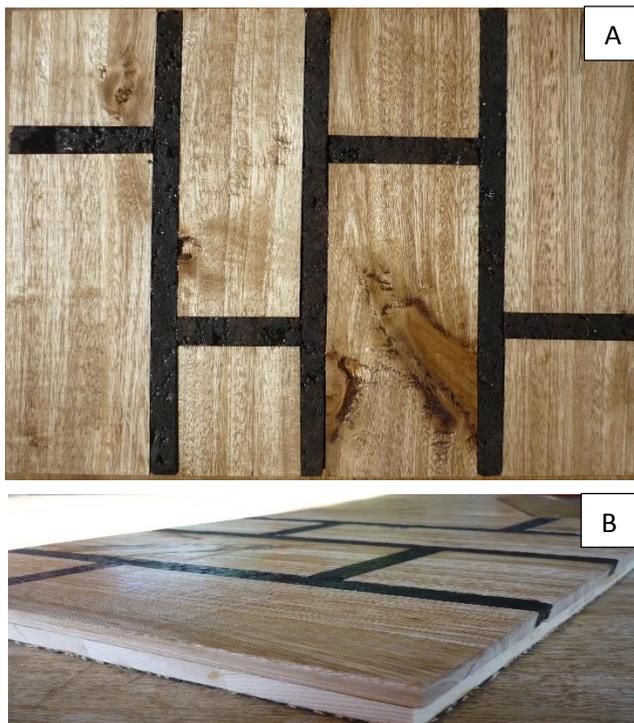


Figura 34. Madeira de *E. botryoides* e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz: A- apresentação frontal, B- perfil



Figura 35. Madeira de *E. maculata* e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz



Figura 36. Madeira de *Q. faginea* e aglomerado expandido de cortiça com um acabamento de verniz

A produção destes protótipos teve como principal objetivo a utilização de aglomerado negro como elemento de superfície em pavimentos.

A presença de aglomerado expandido de cortiça densificada à superfície proporciona propriedades anti-derrapantes e um acréscimo na estabilidade dimensional do produto, na medida em que este material pode acompanhar a expansão e contração da madeira provocadas pelas diferenças de temperatura e humidade. A camada intermédia, com a presença de madeira sólida de pinheiro bravo colocado transversalmente em relação à camada superior contribui para uma adicional estabilidade dimensional. A camada inferior desempenha funções de resiliência, resistência mecânica, propriedades de isolamento, isolamento anti vibrático (MESTRE e Gil 2011) e ainda baixa condutividade térmica.

A Figura 37 mostra o perfil de um protótipo para revestimento de pavimento.

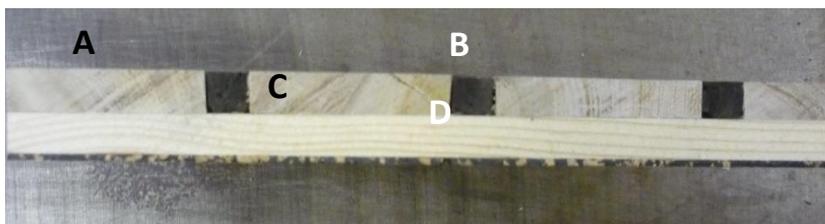


Figura 37. Perfil de protótipo para revestimento de pavimento: A-madeira de *E. maculata*, B-aglomerado negro, C-madeira de pinho, D-Rubbercork

Atendendo à dureza das madeiras utilizadas na camada superior deverá poder constatar-se que os produtos obtidos apresentam adequadas propriedades mecânicas para uso em pavimento (dureza, desgaste e atrito).

3.1.1 Dureza Brinell

Existe uma correlação negativa entre o tamanho da moessa e o cálculo da dureza Brinell, o que significa que quanto maior a dureza Brinell menor vai ser o diâmetro da moessa e, portanto, mais resistente é a madeira, o que se corrobora pelas suas densidades. As médias dos resultados estão indicadas no Quadro 6, e todas as medições e durezas calculadas para cada provete de cada espécie encontram-se em anexo no Quadro I.

Quadro 6. Médias dos resultados dos ensaios de dureza Brinell

Espécie	Média total diâmetros cruzados da moessa (mm)	Média Dureza Brinell (N.mm ⁻²)
<i>E. maculata</i>	5,45 ± 0,6	41,0 ± 9,64
<i>Q. faginea</i>	5,51 ± 0,54	39,6 ± 8,30
<i>E. botryoides</i>	7,35 ± 1,21	21,7 ± 9,05

As madeiras de *E. maculata* e de *Q. faginea* apresentam maior dureza. No caso da madeira de *E. botryoides*, constata-se que tem um valor muito inferior. Nas Figuras 38, 39 e 40 (exemplos aleatórios dos provetes testados) pode visualizar-se a marca de impacto causada pela esfera.



Figura 38. Diâmetros da moessa deixada pela esfera em madeira de *E. maculata* (proвете M10)



Figura 39. Diâmetros da moessa deixada pela esfera em madeira de *Q. faginea* (proвете F14)

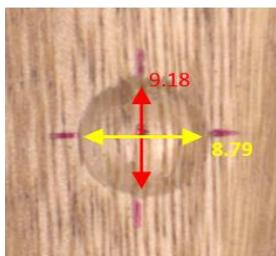


Figura 40. Diâmetros da mossa deixada pela esfera em madeira de *E. botryoides* (provete B2)

Os protótipos para revestimento de pavimento que têm na sua constituição madeira de *E. maculata* e *Q. faginea*, como apresentam maior dureza, são detentores de uma maior resistência ao desgaste. Todas as madeiras testadas apresentam dureza superior a 20 N.mm⁻², sendo consideradas adequadas para uso doméstico, ou a partir dos 30 N.mm⁻² para uso comercial moderado, de acordo com Norma EN 14354. São por isso considerados boas opções para revestimento de pavimento.

3.1.2 Inchamento após imersão em água

No Quadro 7 encontram-se as médias de inchamento após imersão em água de cada espécie de provete, no que diz respeito às larguras a e b de cada lamela, bem como à espessura e ao aumento de peso. No Quadro II, em anexo, encontram-se os cálculos da percentagem de inchamento de cada provete.

Quadro 7. Valores de inchamento nas lamelas 1 e 2 (%), respectivas a larguras (l) e espessura da madeira e da cortiça; Valores de aumento de peso dos provetes (%)

Provete	Inchamento (%)					Espessura madeira	Espessura cortiça	Aumento de peso (%)
	l 1a	l 1b	l 2a	l 2b	l cortiça			
<i>E. botryoides</i>	0,35	5,51	0,60	2,37	2,14	5,11	4,09	35,81
<i>Q. faginea</i>	0,27	4,64	0,30	2,98	1,70	4,70	2,92	23,74
<i>E. maculata</i>	0,36	4,74	0,41	1,18	3,39	3,63	2,50	37,01

Através da análise do Quadro 7 pode concluir-se que a lamela 1, formada por madeira de *P. pinaster*, apresenta sempre um inchamento maior do que a lamela 2. As zonas 1a e 2a mostram percentagens muito reduzidas quando comparadas com 1b e 2b, o que pode ser justificado pelo padrão de corte efectuado na madeira: o inchamento é superior quando a água acompanha o veio da madeira, ou seja quando o corte é tangencial, sendo menor no corte axial. Relativamente aos diferentes tipos de madeira, o provete composto por madeira de *E. botryoides* é o que na generalidade apresenta maior percentagem de inchamento, inversamente ao provete de *E. maculata*, considerado o de melhor desempenho. Em termos de inchamento da cortiça, é de referir que apresenta valores menores em termos de espessura

do que a madeira, o que pode ser justificado pelas suas características, nomeadamente a impermeabilidade.

Em anexo encontra-se o Quadro II, onde, como referido anteriormente, é possível observar os calculos efetuados para cada provete. Salienta-se que os provetes que mais sofreram descolamento foram os de *Q. faginea*, inversamente aos de *E. maculata*, o que pode ser justificado pela adaptação à colagem da madeira de *Q. faginea*, inferior à das outras espécies. Apesar do maior descolamento, foi a madeira que sofreu um menor aumento de peso, ao oposto da madeira de *E. maculata*.

De acordo com a Norma EN 14345, os revestimentos de madeira para pavimento devem ter um inchamento igual ou inferior a 10%, para obterem um bom desempenho, o que é válido para todas as madeiras estudadas, que não excederam os 5,1% de inchamento.

3.2 Protótipos para revestimento de parede

As Figuras 41-46 mostram os protótipos para revestimento de parede de regranulado expandido de cortiça com cola e com outros materiais lenhocelulósicos. Os protótipos foram enumerados de I a VI para facilitar a descrição e discussão dos resultados.

I. Placa de regranulado negro com cola

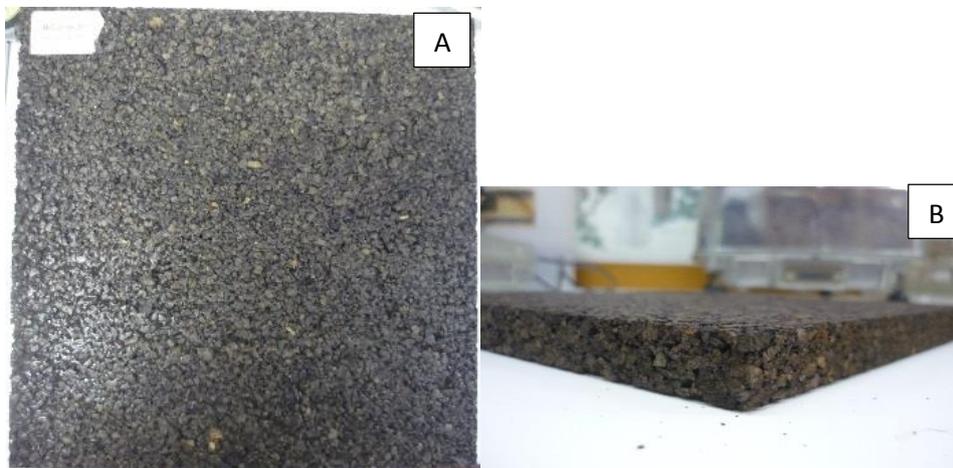


Figura 41. Placa de regranulado negro com cola (A e B)

II. Placa de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata*

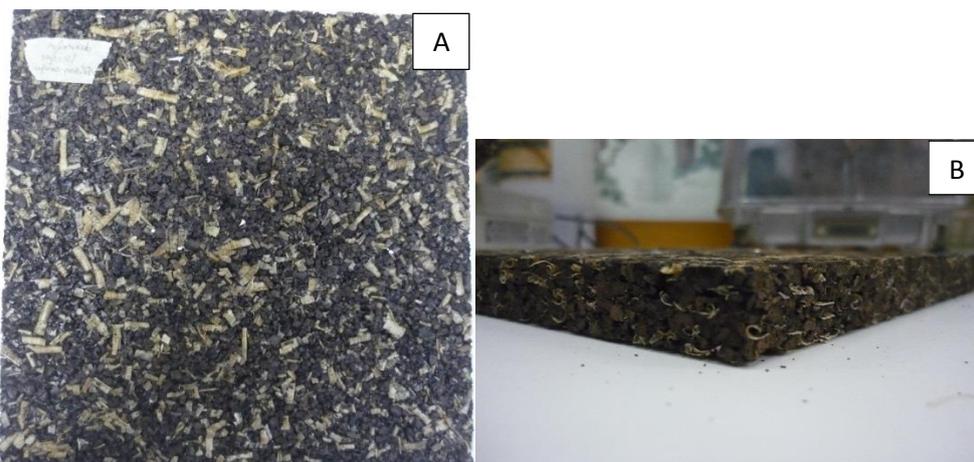


Figura 42. Placa de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata* (A e B)

III. Placa de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata*

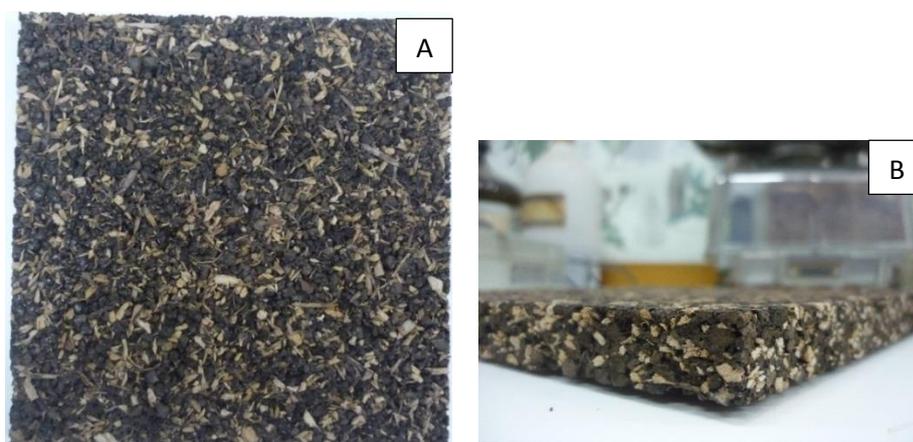


Figura 43. Placa de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata* (A e B)

IV. Placa de regranulado negro com cola e cascas de *E. botryoides*



Figura 44. Placa de regranulado negro com cola e cascas de *E. botryoides*

V. Placa de regranulado negro com cola e cascas de *Q. faginea*

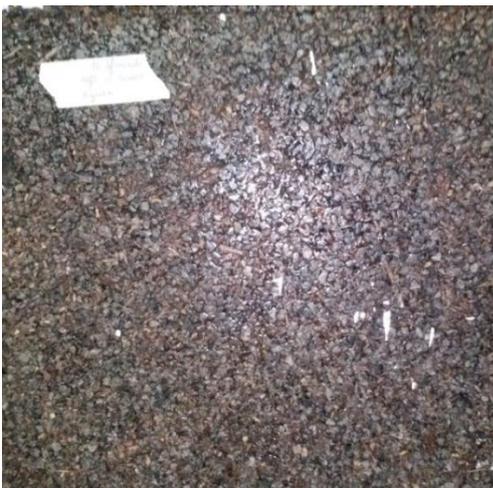


Figura 45. Placa de regranulado negro com cola e cascas de *Q. Faginea*

VI. Placa de regranulado negro com cola e aparas de *Q. faginea*



Figura 46. Placa de regranulado negro com cola e aparas de *Q. Faginea*

Todas as placas apresentaram dimensões aproximadas de 20x25 cm e 1 cm de espessura. A espessura das placas varia um pouco, o que é justificado pelo facto de a prensagem ter sido feita numa prensa hidráulica onde a pressão foi exercida manualmente e a espessura das placas medidas com uma craveira.

Como os protótipos I são constituídos por apenas um tipo de material garantiu-se uma homogeneização do regranulado com a cola, obtendo-se uma placa uniforme. Nos restantes tipos, a homogeneização verificou-se na sua maioria, apesar de não se ter observado uma distribuição totalmente homogénea nas bordaduras de algumas placas. Este fator influenciará a dureza do material, pois, no caso de zonas com maior percentagem de aparas, estas irão revelar uma menor dureza, e o oposto acontecerá com cascas.

As placas IV, V e VI não foram ensaiadas, tendo servido apenas para aferir o aspeto visual resultante da combinação de materiais.

3.2.1 Densidade

No Quadro 8 encontram-se as massas volúmicas relativas às diferentes placas. Constatou-se que os protótipos que têm cascas na sua constituição são os mais densos, contrariamente aos que são formados por aparas e regranulado negro, fator que se deve à densidade e leveza das aparas.

Quadro 8. Determinação de densidades em 2 placas de cada tipo

Placas para revestimento de parede	Massa volúmica (kg.m ⁻³)	Média (kg.m ⁻³)
Regranulado negro c/ cola e casca de <i>E. maculata</i>	320	316 ± 4,04
	312	
Regranulado negro c/ cola e aparas de <i>E. maculata</i>	197	191 ± 5,71
	185	
Regranulado negro c/ cola	192	207 ± 14,92
	222	

Comparativamente às densidades aparentes do regranulado expandido de cortiça (65-80 kg.m⁻³), do granulado de cortiça (70-90 kg.m⁻³) (MESTRE e GIL 2011) e do aglomerado expandido de cortiça (105-130 kg.m⁻³) conclui-se que qualquer uma das placas testadas apresentam valores de massa volúmica superior, deduzindo-se que se deve à cola aplicada, tornando o produto mais propício para revestimento e não para uso em interiores de paredes. Existe também aglomerado expandido de cortiça densificado para isolamento, com valores de massa volúmica superiores aos 240 kg.m⁻³, mas têm utilizações mais específicas como é o caso de indústrias e fábricas.

Comparativamente com outros materiais utilizados na construção civil, para revestimentos, como é o caso do tijolo (1800 kg.m⁻³), borracha (1100 kg.m⁻³) e gesso (960 kg.m⁻³) (LOSSO e VIVEIROS 2004), o aglomerado negro e as placas construídas de regranulado negro com ou sem os materiais lenhocelulósicos apresentam densidades muito inferiores. O mesmo se verifica quando comparado com MDF composto por madeira de pinheiro, que pode ser utilizado em revestimento de parede (760 kg.m⁻³) (SILVA e GONÇALVES 2007). Comparativamente a painéis de fibra de madeira rígidos para revestimento (150 a 400 kg.m⁻³) (www.madeira.ufpr.br) constata-se que as densidades são similares.

3.2.2 Dureza Janka

A dureza é tanto maior quanto mais força é necessário aplicar para fazer penetrar o diâmetro de meia esfera. Os resultados estão expressos no Quadro 9, de onde se constata que as placas que contêm cascas na sua composição apresentam valores de dureza significativamente superiores, com uma média de 2,9 MPa, comparativamente com as restantes placas, que apresentam valores menores que 2,0 MPa. Este facto deve-se à dureza e densidade das cascas.

Quadro 9. Determinação da dureza Janka: realização de 5 ensaios em cada placa

Placas para revestimento de parede	Força	Força	Dureza Janka	Média
	kgf	N (kgf*9,81)	MPa	MPa
Regranulado negro c/ cola (5 leituras)	13,0	127,53	1,3	1,6 ± 0,19
	14,0	137,34	1,4	
	18,0	176,58	1,9	
	16,0	156,96	1,7	
	17,0	166,77	1,8	
Regranulado negro c/ cola e cascas <i>E. maculata</i> (5 leituras)	28,0	274,68	2,9	2,9 ± 0,13
	28,0	274,68	2,9	
	30,0	294,30	3,1	
	28,00	274,68	2,9	
	26,00	255,06	2,7	
Regranulado negro c/ cola e aparas <i>E. maculata</i> (5 leituras)	14,0	137,34	1,4	1,5 ± 0,14
	15,0	147,15	1,5	
	16,0	156,96	1,7	
	15,0	147,15	1,5	
	12,0	117,72	1,2	

Na Figura 47 pode observar-se o resultado de um ensaio na placa que contém cascas. A marca produzida pela penetração de meia esfera encontra-se bem visível neste ensaio, apesar de o mesmo não se ter verificado na maioria das leituras, devido à recuperação exercida pela cortiça.

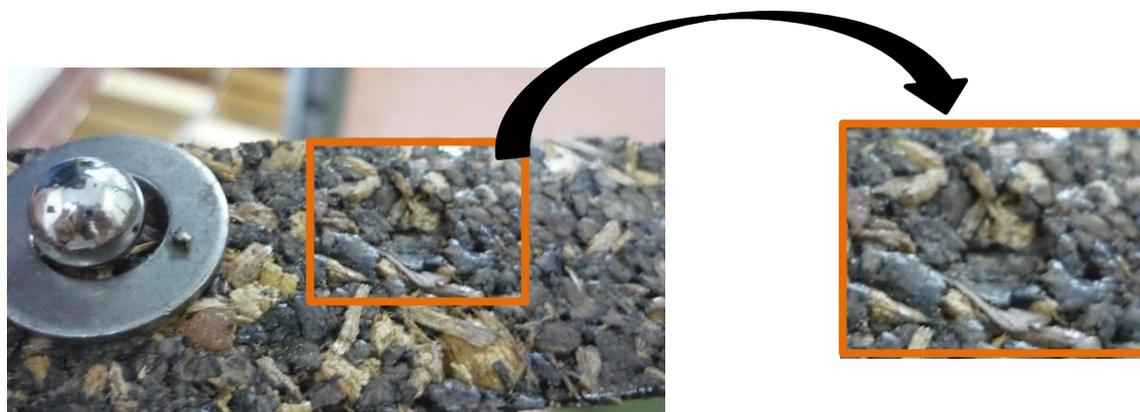


Figura 47. Resultado de um ensaio à dureza Janka, numa placa de regranulado negro com cola e cascas de E. maculata

Seguindo a lógica de que quanto maior a massa volúmica maior é a dureza dos materiais, pode referir-se que outros materiais de revestimento, como é o caso de PVC e acrílicos, aglomerados de fibras de madeira com cimento, cerâmica de barro vermelho (MENDONÇA, 2005), apresentam densidades muito superiores, logo durezas também. Os protótipos com base em cortiça apresentam valores mais baixos, o que indica que não são tão resistentes,

mas detentores de características como resiliência, típica da cortiça. A resiliência é visível através da rápida recuperação que os provetes tiveram após a penetração da esfera.

3.2.3 Tração

As médias dos resultados de força de rutura (N), tração (MPa) e extensão máxima com rutura (mm), relativos aos 5 ensaios de tração realizados em cada placa para revestimento de parede, encontram-se no Quadro 10.

Quadro 10. Ensaios de tração (valores médios)

Provetes	Médias		
	Força de rutura (N)	Tração (MPa)	Extensão máxima com rutura (mm)
Regranulado negro c/ cola e cascas <i>E. maculata</i>	459,66 ± 108,78	0,19 ± 0,05	1,85 ± 0,84
Regranulado negro c/ cola	444,10 ± 85,71	0,18 ± 0,03	3,25 ± 0,51
Regranulado negro c/ cola e aparas <i>E. maculata</i>	211,86 ± 62,97	0,09 ± 0,03	3,42 ± 1,54

A tração é diretamente proporcional à força aplicada, ou seja, quanto maior a força aplicada para existir rutura maior é a tração. Assim a tração decresce do tipo de regranulado negro com cola e cascas para o regranulado negro com cola e aparas.

Relacionando as densidades e a dureza média de cada tipo de placa constatou-se que quanto maior a densidade, maior a dureza e maior tem que ser a força aplicada para originar tração, sendo a placa composta por cascas a detentora de valores mais elevados, logo, de maior resistência mecânica.

No Quadro III, em anexo, encontram-se todos os ensaios, de 1 a 15, realizados em cada placa. No primeiro ensaio dos provetes de regranulado negro com cola, a rutura deu-se pela linha de cola e não pelo centro do provete, o que pode estar associado à presença de pouca cola (Figura 48).

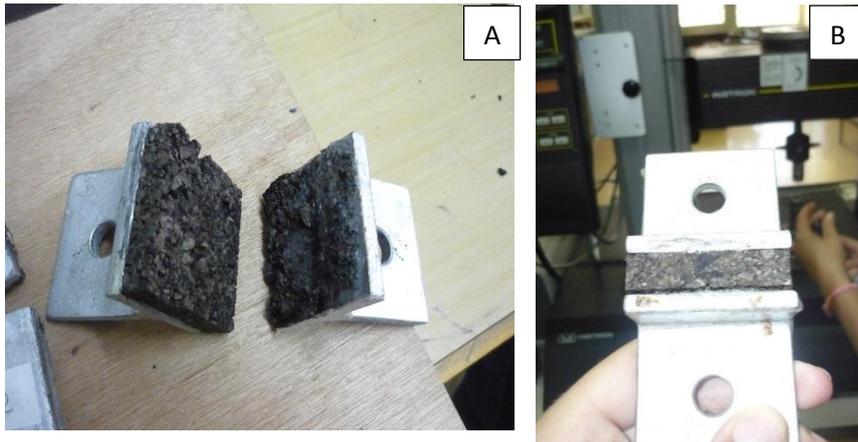


Figura 48. A e B - Resultado do ensaio 1

Nos restantes ensaios às amostras de regranulado negro com cola a rutura ocorreu aproximadamente pelo centro da amostra (Figura 49).



Figura 49. Resultado do ensaio 3.

A Figura 50 relaciona a força aplicada necessária para ocorrer rutura com a extensão para os 5 primeiros ensaios, que correspondem às placas de regranulado negro com cola. A média da extensão quando ocorre rutura é de cerca de 3 mm.

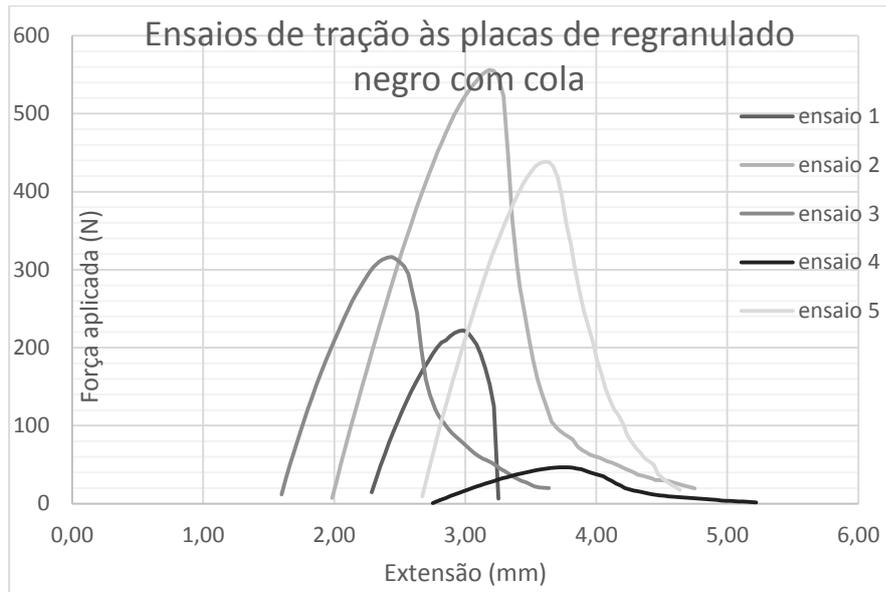


Figura 50. Curvas força-extensão obtidas nos ensaios das placas de regranulado negro com cola (1 a 5)

As Figuras 51 e 52 mostram as ruturas que ocorreram num ensaio de cada uma das amostras contendo material lenhocelulósico, que também se deu pelo centro do provete.

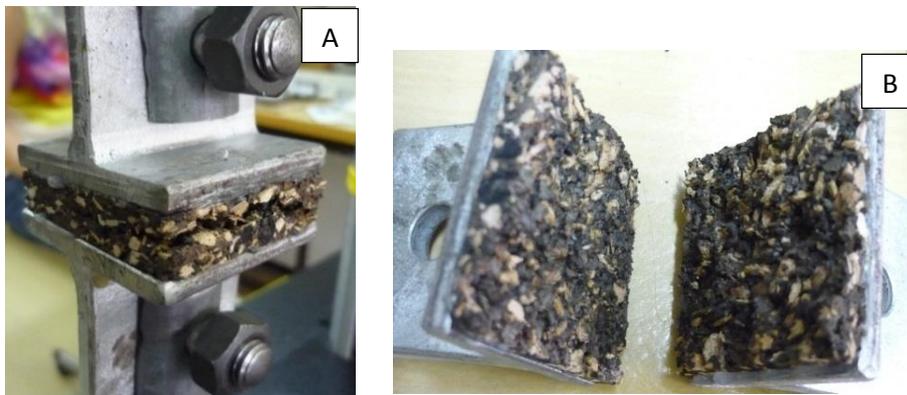


Figura 51. A e B - Resultado do ensaio 9, realizado a amostra de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata*



Figura 52. Resultado do ensaio 13, realizado a amostra de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata*

As Figuras 53 e 54 apresentam a mesma relação relativamente aos ensaios das placas compostas por regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata* e às placas compostas por regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata*, respectivamente. As placas de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata* apresentam os valores mais elevados de força aplicada para ocorrer rutura de valores de tração, sendo a extensão de rutura inversamente proporcional, com uma média aproximadamente de 2 mm.

Pelo contrário, as placas que apresentam aparas na sua composição têm os menores valores de força de rutura e tração encontrados.

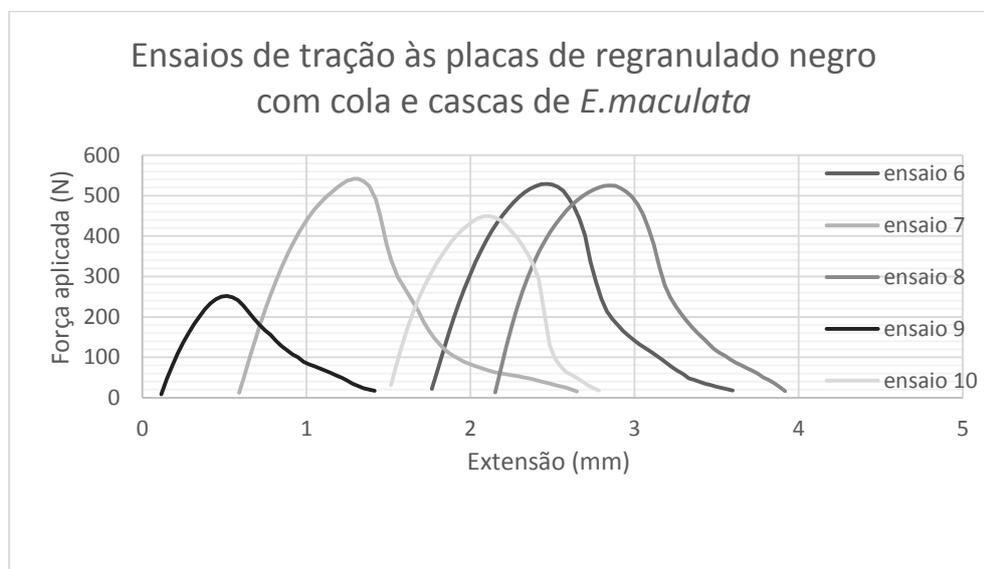


Figura 53. Curvas força-extensão obtidas nos ensaios das placas de regranulado negro com cola e cascas de *E. maculata* (6 a 10)

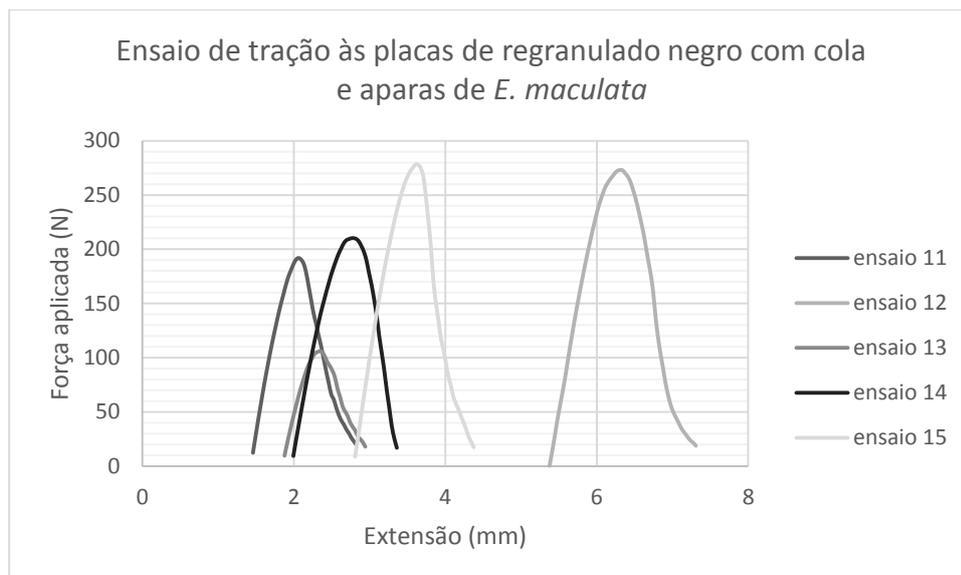


Figura 54. Curvas força-extensão obtidas nos ensaios das placas de regranulado negro com cola e aparas de *E. maculata* (11 a 15)

Comparativamente a revestimentos de paredes em alvenaria (tijolo furado – 2-3 MPa; betão normal – 2,5-5 MPa) (COLEN et al), as placas construídas apresentam tensões de rutura bastante baixas. O mesmo sucede quando se analisam valores de resistência à tração de outros materiais de revestimento, como PVC (44,9 MPa), betão normal (1,1 MPa) e poliuretano (19,9 MPa) (MENDONÇA 2005).

3.2.4 Condutividade térmica

O Quadro 11 apresenta os resultados relativos aos ensaios de condutividade térmica.

Quadro 11. Resultados referentes ao ensaio de condutividade térmica

Tipos de placa	Condutividade térmica (W/m.k)
Placa de regranulado negro com cola	0,038
Placa de regranulado negro com cola e aparas de <i>E. maculata</i>	0,039
Placa de regranulado negro com cola e cascas de <i>E. maculata</i>	0.044

De entre as placas produzidas existe uma diferença entre a que tem cascas na sua composição e as outras duas, sendo essa a que detém um menor isolamento térmico, verificando-se assim uma correlação negativa entre densidade e isolamento térmico na placa composta por cascas de *E. maculata*.

Comparativamente com uma placa de aglomerado negro padrão que exibe um valor de condutividade térmica de 0,035 W/m.K, ou com espuma de poliuretano (para interiores de

parede) que tem 0,036 W/m.K (www.ecocasa.org), qualquer uma das placas produzidas apresentou resultados superiores, sendo responsáveis por menor isolamento térmico, o que pode estar associado à presença de cola (Quadro 11). No entanto, a comparação com outros materiais de revestimento (Quadro 12) permite afirmar que os protótipos elaborados apresentam a menor condutividade térmica existente, sendo responsáveis por um isolamento térmico muito bom.

Quadro 12. Condutividade térmica de materiais de revestimento em W/m.K

Condutividade térmica por material de revestimento (W/m.K)	
Alumínio	204
Arenito	1,6
Basalto/Granito	3,5
Borracha	0,7-0,3
Cimento de asbesto	0,35-0,7
Cortiça	0,06-0,07
Madeira de folhosas	0,17
Madeira de resinosas	0,14
Mármore	2,5
Tijolo	0,6-0,7
Vidro	0,8

Fonte: PROTOLAB

4. Conclusões

Os protótipos para pavimento produzidos com madeira de *E. maculata* são os que apresentam o melhor desempenho, quer no respeito à dureza, bem como ao inchamento, inversamente aos de *E. botryoides*. Acresce a possibilidade de criar diferentes padrões na camada superficial, o que lhes imprime uma dinâmica e originalidade para os locais mais variados, adaptando-se a diferentes estilos e decorações.

Os protótipos para revestimentos de paredes apresentaram diferentes valores de massa volúmica, dureza Janka, tração e condutividade térmica, dependendo da sua composição. A placa produzida com regranulado negro com cola e cascas foi a que apresentou valores mais elevados de massa volúmica, tração e dureza, sendo por isso a que apresenta melhores características mecânicas. Pelo contrário, a placa de regranulado negro com cola e aparas foi a que apresentou menores valores, e a placa de regranulado negro com cola mostrou valores intermédios. Pode concluir-se que existe uma correlação positiva entre os valores de massa volúmica, tração e dureza. Relativamente à condutividade térmica, existe uma correlação negativa quanto à placa mais resistente, pois é a que apresenta menor isolamento térmico. Todas as placas apresentam valores superiores à do aglomerado expandido de cortiça, o que pode ser explicado pela presença de cola, mas no entanto os valores apresentados são muito baixos quando comparados com outros materiais, o que torna as placas boas isolantes e eficientes do ponto de vista energético.

Os protótipos elaborados representam soluções possíveis de revestimento de paredes e de pavimento que contribuem para uma maior valorização das matérias primas utilizadas.

5. Bibliografia

Livros e Artigos consultados:

AIFF. (2010), *Associação para a Competitividade da Indústria da Fileira Florestal, Relatório da Caracterização da Fileira Florestal 2010*.

ALMEIDA P. (2006), *Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas, de diferentes tipos de MDF aquando do seu revestimento por prensagem*, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

BOLZA E. (1978), *The mechanical properties and characteristics of the timber of spotted gum (Eucalyptus maculata Hook.) in relation to origin and maturity*, University of Melbourn, London.

CARVALHO, A. (1997), *Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, Propriedades e utilizações*, Volume II, Direcção Geral das Florestas, Lisboa.

COLEN I., GARCIA J., SILVA L., SILVA A. e NETO N., *Revestimentos de Pisos, Tecnologia da Construção de Edifícios*, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

FERREIRA E. e PEREIRA H. (1986), *Algumas alterações anatómicas e químicas da cortiça no fabrico de aglomerados negros*, Indústria de Fabricação de Aglomerados S.A.R.L., Montijo.

FERREIRA M. (1979), *Escolha de Espécies de Eucalipto*, Circular Técnica IPEF, v.47, p.1-30.

FORTES M., ROSA M. e PEREIRA H. (2004), *A Cortiça*, IST Press, Lisboa.

GIL L. (1998), *Cortiça - Produção, Tecnologia e Aplicação*, Ed INETI, Lisboa.

ISOCOR (2010), *Aglomerados de Cortiça*, Ficha Técnica Regranulado, Lisboa.

KNAPIC S., PIRRALHO M., LOUZADA J. e PEREIRA H. (2014), *Early assessment of density features for 19 Eucalyptus species using X-ray microdensitometry in a prespective of potencial biomass production*, Wood Science and Technology, volume 48, Issue 1, pp 37-49.

KNAPIC S., MACHADO J. e PEREIRA H. (2011), *Properties of cork oak wood related to solid wood flooring performance*, Construction and Building Materials, volume 25.

LOSSO M. e VIVEIROS E. (2004), *I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, São Paulo.

MENDONÇA P. (2005), *Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*, Repositório Universidade do Minho.

MESTRE A. e GIL L. (2011), *Cork for Sustainable Product Design*, Repositório Científico do LNEG.

Ministério da Indústria, Energia e Exportações, Direcção Geral das Indústrias Transformadoras Ligeiras, (1982) *Aglomerado negro de cortiça: análise subsectorial*.

NATIVIDADE, J. (1991), *Subericultura*, Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentacion.

PEREIRA H. (2007) *Cork: Biology, Production and Uses*. Elsevier, Amsterdam.

RAMOS S. (2009), *Caracterização das propriedades mecânicas e durabilidade biológica da madeira de Quercus faginea*, Dissertação para obtenção do Grau de mestre em Engenharia Forestal e dos Recursos Naturais Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

RIVES J., RODRIGUEZ I., GABARRELL X. and RIERADEVALL J. (2012), *Environmental analysis of cork granulate production in Catalonia-Northern Spain*, Resources, Conservation and Recycling, volume 58, pp 132-142.

SILVA J. (2007), *Os montados, muito para além das árvores*, Árvores e Florestas de Portugal 03, Edição Público e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, Lisboa.

SILVA M. e GONÇALVES R. (2007), *Avaliação da distribuição da densidade em MDF a partir da técnica da onda de ultra-sons*, Embrapa Florestas.

USDA, Forest Products Laboratory (1999), *Wood handbook. Wood as an engineering material*. Capítulo 9: Adhesive Bonding of Wood Materials. Gen. Tec. Rep. FPL-GTR-113, Madison.

Normas consultadas:

Norma ASTM D 143:2000 – Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.

Norma European standard EN 13329. Laminate floor coverings – elements with a surface layer based on aminoplastic thermosetting resins – specifications, requirements and test methods. CEN, 2006.

Norma European standard EN 14354. Wood based panels – wood veneer floor covering. CEN, 2004.

Norma European standard EN 1534. Wood flooring – determination of resistance to indentation (Brinell) – test method. CEN, 2000.

Norma NP EN 1607:1998 – Produtos de Isolamento Térmico para Aplicação em Edifícios. Determinação da Resistência à Tração Perpendicular às Faces.

Sites consultados:

APCOR, Associação Portuguesa da Cortiça, *Montado de sobro no mundo*: <http://www.apcor.pt/>, consultado em Outubro 2014.

Espumas de Poliuretano: www.ecocasa.org consultado em Outubro de 2014

ICNF, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, *Importância económica das fileiras florestais*: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ> consultado em Setembro de 2014.

IPNF, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, *Identificação de Espécies Florestais*: <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/maculata.asp> consultado em Outubro de 2014.

IWAKIRI S., *Painéis de fibras de madeira*: www.madeira.ufpr.br consultado em Outubro de 2014.

Desenvolvimento de protótipos para pavimento e revestimento de parede em interiores com base em cortiça

PROTOLAB, Laboratório de Propriedades Termofísicas e Prototipação, *Tabela de condutividade térmica de materiais de construção*: www.protolab.com.br consultado em Setembro de 2014.

SOFALCA, Catálogo BlackCork (2014): <http://sofalca.pt/pdf/catalogo-blackcork.pdf> consultado em Setembro de 2014.

6. Anexos

Quadro I. Ensaio de dureza Brinell em protótipos para pavimento: medições da massa resultante e cálculo da dureza

Espécie	Provetes	diâmetro 1 (vertical) (mm)	diâmetro 2 (horizontal) (mm)	Média por proвете (mm)	Média total diâmetros (mm)	Dureza Brinell (N/mm ²)	Média Dureza Brinell (N/mm ²)
<i>E. maculata</i>	M1	4,92	5,05	5,0	5,45	47,9	41,0
	M2	5	5,4	5,2		43,7	
	M3	6,12	6,65	6,4		27,6	
	M4	5,11	5,59	5,4		41,1	
	M5	4,44	5,19	4,8		51,6	
	M6	5,32	6,12	5,7		35,4	
	M7	4,47	4,39	4,4		61,6	
	M8	5,32	4,97	5,1		44,7	
	M9	5,59	5,85	5,7		35,4	
	M10	5,67	5,45	5,6		37,7	
	M11	6,86	6,52	6,7		24,8	
	M12	5,51	5,32	5,4		40,0	
<i>Q. faginea</i>	F1	4,26	4,84	4,6	5,51	58,2	39,6
	F2	4,92	5,45	5,2		44,0	
	F3	4,97	5,59	5,3		42,3	
	F4	5,4	5,24	5,3		41,6	
	F5	6,25	5,93	6,1		30,8	
	F6	5,8	6,17	6,0		32,0	
	F7	5,19	5,51	5,4		41,1	
	F8	4,65	4,79	4,7		53,8	
	F9	5,53	6,38	6,0		32,4	
	F10	5,59	6,12	5,9		33,6	
	F11	4,97	5,32	5,1		44,7	
	F12	5,98	6,12	6,1		31,3	
	F13	5,98	6,06	6,0		31,6	
	F14	5,77	5,37	5,6		37,6	
<i>E. botryoides</i>	B1	7,26	7,71	7,5	7,35	18,9	21,7
	B2	9,18	8,78	9,0		11,4	
	B3	6,06	6,25	6,2		30,1	
	B4	8,64	7,85	8,2		14,7	
	B5	5,98	5,32	5,7		36,4	
	B6	5,85	6,97	6,4		27,4	
	B7	6,38	7,18	6,8		24,0	
	B8	7,79	8,38	8,1		15,5	

B9	7,1	7,5	7,3	20,1
B10	5,32	5,37	5,3	41,1
B11	8,57	7,98	8,3	14,5
B12	8,91	8,78	8,8	11,9
B13	7,05	8,11	7,6	18,3
B14	5,8	6,57	6,2	29,7
B15	8,59	9,18	8,9	11,8

Quadro II. Cálculos de inchamento para os provetes de *E. botryoides* (B), *Q. faginea* (F) e *E. maculata* (M)

Provete	Inchamento (%)							Aumento de peso %
	Largura				Espessura			
	1a	1b	2a	2b	cortiça C	Madeira	Cortica	
B1	0,320	5,013	0,517	2,322		3,733		31,72
B2	0,140	5,758	0,995	2,703		5,228		35,33
B3	0,234	5,631	0,471	1,645		3,944		36,32
B4	0,431	5,815	0,420	2,171		6,832		33,13
B5	0,239	4,726	0,395	2,082		6,232		29,88
B6	0,411	5,929	1,582	1,814	1,870	5,122	4,672	35,74
B7	0,360	5,987	0,397	1,690	2,283	4,796	5,123	37,84
B8	0,388	5,822	0,484	1,792	2,344	4,737	2,863	36,68
B9	0,666	5,433	0,259	1,926	0,080	5,327	3,483	35,73
B10	0,478	5,307	0,216	2,690		7,460		31,29
B11	0,346	5,173	0,515	2,753		4,822		40,06
B12	0,308	5,608	0,640	3,712		3,872		35,81
B13	0,205	5,467	0,479	1,796	2,508	4,427	3,383	40,93
B14	0,392	5,285	0,491	1,846	0,757	5,222	5,248	38,25
B15	0,371	5,751	1,085	4,582	5,116	4,934	3,871	38,38
F1	0,385	4,771	0,101	1,780	2,713	6,724	1,895	17,10
F2	0,274	5,155	0,074	3,917		3,385		24,91
F3	0,227	4,585	0,584	2,777	0,806	4,918	4,288	20,37
F4	0,347	4,239	0,066	3,847		3,530		21,53
F5	0,287	3,715	0,304	4,162		1,842		21,34
F6	0,266	4,034	0,303	2,299	0,692	3,985	1,398	21,49
F7	0,245	5,281	0,175	2,415	0,122	4,209	3,050	29,94
F8	0,212	5,426	0,217	1,631	0,354	5,114	3,766	25,40
F9	0,349	5,676	0,367	4,446		5,450		30,66
F10	0,243	5,730	0,589	2,650	3,969	4,463	2,597	31,22
F11	0,206	4,042	0,302	1,347	1,606	5,464	2,802	19,11
F12	0,243	4,121	0,328	3,087	0,898	4,032	3,533	22,69
F13	0,253	3,701	0,398	4,059		2,040		21,67
F14	0,250	4,461	0,403	3,356	4,166	2,497	2,561	24,90
M1	0,184	6,041	0,241	0,325	4,789	5,279	1,948	30,67
M2	0,906	5,448	0,087	1,709		3,332		26,67
M3	0,426	5,788	1,203	1,125	1,982	4,112	2,929	32,32
M4	0,348	5,610	0,106	0,477	4,506	3,701	3,217	30,16
M5	0,377	4,690	0,076	0,860	4,294	3,415	3,088	43,93
M6	0,352	3,877	0,439	1,091		2,781		41,65
M7	0,270	4,338	0,344	2,306	2,967	4,874	1,653	44,23

Desenvolvimento de protótipos para pavimento e revestimento de parede em interiores com base em cortiça

M8	0,260	3,817	0,251	1,168		2,602		40,01
M9	0,226	3,481	0,210	1,990		3,242		29,32
M10	0,345	4,493	1,341	1,499		2,629		35,08
M11	0,353	4,738	0,416	1,172	2,216	4,264	2,863	45,95
M12	0,282	4,609	0,229	0,411	2,944	3,278	1,809	44,13

*Números amarelos – Descolamento ligeiro das lamelas; Números laranja - Descolamento extenso; Números vermelhos – Separação das lamelas.

Quadro III. Determinação da tração em protótipos para revestimento de parede: realização de 5 ensaios por diferentes tipos de placas

Provetes	Largura 1	Largura 2	Força rutura	Força rutura	Tração	Tração	Extensão máxima com rutura (mm)
	mm	mm	Newton	kgf =F(N)/9,81	kgf.mm ⁻²	MPa	
Regranulado negro c/ cola (5 ensaios – 1 a 5)	49,89	49,33	222,30	22,7	0,01	0,09	2,99
	49,50	49,21	556,00	56,7	0,02	0,23	3,18
	49,31	48,99	316,20	32,2	0,01	0,13	2,44
	49,41	48,63	465,80	47,5	0,02	0,19	3,75
	48,95	49,48	438,40	44,7	0,02	0,18	3,61
Regranulado c/ cola e casca <i>E. maculata</i> (5 ensaios - 6 a 10)	48,92	49,04	529,40	54,0	0,02	0,22	2,46
	47,62	48,36	542,30	55,3	0,02	0,24	1,29
	49,36	48,41	525,10	53,5	0,02	0,22	2,85
	48,09	49,41	252,10	25,7	0,01	0,11	0,52
	48,39	49,38	449,40	45,8	0,02	0,19	2,11
Regranulado c/ cola e aparas <i>E. maculata</i> (5 ensaios – 11 a 15)	49,34	49,28	191,40	19,5	0,01	0,08	2,06
	49,92	49,45	273,30	27,9	0,01	0,11	6,31
	49,31	48,54	106,00	10,8	0,00	0,04	2,34
	48,65	49,21	210,20	21,4	0,01	0,09	2,79
	49,23	48,84	278,40	28,4	0,01	0,12	3,61