



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA TÊXTEIS
ANO LECTIVO 2008/2009

OBTENÇÃO DE SUBSTRATOS TÊXTEIS COM PROPRIEDADES TÉRMICAS E IGNÍFUGAS

**TESE DE MESTRADO – DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO
ENGENHARIA TÊXTIL**

**TRABALHO EFECTUADO SOB A ORIENTAÇÃO DO
PROFESSOR DOUTOR JOSÉ MENDES LUCAS**

**TRABALHO EFECTUADO SOB A CO-ORIENTAÇÃO DO
PROFESSOR DOUTOR PAULO NOBRE BALBIS DOS REIS**

HÉLIA MARISA MESQUITA GASPAR DÂMASO

COVILHÃ, 2009



AGRADECIMENTOS

Chegando ao fim deste trabalho gostaria de fazer alguns agradecimentos, nomeadamente:

Ao Professor Doutor José Mendes Lucas, que, como orientador, demonstrou sempre compreensão e apoio. Agradeço-lhe todos os ensinamentos ao longo do caminho académico e, particularmente, no decorrer deste trabalho.

Ao Co-orientador, Professor Doutor Paulo Nobre Balbis dos Reis, pela imediata disposição em abraçar este projecto.

A todos os Professores do Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis da Universidade da Beira Interior, pelos conhecimentos que me souberam transmitir ao longo do percurso académico.

À Sra. Eng. Ângela Mendes, pela possibilidade de se efectuar no Citeve – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário – os ensaios de Comportamento ao Fogo.

Ao Senhor Machado, pelo apoio dado no Laboratório de Tinturaria, Estampagem e Acabamento – Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis da Universidade da Beira Interior.

À D. Margarida Rodrigues, pela amizade e disponibilidade demonstrada no Laboratório de Ensaios Físicos de Têxteis Laminares – Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis da Universidade da Beira Interior.

Ao meu Marido Luís, aos meus Pais, José Nuno e Fernanda e à Leonor, minha irmã, pelo amor, carinho e ânimo ao longo deste trabalho e de toda a vida.



RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo tentar melhorar as capacidades térmicas e ignífugas de substratos têxteis. Os substratos têxteis utilizados foram o algodão, a lã e uma mistura poliéster/algodão.

As técnicas de revestimento têm vindo a progredir muito e estão em constante desenvolvimento e inovação. Neste trabalho foram feitos revestimentos com vista a melhorar as propriedades térmicas e ignífugas dos substratos.

A cortiça, para além de ser um material 100% natural, possui propriedades que possibilitam um melhoramento de algumas características como por exemplo características ignífugas. Com este aspecto, melhorando, deste modo, também o conforto térmico, consegue-se uma maior segurança em termos de decoração (cortinas, por exemplo), vestuário até mesmo no ramo automóvel (capas para assentos).

Depois de testes de controlo feitos, nomeadamente, teste de Lavagem, teste de Abrasão, Espessura, Massa/m², teste da Flexão, teste de Comportamento ao fogo, Comportamento térmico e Uniformidade da cor, foi possível concluir que, nos substratos em estudo revestidos com poliuretano, a cortiça parece ter um papel preponderante, devido às suas propriedades, nomeadamente no que diz respeito ao isolamento térmico e na resistência ao fogo.

No isolamento térmico há tendência para que este saia beneficiado para elevadas concentrações de cortiça (8%, neste estudo), o mesmo se verifica na resistência à chama das amostras em estudo, uma vez que sai melhorada com a adição de pó de cortiça ao revestimento de poliuretano.



ABSTRACT

The present work is to try to improve the capacity of thermal and flame-retardant textile substrates. The substrates used were cotton, wool and polyester/ cotton.

The techniques of coating have been progressing well and are in constant development and innovation. The coatings in this work were made to improve the thermal and flame retardant properties of the substrates.

The cork, in addition to being a 100% natural material, has properties that allow an improvement of some characteristics and textile substrates such as flame retardant characteristics. With this improvement, thus, also the thermal comfort, it is greater security in terms of decor (curtains, for example), even in car industry (covers for seats). After all the control tests done, including washing test, abrasion test, thickness, Mass/m², Flexion test, test, fire behavior, thermal behavior and Uniformity of color, indicates that the cork has properties that can take advantage, particularly in insulation and fire resistance, where cork seems to have a predominant role.

In thermal insulation, there is a good benefit to high concentrations of cork (8% in this study).

In Flame-retardant insulation of the samples under study, is better with the addition of Cork Powder, in the coating of polyurethane.



PALAVRAS-CHAVE

Revestimentos Têxteis, Substrato Têxtil, Pó de Cortiça, Isolamento Térmico, Isolamento Ignífugo.

KEYWORDS

Textile Coatings, Textile substrate, Cork Powder, Thermal insulation, Flame-retardant insulation.



ÍNDICE

RESUMO	II
ABSTRACT	III
PALAVRAS-CHAVE.....	IV
KEYWORDS.....	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABELAS	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO	1
1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO	1
1.3. METODOLOGIA SEGUIDA	1
1.3.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	1
1.3.2. ENSAIOS EXPERIMENTAIS.....	2
1.3.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	2
1.3.4. ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A CORTIÇA. ASPECTOS GERAIS	4
2.2. O CALOR E O ISOLAMENTO TÉRMICO	12



2.3. O FOGO E O ISOLAMENTO IGNÍFUGO	16
2.4. SUBSTRATOS TÊXTEIS	19
2.4.1. FIBRA DE ALGODÃO	19
2.4.2. FIBRA DE LÃ.....	23
2.4.3. FIBRA DE POLIÉSTER	27
2.5. REVESTIMENTOS TÊXTEIS	30
2.5.1. TIPOS DE REVESTIMENTOS TÊXTEIS	30
2.5.2. MÉTODOS E APLICAÇÕES DOS REVESTIMENTOS	32
CAPÍTULO 3 – PARTE EXPERIMENTAL	39
3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS TÊXTEIS	39
3.1.1. TECIDO DE ALGODÃO	39
3.1.2. TECIDO DE LÃ	40
3.1.3. TECIDO DE POLIÉSTER/ALGODÃO	40
3.2. PÓ DE CORTIÇA	41
3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS E MÉTODO UTILIZADO	42
3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS UTILIZADOS NOS REVESTIMENTOS	48
3.5. DESCRIÇÃO DOS TESTES DE CONTROLO UTILIZADOS.....	49
3.5.1. LAVAGEM	49
3.5.2. RESISTÊNCIA À ABRASÃO – APARELHO MARTINDEIL ABRASION TESTER.....	50
3.5.3. ESPESSURA.....	51
3.5.4. MASSA/M ²	51
3.5.5. RESISTÊNCIA À FLEXÃO.....	52
3.5.6. COMPORTAMENTO AO FOGO.....	54



3.5.7. <i>COMPORTAMENTO TÉRMICO – APARELHO ALAMBETA</i>	55
3.5.8. <i>UNIFORMIDADE DE COR</i>	56
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.1. RESISTÊNCIA À LAVAGEM.....	60
4.2. RESISTÊNCIA À ABRASÃO	61
4.3. INFLUÊNCIA DA ESPESSURA	63
4.4. INFLUÊNCIA DA MASSA/M ²	65
4.5. RESISTÊNCIA À FLEXÃO	67
4.6. COMPORTAMENTO AO FOGO	70
4.7. COMPORTAMENTO TÉRMICO.....	75
4.8. UNIFORMIDADE DE COR	81
5. CONCLUSÕES	92
6. TRABALHOS FUTUROS	96
BIBLIOGRAFIA	97
WEBGRAFIA	100
ANEXOS	101



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – QUERCUS SUBER L (SOBREIRO)	4
FIGURA 2 – ESTRUTURA CELULAR DA CORTIÇA VISTA AO MICROSCÓPIO ELECTRÓNICO.	5
FIGURA 3 – VISTA MICROSCÓPICA DAS CÉLULAS PENTAGONAIS DA CORTIÇA	7
FIGURA 4 – APLICAÇÕES DA CORTIÇA NO LAR	10
FIGURA 5 – APLICAÇÃO DE AGLOMERADOS DE CORTIÇA NO ISOLAMENTO ACÚSTICO ..	10
FIGURA 6 – APLICAÇÃO DA CORTIÇA NO ISOLAMENTO TÉRMICO.	11
FIGURA 7 – APLICAÇÕES DA CORTIÇA NO ISOLAMENTO DE CÂMARAS FRIGORÍFICAS. ..	11
FIGURA 8 – ISOLAMENTO TÉRMICO PARA ESTRUTURAS INCLINADAS	14
FIGURA 9 – ISOLAMENTO TÉRMICO DE SÓTÃOS	15
FIGURA 10 – ISOLAMENTO TÉRMICO DE PAREDES PELO EXTERIOR.	15
FIGURA 11 – TRIÂNGULO DE COMBUSTÃO.	16
FIGURA 12 – ALGODOEIRO, GOSSYPIUM.....	19
FIGURA 13 – ESTRUTURA DA FIBRA DE ALGODÃO.....	20
FIGURA 14 – FÓRMULA ESTRUTURAL DA CELULOSE	20
FIGURA 15 – ASPECTO DA FIBRA DE LÃ	23
FIGURA 16 – CONSTITUIÇÃO DA FIBRA DE LÃ	24
FIGURA 17 – REACÇÃO DE CONDENSAÇÃO DO PET	27
FIGURA 18 – ESQUEMA DE UMA SÍNTESE DE UM POLIURETANO	36
FIGURA 19 – EXEMPLO TÍPICO DE UMA REACÇÃO DE FORMAÇÃO DO POLIURETANO	37
FIGURA 20 – ESTUFA MERMET U40.....	42
FIGURA 21 – PÓ DE CORTIÇA NO EXCICADOR	42
FIGURA 22 – MÁQUINA DE LABORATÓRIO PARA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS	45



FIGURA 23 – RÁQUELA INCLINADA SOBRE ROLO	46
FIGURA 24 – PORMENOR DE RÁQUELA INCLINADA	46
FIGURA 25 – TECIDO PRONTO A SER REVESTIDO	46
FIGURA 26 – RÂMULA ERNST BENZ AG, TIPO KTF-M..	47
FIGURA 27 – APARELHO MARTINDEIL ABRASION TESTER.....	50
FIGURA 28 – ADAMEL LHOMERGY MI 20	51
FIGURA 29 – DISPOSITIVO DE CORTE DO TECIDO PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA/M ² .	52
FIGURA 30 – FLEXÓMETRO DE STOLL.....	53
FIGURA 31 – EQUIPAMENTO PARA O TESTE DE COMPORTAMENTO AO FOGO.	54
FIGURA 32 – ALAMBETA.....	56
FIGURA 33 – ESPECTROFOTÓMETRO DATACOLOR SPECTRAFLASH 300 E COMPUTADOR COM SOFTWARE PRÓPRIO.	57
FIGURA 34 – SISTEMA DE COORDENADAS CIELAB.....	59



ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FIBRA DE ALGODÃO	21
TABELA 2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FIBRA DA LÃ	24
TABELA 3 – MODELO ESTRUTURAL QUE AS FIBRAS DE PES APRESENTAM NOS DIFERENTES ESTADOS	28
TABELA 4 – TIPOS DE REVESTIMENTOS EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE APLICADA	32
TABELA 5 – PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS REVESTIMENTOS TÊXTEIS	33
TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS DO TECIDO 100% ALGODÃO	39
TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DO TECIDO 100% LÃ.....	40
TABELA 8 – CARACTERÍSTICAS DO TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO (50/50)	40
TABELA 9 – REVESTIMENTOS UTILIZADOS NO TECIDO 100% ALGODÃO	43
TABELA 10 -REVESTIMENTOS UTILIZADOS NO TECIDO 100% LÃ	44
TABELA 11 – REVESTIMENTOS UTILIZADOS NA MISTURA POLIÉSTER/ALGODÃO (50/50)	44
TABELA 12 – SUBSTRATOS SUJEITOS À LAVAGEM.....	49
TABELA 13 – GRANDEZAS MEDIDAS PELO APARELHO ALAMBETA	55
TABELA 14 – VALORES RESULTANTES DO TESTE DA RESISTÊNCIA À ABRASÃO PARA O TECIDO 100% ALGODÃO	61
TABELA 15 – VALORES RESULTANTES DO TESTE DA RESISTÊNCIA À ABRASÃO PARA O TECIDO 100% LÃ.....	62
TABELA 16 – VALORES DA ESPESSURA DO TECIDO 100%ALGODÃO.....	63
TABELA 17 – VALORES DA ESPESSURA DO TECIDO 100%LÃ	64
TABELA 18 – VALORES DA ESPESSURA DO TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO (50/50).....	64
TABELA 19 – VALORES DE MASSA/M ² DO TECIDO 100% ALGODÃO.....	65
TABELA 20 – VALORES DE MASSA/M ² DO TECIDO 100%LÃ	65



TABELA 21 VALORES DE MASSA/M ² PARA O TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO (50/50)	66
TABELA 22 – RESULTADOS DO TESTE À FLEXÃO DO TECIDO 100% ALGODÃO	67
TABELA 23 – RESULTADOS DO TESTE À FLEXÃO DO TECIDO 100% LÃ.....	68
TABELA 24 – RESULTADOS DOS TESTES À FLEXÃO DO TECIDO POLIÉSTER / ALGODÃO (50/50).....	68
TABELA 25 – VALORES MÉDIOS RESULTANTES DO TESTE DO COMPORTAMENTO AO FOGO PARA O TECIDO 100% ALGODÃO	70
TABELA 26 – VALORES MÉDIOS RESULTANTES DO TESTE DO COMPORTAMENTO AO FOGO PARA O TECIDO 100% LÃ.....	72
TABELA 27 – VALORES MÉDIOS RESULTANTES DO TESTE DO COMPORTAMENTO AO FOGO PARA O TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO (50/50)	73
TABELA 28 – GRANDEZAS MEDIDAS PELO APARELHO ALAMBETA.....	73
TABELA 29 – VALORES RESULTANTES DO TESTE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO TECIDO 100% ALGODÃO	76
TABELA 30 – VALORES RESULTANTES DO TESTE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO TECIDO 100% LÃ.....	77
TABELA 31 – VALORES RESULTANTES DO TESTE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO (50/50).....	79
TABELA 32 – VALORES DE L*A*B* RESULTANTES DO REVESTIMENTO COM PIGMENTO AZUL.....	81
TABELA 33 – VALORES DE L*A*B* RESULTANTES DO REVESTIMENTO COM PIGMENTO AZUL E PÓ DE CORTIÇA.....	82
TABELA 34 – VALORES DE L*A*B* RESULTANTES DO REVESTIMENTO COM PIGMENTO LARANJA.....	83



TABELA 35 – VALORES DE L*A*B* RESULTANTES DO REVESTIMENTO COM PIGMENTO LARANJA E PÓ DE CORTIÇA.....	84
TABELA 36 – DIFERENÇAS DE COR DO TECIDO DE ALGODÃO COM PIGMENTO AZUL.....	89
TABELA 37 – DIFERENÇAS DE COR DO TECIDO DE ALGODÃO COM PIGMENTO LARANJA	90



ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – VARIAÇÃO DA VELOCIDADE EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE PÓ DE CORTIÇA REFERENTE AO TECIDO 100% ALGODÃO	71
GRÁFICO 2 – VARIAÇÃO DA VELOCIDADE EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE PÓ DE CORTIÇA REFERENTE AO TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO	74
GRÁFICO 3 – VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ) EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE PÓ DE CORTIÇA REFERENTE AO TECIDO 100% ALGODÃO.....	76
GRÁFICO 4 – VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ) EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE PÓ DE CORTIÇA REFERENTE AO TECIDO 100% LÃ	78
GRÁFICO 5 – VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ) EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE PÓ DE CORTIÇA REFERENTE AO TECIDO POLIÉSTER/ALGODÃO	80
GRÁFICO 6 – GRÁFICO DE COORDENADAS A*B* DO ALGODÃO COM PIGMENTO AZUL .	85
GRÁFICO 7 – GRÁFICO DE COORDENADAS A*B* DO ALGODÃO COM PIGMENTO AZUL E PÓ DE CORTIÇA	85
GRÁFICO 8 – GRÁFICO DE COORDENADAS A*B* DO ALGODÃO COM PIGMENTO LARANJA	86
GRÁFICO 9 – GRÁFICO DE COORDENADAS A*B* DO ALGODÃO COM PIGMENTO LARANJA E PÓ DE CORTIÇA	86
GRÁFICO 10 – GRÁFICO DE LUMINÂNCIA (L^*) DO ALGODÃO COM PIGMENTO AZUL	87
GRÁFICO 11 – GRÁFICO DE LUMINÂNCIA (L^*) DO ALGODÃO COM PIGMENTO AZUL E PÓ DE CORTIÇA.....	87
GRÁFICO 12 – GRÁFICO DE LUMINÂNCIA (L^*) DO ALGODÃO COM PIGMENTO LARANJA	88



GRÁFICO 13 – GRÁFICO DE LUMINÂNCIA (L^*) DO ALGODÃO COM PIGMENTO LARANJA E PÓ DE CORTIÇA.....	88
---	----



CAPITULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO

A justificação do presente trabalho prende-se pelo facto de haver a necessidade de obter uma possível solução para isolamentos térmicos em materiais têxteis sendo útil para quem está diariamente em condições extremas de temperatura, ou ignífugo para quem está exposto a riscos de possíveis incêndios.

Existem actualmente vários processos que permitem aos materiais têxteis melhorarem as suas características térmicas e ignífugas.

O interesse em utilizar o pó de cortiça prende-se com o facto de este ser um produto de origem natural, nacional e de valor reduzido, tendo em vista a obtenção de substratos têxteis com importantes funcionalidades, nomeadamente térmicas e ignífugas, e de elevado valor acrescentado.

1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

Os dois grandes objectivos do presente trabalho são otimizar substratos têxteis sob o ponto de vista térmico e também sob o ponto de vista ignífugo, através de um revestimento à base de poliuretano e pó de cortiça, tendo em conta vários testes de controlo de qualidade, nomeadamente testes de comportamento térmico, ao fogo, testes de solidez à lavagem, à abrasão e à flexão.

1.3. METODOLOGIA SEGUIDA

1.3.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foi feita, como desenvolvimento inicial, uma pesquisa bibliográfica de informação explorando os objectivos do trabalho.



1.3.2. ENSAIOS EXPERIMENTAIS

Tendo em conta um estudo preliminar, definiu-se o revestimento a utilizar: uma resina à base de poliuretano, um espessante, pó de cortiça e pigmentos de cor (no caso do estudo da uniformidade de cor) bem como os substratos (100% algodão, 100% lã e poliéster/algodão (50/50)).

1.3.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Através da interpretação dos resultados obtidos ao longo de todo o procedimento experimental, foram feitos os respectivos comentários e conclusões.

1.3.4. ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Posteriormente procedeu-se à recolha de toda a informação obtida para a preparação e elaboração da dissertação.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No Capítulo 1, e depois de apresentado o resumo do trabalho, é feita uma exposição do problema, isto é, a justificação da dissertação, bem como os seus respectivos objectivos e metodologias seguidas.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica, ou seja, após uma pesquisa em documentação científica e tecnológica, é feito um aprofundamento acerca das características gerais da Cortiça (origem, características e propriedades). É feita uma abordagem sobre o Calor, o Fogo e o Isolamento Térmico e Ignífugo. Ainda no Capítulo 2, faz-se uma breve descrição dos substratos têxteis utilizados: algodão, lã e



poliéster, matérias fibrosas presentes na elaboração deste trabalho, bem como revestimentos têxteis, nomeadamente os tipos e os métodos.

No Capítulo 3 é descrita a Parte Experimental, onde são apresentados todos os ensaios realizados, nomeadamente os revestimentos com o pó de cortiça e todos os ensaios de controlo que permitem concluir acerca dos objectivos do trabalho: melhoria no isolamento térmico e no isolamento ignífugo.

No Capítulo 4 têm lugar todos os resultados obtidos dos ensaios e testes de controlo feitos, bem como os seus respectivos comentários acerca de todos os parâmetros em estudo, que permitem obter várias conclusões no Capítulo 5.



CAPITULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A CORTIÇA. ASPECTOS GERAIS

A cortiça é um produto 100% natural, totalmente renovável, extraída da casca do sobreiro - *Quercus Suber L* -, uma árvore singular cujo *habitat* natural é a bacia Ocidental do Mediterrâneo.



Figuras 1: *Quercus Suber L* (Sobreiro) (<http://www.apcor.pt>)

Perde-se no tempo, o início da utilização da cortiça, quer nas actividades de pesca, quer para vedar vasilhas e outras aplicações domésticas. Já no antigo Egipto e na Grécia eram utilizados vedantes cilíndricos feitos em cortiça, embora sem grande divulgação.

A cortiça extrai-se pela primeira vez, ao fim de cerca de vinte e cinco anos, pelo que é denominada de cortiça “virgem”. Numa segunda extracção, em que a cortiça é conhecida por “secundeira”, terá de ser respeitado um intervalo mínimo de nove anos, bem como nos descortiçamentos seguintes. Apenas nessa fase, a partir do terceiro descortiçamento o que perfaz cerca de quarenta ou cinquenta anos para que se extrai a melhor cortiça, a chamada “amadia”, usada para o fabrico de rolhas.



Actualmente, a cortiça é uma matéria-prima nobre cuja utilização se estende a variadas aplicações tais como revestimentos de solos, isolamentos (térmicos e acústicos), componentes para calçado e indústria automóvel.

Portugal, com uma área de 700 mil hectares de montado de sobro, é responsável por mais de 50% da produção mundial de cortiça.

O desenvolvimento tecnológico e a aplicação de novas técnicas, incluindo de gestão, levaram à integração vertical de algumas operações de transformação da cortiça (www.naturlink.pt).

A cortiça é um produto 100% natural e o segredo do seu desempenho é a sua estrutura celular (ver figura 2).

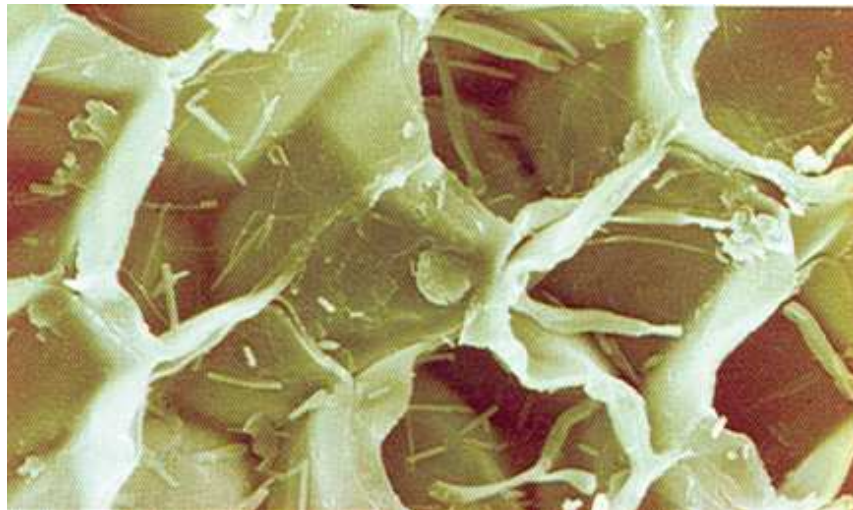


Figura 2: Estrutura celular da cortiça vista ao microscópio electrónico
(www.javeigademacedo.com)



Relativamente à composição química, a cortiça é composta por:

- ✘ **Suberina (45%)** - Responsável pela elasticidade da cortiça;
- ✘ **Lenhina (27%)** - Composto isolante;
- ✘ **Polissacáridos (12%)** - Componentes das paredes das células que ajudam a definir a textura da cortiça;
- ✘ **Taninos (6%)** - Compostos polifenólicos responsáveis pela cor;
- ✘ **Ceróides (5%)** - Compostos hidrofóbicos que asseguram a impermeabilidade da cortiça.

Verifica-se que o principal componente da cortiça é a Suberina, uma mistura de ácidos orgânicos a partir da qual são formadas as paredes das suas células, impedindo a passagem de água e de gases. As propriedades da suberina são notáveis, pois é praticamente insolúvel na água, no álcool, no éter, no clorofórmio, no ácido sulfúrico concentrado, etc.

A essência da cortiça é definida pelas suas células que estão agrupadas numa estrutura alveolar característica. Num centímetro cúbico de cortiça contam-se cerca de 40 milhões de células dispostas em fiadas perpendiculares ao tronco de sobreiro.

Cada célula tem a forma de um minúsculo prisma, pentagonal ou hexagonal, cuja altura não ultrapassa os 40 a 50 micrómetros. As células mais pequenas medem 20 ou mesmo 10 micrómetros. Maiores ou menores, todas estas células são preenchidas por uma mistura de gases semelhante ao ar. É justamente devido a estes minúsculos compartimentos (células) cheios de ar, que se deve a característica de isolamento da cortiça. As células de cortiça são muito mais pequenas do que as dos materiais celulares ordinários, o que contribui para justificar as excepcionais propriedades de isolamento



deste material. Em simultâneo, graças à impermeabilidade que a suberina dá às paredes da célula da cortiça, torna-a hermética, isto é, impenetrável (www.apcor.pt).

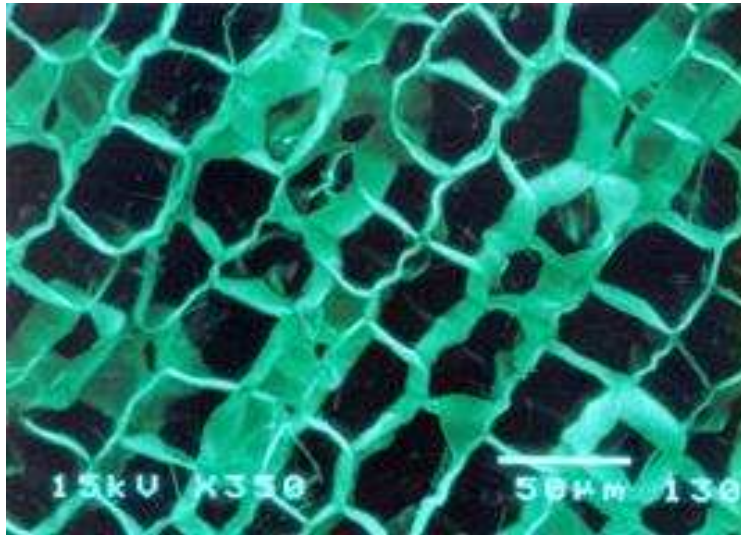


Figura 3: Vista Microscópica das células pentagonais da cortiça (www.apcor.pt)

A estrutura e a composição química da cortiça conferem-lhe um conjunto de qualidades únicas, nomeadamente o facto de ser uma matéria-prima renovável, e, como anteriormente já foi referido, é um produto 100% natural e biodegradável. É impermeável a líquidos e a gases e é leve (tendo uma densidade à volta de 0,2). Este material é, também, resistente à penetração de humidade.

Tem elasticidade/compressibilidade, ou seja, pode readquirir a forma primitiva, depois de ter sofrido uma pressão, é um excelente isolante térmico, acústico e vibrático, bem como bastante resistente ao desgaste, não absorve poeiras, evitando, deste modo, reacções alérgicas e é resistente à combustão, uma vez que retarda a progressão de incêndios (www.apcor.pt).



A utilização desta matéria-prima, para além de ser um produto natural, reciclável e biodegradável, tem outras vantagens:

- ✘ Não polui e protege a floresta promovendo a sua limpeza e conservação;
- ✘ Permite o florestamento de áreas afectadas por risco de desertificação;
- ✘ Quimicamente, é inerte, quando em combustão, não liberta quaisquer gases tóxicos;
- ✘ É resistente ao desgaste do tempo, mantendo-se inalterável ao longo deste;
- ✘ A condutibilidade térmica é a mais baixa entre os produtos resistentes ao fogo.

A parte mais valiosa da árvore é a casca, utilizada no fabrico de uma infinidade de produtos de cortiça.

Mais de cinquenta por cento da casca do sobreiro (cortiça) é utilizada no fabrico de rolhas, incluindo as de cortiça natural para garrafas de vinho, as de champanhe, as técnicas, as rolhas para vinhos de alta graduação e espirituosos, e pequenas rolhas utilizadas para diversos fins (perfumaria, medicamentos).

Num processo de transformação verticalmente integrado, a utilização da cortiça não gera resíduos. Os desperdícios de cortiça provenientes do processo de produção de rolhas são reduzidos a granulados e reutilizados no fabrico de rolhas técnicas, de aglomerados industriais, de revestimentos de solos, de isolamentos, de utilidades decorativas, etc. Até mesmo as finas partículas de pó de cortiça são recolhidas e utilizadas como combustível.

A cortiça pode ainda ser combinada com outros materiais, como por exemplo a borracha e vários substratos têxteis.



As principais aplicações da cortiça são:

Naturais:

- ✘ Rolhas e vedantes (vinho, conhaque, whisky, cerveja, produtos farmacêuticos);
- ✘ Rolhas cónicas para laboratórios;
- ✘ Indústria de calçado (palmilhas, ortopédico, etc.)
- ✘ Flutuadores, bóias;
- ✘ Tapetes, revestimentos de solos, tectos e paredes;

Granulados e aglomerados:

- ✘ Aplicações cerâmicas, rolhas de champanhe;
- ✘ Confeção de linóleo;
- ✘ Construção de edifícios (isolamento térmico);
- ✘ Estruturas anti-sísmicas;
- ✘ Juntas de dilatação/compressão (pontes, edifícios);
- ✘ Componentes para a indústria de calçado;
- ✘ Decoração;
- ✘ Bolas de hóquei, golfe e basebol;
- ✘ Caixas, bases para copos, alvos de setas;

Isolamentos:

- ✘ Isolamento térmico, acústico e vibrático;
- ✘ Isolamento de condutas (gás, petróleo);
- ✘ Construção, paredes;
- ✘ Indústria de refrigeração;
- ✘ Estúdios de música, discotecas e livrarias;



Cortiça com Borracha:

- ✘ Indústria automóvel;
- ✘ Isolamento acústico e vibrático (construção, por exemplo);
- ✘ Componentes para a indústria do calçado (www.apcor.pt).

Algumas aplicações de matérias de cortiça, dedicadas ao lar:



a)



b)



c)

Figuras 4-a) b) e c): Aplicações da cortiça no lar (www.apcor.pt)

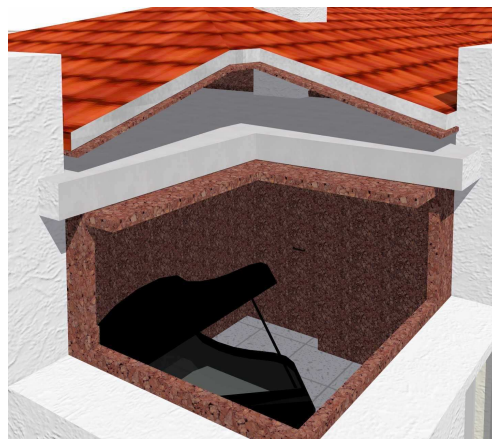


Figura 5: Aplicação de aglomerados de cortiça em isolamento acústico (www.isocor.pt)

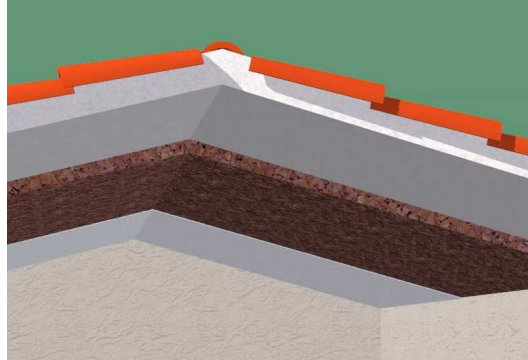


Figura 6: Aplicação da cortiça no isolamento térmico (www.isocor.pt)

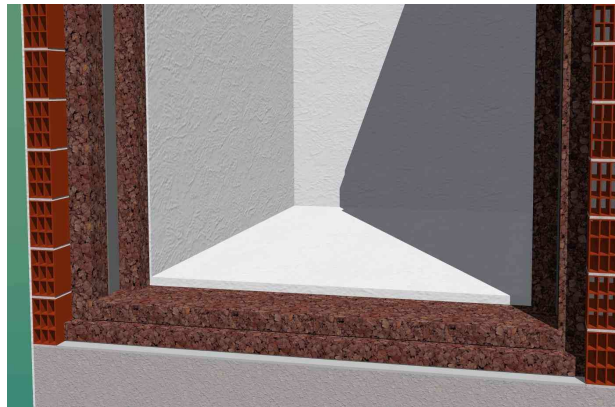


Figura 7: Aplicação da cortiça no isolamento de câmaras frigoríficas (www.isocor.pt)



2.2. O CALOR E O ISOLAMENTO TÉRMICO

A transmissão de calor entre dois sistemas a temperaturas diferentes, é consequência da troca de energia interna entre eles. A transmissão pode suceder de três modos distintos: por condução, convecção ou radiação.

Na indústria têxtil o conforto tem extrema importância no que toca ao vestuário ou até mesmo em têxteis-lar, daí que o modo de propagação de calor por condução seja o mais pertinente de aprofundar.

A transmissão de calor por condução acontece através do contacto entre dois corpos, o que está associada à variação da temperatura interna dos mesmos, isto é, segundo as leis da Termodinâmica, existe um fluxo de calor quando dois sistemas a temperaturas diferentes se encontram em contacto físico. Esse fluxo processa-se do sistema com temperatura mais alta para o sistema com temperatura mais baixa. A transferência de calor modificará a temperatura dos dois sistemas os quais tendem a ficar à mesma temperatura final, o que conduz a um estado de equilíbrio térmico (*Ribeiro et al, 2003/2004*).

A lei fundamental que rege a transmissão do calor por condução, é chamada de Lei de Fourier e é consistente com as Leis da Termodinâmica (*Matias, 2001*):

$$Q = \frac{K \times A \times \Delta T}{\Delta x}$$

Onde:

Q - Taxa com que o calor flui perpendicularmente à superfície e área (W)

A - área da superfície atravessada pelo calor (m²)

ΔT – Variação da Temperatura (°C)

Δx – Espessura da parede (m)

K – Condutividade Térmica do material (W/m°C)



A condutibilidade térmica é dependente da fase em que o material se encontra, do peso específico, da porosidade, humidade e sobretudo da temperatura. A variação da condutibilidade térmica com a temperatura em alguns materiais, dentro de um certo intervalo, é bastante pequena e pode ser desprezada; mas, em muitos casos, esta variação é significativa.

Num projecto para um sistema de isolamento térmico devem-se considerar vários parâmetros, nomeadamente:

- ✘ Propriedades mecânicas do material isolante;
- ✘ Propriedades térmicas do material isolante;
- ✘ Espessura do material isolante;
- ✘ Protecções adequadas contra a humidade e agentes corrosivos;

Existem alguns factores que fazem de um material, bom isolante, como por exemplo:

- ✘ Baixo coeficiente de condutibilidade térmica;
- ✘ Boa resistência mecânica;
- ✘ Baixa massa específica
- ✘ Incombustibilidade;
- ✘ Estabilidade física e química;
- ✘ Inércia química;
- ✘ Facilidade de aplicação;
- ✘ Resistência ao ataque por roedores e insectos;
- ✘ Baixa higroscopicidade;
- ✘ Inodoro;
- ✘ Económicos;



A cortiça reúne todos os requisitos e pode ser utilizada como isolante térmico, tirando partido das suas propriedades e, como consequência, uma maior:

- ✘ **Conservação de energia:** ao reduzir os fluxos de calor, reduz-se o consumo de energia;
- ✘ **Protecção e conforto pessoal:** a superfície de um material a uma temperatura elevada pode ser uma fonte de perigo para pessoas que se encontrem a trabalhar nas suas redondezas. A temperatura excessiva de uma superfície cria um clima desagradável durante o trabalho afectando a performance e a produtividade de um trabalhador sobretudo no verão;
- ✘ **Redução da variação da temperatura e flutuações:** O isolamento minimiza as variações de temperatura diminuindo assim, as flutuações (*Ribeiro, et al, 2003/2004*).

São apresentados de seguida alguns exemplos da aplicação de aglomerados de cortiça para isolamento térmico:



a)



b)

Figuras 8 a) e b): Isolamento térmico para estruturas inclinadas (www.isocor.pt)



a)



b)

Figuras 9 a) e b): Isolamento térmico de sótãos (www.solfaca.pt)



Figura 10: Isolamento térmico de paredes pelo exterior (www.solfaca.pt)

Uma das preocupações dos isolamentos térmicos para qualquer aplicação, é a saúde, ou seja, os isolamentos não devem apresentar perigo mas sim garantir a segurança das pessoas que são expostas ou que estão em contacto directo com as aplicações (Ribeiro, *et al*, 2003/2004).



2.3. O FOGO E O ISOLAMENTO IGNÍFUGO

O fogo resulta de um processo termoquímico exotérmico de oxidação. Geralmente, um composto químico orgânico como o papel, a madeira, os plásticos, os gases de hidrocarbonetos, gasolina e outros, susceptíveis a oxidação, em contacto com uma substância oxidante (oxigénio da atmosfera, por exemplo) necessitam de uma energia de activação, também conhecida como temperatura de ignição. Esta energia, para inflamar o combustível, pode ser fornecida através de uma chama. Iniciada a reacção de oxidação, também denominada de combustão, o calor desprendido pela reacção mantém o processo em marcha.

Os produtos da combustão (principalmente vapor de água e dióxido de carbono, em altas temperaturas pelo calor desprendido pela reacção química) emitem luz visível. O resultado é uma mistura de gases incandescentes emitindo energia, denominado chama ou fogo. O fogo, grande auxiliar do homem, é também um de seus maiores inimigos em potencial.

Do ponto de vista científico, o fogo ocorre quando estão presentes os três factores: combustível, oxigénio e calor suficiente para levar o combustível ao ponto de ignição, como mencionado anteriormente (ver figura 11). Por detrás desses três factores está o próprio homem, responsável por grande dos incêndios destruidores, devido à falta de precaução ou até mesmo por descuido (*Casellas, 1990*).

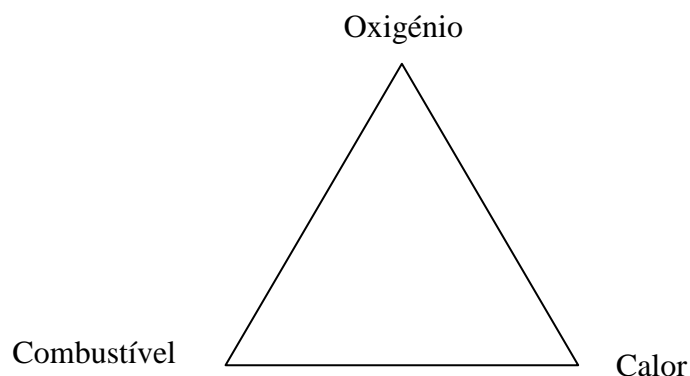


Figura 11: Triângulo de Combustão



Os incêndios domésticos diários são por norma devidos a esquecimentos, nomeadamente: ferros eléctricos ligados, fios eléctricos em mau estado, esquecimento de desligar o fogão eléctrico ou a gás, defeitos nos fornos. É precisamente perante o risco de incêndios domésticos que se torna pertinente falar sobre o isolamento ignífugo (<http://br.geocities.com/saladefisica>).

A resistência ao fogo dos tecidos encontra-se em parte relacionada com o tipo de fibra utilizada. As fibras celulósicas, nomeadamente, o algodão incendeiam-se com facilidade. Tecidos produzidos com lã dificilmente se incendeiam. O poliéster, como fibra termoplástica que é, encolhem em presença de uma chama e tendem a não incendiarem.

Contudo, existem tratamentos com vista a retardar ou até mesmo impedir que o processo de combustão se dê, são os isolantes ignífugos (*Casellas, 1990*).

Existem acabamentos ignífugo que podem tornar as fibras mais resistentes à combustão, isto é, certos acabamentos de impregnações com produtos químicos, que diminuem a inflamabilidade das fibras têxteis sem se conseguir, no entanto, a incombustibilidade total.

É por muitas razões conveniente que as matérias têxteis tenham um melhor comportamento ao fogo, diminuindo a inflamabilidade desses materiais, reduzindo também, assim, as propagações de incêndios uma vez declarados.

Deste modo, o aparecimento de isoladores ignífugos torna-se um factor de segurança dos seus utilizadores, quer se trate de vestuário, de têxteis decorativos, domésticos ou industriais.

A fase de ignição e o aumento de propagação da chama dão dois factores fundamentais e que determinam a necessidade de haver um isolamento nas mais diversas utilizações.

A fácil ignição varia com o peso do tecido, ou seja, quanto mais pesado o tecido, mais demorará a ignição. A propagação da chama normalmente rege-se pelo mesmo princípio, no tecido pesado, mais reduzida é a propagação da chama.

O valor do LOI (Índice de Limite de Oxigénio) também tem uma importância preponderante, no sentido em que, quanto maior o valor do LOI, mais favorável será o comportamento de combustão.



Na produção de artigos têxteis para a decoração, a capacidade ignífuga, design e economia não são só os únicos factores relevantes, a resistência à abrasão, por exemplo, é também, um factor importante.

As aplicações de materiais ignífugos são cada vez mais utilizadas, nomeadamente em hotéis, hospitais, cadeiras de escritório, aviões, etc., mas também como tecidos para divisórias e revestimento de paredes (*Crespim*).

A singularidade da cortiça deve ter um valor adaptativo, isto é, deverá ter contribuído para melhorar a sobrevivência do sobreiro ao longo da sua evolução. Para além de todas as propriedades físicas, como já foi referido, um bom isolante térmico, por exemplo, poderão proteger os sobreiros dos efeitos dos fogos. Após um incêndio, enquanto muitas outras espécies de árvores apenas regeneram a partir de sementes ou de rebentos existentes na base do tronco, no sobreiro, os ramos protegidos pela cortiça mantêm-se viável e rapidamente novos rebentos recompõem a copa. A cortiça pode ter sido uma resposta evolutiva do sobreiro num meio em que o fogo seria um factor ecológico importante e que contribuiu para aumentar a capacidade de resposta ao fogo (*Pereira, et al, 2009*).

Tendo em conta este importante factor, pode-se assumir que a cortiça seja segura para protecção de estruturas ou materiais sujeitas à acção do fogo.



2.4. SUBSTRATOS TÊXTEIS

2.4.1. FIBRA DE ALGODÃO

As fibras de algodão são pêlos que se desenvolvem a partir da epiderme da semente da planta do Algodoeiro (*Gossypium*) (Neves, 1982).



Figura 12: Algodoeiro, *Gossypium* (www.wikipedia.pt)

Existem dois tipos de fibra de algodão: de fibra média e de fibra longa. O algodão de fibra média é o mais comum algodão consumido em todo o Mundo. A maior parte dos seus comprimentos está compreendida entre 1'' (uma polegada) e 1 3/32''.

O algodão de fibra longa é cultivado no Egipto e no Peru e é aplicado no fabrico de fios finos e de linhas de costura. Os seus comprimentos estão geralmente compreendidos entre 1 1/4'' e 1 1/2'' (Egipto) e 1 1/8'' e 1 1/2'' (Peru) (Neves, 1982).

Relativamente à sua composição morfológica, a fibra de algodão, é composta pela Cutícula (fina e resistente, é parte externa da fibra, tendo, por isso, funções de protecção), Parede Primária (é a formação da parede primária que determina o



comprimento da fibra), Parede Secundária (da parede secundária dependem a resistência e a maturidade da fibra) e o Lúmen (é o canal central da fibra) (www.wikipedia.pt).

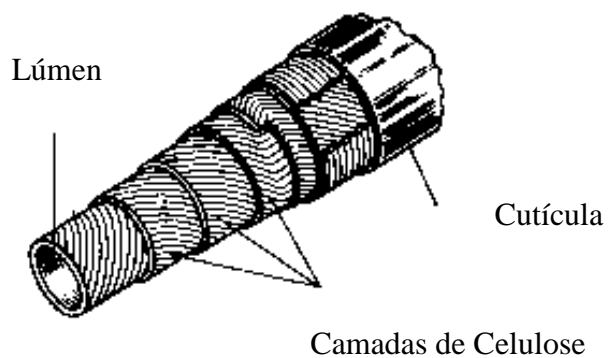


Figura 13: Estrutura da fibra de algodão (www.wikipedia.pt)

Relativamente à composição química da fibra de algodão é composto maioritariamente por Celulose.

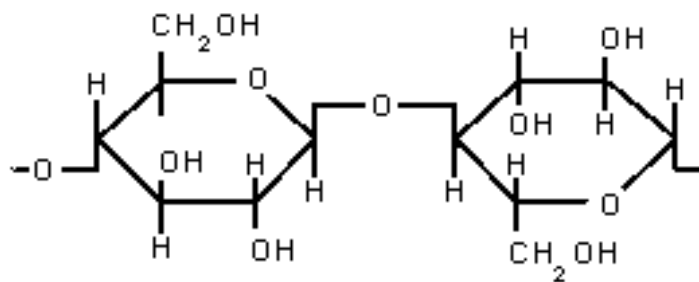


Figura 14: Fórmula Estrutural da Celulose.



A composição aproximada da fibra de algodão é a seguinte:

Tabela 1: Composição química da fibra de algodão (Araújo, *et al*, 1986).

Componente	Percentagem (%)
Celulose	85
Óleos e Ceras	0.5
Proteínas, pectoses e matéria corante	5.0
Minerais	1.0
Água	8.0

São as características físicas e químicas da fibra de algodão que distinguem o comportamento da fibra perante vários processos e/ou tratamentos.

De seguida expõem-se alguns parâmetros característicos do algodão:

- ✘ **Combustão:** As fibras de algodão ardem com grande rapidez com cheiro a papel (celulose) queimado, ou seja, é uma fibra bastante inflamável.
- ✘ **Acção do Calor:** A temperaturas superiores a 200°C a celulose decompõe-se amarelecendo, a temperaturas superiores carboniza.
- ✘ **Acção dos Alcalis:** A fibra de algodão possui uma excelente resistência aos álcalis. Mesmo em soluções alcalinas concentradas incham-no, mas não o atacam.
- ✘ **Acção dos Ácidos:** A fibra de algodão é sensível aos ácidos, danificando-a quando em concentrações elevadas.



-
- ✘ **Acção da Humidade:** Se a humidade for prolongada, nomeadamente a temperaturas de 25 a 30°C, desenvolvem-se micro-organismos ou bolores que amarelecem o algodão e a resistência sai enfraquecida.

 - ✘ **Taxa de Recuperação de Humidade:** A fibra de algodão absorve a humidade do ambiente e por isso, denomina-se higroscópio. Depois de seco, e em atmosfera condicionada (20°C e 65% de humidade), o algodão retomará 8,5% de água.

 - ✘ **Retenção de água:** O algodão, quando molhado, pode reter cerca de 50% do seu peso de água.

 - ✘ **Resistência:** A resistência das fibras de algodão varia com a maturação, o clima, entre outros. Geralmente, pode dizer-se que é cerca de 33g/Tex.

 - ✘ **Densidade:** É de 1,52.

 - ✘ **Tingimento:** O algodão pode ser tinto com corantes básicos, directos, sulfurosos, de cuba, azoicos, reactivos, bem como com pigmentos (Neves, 1982).



2.4.2. FIBRA DE LÃ

Dá-se o nome de lã ao revestimento piloso natural dos ovinos, chamados vulgarmente de carneiros, ovelhas, borregos ou cordeiros.



Figura 15: Aspecto da fibra de Lã (www.global-b2b-netwook)

As lãs diferem entre si sobretudo pela sua finura e comprimento, no entanto, existem outras características que condicionam a qualidade dos fios que delas resultam. Tais diferenças existem entre as diversas raças de ovinos em todo o mundo. As diferentes qualidades de lãs devem ser convenientemente separadas. As lãs mais finas vêm de carneiros de raça merina que têm origem em Espanha. Para além desta, existem outras raças cruzadas que têm como consequência uma variedade de lãs que podem classificar-se em lãs finas e lãs comuns.

A estrutura física e química da fibra de lã, é a grande responsável pelo comportamento da mesma, perante diversos tratamentos e processos, quer químicos quer físicos.

Relativamente à sua estrutura física, isto é, a sua constituição morfológica é a representada na figura 16. A fibra de lã é aproximadamente cilíndrica, quase sempre com ondulações. A zona exterior (cutícula), é formada por células achatadas, as chamadas “escamas” que são sobrepostas. É este pormenor que faz da fibra de lã singular, ou seja, é devido a esta característica que o fenómeno feltagem é explicado (Neves, 1982).

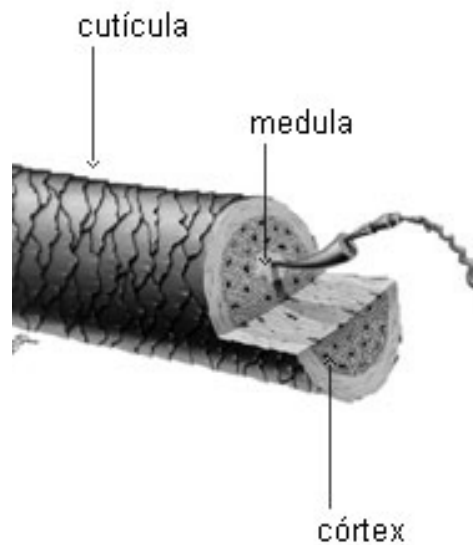


Figura 16: Constituição da fibra de lã (<http://blufiles.storage.live.com>)

No que diz respeito á composição química, a lã é constituída por:

Tabela 2: Composição química da fibra de lã

Componente	Percentagem (%)
Carbono	50
Oxigénio	22 a 25
Nitrogénio	16 a 17
Hidrogénio	7
Enxofre	3 a 4

É necessário salientar que, devido às diferentes raças de ovinos, a composição química não é constante. Pode encontrar-se ainda mais ou menos 1% de matéria mineral. Estes



elementos estão organizados em cadeias de aminoácidos constituindo a ceratina ou queratina (Araújo, *et al*, 1986).

Como anteriormente, de seguida estão descritos alguns comportamentos da fibra de lã perante alguns agentes:

- ✘ **Condutibilidade Térmica:** A matéria que constitui a fibra de lã, a ceratina, é má condutora do calor, assim sendo, os artigos de lã são considerados bons agasalhos.

- ✘ **Densidade:** É de 1,31

- ✘ **Poder absorvente:** A fibra de lã pode absorver até 50% do seu peso de água, sendo essa absorção demorada tal como a evaporação da mesma água.

- ✘ **Taxa de Recuperação de Humidade:** A lã é a mais higroscópica de todas as fibras. Depois de seca e colocada em atmosfera acondicionada (20°C de temperatura e 65% de humidade, recupera 18% de água.

- ✘ **Acção da Chama:** A fibra de lã arde com dificuldade libertando um odor característico.

- ✘ **Acção do calor:** Perante temperaturas superiores a 150°C, a lã amarelece e quanto maior for mais se degrada.

- ✘ **Acção dos Alcalis:** A fibra de lã, é muito sensível a soluções alcalinas. A lavagem e processamento da lã devem ser feitos em soluções de baixa alcalinidade.



-
- ✘ **Acção dos ácidos:** A lã tem boa resistência aos ácidos minerais, a não ser que as condições do tratamento sejam muito energéticas. O tratamento de fibras de lã com ácidos tem lugar em operações como a carbonização, ou em alguns tingimentos.

 - ✘ **Acção dos oxidantes:** Os agentes oxidantes são usados em processos como o branqueamento e tratamento antifeltrante da lã. O peróxido de hidrogénio e alguns produtos à base de cloro são exemplos de alguns agentes oxidantes. A lã é muito sensível aos agentes oxidantes devido à fragilidade das ligações da queratina.

 - ✘ **Resistência à tracção:** É inferior à da maior parte das fibras.

 - ✘ **Resistência à torção:** É elevada devida à sua elasticidade

 - ✘ **Resistência à abrasão:** É fraca, no entanto, no caso de uma mistura entre lã e uma fibra sintética melhor significativamente o seu comportamento relativamente à resistência à abrasão (*Neves, 1982*).



2.4.3. FIBRA DE POLIÉSTER

O Poliéster (PES) é uma fibra têxtil de grande importância comercial e é obtida a partir do poli (etileno tereftalato) (PET).

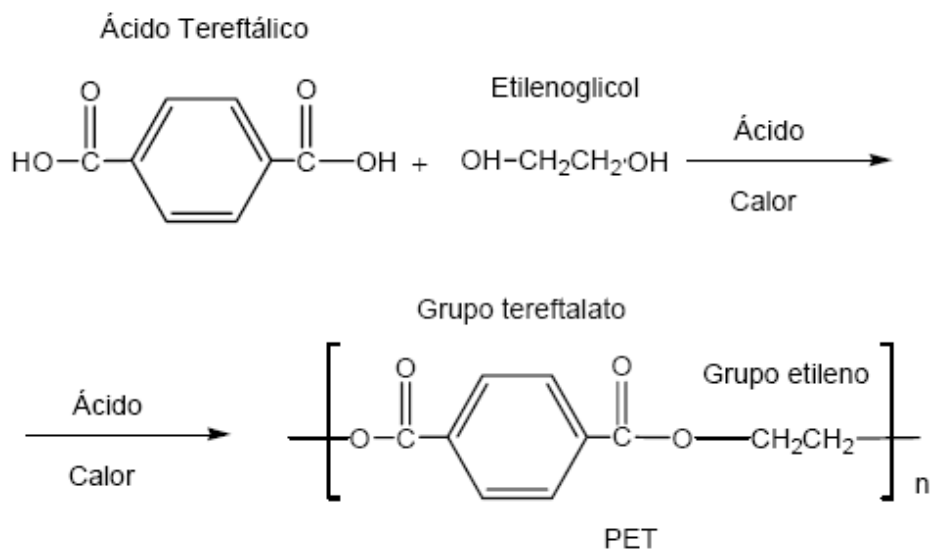


Figura 17: Reacção de Condensação do PET (*Guillen, 1991*)

As fibras de poliéster podem ter variadas aplicações desde o vestuário, ou o têxtil lar até aplicações de ordem industrial. No caso do vestuário, é muito usado em misturas com outras fibras, nomeadamente o algodão mas também a viscose e lã (*Vasconcelos, 2005*). As fibras de Poliéster são formadas a partir de um polímero de macromoléculas lineares cuja cadeia contém cerca de 85% em peso, de um éster de um diol e de um diácido - o ácido tereftálico. Assim, os filamentos de poliéster obtêm-se por extrusão do polímero aquecido à temperatura de amolecimento. O polímero resulta de uma reacção de condensação entre o ácido tereftálico e o mono-etileno-glicol. Basicamente o processo de fiação do poliéster é o seguinte:

Extrusão → Estiragem → Frisado → Termofixação



Durante a extrusão o polímero é fundido a 260 °C. Depois os filamentos sofrem um estiramento para orientar as macromoléculas segundo o eixo da fibra. É durante o processo de estiragem que se obtém a cristalinidade do poliéster.

O elevado grau de cristalinidade do poliéster é consequência dos grupos ésters do poli(etileno tereftalato) (Guillen, 1991).

Tabela 3: Modelo estrutural que as fibras de PES apresentam nos diferentes estados (Guillen, 1991)

Estado da fibra	Grau de	
	Cristalinidade	Orientação
Após extrusão	Amorfo	Desorientado
Estirada a frio	Amorfo	Orientado
Extrudida e tratada termicamente	Cristalino	Desorientado
Estirada a quente ou a frio	Cristalino	Orientado

Relativamente a algumas características físicas e químicas da fibra de Poliéster:

- ✘ **Estrutura Morfológica:** a fibra de poliéster manifesta relativamente à sua estrutura fina, uma particularidade que se caracteriza pelo facto de a sua cristalinidade apenas ser desenvolvida na operação de estiragem.
- ✘ **Densidade:** É de 1,38
- ✘ **Taxa de Recuperação de Humidade:** Em atmosfera normal, a fibra de poliéster apenas possui 0,4% de água, valor diminuto comparativamente a quase todas as outras fibras.



- ✘ **Retenção de água:** Esta fibra pode reter apenas 4% do seu peso em água. Devido ao facto de ser altamente hidrófobo, os artigos de poliéster secam rapidamente.
- ✘ **Resistência à abrasão:** Grande resistência à abrasão.
- ✘ **Acção do calor:** A fibra de poliéster funde a 260°C e amolece a partir dos 235°C (*Neves, 1982*).
- ✘ **Efeito dos Ácidos:** A influência depende da concentração do ácido, da temperatura e do tempo de tratamento. O poliéster tem uma grande resistência aos ácidos inorgânicos a concentrações diluídas e aos ácidos orgânicos em condições mais energéticas. Os ácidos em geral modificam pouco a resistência do Poliéster quando actuam à temperatura ambiente e a sua concentração não ultrapassa os 30%. Em condições suficientemente energéticas de concentração e temperatura, verifica-se uma rápida destruição ou dissolução da fibra, por hidrólise ácida. Quanto maior a concentração de ácido utilizado, maior a degradação da fibra, e conseqüentemente menor a sua resistência mecânica.
- ✘ **Acção dos Alcalis:** O ataque alcalino pode sentir-se apenas ao nível da superfície das fibras, quando se empregam bases fortes, ou ao nível do interior das fibras (bases orgânicas), provocando alterações nas propriedades físicas.
- ✘ **Acção dos agentes redutores e oxidantes:** A fibra de poliéster, apresenta grande resistência a produtos oxidantes, a produtos redutores e a agentes tensioactivos (*Araújo et al, 1986*).



2.5. REVESTIMENTOS TÊXTEIS

2.5.1. TIPOS DE REVESTIMENTOS TÊXTEIS

O propósito de existir uma camada a revestir um determinado substrato têxtil, prende-se com o facto de este influenciar as características externas, bem como as próprias propriedades físicas do material. São os vários tipos de revestimentos existentes que conferem aos substratos propriedades únicas e muito vantajosas. Deste modo, a aplicação de um revestimento num substrato pode levar a produtos inovadores como por exemplo: estruturas microscópicas ou imitações de pele ou até imitações de camurça (*Rubacha et al, 2006*).

Um tecido revestido é um material têxtil onde as características deverão ser melhoradas pela aplicação de uma composição de polímero adequada.

A escolha do tipo de fibra depende do tipo de revestimento pretendido e do objectivo final para o material.

Estes materiais devem satisfazer regularmente especificações de resistência biaxial, tracção e corte, resistência à abrasão, rigidez, estabilidade dimensional, estabilidade térmica, repelência de água e permeabilidade ao ar.

Para satisfazer estes requisitos, mais uma vez, o tipo de fibra, o tipo de estrutura têxtil, assim como, os componentes do polímero de revestimento são fundamentais e devem ser os apropriados.

Em termos de estrutura têxtil, podem ser utilizados quer tecidos (tafetá, cetim ou sarja), quer malhas (malhas de teia ou malhas de trama) ou ainda não-tecidos (ligados por agulhas, termicamente ou por laçadas).

A escolha do tipo de fibra, título do fio e da estrutura é determinante para as propriedades do material futuramente revestido. O fio e a estrutura têxtil influenciam a resistência, enquanto que, a escolha da fibra determina a capacidade de afinidade do polímero ao tecido, uma vez que as características de afinidade variam de fibra para fibra (www.wikipedia.pt).



Existem duas técnicas importantes de aplicação de um filme aos polímeros do substrato têxtil: **cachering** e **coating**.

Cachering pode ser definido como a junção de duas ou mais camadas do mesmo ou de materiais diferentes que aderem entre eles. Nestes termos, é frequente falar-se em “bonding” e “laminating”. Quando o substrato têxtil linear se une a uma camada de espuma, ocorre a chamada laminagem. Bonding corresponde à junção de dois têxteis com uma camada adesiva separadora ou por aplicação de um filme termoplástico bastante fino, empregue na técnica cachering.

Coating significa a aplicação de um filme, de uma pasta ou de um material sintético, num ou em ambos os lados de um substrato têxtil.

O tecido revestido é composto por duas ou mais camadas, em que pelo menos uma delas é uma camada polimérica contínua. As camadas são unidas por adesivo ou por propriedades adesivas existentes num ou mais dos componentes que constituem as camadas.

As técnicas de revestimento são também conhecidas como:

- ✘ Revestimento do direito, especialmente usadas em roupas e peles sintéticas;
- ✘ Revestimento do avesso, técnica usada na indústria de acolchoados e tapetes.

O revestimento pode ser aplicado directamente ou indirectamente nas superfícies têxteis.

Em função da quantidade de revestimento aplicado ao substrato têxtil existem três tipos, que a seguir se enunciam na seguinte Tabela (*Parys, 94*).



Tabela 4: Tipos de revestimentos em função da quantidade aplicada (*Parys, 94*)

	Quantidade de revestimento aplicado (g/m²)
Revestimento fino	<30
Revestimento médio	30 – 60
Revestimento espesso	>60

2.5.2. MÉTODOS E APLICAÇÕES DOS REVESTIMENTOS

Os métodos e as técnicas de revestimento evoluíram nos últimos 10 anos e alargaram-se manifestamente em diferentes ramos industriais. A moda e os factores estéticos são responsáveis por algumas alterações a médio e longo prazo, tais como: o modo de vestir, o aumento de despesas em artigos para a casa, preocupação com factores ergonómicos, expansão em actividades de lazer, aspectos económicos e tecnológicos o que provoca uma motivação no crescimento e aperfeiçoamento de novos revestimentos têxteis na indústria do vestuário (<http://www.usabras.com>).

A técnica e a funcionalidade do revestimento são aspectos importantes, uma vez que a técnica determina a funcionalidade.

Alguns revestimentos têxteis são muito usados quando equiparados com produtos naturais ou sintéticos, não são adequados, ou então excessivamente caros. Assim, existe uma razão económica para a aplicação da técnica de revestimento. Muitos revestimentos são mais económicos do que algumas fibras; como tal, diminuindo o peso da fibra e mantendo todas as suas propriedades na aplicação do revestimento, obtém-se um produto final tecnicamente equivalente mas de menor custo.

A evolução da tecnologia tem tido um papel fundamental no avanço de técnicas de revestimento, no aparecimento de novas fibras, materiais (não tecidos, tecidos ou malhas), na melhoria de polímeros e aditivos, fundamentais para o desenvolvimento de tecidos revestidos com vista a exigências específicas.



Embora haja um aumento da procura de materiais têxteis revestidos para aplicação de vestuário e têxteis-lar e de um crescimento exponencial da população, as indústrias têxteis têm presentemente alcançado uma grande importância em vários campos, tais como: a engenharia, os geotêxteis, a agricultura, os transportes, o calçado desportivo, aplicações médicas, o vestuário de protecção e aplicações para conservação ambiental (Rubacha e tal, 2006).

Na tabela 5 está apresentada a grande variedade dos materiais revestidos. No entanto, existem muitos mais materiais onde os polímeros são aplicados, não para revestimento, mas para colagem ou laminado (Parys, 94).

Tabela 5: Principais aplicações dos revestimentos têxteis (Parys, 94)

Artigos	Quantidade de revestimento aplicado – g/m² substrato
1. Roupa	
- Vestuário prático, imitações de acolchoados e pele	50-100
- Vestuário desportivo	10-15
• Para surf	
• Para vela	
- Vestuário de protecção	
• Gabardines, impermeáveis, anoraks, parkas	10-30, 10-100, 10-20, respectivamente
• Capacetes, luvas, batas, casacos, equipamento de trabalho	100
- Acessórios de vestuário	
• Forros	25-50
• Etiquetas	30-50
2. Calçado desportivo	
- Sapatos	100-300
- Botas	>100
3. Materiais de construção para interiores	
- Cortinas	100-300
- Cortinas de duche	25-100
- Portas e divisórias	Máx. 2000-3000
- Divisórias de parede	Máx. 2000-3000
4. Materiais de construção para exteriores	
	10-30



- Sacos cama	10-20
- Chapéus-de-chuva	
- Painéis solares	
- Cata-ventos	
- Tendas	
5. Artigos de viagem	
- Malas	25>100
- Sacos	65>700
6. Revestimento do avesso	
- Tapetes	200
- Naperons, toalhas de mesa	<500
- Materiais de isolamento	10-100
7. Meios de transporte e auxiliares	
- Velas para barcos	
- Barcos insufláveis	
- Pára-quedas	

Um material têxtil revestido contém dois componentes: por um lado, o substrato têxtil propriamente dito, e por outro, o revestimento. A escolha de ambos tem consequências importantes na aplicação dos procedimentos, o que se reflecte nas propriedades finais do produto (*Parys, 94*).

Substrato Têxtil + Composto Polimérico + Tecnologia de Aplicação		
<u>Natureza do Pré-tratamento:</u>	<u>Polímero básico: natureza, quantidade de aditivos</u>	<u>Revestimento tecnológico</u>
▪ Mecânico	- polimerização de aditivos	• Directo • Indirecto
▪ Químico	- processamento de aditivos	Condições de
Estruturas	- funcionalidade dos aditivos	acabamento

Existe uma vasta gama de substratos têxteis e compostos de revestimento. Contudo, a escolha muitas vezes é limitada devido à maquinaria instalada no processo de fabrico (*Rubacha e tal, 2006*).



Uma vasta gama de tecidos pode ser aplicada, consoante a função da amostra tecida, e a composição do fio (título, número de filamentos, tipo de fibra, etc.). Estruturas planares alternativas, como malhas e não-tecidos, têm sido largamente utilizadas com a introdução de novas técnicas de aplicação de revestimentos, como por transferência e a aplicação de espumas.

O sucesso dos substratos utilizados nos revestimentos depende de alguns requisitos básicos, como por exemplo das suas propriedades físicas e mecânicas, tipo de fio, a estrutura e estabilidade dimensional, a compatibilidade com a resina utilizada no revestimento, estabilidade térmica e uniformidade dos substratos.

As fibras naturais, visto serem eficazes, trazem vantagens técnicas e económicas, principalmente para os tecidos de algodão. Também fibras de vidro, aramidas e poliolefinas (polipropileno, polietileno) são muitas vezes usados para aplicações especiais. O polipropileno tem indubitavelmente uma vantagem distinta em relação a outras fibras, os custos energéticos.

O algodão, o poliéster, a poliamida e as misturas de poliéster/algodão são os principais candidatos para a confecção de vestuário. Para roupas que não têm efeito de pele, a escolha entre substratos têxteis é mais alargada. Tanto os tecidos lisos como os de pêlo podem ser aplicados, bem como malhas e não-tecidos (*Van Parys, 1994*).

A funcionalidade e eficácia do tecido revestido dependem das propriedades físicas e químicas do composto polimérico seleccionado e da aplicação pretendida. Compostos utilizados recentemente para revestir, são produtos tecnicamente avançados, onde aparentemente pequenas quantidades de aditivo têm um papel muito importante na aplicação e desempenho do revestimento.

Assim, as propriedades dos polímeros são decisivas e determinam a qualidade dos materiais. Essas propriedades são:

- ✘ Carácter termoplástico;
- ✘ Propriedades mecânicas do filme (resistência, alongamento);



- ✘ Capacidade para formar o filme;
- ✘ Dureza;
- ✘ Boas propriedades adesivas para diferentes substratos têxteis;
- ✘ Resistência à abrasão;
- ✘ Fácil manuseamento;
- ✘ Aspecto visual: demasiado lustro (brilho);
- ✘ Flexibilidade;
- ✘ Resistência à hidrólise (procedimentos de lavagem);
- ✘ Boas propriedades de processamento;
- ✘ Boa resistência aos raios UV e ao ozono;
- ✘ Bons resultados na aplicação de baixas e ou elevadas temperaturas (*Rubacha e tal, 2006*).

O poliuretano (ou PU) é qualquer polímero que compreende uma cadeia de unidades orgânicas unidas por ligações uretano. É amplamente usado em espumas rígidas e flexíveis, em elastómeros duráveis e em resinas de alto desempenho, em selantes, em fibras, vedações, carpetes e peças de plástico rígido.

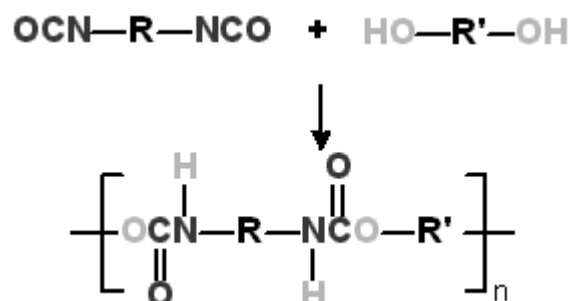


Figura 18: Esquema de uma síntese de um poliuretano (www.wikipedia.pt)



A principal reacção de produção de poliuretanos tem como reagentes um di-isocianato, disponível nas formas alifáticas ou aromáticas, e um polioliol (como o etileno glicol, 1,4 butanodiol, dietileno glicol, glicerol ou trimetilol propano) ou um polioliol poliéster, na presença de catalisador e de materiais para o controle da estrutura das células (tensoactivos), no caso de espumas.

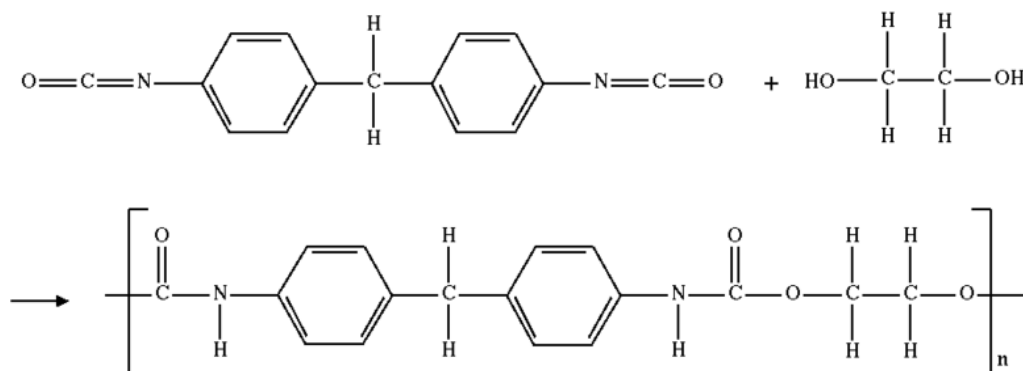


Figura 19: Exemplo típico da reacção de formação do poliuretano (www.wikipedia.pt)

O poliuretano pode ter uma variedade de densidades e de durezas, que mudam de acordo com o tipo de monómero usado e de acordo com a adição ou não de substâncias modificadoras de propriedades. Os aditivos também podem melhorar a resistência à combustão, a estabilidade química, entre outras propriedades.

Embora as propriedades do poliuretano possam ser determinadas principalmente pela escolha do polioliol, o di-isocianato também exerce alguma influência. As propriedades mecânicas são influenciadas pela funcionalidade e pela forma da molécula. A escolha do di-isocianato também afecta a estabilidade do poliuretano à exposição à luz. Os poliuretanos feitos com di-isocianatos aromáticos amarelecem à exposição da luz, enquanto que aqueles feitos com di-isocianatos alifáticos, são estáveis.

Os produtos do poliuretano têm muitos usos. Mais de três quartos do consumo global de poliuretano são na forma de espumas. A espuma está geralmente escondida por trás de outros materiais: as espumas rígidas estão dentro das paredes metálicas ou plásticas da



maioria dos frigoríficos, ou atrás de paredes de alvenaria, caso sejam usadas como isolante térmico na construção civil; as espumas flexíveis, nos assentos de automóveis, por exemplo (www.wikipedia.pt).



CAPITULO 3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS TÊXTEIS

Foram utilizados para o presente trabalho, três substratos têxteis: o algodão, a lã e uma mistura poliéster/algodão. De seguida, apresenta-se a caracterização específica de cada um deles. São apresentados os valores médios para cada ensaio. Foram definidas as condições e o número de amostras a utilizar através da norma relativa ao ensaio.

3.1.1. TECIDO DE ALGODÃO

Tabela 6: Características do tecido 100% algodão

Ensaio	Norma	Valor Médio
Massa por unidade de superfície	NP EN 12127:1999	133 g/m ²
Densidades à teia e à trama	EN 1049-2:1995	Teia: 24,4 fios/cm Trama: 23 passagens/cm
Título do fio	NP 4105:1990	Teia: 27,7 Tex Trama: 27,5 Tex
Espessura	NP EN 20534: 1994	0,2192 mm



3.1.2. TECIDO DE LÃ

Tabela 7: Características do tecido 100% lã

Ensaio	Norma	Valor Médio
Massa por unidade de superfície	NP EN 12127:1999	216,6 g/m ²
Densidades à teia e à trama	EN 1049-2:1995	Teia: 17,2 fios/cm Trama: 12,2 passagens/cm
Título do fio	NP 4105:1990	Teia: 67,6 Tex Trama: 63,3Tex
Espessura	NP EN 20534: 1994	0,4678 mm

3.1.3. TECIDO DE POLIÉSTER/ALGODÃO

Tabela 8: Características do tecido poliéster/Algodão (50/50)

Ensaio	Norma	Valor Médio
Massa por unidade de superfície	NP EN 12127:1999	114,1 g/m ²
Densidades à teia e à trama	EN 1049-2:1995	Teia: 29 fios/cm Trama: 25,6 passagens/cm
Título do fio	NP 4105:1990	Teia: 27,3 Tex Trama: 19,5Tex
Espessura	NP EN 20534: 1994	0,1870 mm



3.2. PÓ DE CORTIÇA

Para o presente estudo, foi utilizado pó de cortiça. Como já foi referido anteriormente, Portugal é o responsável por mais de 50% da sua produção mundial, assumindo, deste modo, um peso marcante na economia nacional, dado que 90% é dedicada à exportação. Por outro lado, o sobreiro ocupa mais de 22% da área florestal e tem-lhe associado uma indústria que transforma cerca de 70% da cortiça produzida em todo o mundo.

O pó de cortiça é o resíduo que é produzido em maior quantidade por este sector, cerca de 53545 toneladas/ano (segundo o relatório do Plano Nacional de Prevenção dos Resíduos Industriais), e é proveniente essencialmente das operações de granulação/trituração da cortiça e das operações de rectificação e acabamentos.

O destino deste pó é, neste momento, a queima nas caldeiras quer da própria indústria corticeira quer na cedência para a indústria cerâmica. Apenas uma pequena percentagem é utilizada na operação de colmatação de rolhas de cortiça natural de qualidade inferior. Pretende-se, com este trabalho, valorizar este resíduo, uma vez que a cortiça já se encontra suficientemente caracterizada, sendo reconhecido que a generalidade das suas propriedades resulta da sua estrutura celular. Pode-se realçar a baixa densidade, a baixa condutibilidade térmica e acústica, a elevada impermeabilidade e resiliência, a capacidade de absorção de vibrações e o elevado coeficiente de atrito. A tudo isto associa-se ainda o facto de ser um material natural e reciclável, fazendo dela uma matéria-prima bastante interessante e atractiva.



3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS E MÉTODO UTILIZADO

Antes do revestimento propriamente dito, houve um acondicionamento do pó da cortiça. Teve lugar a secagem do pó de cortiça na estufa Memert U40 a 70°C durante 12 horas.



Figura 20: Estufa Memert U40

Posteriormente foi posto num excicador, com os devidos cuidados, com o objectivo de arrefecer o pó e estabilizá-lo.



Figura 21: Pó de cortiça no excicador



De seguida seguem-se tabelas resumindo o procedimento de revestimento:

Tabela 9: Revestimentos utilizados no tecido 100% algodão.

Amostra	Revestimento	Pó de Cortiça
0	–	–
1	50g Impranil DLP 0,4g Alcoprint	0g (0%)
2	50g Impranil DLP 0,4g Alcoprint	4g (8%)
3	50g Impranil DLP 0,4g Alcoprint 2g de pigmento amarelo	–
4	50g Impranil DLP 0,4g Alcoprint 2g de pigmento amarelo	4g (8%)
5	50g Impranil DLP 0,4g Alcoprint 2g de pigmento azul	–
6	50g Impranil DLP 0,4g Alcoprint 2g de pigmento azul	4g (8%)



Tabela 10: Revestimentos utilizados no tecido 100% lã.

Amostra	Revestimento	Pó de Cortiça
0	–	–
1	50g Impranil DLP 0.4g Alcoprint	0g (0%)
2	50g Impranil DLP 0.4g Alcoprint	4g (8%)

Tabela 11: Revestimentos utilizados na mistura poliéster/algodão (50/50)

Amostra	Revestimento	Pó de Cortiça
0	–	–
1	50g Impranil DLP 0.4g Alcoprint	0g (0%)
2	50g Impranil DLP 0.4g Alcoprint	1g (2%)
3	50g Impranil DLP 0.4g Alcoprint	2g (4%)
4	50g Impranil DLP 0.4g Alcoprint	3g (6%)
5	50g Impranil DLP 0.2g Alcoprint	4g (8%)



A máxima concentração possível de pó de cortiça a adicionar no revestimento nas amostras têxteis em estudo, foi de 8% (4 g). Isto porque, aquando uma concentração máxima de 10%, (5g), o pó de cortiça, que se adicionou no revestimento de poliuretano, não homogeneizou na pasta, para além do revestimento que se obteve não estava nas melhores condições, daí que se tenha determinado como máxima concentração possível de pó de cortiça 8% (4g) (Ver anexo F).

A balança utilizada para efectuar as pesagens para a pasta de revestimento foi a balança Mettler PJ 400.

A técnica utilizada para o revestimento das amostras têxteis, foi através deste equipamento:



Figura 22: Máquina de laboratório para aplicação de revestimentos.

Este equipamento é constituído por duas partes, a inferior que compreende as barras guia e a superior onde está montado o dispositivo de revestimento e o suporte das amostras.

Os rolos de suporte, estão localizados debaixo do dispositivo de revestimento e são facilmente removidos. A cabeça de revestimento pode ser equipada com ráquelas de duas formas (com ponta afiada e ponta arredondada). No presente trabalho, dado que o



objectivo era obter revestimentos finos (usou-se em todos os revestimentos uma espessura de 0,50 mm), usou-se uma ráquela de ponta afiada sobre cilindro, como se ilustra na seguinte figura (*Manual MATHIS Laboratory Coating Device Type SV*):

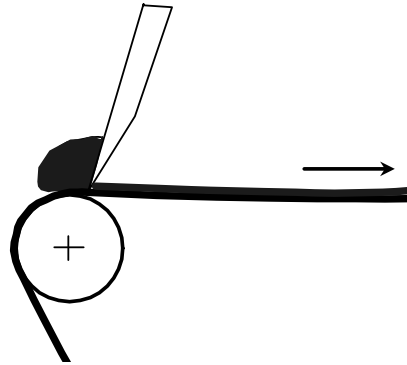


Figura 23: Ráquela inclinada sobre rolo



Figura 24: Pormenor da ráquela inclinada (*Parys, 94*)

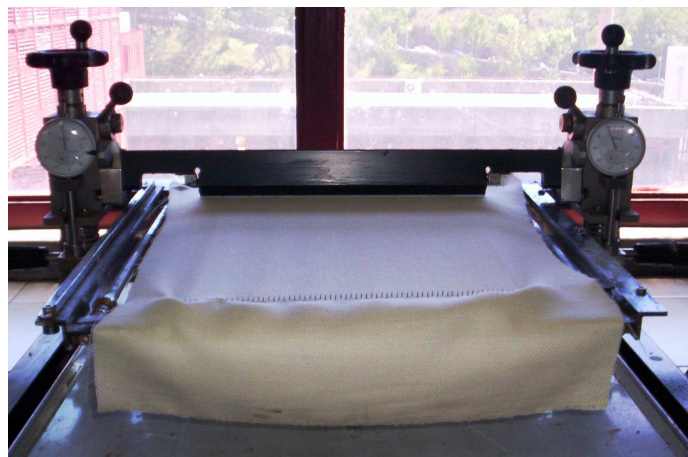


Figura 25: Tecido pronto a ser revestido.



As amostras de tecido revestidas, foram posteriormente sujeitas a uma secagem.

O equipamento utilizado para a secagem dos revestimentos foi a Râmula Ernst Benz AG, Tipo: KTF-M. É constituído por uma câmara de secagem ventilada, com regulador de temperatura e de velocidade que foi feito da seguinte forma:

- ✘ 90°C, durante 1,5 minutos
- ✘ 110°C, durante 1,5 minutos
- ✘ 130°C, durante 1,5 minutos



Figura 26: Râmula Ernst Benz AG, Tipo KTF-M.

Todo o processo de revestimento e secagem realizado no Laboratório de Tinturaria, Estampagem e Acabamentos não foi feito com atmosfera condicionada, devido a impossibilidade do Laboratório.



3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS UTILIZADOS NOS REVESTIMENTOS

- IMPRANIL DLP

✘ O Impranil DLP é uma resina à base de Poliuretano alifático aniônico que se aplica em revestimentos têxteis. É fabricado pela Bayer.

(www.bayermaterialscience.com)

- ALCOPRINT PTP

✘ O Alcoprint PTP é produzido como dispersões líquidas de polímeros. A eficiência deste espessante é de 65% (www.abqct.com.br/revista). É fabricado pela Ciba.

- PIGMENTO LARANJA

O pigmento laranja foi apenas utilizado num revestimento para se avaliar a uniformidade de cor.

✘ Helizarin Brillantorange. RGT CON 96
ABL 220060; 0,500Kg; Fabricante: Basf

- PIGMENTO AZUL

O pigmento azul foi apenas utilizado num revestimento para se avaliar a uniformidade de cor.

✘ Helizarin Blue RT
ABL 974135; 0,500Kg; Fabricante: Basf.



3.5. DESCRIÇÃO DOS TESTES DE CONTROLO UTILIZADOS

Os testes de controlo efectuados no Laboratório de Ensaios Físicos de Têxteis Laminares, foram sujeitos a uma atmosfera acondicionada de 25°C (+/- 2°C) e 65% H.R. (+/- 2%), apesar de nem sempre se respeitar essas condições, por factores externos ao trabalho.

3.5.1. LAVAGEM

A lavagem dos provetes foi efectuada numa máquina de lavar doméstica, Indesit W IXL115, em programa delicado a 30 °C e 600 rotações por minuto.

Realizou-se a lavagem dos tecidos, simulando uma lavagem doméstica, para se verificar se há alguma alteração em termos de aspecto (pó da cortiça separar-se do substrato, por exemplo), e, posteriormente, no ensaio do comportamento ao fogo, verificar se existe alguma alteração em termos quantitativos de tempo de queima.

Depois da lavagem procedeu-se ao teste do comportamento ao fogo dos três substratos em estudo.

Tabela 12: Substratos sujeitos à lavagem

	Substrato
5 Lavagens	Algodão + revestimento + cortiça (8%)
	Lã + revestimento + cortiça (8%)
	Poliéster/Algodão + revestimento+ cortiça (2%)
	Poliéster/Algodão + revestimento+ cortiça (4%)
	Poliéster/Algodão + revestimento+ cortiça (6%)
	Poliéster/Algodão + revestimento+ cortiça (8%)
	Poliéster/Algodão + revestimento+ cortiça (8%)

A secagem foi feita à temperatura ambiente.



3.5.2. RESISTÊNCIA À ABRASÃO - APARELHO MARTINDALE ABRASION TESTER

Cortaram-se os provetes seguindo a normalização, e pesaram-se na balança Mettler Toledo, PB 303. Registadas as respectivas massas, introduziu-se os provetes no aparelho Martindale. Os substratos testados foram o algodão e lã com revestimento e concentração máxima de pó de cortiça. A norma seguida foi a ISO 12947-2. Programou-se o número de ciclos e foram-se pesando os provetes no final de cada ciclo registando-se os resultados. Começou-se pelos 500 ciclos passando depois para 1000 ciclos até se observar estabilidade de valores de massa.

A realização deste teste, simula uma abrasão, o que, para uma aplicação dos substratos por exemplo no ramo automóvel, torna-se bastante pertinente.



Figura 27: Aparelho Martindale Abrasion Tester.



3.5.3. ESPESSURA

O ensaio para analisar a espessura foi feito seguindo as especificações da norma NP EN 20534: 1994, utilizando o aparelho ADAMEL LHOMARGY MI 20 (figura 28).

O facto de se realizar o estudo da evolução da espessura dos substratos, prende-se pelo facto de saber se com o revestimento, as espessuras ficam com valores mais elevados o que pode comprometer algumas possíveis aplicações.



Figura 28: ADAMEL LHOMARGY MI 20

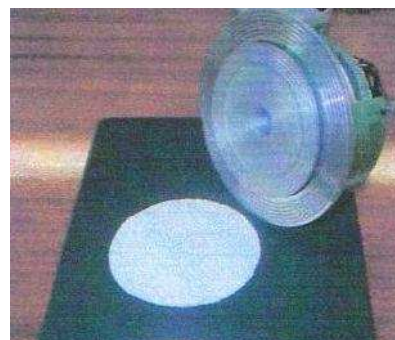
3.5.4. MASSA/M²

O pó de cortiça, e a cortiça de um modo geral, como já foi mencionado, é muito leve. O objectivo de se quantificar a massa/m² é saber se, como consequência desse facto, os substratos revestidos não alteram grandemente o seu valor de massa/m².

O equipamento utilizado para determinar a massa/m² das amostras de tecido em estudo foi através de um corta amostras que se pode ver pelas seguintes figuras:



a)



b)

Figuras 29 a) e b): Dispositivo de corte do tecido para determinação da massa/m²

Em termos experimentais cortam-se provetes, segundo a norma NP EN 12127 de 1dm² de tecido através de um corta amostras e pesam-se numa balança de precisão. O resultado é dado em g/m².

3.5.5. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

A realização da resistência à flexão prende-se pelo facto de se saber se a presença de pó de cortiça no revestimento do substrato influencia a resistência mecânica em termos de rotura.

Cortaram-se 5 provetes de cada amostra de 200 mm de comprimento e 32 mm acertando posteriormente aos 25 mm, seguindo a norma D3885-92, e colocaram-se os provetes no equipamento, dando-se início ao teste registando-se os ciclos necessários à rotura.



a)



b)

Figura 30 a) e b) : Flexómetro de Stoll



3.5.6. COMPORTAMENTO AO FOGO

A questão que se impõe para a realização deste ensaio é que, sabendo que a cortiça tem resistência ao fogo, até que ponto, a presença de pó de cortiça no revestimento dos substratos, garante um melhor isolamento ignífugo.

O resultado deste teste, permite-nos determinar a velocidade da combustão do substrato através da razão entre o comprimento queimado e tempo de queima:

$$\text{Velocidade} = \Delta S / \Delta T,$$

Onde,

ΔS - a variação de comprimento queimado (cm)

ΔT - a variação de tempo da queima (seg)

Nota: Unidades da velocidade em conformidade com a norma seguida.



Figura 31: Equipamento para o teste de comportamento ao fogo

Segundo a norma (ASTM D1230), o comprimento da área a queimar foi de 15 cm e o tempo de contacto do tecido com a chama, 1 segundo. Embora seja indicado 1 segundo, nenhum substrato ardeu, assim sendo, obteve-se pelos 5 segundos de contacto do tecido com a chama. Registaram-se os valores resultantes para posterior cálculo de médias e da velocidade correspondente a cada amostra.



3.5.7. COMPORTAMENTO TÉRMICO – APARELHO ALAMBETA

Para avaliar o comportamento térmico, existem dois sistemas de medida e respectivos métodos para o fazer.

O primeiro aparelho foi desenvolvido por Yoneda e Kawabata em 1983 e designa-se por **Thermo-labo**. Alguns anos mais tarde, em 1986, surgiu um outro aparelho de medida, chamado alambeta e o seu método foi desenvolvido na Universidade da República Checa. O aparelho **Alambeta** possibilita não só a medição de propriedades térmicas estacionárias, mas também em simultâneo, a medição de propriedades dinâmicas como o calor específico e a difusidade térmica, daí que se tenha optado por este último para se efectuarem os ensaios.

Assim, o aparelho Alambeta, permite-nos avaliar todo um conjunto de propriedades térmicas, bem como a própria espessura do provete utilizado.

As grandezas mostradas no ecrã digital de 4 dígitos são as indicadas na seguinte tabela:

Tabela 13: Grandezas medidas pelo aparelho Alambeta (*Alambeta Measuring Device*)

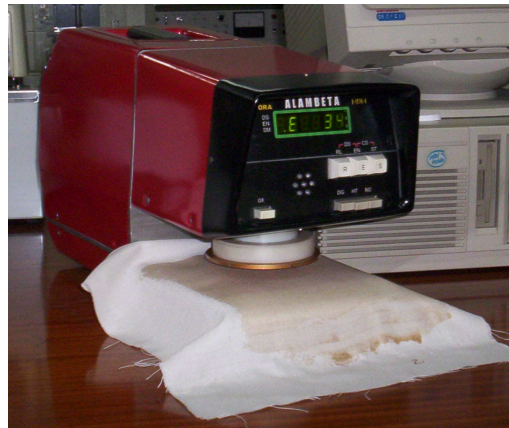
Símbolo	Grandezas	Unidades
h	Espessura	mm
λ	Condutividade Térmica	W/m.K
r	Resistência Térmica	m ² K /W
a	Difusidade Térmica	m ² /s
b	Absortividade Térmica	W.s ^{1/2} /m ² .K
p	Permeabilidade	-
q	Fluxo do calor	W/m ²



Foram feitos os ensaios com base no manual do Alambeta (*SENSORA-LIBEREC-SOFTEL-JABLONEC n.N; ING.HANZL-LIBEREC; HDH; joint; Czech Republic*) e registados os resultados.



a)



b)

Figura 32 a) e b): Alambeta

3.5.8. UNIFORMIDADE DE COR

A importância da uniformidade de cor é fundamental principalmente em termos estéticos. Nesse sentido, foram feitos revestimentos com pigmentos de modo a avaliar a uniformidade de cor e saber, até que ponto, o pó de cortiça permite ou não, que o pigmento se ligue com a fibra.

O espectrofotómetro é um aparelho capaz de produzir luz monocromática (luz de um determinado comprimento de onda), e capaz de detectar de uma forma sensível a quantidade de luz emitida por uma amostra a um dado comprimento de onda.

A fonte de luz é geralmente uma lâmpada de Xénon, que emite radiação electromagnética na região UV do espectro. Uma segunda fonte de luz, geralmente uma lâmpada de Tungsténio, é usada para comprimentos de onda na região visível do espectro. O monocromador é uma rede de difracção, cuja função é separar o feixe de luz policromático nos seus comprimentos de onda constituintes. Um sistema de fendas



focaliza o intervalo de comprimento de onda desejado sobre a amostra. A radiação emitida pela amostra atinge o detector que registra a intensidade da luz transmitida.

O espectrofotômetro utilizado para a realização do presente trabalho, foi o espectrofotômetro Datacolor Spectraflash 300 controlado por um computador através de uma aplicação de software própria.



Figura 33: Espectrofotômetro Datacolor Spectraflash 300 e computador com software próprio

Os resultados serão dados em valores do sistema CIELAB 1976 ($L^*a^*b^*$).

O sistema CIELAB permite a especificação de cores em termos de um espaço tridimensional, suportando a teoria da percepção de cor baseada nos três receptores separados RGB, (Red, Green, Blue).

- ✘ L^* , é uma medida da luminosidade de um objecto e varia do 0 (para o preto) até ao 100 (para o branco). Designa-se por luminância.
- ✘ a^* é uma medida numa escala entre vermelho (a^* positivo) e verde (a^* negativo);
- ✘ b^* é uma medida numa escala entre amarelo (b^* positivo) e azul (b^* negativo);



Estas coordenadas (a^* e b^*) aproximam-se do zero para cores neutras (branco, cinzento e preto).

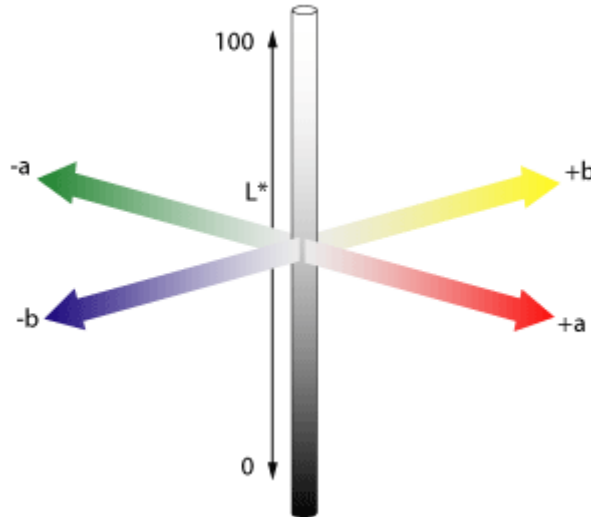


Figura 34: Sistema de coordenadas CIELAB

A diferença global entre duas cores (ΔE^*) neste sistema é calculada a partir das diferenças entre os respectivos valores L^* , a^* e b^* , utilizando-se a seguinte equação:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta a^{*2}}$$

onde, referente a duas cores:

- ΔE^* é a diferença de cor total e representa a distância entre essas cores no espaço CIELAB;
- ΔL^* é a diferença de luminância e permite perceber se uma cor é mais clara ou mais escura relativamente a outra;
- Δa^* é a diferença na escala vermelho-verde. Permite saber se uma cor é mais (ou menos) avermelhada (ou esverdeada) que outra, consoante o quadrante em que as cores se encontram no plano a^*b^* ;



- Δb^* é a diferença na escala amarelo-azul. Permite saber se uma cor é mais (ou menos) amarelada (ou azulada) que outra, consoante o quadrante em que as cores se encontram no plano a^*b^* .



CAPITULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. RESISTÊNCIA À LAVAGEM

Por simples observação, a quantidade de pó de cortiça nos substratos que foram submetidos a lavagem, apresentaram-se sem alterações, no entanto, não se pode concluir acerca da perda ou não de pó de cortiça das amostras, de modo que seria interessante no futuro realizarem-se, após lavagem, testes de controlo, como por exemplo, Massa/m², de resistência à Abrasão e à Flexão, etc. No caso concreto deste estudo, depois da lavagem os substratos foram sujeitos ao teste de comportamento ao fogo.

Principalmente no caso do substrato constituído pela fibra 100% lã, verificou-se uma pequena feltragem das amostras, o que seria de esperar uma vez que as lavagens se deram em condições que, apesar de delicadas, a temperaturas de 30°C.

No caso dos substratos 100% algodão e da mistura poliéster/algodão (50/50), o aspecto manteve-se inalterável (ver anexo B).



4.2. RESISTÊNCIA À ABRASÃO

- Tecido 100% algodão:

Tabela 14: Valores resultantes do teste da resistência à abrasão para o tecido 100% algodão

Nº de ciclos (voltas)	Algodão com revestimento de poliuretano e pó de cortiça (8%) (massa)	
	Provete 1	Provete 2
0	0,348 g	0,337 g
500	0,346 g	0,335 g
1000	0,345 g	0,334 g
2000	0,344 g	0,333 g
3000	0,343 g	0,332 g
4000	0,344 g	0,334 g
5000	0,343 g	0,332 g
6000	0,342 g	0,331 g
7000	0,343 g	0,332 g
8000	0,343 g	0,332 g
9000	0,342 g	0,331 g
10000	0,342 g	0,331 g
11000	0,344 g	0,332 g
12000	0,342 g	0,332 g
13000	0,343 g	0,332 g
14000	0,343 g	0,333 g
15000	0,343 g	0,333 g



- Tecido 100% Lã:

Tabela 15: Valores resultantes do teste da resistência à abrasão para o tecido 100% lã

Nº de ciclos (voltas)	Lã com revestimento de poliuretano e pó de cortiça (8%) (massa)	
	Provete 1	Provete 2
0	0,201 g	0,204 g
500	0,200 g	0,202 g
1000	0,200 g	0,202 g
2000	0,200 g	0,202 g
3000	0,200 g	0,202 g
4000	0,201 g	0,202 g
5000	0,200 g	0,202 g
6000	0,200 g	0,201 g
7000	0,200 g	0,201 g
8000	0,200 g	0,200 g
9000	0,200 g	0,201 g
10000	0,200 g	0,201 g
11000	0,200 g	0,201 g
12000	0,200 g	0,201 g
13000	0,200 g	0,200 g
14000	0,200 g	0,201 g
15000	0,200 g	0,201 g



Do ponto de vista quantitativo, foram feitos 15000 ciclos e em termos de perda de massa, verifica-se uma ligeira oscilação, principalmente após os primeiros ciclos. No entanto as oscilações são justificadas pela possível falta de exactidão por parte da balança. Um outro factor que também pode ter influenciado foi o facto de o Laboratório nem sempre estar nas condições de Temperatura e Humidade Relativa ideais.

Parou-se nos 15000 ciclos porque se não se verificaram perdas de massa, estabilizando. Deste modo, é possível concluir que há responsabilidade por parte da abrasão de perdas de massa nem alteração do aspecto das amostras.

O facto de se ter verificado que para os substratos algodão e lã, com a máxima percentagem possível, não se ter verificado perda de massa, permite-nos concluir que para percentagens inferiores de pó de cortiça no revestimento, como é o caso da mistura poliéster/algodão, o comportamento esperado deverá ser o mesmo, no entanto, seria interessante confirmar esta suspeita em trabalhos futuros.

4.3. INFLUÊNCIA DA ESPESSURA

- Tecido 100% algodão:

Tabela 16: Valores de espessura do tecido de 100% algodão.

	Algodão	Algodão com revestimento de poliuretano e pó de cortiça	
		0%	8%
Espessura (mm)	0,219	0,274	0,257



- Tecido 100% Lã:

Tabela 17: Valores de espessura do tecido de 100% lã.

	Lã	Lã com revestimento de poliuretano e pó de cortiça	
		0%	8%
Espessura (mm)	0,468	0,574	0,542

-Tecido Poliéster/Algodão (50/50) (Pes/Co):

Tabela 18: Valores de espessura do tecido de poliéster/algodão (50/50)

	Pes/Co	Pes/Co com revestimento de poliuretano e pó de cortiça				
		0%	2%	4%	6%	8%
Espessura (mm)	0,187	0,210	0,210	0,224	0,223	0,230

Como era de esperar, e no caso do tecido de algodão e de lã, a espessura aumenta com o aumento do revestimento de poliuretano, comparando o substrato cru com o substrato com revestimento.

Comparando o substrato com revestimento com o mesmo revestido com o pó de cortiça nota-se que o aumento já não é tão significativo, notando-se até alguma diminuição do valor da espessura, facto que se justifica pela técnica de revestimento, que, por ser manual, a afinação torna-se por vezes questionável.

No caso da mistura poliéster/algodão, à medida que o pó de cortiça aumenta no revestimento de poliuretano do substrato, a espessura também vai aumentando. Um facto ainda desconhecido, para justificar o não aumento significativo da espessura com a adição de pó de cortiça ao revestimento de poliuretano é, qual a ligação entre o pó de cortiça e a resina de poliuretano. Possivelmente a resina ocupa os espaços porosos da cortiça.



4.4. INFLUÊNCIA DA MASSA/M²

- Tecido 100% algodão:

Tabela 19: Valores de massa/m² para o tecido 100% algodão

	Algodão	Algodão com revestimento de poliuretano e pó de cortiça	
		0%	8%
Massa/m ² (g/m ²)	133,0	194,8	192,5

- Tecido 100% Lã:

Tabela 20: Valores de massa/m² para o tecido 100% lã

	Lã	Lã com revestimento de poliuretano e pó de cortiça	
		0%	8%
Massa/m ² (g/m ²)	216,6	270,5	303,1



- Tecido de Poliéster/Algodão (50/50) (Pes/Co):

Tabela 21: Valores de massa/m² para o tecido poliéster/algodão (50/50)

	Pes/Co	Pes/Co com revestimento de poliuretano e pó de cortiça				
		0%	2%	4%	6%	8%
Massa/m ² (g/m ²)	114,1	144,2	142,3	166,7	164,8	154,8

No caso do tecido de algodão, nota-se que a massa/m² aumenta com a adição do revestimento de poliuretano ao substrato, havendo alguma oscilação quando se compara com o substrato revestido e com cortiça. O facto de não existir um aumento significativo do valor da massa/m² é dado pela grande leveza do pó de cortiça que não justifica o aumento do peso.

O mesmo se observa na mistura poliéster/algodão.

Relativamente ao tecido de lã, que por si só é mais pesado do que qualquer uma das outras em estudo, verifica-se também algum aumento da massa/m² significativo com a adição do revestimento de poliuretano mas não significativo com a adição do pó de cortiça ao revestimento.



4.5. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Na tabela seguinte são apresentados o valor médio resultante dos ciclos necessários à rotura de 5 provetes de cada amostra de tecido, segundo a norma seguida.

- Tecido 100% algodão

Tabela 22: Resultados do teste à flexão do tecido de 100% algodão

	Algodão	Algodão com revestimento de poliuretano com pó de cortiça	
		0%	8%
Valor Médio	1544	2033,4	20000*

* Provetes sujeitos ao ensaio da flexão sofreram 20000 ciclos sem romper (ver anexo)

A amostra de tecido de algodão, com a adição de revestimento de poliuretano ao substrato, demonstra que resistem à flexão acabando por quebrar ao fim de 2033,4 ciclos. Com a adição de pó de cortiça ao revestimento de poliuretano verifica-se um aumento da resistência muito mais significativo, uma vez que o aparelho parou aos 20000 ciclos sem quebrar (ver anexo C).



- Tecido 100% lã

Tabela 23: Resultados do teste à flexão do tecido de 100% lã

	Lã	Lã com revestimento de poliuretano com pó de cortiça	
		0%	8%
Valor Médio	1138,2	2536,2	2530,4

As amostras de lã não mostraram muita dificuldade em quebrar, e não se nota grande diferença entre os valores com a adição de pó de cortiça ao revestimento de poliuretano. O facto de a lã quebrar facilmente, justifica-se por esta, na sua estrutura, ser amorfa, não sendo, assim, muito resistente.

- Tecido de Poliéster/Algodão (50/50) (Pes/Co):

Tabela 24: Resultados do teste à flexão do tecido de poliéster/algodão (50/50)

	Pes/Co	Pes/Co com revestimento de poliuretano com pó de cortiça	
		0%	8%
Valor Médio	10000*	8985	20000*

* Os provetes sujeitos aos ensaios da flexão sofreram o número de ciclos indicados sem romper (ver anexo C).



No caso da mistura poliéster/algodão, verifica-se que, até aos 10000 ciclos, o tecido em cru não rompe, observando-se que o algodão é arrastado (ver anexo C). A amostra não rompe devido à grande resistência e cristalinidade da mistura conferida por parte de um dos componentes (poliéster), uma vez que se trata de uma mistura íntima entre os dois substratos. A presença de 8% de pó de cortiça no revestimento de poliuretano melhora a resistência à flexão, suportando 20000 ciclos sem romper.



4.6. COMPORTAMENTO AO FOGO

- Tecido 100% algodão:

Tabela 25: Valores médios resultantes do teste do comportamento ao fogo para o tecido de 100% algodão

		Algodão	Algodão com revestimento de poliuretano e pó de cortiça			
			0%	8%		
				Direito	Averso	Após a lavagem
Tempo (seg.)	Média	16,03	22,4	21,6	19,9	24,2
	Desv. Padrão	0,808	1,266	1,607	0,531	4,444
Comprimento (cm)		15	15	15	15	15
Velocidade (cm/seg)		0,936	0,669	0,694	0,754	0,620

De seguida apresenta-se um gráfico para melhor percepção da evolução do comportamento ao fogo, em termos de velocidade, em função da quantidade de pó de cortiça existente no revestimento de poliuretano, nos três ensaios de cada amostra.

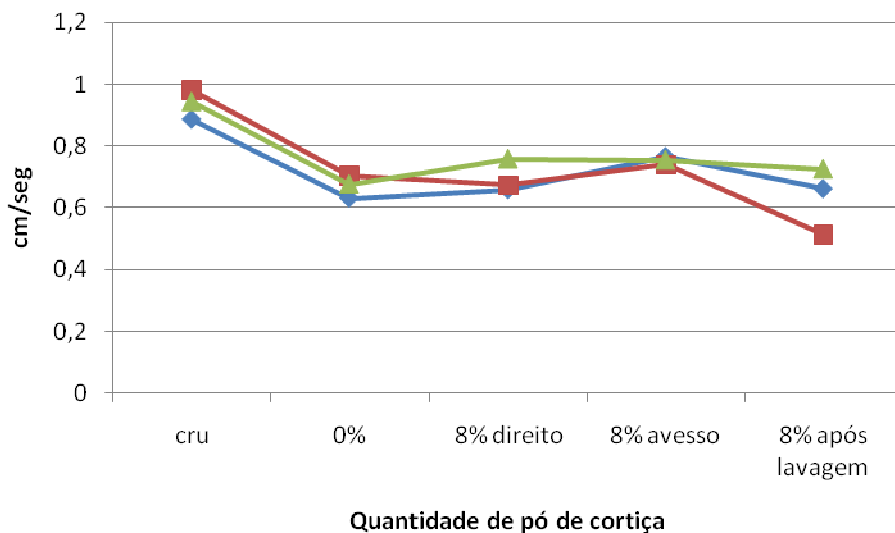


Gráfico 1: Variação da velocidade em função da quantidade de pó de cortiça referente ao tecido 100% algodão.

Após este ensaio, verifica-se que, comparando a queima entre o direito do tecido, (chama em contacto directo com o revestimento), e o avesso do tecido, a velocidade é menor no direito, ou seja, quando a chama está em contacto directo com o revestimento de poliuretano e concentração máxima de pó de cortiça, o substrato demonstra maior resistência ao fogo do que se tratando do contacto da chama com o avesso do tecido.

Relacionando agora os resultados do teste entre a amostra após a lavagem e queimando pelo direito, verifica-se que a velocidade é ligeiramente inferior.



- Tecido 100% lã:

Tabela 26: Valores médios resultantes do teste do comportamento ao fogo para o tecido de 100% lã

	Lã	Lã com revestimento de poliuretano e pó de cortiça			
		0%	8%		
			Direito	Avesso	Após lavagem
Comprimento da zona queimada (cm)	0,33	0,7	0,2	0,53	0,7

Após o teste, verifica-se que a amostra de 15 cm de lã, como seria de esperar conhecendo a sua capacidade de resistência ao fogo, não na sua totalidade, verificando-se apenas algum comprimento queimado, como mostra a tabela 26. Um outro facto importante para retardar a propagação da chama é o facto de o tecido de lã, ser mais pesado do que qualquer um dos outros em estudo.

Comparando os valores do provete de lã crua com o provete de lã com o revestimento de poliuretano, verifica-se que o dito revestimento piora o comportamento ao fogo da amostra, ardendo mais comprimento do que a primeira.

Quando se compara a amostra revestida com poliuretano com as amostras com a adição de pó de cortiça ao revestimento (quer seja a queimada do direito, como a do avesso) constata-se que a presença de pó de cortiça limita o comprimento de amostra queimada. No entanto, o provete que melhor comportamento teve à chama, é o provete queimado pelo direito, ou seja, quando a chama entrou em contacto directo com o revestimento de poliuretano e pó de cortiça, a amostra ardeu menos do que o ensaio feito pelo avesso da amostra.

Tendo em conta a lavagem que a amostra com revestimento de poliuretano e pó de cortiça sofreu, é de notar, e comparando o ensaio feito pelo direito, que a lavagem provoca perda das propriedades ignífugas conferidas pelo pó de cortiça, uma vez que o seu comportamento ao fogo sai prejudicado, ardendo mais 0,5 cm que o outro.



- Tecido de poliéster/algodão (50/50) (Pes/Co):

Tabela 27 a) e b): Valores médios resultantes do teste do comportamento ao fogo para o tecido de poliéster/algodão (50/50)

a)

		Pes/Co	Pes/Co com revestimento de poliuretano e pó de cortiça				
			0%	2%		4%	
				Antes da lavagem	Após a lavagem	Antes da lavagem	Após a lavagem
Tempo (seg.)	Média	15,2	17,8	19,05	15,2	17,1	14,75
	Desv. Padrão	1,554	1,616	1,909	2,456	0,919	2,758
Comprimento (cm)		15	15	15	15	15	15
Velocidade (cm/seg)		0,987	0,843	0,787	0,987	0,877	0,102

b)

		Pes/Co com revestimento de poliuretano e pó de cortiça			
		6%		8%	
		Antes da lavagem	Após a lavagem	Antes da lavagem	Após a lavagem
Tempo (seg.)	Média	18,8	14,5	17,9	16,9
	Desv. Padrão	1,007	4,58	1,069	0,451
Comprimento (cm)		15	15	15	15
Velocidade (cm/seg)		0,798	0,103	0,838	0,889



O gráfico seguinte mostra o comportamento ao fogo, consoante a quantidade de pó de cortiça no revestimento de poliuretano.

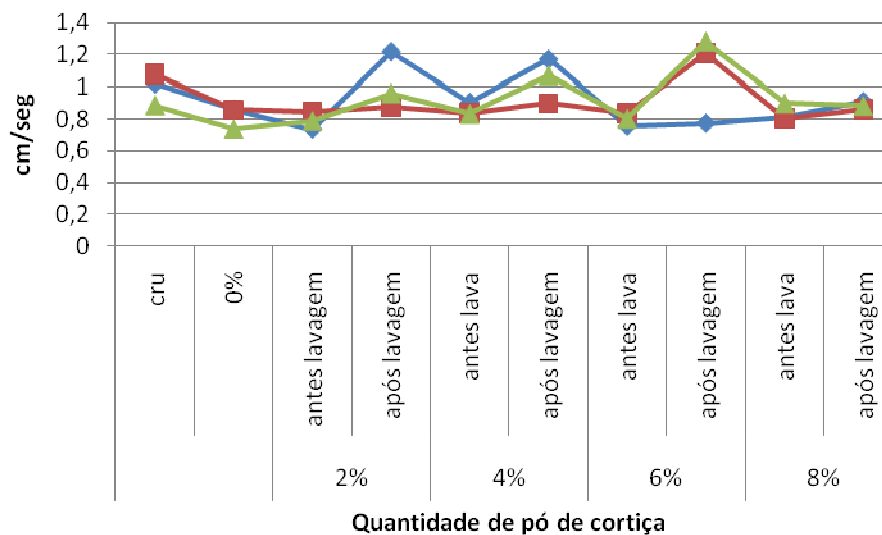


Gráfico 2: Variação da velocidade em função da quantidade de pó de cortiça referente ao tecido poliéster/algodão.

No caso da mistura poliéster/algodão, e de um modo geral há uma grande variação nos valores. Comparando apenas percentagens de pó existentes no revestimento de poliuretano do substrato e pondo de lado a lavagem que sofreram, verifica-se que a velocidade diminui relacionando o poliéster/algodão com o mesmo revestido com poliuretano. O acréscimo do pó de cortiça ao revestimento provoca uma diminuição da velocidade nos 2%, depois nas seguintes, nota-se uma oscilação. Comparando a amostra que tem 8% de pó de cortiça no revestimento de poliuretano com o poliéster/algodão cru ou até mesmo com o que tem apenas o revestimento polimérico observa-se que pelo facto da velocidade ser menor, isto é, arde mais devagar, torna-se mais resistente.

Relacionando agora os substratos sujeitos à lavagem com os que não foram, observa-se que, em todos os casos de presença de pó de cortiça no revestimento de poliuretano a



lavagem faz diminuir o tempo de queima, ou seja, demoram menos tempo a arder e aumenta a velocidade, perdendo alguma resistência à queima.

4.7. COMPORTAMENTO TÉRMICO

De seguida relembrem-se na tabela 28, os significados das grandezas medidas pelo aparelho Alambeta. A grandeza com mais interesse neste estudo é a condutividade térmica (λ).

Tabela 28: Grandezas medidas pelo aparelho Alambeta (*Alambeta Measuring Device*)

Símbolo	Grandezas	Unidades
h	Espessura	mm
λ	Condutividade Térmica	W/m.K
r	Resistência Térmica	m ² K /W
a	Difusidade Térmica	m ² /s
b	Absortividade Térmica	W.s ^{1/2} /m ² .K
p	Permeabilidade	-
q	Fluxo do calor	W/m ²

Nas tabelas seguintes estão apresentados os valores médios de 3 medições em cada amostra.



- Tecido 100% Algodão

Tabela 29: Valores resultantes do teste do comportamento térmico do tecido 100% algodão

	Algodão		Algodão com revestimento de poliuretano e pó de cortiça			
			0%		8%	
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
λ (W/m.K)	32,40	1,99	39,33	2,20	37,53	0,73
a (m ² /s)	0,015	0,001	0,020	0,006	0,018	0,0006
b (W.s ^{1/2} /m ² .K)	266,7	12,3	280,0	41,3	279,0	9,16
r (m ² K /W)	5,333	0,11	5,800	0,2	6,200	0,2
h (mm)	0,017	0,011	0,213	0,02	0,2367	0,006
p	1,290	0,05	1,393	0,07	1,377	0,02
q (W/m ²)	1,987	0,09	2,057	0,03	1,933	0,06

O gráfico 3 mostra a evolução de valores de condutividade térmica (λ) em função da quantidade de pó de cortiça, nas três medições em cada provete.

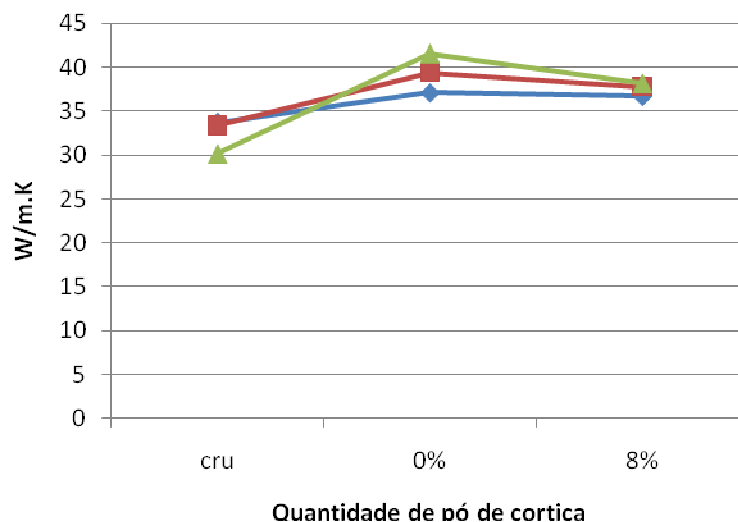


Gráfico 3: Variação da condutividade térmica (λ) em função da quantidade de pó de cortiça referente ao tecido 100% algodão.



No caso do tecido 100% algodão, verifica-se que a adição de pó de cortiça ao revestimento de poliuretano do substrato, reduz o valor de condutividade térmica (λ). Assim sendo, deduz-se que a presença de cortiça num substrato, ao diminuir a condutividade térmica, aumentando, portanto o seu isolamento ao calor, o que pode ser bastante vantajoso em algumas aplicações.

- Tecido 100% Lã

Tabela 30: Valores resultantes do teste do comportamento térmico do tecido 100% lã

	Lã		Lã com revestimento de poliuretano e pó de cortiça			
			0%		8%	
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
λ (W/m.K)	40,10	1,06	43,80	0,94	43,90	0,031
a (m ² /s)	0,032	0,003	0,056	0,003	0,049	0,008
b (W.s ^{1/2} /m ² .K)	222,7	7,5	184,7	4,93	198,7	16,0
r (m ² K /W)	12,60	0,15	18,6	0,57	17,10	0,3
h (mm)	0,510	0,01	0,81	0,015	0,750	0,01
p	1,870	0,015	2,04	0,030	1,863	0,09
q (W/m ²)	1,480	0,02	1,17	0,03	1,127	0,03

No gráfico seguinte é visíveis as variações da condutividade térmica (λ) ao longo a quantidade de pó de cortiça, valores apresentados das três leituras feitas aos provetes.

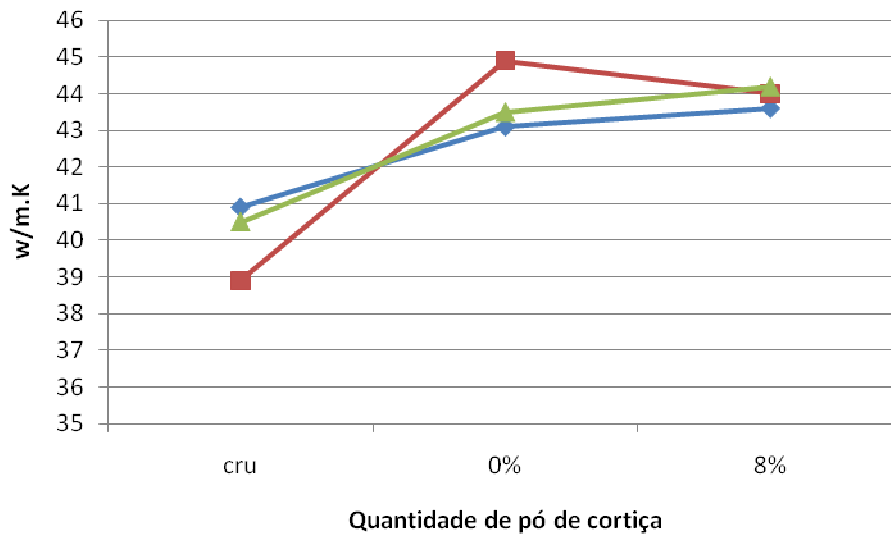


Gráfico 4: Variação da condutividade térmica (λ) em função da quantidade de pó de cortiça referente ao tecido 100% lã

No caso do tecido 100% lã, e examinando os valores de condutividade térmica (λ), repara-se que a cortiça não tem grande influência no melhoramento do isolamento térmico, uma vez que até são registados melhores valores em cru do que com o revestimento de poliuretano e pó de cortiça.



-Tecido Poliéster/Algodão (50%) (Pes/Co):

Tabela 31: Valores resultantes do teste do comportamento térmico do tecido poliéster/algodão (50/50)

	Pes/Co		Pes/Co com revestimento poliuretano e pó de cortiça			
			0%		2%	
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
λ (W/m.K)	34,90	2,78	39,60	1,93	40,07	0,961
a (m ² /s)	0,016	0,002	0,018	0,002	0,016	0,0015
b (W.s ^{1/2} /m ² .K)	276,7	1,53	294,7	7,094	314,7	12,86
r (m ² K /W)	4,633	0,06	4,967	0,06	4,933	0,058
h (mm)	0,163	0,015	0,193	0,011	0,200	3,4E-17
p	1,223	0,015	1,267	0,021	1,347	0,032
q (W/m ²)	2,083	0,023	2,103	0,015	2,227	0,023

	Pes/Co com revestimento poliuretano e pó de cortiça					
	4%		6%		8%	
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
λ (W/m.K)	39,33	4,35	41,50	3,25	37,73	1,756
a (m ² /s)	0,015	0,001	0,017	0,0055	0,059	0,003
b (W.s ^{1/2} /m ² .K)	320,3	33,65	324,7	20,55	271,0	17
r (m ² K /W)	5,533	1,184	4,867	0,058	5,630	0,058
h (mm)	0,217	0,020	0,203	0,015	0,640	0,011
p	1,403	0,061	1,390	0,02	4,170	0,026
q (W/m ²)	2,133	0,249	2,323	0,011	2,053	0,045



No gráfico 5, está a variação de valores de condutividade térmica (λ) com o aumento da quantidade de pó de cortiça no revestimento de poliuretano.

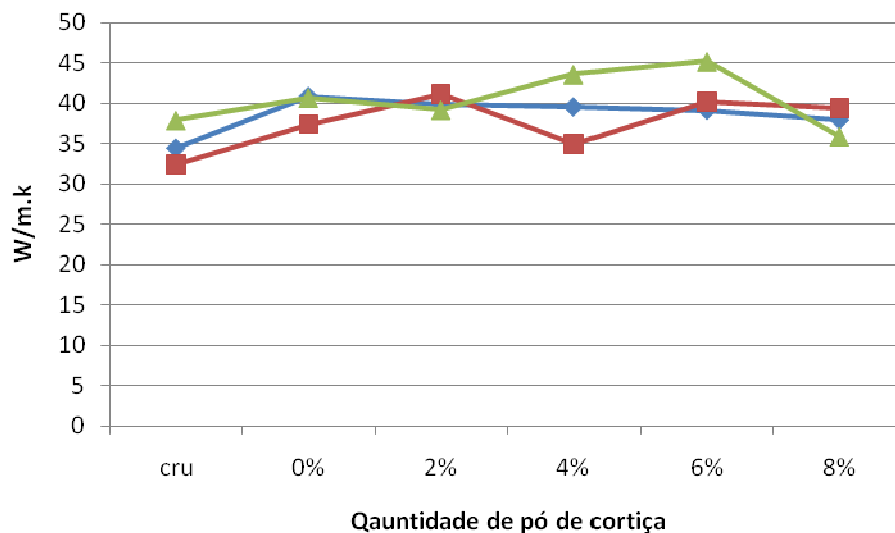


Gráfico 5: Variação da condutividade térmica (λ) em função da quantidade de pó de cortiça referente ao tecido poliéster/algodão.

Finalmente para a mistura poliéster/algodão deparou-se com valores bastante variados, porém, na máxima concentração conseguida de pó de cortiça (8%), o valor da condutividade térmica diminuiu, o que se prevê, embora carecendo de estudo, e por isso seria interessante desenvolvê-lo no futuro, que o poder isolante do poliéster/algodão sai beneficiado com pó de cortiça no revestimento de poliuretano.

No entanto, e de um modo geral deparou-se com algumas oscilações em algumas grandezas, prendendo-se pelo facto de que o Alambeta é um aparelho demasiado sensível, o que exige condições ideais de temperatura e de humidade relativa, o que, por razões externas ao trabalho, não foi sempre possível, nem as leituras feitas de um modo ininterrupto.



4.8. UNIFORMIDADE DE COR

- Tecido 100% algodão com revestimento de poliuretano e pigmento azul

Tabela 32: Valores de L*a*b* resultantes do tecido de algodão com pigmento azul

Medição	L*	a*	b*
1	35,55	7,06	- 37,65
2	36,19	6,83	- 37,83
3	35,54	7,07	- 37,51
4	35,96	7,27	- 38,01
5	34,92	7,22	- 37,13
6	35,60	7,14	- 37,15
7	36,03	7,13	- 37,75
8	35,45	7,85	- 39,07
9	35,29	7,54	- 37,81
10	35,53	7,23	- 37,54
11	35,26	7,28	- 37,54
12	36,04	6,90	- 36,69
13	35,54	7,87	- 38,64
14	37,16	7,39	- 39,28
15	35,58	7,06	- 37,67
16	33,29	7,95	- 35,66
17	36,66	6,97	- 37,91
18	35,47	7,01	- 37,07
19	35,48	7,00	- 37,07
20	36,02	7,53	- 38,46



- **Tecido 100% algodão com revestimento de poliuretano 8% de pó de cortiça e pigmento azul**

Tabela 33: Valores de L*a*b* resultantes do tecido de algodão com pigmento azul e pó de cortiça

Medição	L*	a*	b*
1	31,56	5,23	- 30,54
2	32,00	4,85	- 30,31
3	33,94	4,83	- 32,23
4	32,16	4,73	- 29,62
5	30,78	4,87	- 28,12
6	32,38	4,54	- 29,65
7	30,96	4,75	- 27,35
8	32,00	4,42	- 28,90
9	31,33	5,01	- 28,17
10	32,17	5,02	- 29,93
11	32,36	4,59	- 29,82
12	31,56	5,23	- 30,55
13	31,49	5,28	- 29,19
14	31,32	5,03	- 28,99
15	32,20	4,75	- 29,59
16	33,23	4,54	- 31,12
17	34,26	4,36	- 31,51
18	33,62	4,17	- 31,50
19	33,48	4,79	- 31,78
20	33,28	4,59	- 30,88



- Tecido 100% algodão com revestimento de poliuretano e pigmento laranja

Tabela 34: Valores de L*a*b* resultantes do tecido de algodão com pigmento laranja

Medição	L*	a*	b*
1	56,88	53,72	50,55
2	54,26	55,11	45,53
3	55,57	54,60	48,90
4	55,95	54,63	49,74
5	55,74	54,60	49,77
6	54,31	55,09	46,21
7	54,98	55,04	47,07
8	56,28	54,40	49,51
9	56,39	55,24	50,49
10	56,26	54,50	49,23
11	56,63	54,87	51,07
12	57,36	53,92	51,15
13	57,26	54,22	51,06
14	57,28	53,88	50,83
15	56,63	54,35	50,03
16	56,11	54,06	48,84
17	57,51	53,84	51,04
18	57,22	53,85	50,23
19	57,88	54,10	51,08
20	54,44	55,06	46,01



- Tecido 100% algodão com revestimento de poliuretano, 8% de pó de cortiça e pigmento laranja

Tabela 35: Valores de L*a*b* resultantes do tecido de algodão com pigmento laranja e pó de cortiça

Medição	L*	a*	b*
1	53,96	51,07	47,28
2	52,80	51,68	45,95
3	51,73	51,12	43,74
4	52,58	51,16	44,91
5	53,94	52,48	47,08
6	54,70	51,92	48,21
7	54,18	51,37	47,76
8	54,64	51,85	47,97
9	52,91	51,01	46,31
10	54,09	51,01	48,00
11	54,69	51,57	48,48
12	53,56	52,08	47,20
13	54,93	51,49	48,57
14	52,30	51,27	45,45
15	53,84	51,19	47,73
16	54,35	51,65	47,89
17	53,14	51,82	46,27
18	54,31	51,88	47,87
19	52,78	51,23	46,55
20	53,45	51,15	46,67



Gráfico 6: Gráfico de coordenadas a^*b^* do algodão com pigmento azul

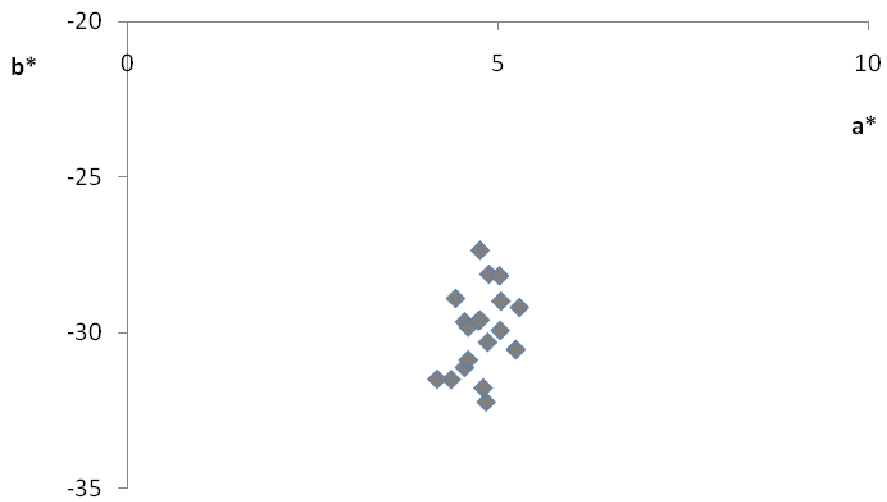


Gráfico 7: Gráfico de coordenadas a^*b^* do algodão com pigmento azul e pó de cortiça

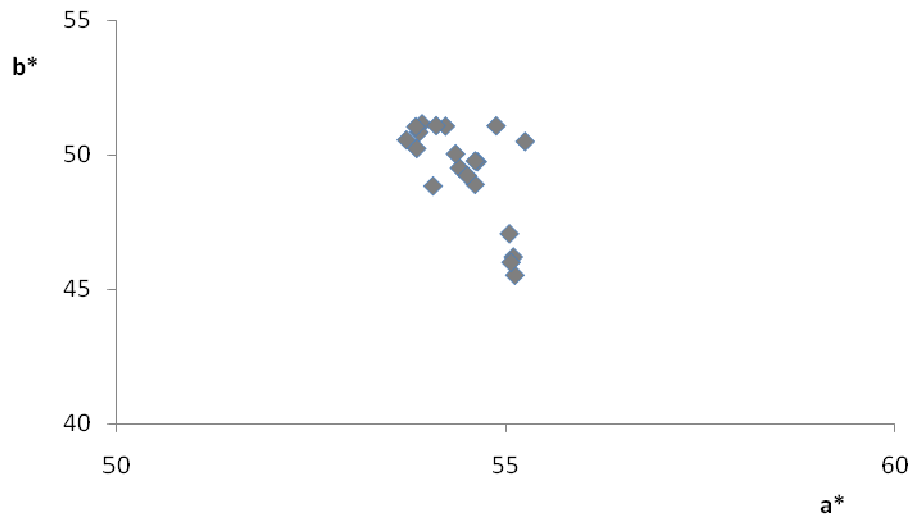


Gráfico 8: Gráfico de coordenadas a*b* do algodão com pigmento laranja

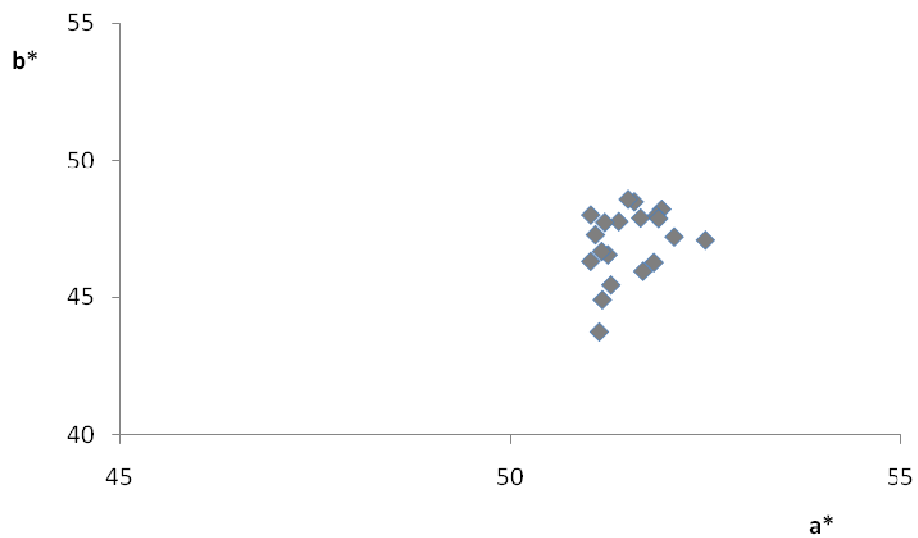


Gráfico 9: Gráfico de coordenadas a*b* do algodão com pigmento laranja e pó de cortiça

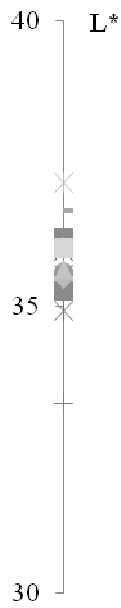


Gráfico 10: Gráfico de Luminância (L*) do algodão com pigmento azul

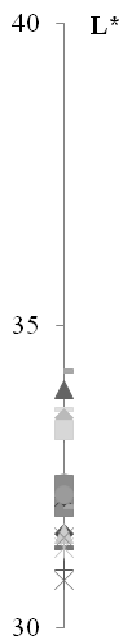


Gráfico 11: Gráfico de Luminância (L*) do algodão com pigmento azul e pó de cortiça

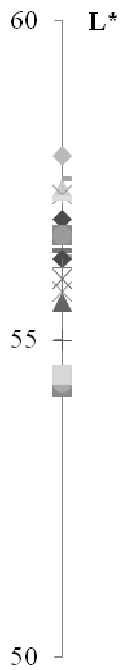


Gráfico 12: Gráfico de Luminância (L*) do algodão com pigmento laranja

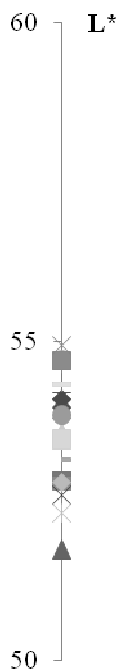


Gráfico 13: Gráfico de Luminância (L*) do algodão com pigmento laranja e pó de cortiça



- Diferenças de cor relativamente ao tecido com o pigmento azul e do com pigmento azul e pó de cortiça

Tabela 36: Diferenças de cor do tecido de algodão com pigmento azul

Medição	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
1	3,99	1,83	-7,11	8,35
2	4,19	1,98	-7,52	8,83
3	1,6	2,24	-5,28	5,95
4	3,8	2,54	-8,39	9,55
5	4,14	2,35	-9,01	10,2
6	3,22	2,6	-7,5	8,57
7	5,07	2,38	-10,4	11,8
8	3,45	3,43	-10,17	11,3
9	3,96	2,53	-9,64	11,8
10	3,36	2,21	-7,61	8,61
11	2,9	2,69	-7,72	8,67
12	4,48	1,67	-6,14	7,78
13	4,05	2,59	-9,45	10,6
14	5,84	2,36	-10,29	12,06
15	3,38	2,31	-8,08	9,06
16	0,06	3,41	-4,54	5,68
17	2,4	2,61	-6,4	7,32
18	1,85	2,84	-5,57	6,52
19	2	2,21	-5,29	6,07
20	2,74	2,94	-7,58	8,58



- Diferenças de cor relativamente ao tecido com o pigmento laranja e do com pigmento laranja e pó de cortiça

Tabela 37: Diferenças de cor do tecido de algodão com pigmento laranja

Medição	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
1	2,92	2,65	3,27	5,12
2	1,46	3,43	-0,42	3,75
3	3,84	3,48	5,16	7,31
4	3,37	3,47	4,83	6,84
5	1,8	2,12	2,69	3,87
6	-0,39	3,17	-2	3,77
7	0,8	3,67	-0,69	3,82
8	1,64	2,55	1,54	3,4
9	3,48	4,23	4,18	6,89
10	2,17	3,49	1,23	4,29
11	1,94	3,3	2,59	4,82
12	3,8	1,84	3,95	5,78
13	2,33	2,73	2,49	4,37
14	4,98	2,61	5,38	7,78
15	2,79	3,16	2,3	4,8
16	1,76	2,41	0,95	3,13
17	4,37	2,02	4,77	6,78
18	2,91	1,97	2,36	4,23
19	5,1	2,87	4,53	7,4
20	0,99	3,91	-0,66	4,09



Por observação das amostras (ver anexo E), a cor nota-se bastante uniforme, mas olhando aos valores, existem algumas oscilações, sendo as diferenças de cor significativas.

Em termos quantitativos, através da medição no Espectrofotómetro, e depois da análise dos resultados, verifica-se que a adição de pó de cortiça no revestimento de poliuretano às amostras de tecido de algodão com o pigmento azul, baixa os valores quer de L^* , quer de a^* e aumenta os valores de b^* . Em termos de cor, o pó de cortiça escurece a cor, diminui os componentes vermelho e azul.

No caso da adição de pó de cortiça no revestimento de poliuretano às amostras de tecido de algodão com o pigmento laranja, observa-se pelos valores, que o pó de cortiça, à semelhança da amostra anterior, baixa os valores de L^* e de a^* , mas, neste caso, também de b^* . Em termos de cor, o pó de cortiça torna a cor mais escura, retira componente vermelha e amarela.

Pelas tabelas das diferenças de cor (Tab. 36 e 37), os valores são bastante elevados, no entanto o que apresenta valores mais baixos de diferenças de cor é a amostra com pigmento laranja.



5. CONCLUSÕES

No presente trabalho, cujo objectivo era tentar melhorar propriedades térmicas e ignífugas de certos substratos têxteis usando resíduos de cortiça em pó, prepararam-se revestimentos de poliuretano em amostras de tecidos de vários substratos (100% algodão, 100% lã e poliéster/algodão (50/50)), fazendo-se variar a quantidade de pó de cortiça; máximo para o algodão e para a lã, e várias concentrações na mistura poliéster/algodão. Para o tecido de algodão foi incluído no revestimento de poliuretano, pigmentos de cor, para deste modo, estudar a uniformidade de cor.

Foram realizados alguns testes de controlo e de qualidade, nomeadamente: ensaios de lavagem/secagem, abrasão, resistência à flexão, massa/m², espessura, comportamento ao fogo, comportamento térmico e uniformidade de cor, que permitiram chegar a algumas conclusões importantes.

Os ensaios de Lavagem não alteram o aspecto das amostras, no entanto, sujeitas à queima, têm pior comportamento, resistindo pior, ardendo, assim, mais. O substrato que melhor se comporta ao fogo, é o tecido 100% Lã que, embora tenha perdido quantidade de pó na lavagem, é o que, pelas suas características e propriedades, resiste mais à chama.

Nos ensaios de resistência à Abrasão, a presença da concentração máxima de pó de cortiça no revestimento de poliuretano, dos substratos em estudo, e ao fim de 15000 ciclos, não há alteração de massa dos provetes, visto que não se verifica diferenças de valores de massa, Pode-se, então, concluir, que numa possível aplicação destes materiais (100% algodão e 100% lã), sujeita à constante abrasão, o pó de cortiça não se solta do revestimento.

Sob o ponto de vista da espessura e da massa/m², conclui-se que, e pelo facto de a cortiça ser um material altamente leve e poroso, não compromete estes dois factores,



principalmente quando se trata da adição de pó de cortiça ao substrato com revestimento de poliuretano, apenas interfere quando se trata do tecido cru, e se adiciona revestimento de poliuretano.

Relativamente ao ensaio da resistência à Flexão, a cortiça tem uma importância relevante principalmente nos substratos de 100% algodão e da mistura poliéster/algodão (50/50).

No caso do algodão, conclui-se que a presença de pó de cortiça no revestimento de poliuretano garante um melhoramento na resistência mecânica, neste caso, à flexão, sendo preciso parar o ensaio aos 20000 ciclos sem se verificar rompimento dos provetes.

Na mistura de poliéster/algodão, também é possível concluir que a presença de pó de cortiça no revestimento de poliuretano, assegura grande resistência mecânica, tendo também havido necessidade de parar o número de ciclos devido a grande resistência por parte dos provetes. Conclui-se que para além da presença de pó de cortiça, a presença do poliéster nesta mistura íntima, torna o tecido mais resistente sob ponto de vista mecânico.

A presença de pó de cortiça no substrato 100% lã, não confere um aumento significativo na resistência à flexão. Esta conclusão prende-se pela análise dos resultados obtidos, foram apenas precisos cerca de 2000 ciclos para que a amostra cedesse, mas também pela sustentação teórica de que, pelo facto de a fibra de lã ser bastante amorfa, que, portanto, tem baixa resistência mecânica.

Quanto à resistência ao Fogo, a amostra em estudo que melhor comportamento teve foi o tecido 100% lã. A lã é bastante resistente à chama, e graças a este facto, deteve o melhor comportamento, embora após a lavagem tenha diminuído ligeiramente a resistência. A lã, de tão amorfa que é, na lavagem, pode ter perdido o pó de cortiça que se mantiveram nos seus grandes espaços, comprometendo posteriormente à chama, que mesmo assim, e comparando com os outros substratos foi a melhor.



O tecido 100% algodão, bem como a mistura poliéster/algodão mostram melhor resistência pelo direito aliás como também o tecido de lã, do que a chama em contacto com o avesso. A lavagem não retirou grande poder de resistência à chama, no caso do tecido 100% algodão. Conclui-se que o pó de cortiça bem como o revestimento de poliuretano, ficaram intrinsecamente ligados à estrutura fibrosa. A lavagem na mistura poliéster/algodão, retira poder de resistência ao fogo.

Sob ponto de vista Térmico, e no caso do tecido 100% lã, conclui-se que a presença de pó de cortiça no revestimento de poliuretano, não altera a sua capacidade isoladora de calor. No caso do tecido 100% algodão a adição de pó de cortiça ao revestimento beneficia o isolamento térmico. No caso da mistura poliéster/algodão, prevê-se uma tendência que favorece o isolamento térmico à medida que a quantidade de pó de cortiça aumenta. Para uma maior fiabilidade de valores e de consequências, teriam de se repetir os ensaios em condições ideais de temperatura e humidade relativa, e também as leituras serem feitas de uma forma contínua, tentando aumentar a concentração de pó de cortiça incorporada no revestimento de poliuretano.

No que diz respeito à uniformidade de cor, conclui-se que a presença de pó de cortiça no revestimento de poliuretano no tecido 100% algodão, altera a cor do substrato, quer se trate do pigmento azul, ou do laranja, escurecendo-a, como seria de esperar, tendo em conta o aspecto colorístico do pó de cortiça.

Onde se verificaram valores mais baixos e, portanto, melhores, de diferenças de cor, foi na amostra com pigmento laranja. No azul, obtiveram-se valores de diferenças de cor mais elevados.

Pode-se, então concluir que a presença do pó de cortiça manteve mais uniforme a cores laranja do que a cor azul. No entanto, seria interessante desenvolverem-se estudos onde se pudessem relacionar diferentes pigmentos, usar cores claras ou escuras, e diferentes quantidades de pó de cortiça no revestimento.



Tendo em conta o objectivo inicial deste trabalho, há uma possível tendência para valores favoráveis de isolamento térmico quando se estudam valores de pó de cortiça elevados. Relativamente ao comportamento ao fogo, principalmente do tecido 100% algodão e da mistura poliéster/algodão (50/50), a cortiça melhora-o.

É um campo de aposta muito interessante e seria uma mais valia entrar por ele e alcançar aplicações úteis para a Humanidade, quer em têxteis-lar, quer em vestuário, quer na indústria.



6. TRABALHOS FUTUROS

Como consequência deste trabalho, dos resultados obtidos e com vista a um maior aprofundamento das propriedades que os substratos têxteis podem proporcionar ao Homem, sugerem-se alguns trabalhos futuros:

- ✘ Melhoria da capacidade ignífuga dos substratos utilizando pó de cortiça, mudando possivelmente a resina utilizada no revestimento, tendo em vista um aumento da concentração máxima possível de pó de cortiça;
- ✘ Uma vez que é de conhecimento que a cortiça tem propriedades térmicas e acústicas sugere-se o estudo de substratos têxteis com propriedades acústicas melhoradas;
- ✘ A cortiça é um produto 100% natural, mas quando inserida num revestimento num determinado substrato e sujeito a vários tratamentos ou até mesmo acabamentos, podem desencadear, no seu conjunto, reacções, que durante a queima podem ser libertados gases nocivos; daí que seria interessante, estudar a influência de certos tratamentos ou acabamentos na presença de pó de cortiça na queima de substratos;
- ✘ Uma vez que a estrutura de formação dos não-tecidos e das malhas não é semelhante aos tecidos, sugere-se o estudo da influência do revestimento com pó de cortiça nas propriedades mecânicas dos diferentes materiais têxteis.
- ✘ Estudar a uniformidade de cor em substratos usando revestimentos com pó de cortiça, fazendo variar pigmentos claros e escuros e técnicas melhoradas de revestir, para analisar e compreender a importância e a influência deste material.



BIBLIOGRAFIA

- ✘ Anderson, Kim Ph.D., May; Innovate or Disintegrate: “The Latest in Textile Finishes”; 2006;
- ✘ Araújo, Mário; Castro, E.M. de Melo; “Manual de Engenharia Têxtil”; Volume 1”; Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa; 1986;
- ✘ Casellas, J. Detrell; “Ignifugación de materiales textiles”; D.C.T.T.; Universidade da Beira Interior; Maio 1990;
- ✘ Crespim, Luciana; “Combustão”; Controlo de Qualidade Têxtil; Campus Regional de Goioerê; 2000;
- ✘ Crespim, Luciana; “Flamabilidade”; Controlo de Qualidade Têxtil; Campus Regional de Goioerê;
- ✘ Crespim, Luciana; Neves, Joni; “Solidez de cor”; Controlo de Qualidade Têxtil; Campus Regional de Goioerê; 2000;
- ✘ Gacén, J., Fibras de poliéster, Universidade Politècnica de Catalunya, 1991;
- ✘ Gacén, J., Maillo, J., Fine structure variations in polyester fibres heat treated, Eurotex, 1995;
- ✘ Gaspar, Hélia; “Isolamento Térmico em tecidos utilizando resíduos de pó de cortiça”; D.C.T.T.; Universidade da Beira Interior; 2008;
- ✘ Gaspar, Hélia; “Medida da Uniformidade de cor em tecidos”; Projecto de final de curso; D.C.T.T.; Universidade da Beira Interior; 2007;



-
- ✘ Gil, Luís; “ A cortiça como material de construção. Manual técnico”; APCOR - Associação Portuguesa de cortiça;
 - ✘ Guillen, Joaquin G.; “Fibras de Poliéster”; 2ª Edição; Terrassa, 1991;
 - ✘ Guillen, Joaquin G.; Garrido, Josefina M.; “Algodón y Celulosa”; Terrassa; 1987;
 - ✘ Kuehni, Rolf G.; “Color an Introduction to practice and principles”, Copyright 1997 by John Wiley & Sons, Inc;
 - ✘ Lucas, J.M., Miguel, R.A.L., Geraldés, M.J.O., Manich, A. M., Comparative Evaluation of Thermal Behaviour of Wool Fabrics using Alambeta and Thermo Labo II Instruments, 2001 International Textile Congress, Terrassa, June 2001.
 - ✘ Lucas, José Mendes; “Fibras de Poliéster”; D.C.T.T; Universidade da Beira Interior; 2009;
 - ✘ Lucas, José Mendes; Gouveia, Isabel Cristina; “Química Têxtil”; D.C.T.T.; Universidade da Beira Interior; 2002/2003;
 - ✘ Manual do alambeta - SENSORA-LIBEREC - SOFTEL-JABLONEC n.N; ING.HANZL-LIBEREC; HDH; joint; Czech Republic;
 - ✘ Manual do Thermo-Labo - KATO TECH CO., LTD KES;
 - ✘ Manual MATHIS Laboratory Coating Device Type SV;
 - ✘ Martins, João; “Isolamentos: Condições técnicas de execução”; Materiais de Construção; Universidade Fernando Pessoa;
 - ✘ Matias, Luís Manuel; “Avaliação do desempenho térmico de protecções reflectantes aplicadas em coberturas inclinadas”; Universidade de Lisboa; Faculdade de Ciências; Dep. De Física; Lisboa 2001;



-
- ✘ McIntyra, J. E., Synthetic fibres, Ch. 3 - East, A. J., Polyester fibres, The Textile Institute, Woodhead Publishing, Cambridge, 2005;
 - ✘ Miguel, Rui Alberto L.; “Tecnologia dos Tecidos”; Universidade da Beira Interior; Covilhã, 2003;
 - ✘ Neves, José de Sousa M. F.; “Tecnologia Têxtil. 1ª Parte. Matérias-primas Têxteis”; Porto; 1982;
 - ✘ Ono, Luís Katsuya; “Princípios e Utilizações do Espectrofotómetro e do Espectrofluorímetro”, USP – Instituto de Física – FAP 425 – Introdução à Espectroscopia, São Paulo, Brasil;
 - ✘ Parys, Marc Van; “Coating”; Eurotex; Comett; Belgium; 1994;
 - ✘ Paya, Miguel; “Isolamento Térmico e Acústico”; Barcelona; 1994;
 - ✘ Pereira, João S.; Bugalho, Miguel e Caldeira, Maria; “Do sobreiro à cortiça. Um sistema sustentável”; Instituto Superior de Agronomia; 2009
 - ✘ Ribeiro, Manuel D.F.; Pereira, Alexandre Augusto; Projecto Integrado. “Medição da Condução Térmica de Materiais”; 2003/2004;
 - ✘ Ribeiro; Ernesto K. de Queiroz; “O Algodão”; Porto, 1965;
 - ✘ Soldi, Rafael; Kimura, Alexandre; Oliveira, Ângelo; Ramos, Luís; Oliveira Maria; “Síntese do Poli (tereftalato de 2-hidroxi-1,3-propileno)”; Universidade Federal do Panamá; 2008;
 - ✘ Vasconcelos, Andreia; “Obtenção de tecidos de poliéster de baixo peso por tratamento enzimático”; Dissertação de mestrado em química têxtil; Universidade do Minho; 2005;



WEBGRAFIA

- ✘ www.liderbrasil.com, Outubro/2008
- ✘ www.javeigademacedo.com, Outubro/2008
- ✘ www.edukbr.com, Outubro/2008
- ✘ www.clientes.netvisão.pt, Outubro/2008
- ✘ www.realcork.org, Março/2009
- ✘ www.ciliege.com, Março/2009
- ✘ www.viaseg.wm.br, Março/2009
- ✘ www.amorim.pt, Março/2009
- ✘ www.3.ualg.pt, Março/2009
- ✘ www.solfaca.pt, Março/2009
- ✘ www.ave.dee.isep.ipp.pt, Abril/2009
- ✘ www.isocor.pt, Abril/2009
- ✘ www.energaia.pt, Abril/2009
- ✘ www.calicindradocerrado.blogspot.com, Abril/2009
- ✘ www.br.geocities.com, Abril/2009
- ✘ www.abqct.com.br/revistas, Junho/ 2009
- ✘ www.mathing.com, Junho/ 2009
- ✘ www.img.directindustry.com, Junho/2009
- ✘ [www.infopedia.pt/\\$poliester](http://www.infopedia.pt/$poliester), Julho/2009
- ✘ <http://blufiles.storage.live.com>, Julho/2009
- ✘ www.global-b2b-netwook, Julho/2009

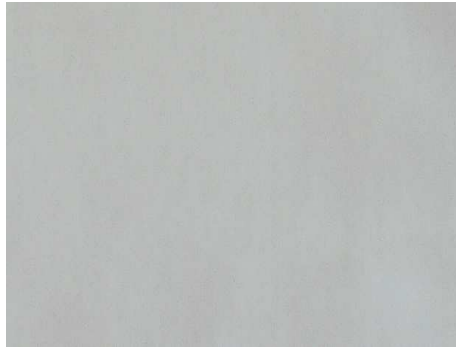


ANEXOS

ANEXO A

- Amostras de tecido 100% Algodão

- Tecido cru



- Tecido com revestimento de poliuretano



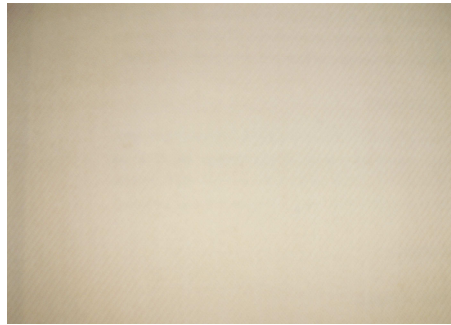
- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça





- Amostras de tecido 100% Lã

- Tecido cru



- Tecido com revestimento de poliuretano



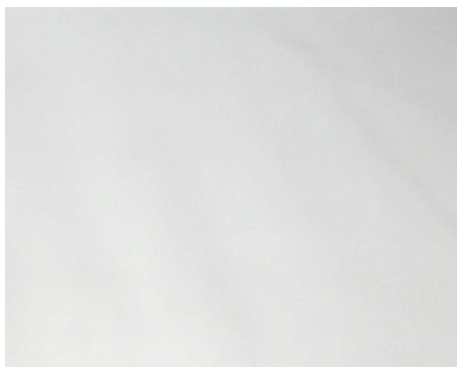
- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça



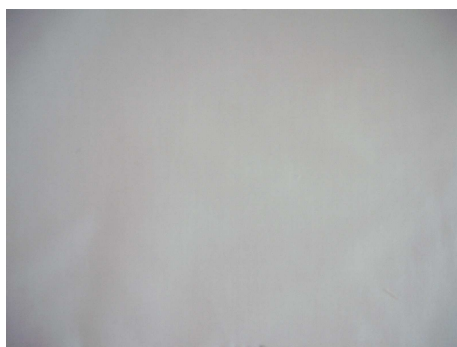


- Amostras de tecido Poliéster/Algodão (50/50)

- Tecido cru



- Tecido com revestimento de poliuretano



- Tecido com revestimento de poliuretano e 2% de pó de cortiça





- Tecido com revestimento de poliuretano e 4% de pó de cortiça



- Tecido com revestimento de poliuretano e 6% de pó de cortiça



- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça





ANEXO B

Amostras após teste de Lavagem e posterior secagem

- Tecido 100% Algodão

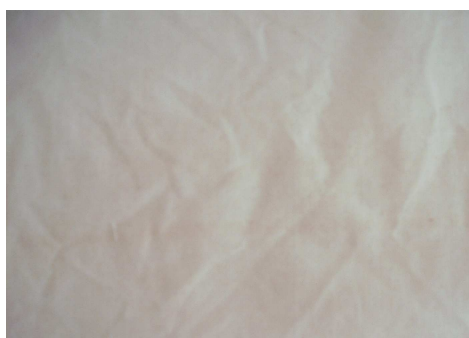


- Tecido 100% Lã



- Tecido Poliéster/Algodão (50/50)

- Tecido com revestimento de poliuretano e 2% de pó de cortiça





- Tecido com revestimento de poliuretano e 4% de pó de cortiça



- Tecido com revestimento de poliuretano e 6% de pó de cortiça



- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça





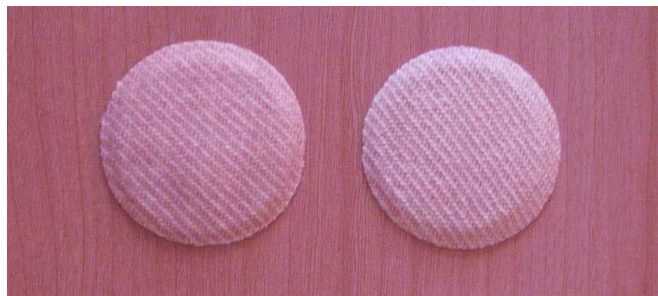
ANEXO C

Amostras após teste de da Abrasão

- Tecido 100% Algodão



- Tecido 100% Lã





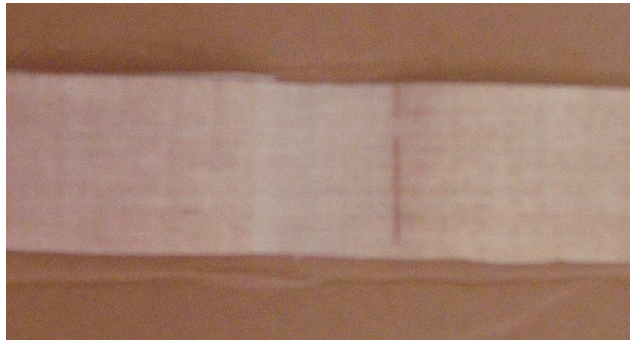
ANEXO C

Amostras após teste de da Flexão

Estão apresentadas os provetes que não romperam durante o teste

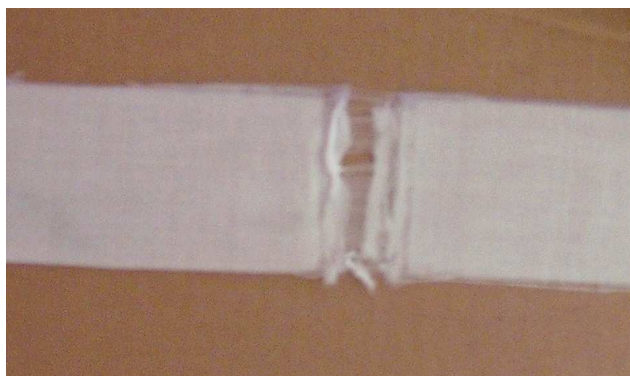
- Amostras de tecido 100% Algodão

- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça



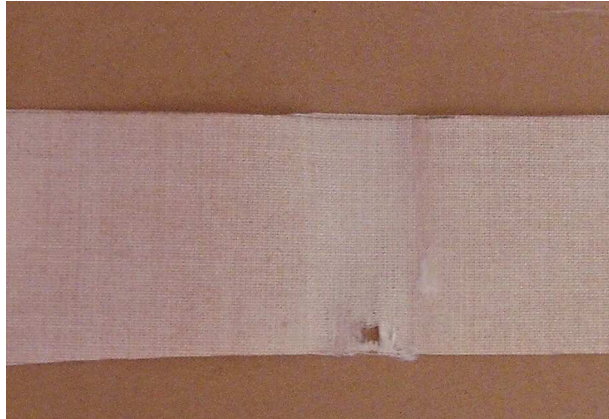
- Amostras de tecido Poliéster/Algodão (50/50)

- Tecido cru





- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça

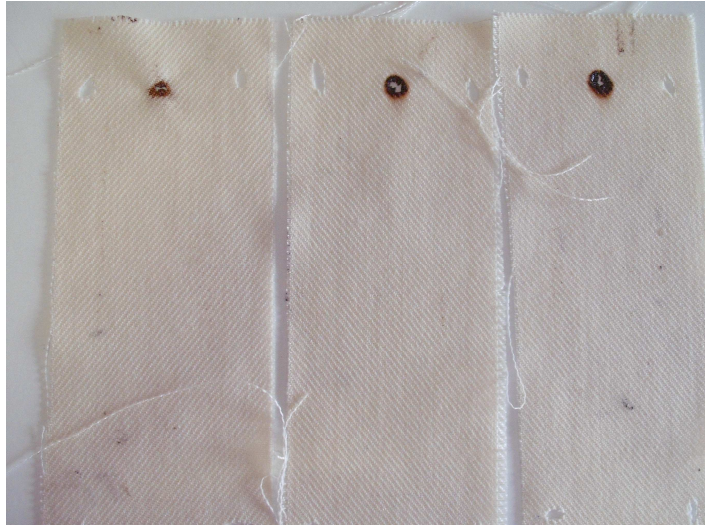




ANEXO D

Amostra de tecido 100% lã após o teste do comportamento ao fogo

- Tecido cru

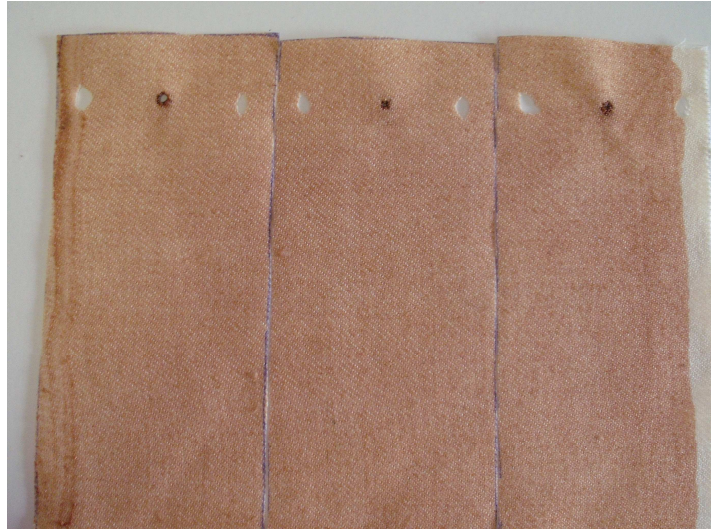


- Tecido com revestimento de poliuretano

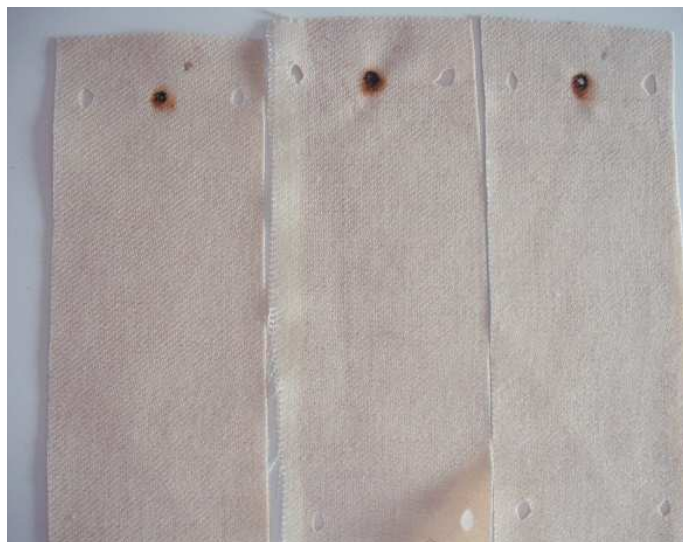




- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça (direito)

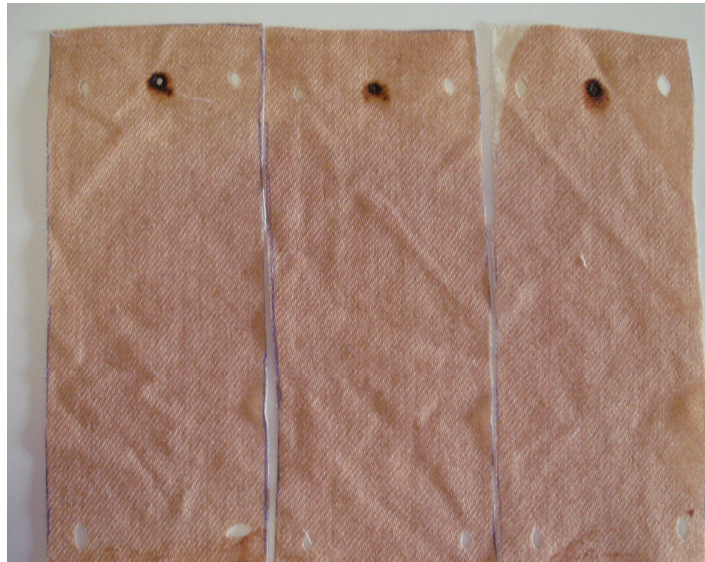


Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça (avesso)





- Tecido com revestimento de poliuretano e 8% de pó de cortiça após lavagem





ANEXO E

Amostras para estudo da uniformidade de cor

- Amostras de tecido 100% Algodão

- Tecido com revestimento de poliuretano e pigmento azul

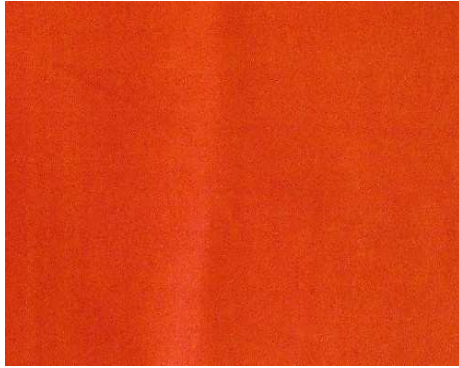


- Tecido com revestimento de poliuretano com pigmento azul e pó de cortiça





- Tecido com revestimento de poliuretano e pigmento laranja



- Tecido com revestimento de poliuretano com pigmento laranja e pó de cortiça





ANEXO F

- Tecido 100% algodão com revestimento de poliuretano e 10% de pó de cortiça

