

# NOVOS COMPÓSITOS ECO- EFICIENTES PARA APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO

R. EIRES

S. JALALI

A. CAMÕES

Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho

[rute@civil.uminho.pt](mailto:rute@civil.uminho.pt)[said@civil.uminho.pt](mailto:said@civil.uminho.pt)[aires@civil.uminho.pt](mailto:aires@civil.uminho.pt)

PORTUGAL

PORTUGAL

PORTUGAL

## SUMÁRIO

Este artigo resulta de um trabalho de investigação que tem como pressuposto o desenvolvimento de novos materiais compósitos utilizando granulado de cortiça, um subproduto da indústria corticeira, pasta de celulose, elaborada a partir de desperdícios de papel, e fibras de cânhamo. O ligante utilizado é uma mistura de pozolânica de metacaulino e cal ou a própria pasta de celulose. Pretende-se que estes materiais sejam utilizados em aplicações não estruturais na construção civil, como por exemplo em paredes divisórias e revestimento de tectos ou na regularização de pisos e enchimento. No trabalho de investigação, desenvolveu-se uma mistura compósita reforçada com fibras de cânhamo incorporando metacaulino e cal como ligante. Sendo também desenvolvidos compósitos com pasta de papel e granulado de cortiça incorporando pequenas quantidades de material polimérico, ligante e aditivos minerais. Estes compósitos foram submetidos a testes para determinar as suas propriedades físicas e mecânicas. Além disso, foi estudada a conjugação destes compósitos com elementos estruturais leves como suporte. Este artigo apresenta as propriedades principais e os métodos de manufactura utilizados para produzir os materiais mencionados com potencial eco-eficiente, uma vez que representam uma alternativa para utilizar desperdícios industriais como novos materiais de construção com excelentes propriedades térmicas e acústicas.

**Palavras-chave:** recuperação de resíduos, materiais verdes, cânhamo industrial, cortiça, desperdícios de papel.

## 1. INTRODUÇÃO

A economia sustentável a nível mundial cresceu e a qualidade de vida das pessoas depende agora do uso de produtos alternativos na arquitectura e construção, como por exemplo, os desperdícios industriais, convencionalmente designados de “materiais verdes”. O granulado de cortiça, um subproduto da indústria da cortiça, a pasta de celulose, obtida de desperdícios de papel reciclável e fibras de cânhamo são claramente materiais que podem ser utilizados para este propósito. Estes materiais poderão ser usados em placas compósitas e argamassas para elementos de construção não estruturais, como paredes divisórias, revestimento de tectos ou regularização de pisos.

A cortiça (parte da planta *Quercus Suber L*, de designação comum sobreiro) é um material, largamente produzido em Portugal, cujas características são de considerável interesse para a indústria da construção. Pode ser considerado como um material estratégico com um enorme potencial e variedade de usos. A cortiça é secularmente conhecida pela sua reduzida densidade, elasticidade, compressibilidade, impermeabilidade e isolamento eficiente de absorção vibrátil, térmica e acústica [1, 2]. Este material é normalmente usado na construção sem funções estruturais e tem um comportamento similar ao poliestireno expandido, vermiculite, perlite expandida, vidro expandido e argila expandida de pequena dimensão.

As fibras naturais de cânhamo, *cannabis sativa L*, espécie desprovida de substâncias psicotrópicas, podem ser utilizadas como reforço com propriedades semelhantes às fibras de juta, sisal, linho e coco. Estas fibras têm competido com as fibras sintéticas no que se refere às propriedades químicas, físicas e mecânicas, especialmente na tensão à flexão, no isolamento térmico e acústico e em características bactericidas [3, 4].

Inicialmente as fibras de cânhamo, cujo teor em sílica é grande, era utilizado no reforço de tijolos de argila e actualmente tem sido aplicado em produtos cimentícios, como betão, argamassas, blocos e placas. Sendo ser realizado um betão com a parte celulósica das fibras de cânhamo designado de “hemprete”, denominado neste artigo de betão de cânhamo. Neste betão as fibras são activadas alcalinamente na presença de cal e água, tendo em conta o elevado teor em sílica, levando a um processo citado de petrificação [3, 4].

Este tipo de material de construção tem sido estudado e aplicado em alguns países, especialmente em França, Reino Unido e Alemanha. Como resultado destes estudos, actualmente são conhecidas diversas composições baseadas no uso da cal hidratada ou hidráulica e diversos aditivos, adicionados em quantidades distintas. O hemprete é correntemente aplicado de diferentes modos como paredes divisórias ou paredes exteriores, substituindo o sistema convencional de alvenaria de tijolo com camadas de isolamento térmico.

A pasta de celulose ou as misturas de cal-pozzolana são utilizadas como ligantes dos novos compósitos híbridos desenvolvidos neste trabalho de investigação. A quantidade óptima de metacaulino e cal foi determinada e utilizada para produzir o ligante para o compósito leve, reforçado com fibras de cânhamo, desenvolvido para a realização de paredes não estruturais *in situ*, blocos e placas, que foi testado revelando propriedades promissoras. Foram produzidos, a título experimental, diversos compósitos com pasta de celulose ou papel e granulado de cortiça, incorporando fibras têxteis de cânhamo, pequenas quantidades de ligante polimérico e aditivos minerais, para avaliar a melhor composição segundo os testes físicos e mecânicos efectuados. Sendo também estudada a combinação da melhor composição em placa sanduíche com um material estrutural leve em favo de abelha.

Os resultados obtidos mostram que estes compósitos de potencial eco-eficiente podem ser facilmente manufacturados possuindo excelentes propriedades térmicas e acústicas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Mistura de metacaulino e cal para compósito de cânhamo

O metacaulino seleccionado foi obtido de uma indústria cerâmica portuguesa, cuja composição química é rica em sílica, SiO<sub>2</sub>, e alumina, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, e de uma finura média.

Foi utilizada uma cal hidratada comercial apresentando um elevado índice de pureza, 90% de CaO, e um diâmetro máximo de partículas de 0,2mm.

Para determinar a quantidade óptima de metacaulino e cal para o novo ligante do compósito, foram produzidas duas misturas utilizando diferentes percentagens de metacaulino/cal e submetidas a testes de compressão a diferentes tempos de cura. A influência da temperatura de cura nas argamassas com pozolana também foi analisada.

## 2.2 Compósito leve de cânhamo para blocos e placas

As fibras de cânhamo seleccionadas, resultantes da extracção das fibras têxteis exteriores (conhecidas como linho de cânhamo) representam a parte interna do caule da planta. Estas fibras partidas são compostas por pequenos paralelepípedos, de 5 a 30 mm, justificando a aparente semelhança com aparas de madeira. A densidade deste cânhamo é em média de 110 a 150 kg/m<sup>3</sup>, característica que lhes confere uma extrema leveza, sendo uma mais valia quando utilizadas como agregado nos compósitos. A sua composição química é constituída essencialmente de óxido de cálcio (CaO, 44.057 %), sílica (SiO<sub>2</sub>, 24.649 %), óxidos potássio e de sódio (K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O, 12.113 e 9.783 %, respectivamente).



Figura 1 – Fibras de cânhamo (caule).

Após os estudos desenvolvidos com o propósito de avaliar o efeito de diferentes aditivos minerais, Foram realizadas três composições, com diferentes percentagens de pasta de celulose com dois aditivos minerais, para produzir betão leve reforçado com fibras de cânhamo. A pasta de papel foi preparada em laboratório triturando desperdícios de papel com água numa misturadora convencional. Como ligante destes compósitos foi utilizada a mistura óptima de metacaulino/cal na proporção de 75/25% (ver em resultados e discussão). A tabela 1 mostra as composições realizadas na produção de pequenos blocos de betão de cânhamo.

Tabela 1 – Composição dos blocos de betão de cânhamo produzidos.

Composição	Referência da amostra		
	B6	B7	B8
Fibras de cânhamo (5-15mm comprimento, espessura>2mm)	24 %	29 %	34 %
Desperdícios de papel para pasta (em massa)	10 %	5 %	-
Metacaulino	53 %	53 %	53 %
Cal	13 %	13 %	13 %
Aditivo 1	2 % da cal	2 % da cal	2 % da cal
Aditivo 2	2 % da cal	2 % da cal	2 % da cal
Teor de água na pasta de papel	86 % do papel	86 % do papel	-
Água/ligante	1	1	1

Foi utilizada compactação mecânica para produzir placas utilizando as composições referidas na Tabela 1. Estas placas poderão ser empregues em diversas aplicações, como paredes divisórias ou revestimento de tectos.

### 2.3 Placas compósitas com granulado de cortiça e pasta de papel

O granulado utilizado é um subproduto de uma indústria portuguesa, contendo diversas partes de cortiça e diferentes tamanhos (Figura 2a) A densidade aparente é  $384.5 \text{ kg/m}^3$  e o peso específico é  $160.0 \text{ kg/m}^3$ .



Figura 2 – Materiais para placas compósitas - a) granulado de cortiça e b) fibras de cânhamo.

A pasta de papel ou celulose foi preparada em laboratório seguindo o mesmo procedimento da pasta incorporada no betão de cânhamo.

Foram produzidas várias composições utilizando diferentes percentagens de pasta de papel, granulado de cortiça e pequenas quantidades de material ligante. Para melhorar as resistências mecânicas, a absorção de água e melhor comportamento ao fogo foram incorporadas fibras de cânhamo (20mm de comprimento, figura 2 b) e um aditivo mineral. As misturas foram preparadas juntando os aditivos minerais e o gesso em água e misturando esta solução com os materiais sólidos, pasta de papel e granulado de cortiça.

Tabela 2 – Composições e processos de cura.

Compósito	Granulado de cortiça %	Pasta de celulose %	Fibras de cânhamo % de cortiça + celulose (massa)	Aditivo Mineral % de cortiça + celulose (massa)	Ligante % de cortiça + celulose (massa)	Tempo de cura	Temperatura °C
P1	71	29		-	-	7d	20
P2	55	45		6	34 de cola PVA	6d	50
P5	34	66	4,01	4	-	24h	50
P6	55	45	-	-	Resina fenólica	24h	100
P7	55	45	-	4	-	24h	100
P8	55	45	-	4	5 de Gesso	24h	100
P9	25	75		2,5	20 de Gesso	3d	23
P10	25	75		2,5	5 de Gesso	3h, 5h e 10h	110
P11	25	75		2,5	20 de Gesso	2d	110

Numa primeira fase, foram desenvolvidas misturas simples, com dois ligantes poliméricos e com gesso, em diferentes tempos e temperaturas de cura seguindo um processo simples de compressão/descompressão e a posterior cura. Na fase posterior, foi utilizado uma nova metodologia de cura. Após o processo de mistura e colocação em moldes, as placas foram sujeitas em simultâneo a condições de cura térmica e compressão. Este método foi testado com diferentes tempos e temperaturas de cura a fim de minimizar a energia e tempo utilizado (ver Tabela 2). Adoptando este procedimento é possível obter placas com uma coesão satisfatória e com uma textura completamente lisa. Amostras das placas foram submetidas a testes de absorção a fim de estudar o comportamento na presença de água. Para avaliar o comportamento térmico, foram realizados três testes para determinar o coeficiente de condutividade térmica em placas de  $500 \times 500 \times 40 \text{ mm}^3$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Quantidade óptima de metacaulino/cal como material ligante

A fim de determinar a melhor quantidade de metacaulino/cal como novo material ligante, foram realizadas pastas pozolânicas utilizando diferentes percentagens dos dois materiais. Amostras destas pastas foram submetidas a testes de compressão a diversos tempos de cura. Nestas composições foi utilizada a mesma quantidade de água, 60% da massa sólida, e as amostras foram acondicionadas à temperatura ambiente em uma caixa hermeticamente fechada, mantendo uma humidade constante. Os melhores resultados foram obtidos na mistura de 75% de metacaulino com 25% de cal (ver Figura 3).

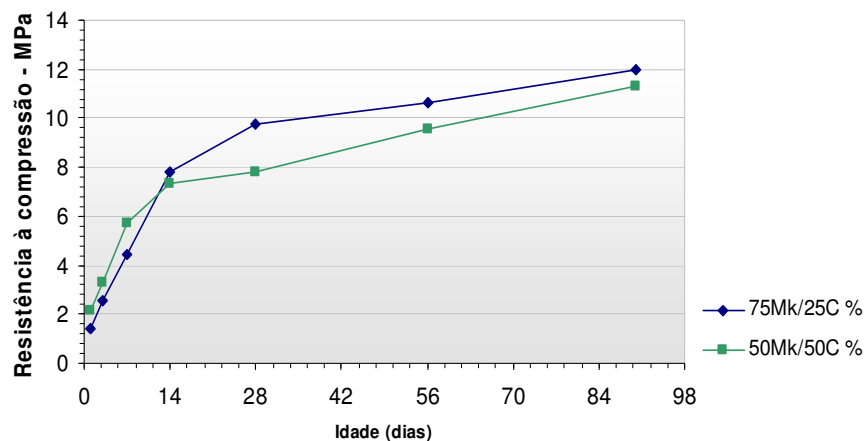


Figura 3 – Resistência à compressão de composições com diferentes percentagens de metacaulino/cal.

#### 3.2 Compósito de cânhamo para blocos e placas

##### 3.2.1 Blocos

A figura 4 mostra o típico aspecto apresentado pelo betão de cânhamo, antes e após a cura. Observa-se que durante a compactação as fibras ficam orientadas maioritariamente numa direcção.



Figura 4 – Amostras do compósito de cânhamo antes e depois da cura, a) e b) respectivamente.

As amostras das três composições produzidas (B6, B7 e B8) foram submetidas a testes de resistência à compressão na direcção paralela às fibras, mecanicamente, considerada a direcção mais desfavorável.

Como se pode observar na figura 5, na generalidade, foram obtidas melhores resistências nas composições B6 e B7 com o uso de pasta de papel. Os resultados à compressão, com amostras à temperatura ambiente, não indicam um crescimento contínuo da resistência com o tempo de cura. A razão deste comportamento não é claro até ao momento.

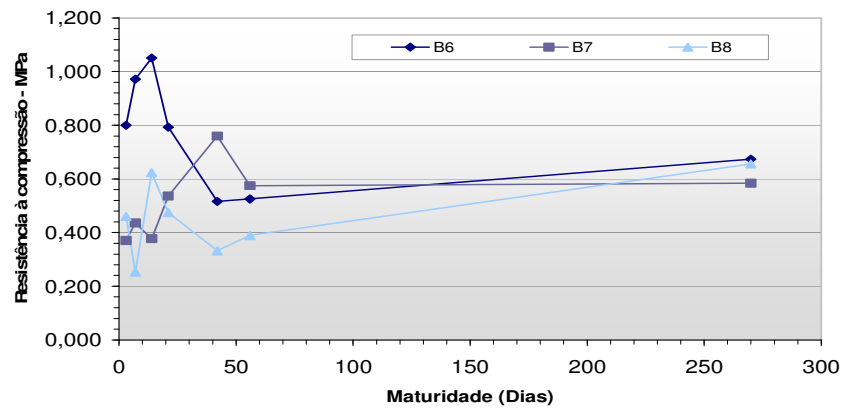


Figura 5 – Variação das resistências à compressão até aos 270 dias.

As figuras 6 e 7, a) e b), mostram que todas as composições têm uma rotura dúctil. Como a figura 6 mostra, após se observar o pico de rotura a amostra continua a deformar a uma força constante.

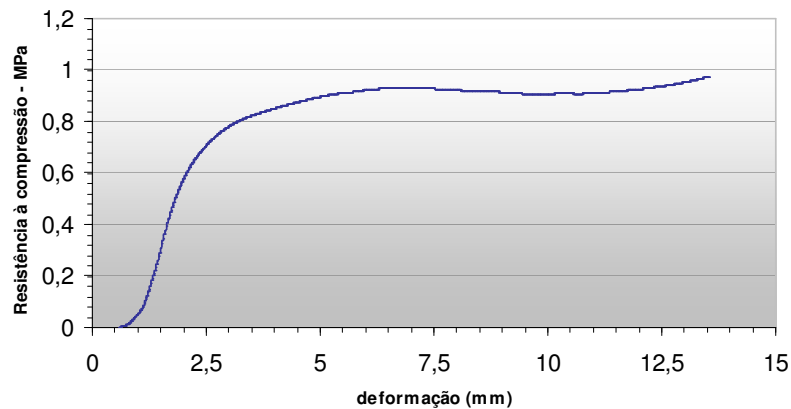


Figura 6 – Deformação da composição B6 durante o ensaio à compressão.



Figura 7 – Comportamento à compressão do composto de cânhamo - a) durante a rotura inicial e b) após a rotura.

Considerando que este betão composto desenvolvido, tal como os existentes betões de cânhamo [1, 4], não é um material estrutural mas pressupõe ser utilizado na combinação com outros elementos estruturais, este comportamento dúctil poderá ter interesse uma vez que este melhora a adaptação e ajuste entre os elementos estruturais e não estruturais. Isto é, recupera a absorção de pequenos deslocamentos e descargas que sempre ocorrem nos edifícios.

Além disso, todas as composições mostram uma resistência satisfatória para as aplicações não estruturais previstas. A média final da resistência à compressão obtida, 0,6MPa, é similar às resistências observadas por outros centros de investigação na Europa [4, 7]. Resistências que são, normalmente, consideradas adequadas para betão leve não estrutural e o comportamento mecânico observado indica que este material pode ser utilizado em várias aplicações onde são empregadas betão leve convencional.

O compósito desenvolvido poderá ter múltiplas aplicações não estruturais na construção. A figura 8a, mostra o compósito aplicado como um betão de cânhamo/cal tradicional. É uma construção semelhante à taipa de pilão (compactação manual ou mecânica) utilizada na construção em terra. A figura 8b mostra uma nova aplicação que utilizando a mesma técnica de compactação mas utilizando um suporte de polímero reforçado com fibras de vidro (FRP).

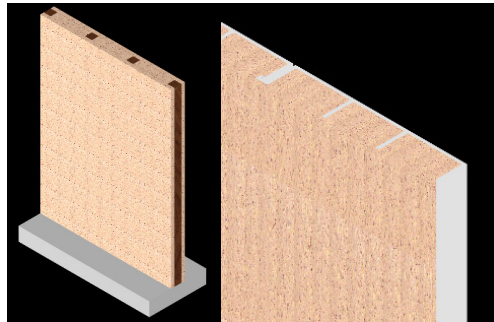


Figura 8 – Exemplos de aplicação de compósito de cânhamo/metacaulino/cal. a) construção tradicional de betão de cânhamo e b) conjugação com suporte de polímero reforçado com fibras.

Existem ainda aplicações com o enchimento e isolamento de paredes e a regularização e isolamento de pisos com mostra a figura 9.

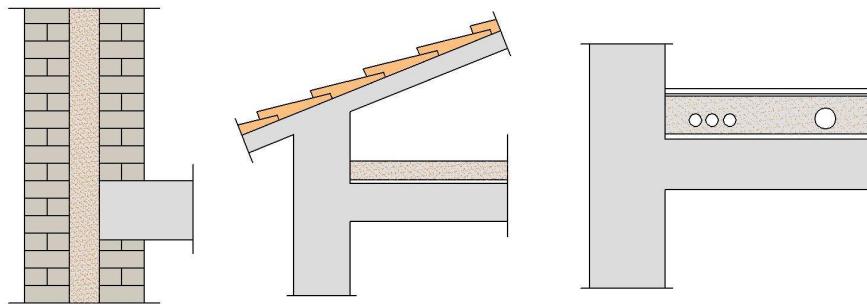


Figura 9 – de aplicação de compósito de cânhamo/metacaulino/cal.

### 3.2.2 Placas

A Figura 10 apresenta o aspecto e a textura das placas produzidas. Nestas placas as fibras de cânhamo são dispersas em várias as direcções, o que melhora o comportamento mecânico do material. Como se observa nas blocos de cânhamo, nas placas compactadas verifica-se o mesmo comportamento dúctil quando submetidas a testes de compressão [8].



Figura 10 – Placas de compósito de cânhamo produzidas sob compactação mecânica. a) placa após a compactação e b) textura da placa (escala 1:1).

### 3.3 Compósito de granulado de cortiça e pasta de papel em placas

Foram produzidas diversas placas compósitas utilizando diferentes quantidades de pasta de papel e granulado de cortiça (ver materiais e métodos). Para melhorar o comportamento mecânico e as resistências à água e ao fogo, foi incorporado um aditivo mineral e fibras de cânhamo (20mm de comprimento). Numa fase posterior foi adicionado gesso como material ligante. O aspecto típico das placas realizadas pode ser observado na figura 11.



Figura 11 – Placas de pasta de papel e granulado de cortiça reforçadas com fibras de cânhamo. a) aspecto geral da placa e b) textura da placa (escala 1:1).

Nestas placas foram utilizados diferentes métodos de cura. Após a moldagem, as placas, foram simultaneamente submetidas a compressão e cura térmica.

Os melhores resultados foram obtidos utilizando uma compactação de 375 kPa e cura térmica à temperatura de 110°C durante 3 horas ou, em alternativa à temperatura ambiente durante 3 dias.

Este procedimento permite obter placas com uma coesão satisfatória e com uma textura completamente lisa. A figura 12 mostra uma placa produzida sob estas condições de cura.



Figura 12 – Placa de pasta de papel e granulado de cortiça após a cura. a) aspecto final da placa e b) textura da placa (escala 1:1).

As placas mostram-se frágeis à flexão, sendo a média da resistência à flexão 400 kPa.

É comum utilizar um teste de compressão/descompressão para avaliar o comportamento mecânico deste tipo de compósitos contendo cortiça. Durante este teste o material não sofreu mudanças significativas sob compressão, uma deformação até 4% e recuperou 28% da deformação durante a fase de descompressão.

Foram submetidas a testes de absorção amostras de placas realizadas. Estes testes revelam que o material original apresenta um elevado índice de absorção (cerca de 160%). Deste modo, foram também aplicados os materiais de impermeabilização e resistência à água utilizados no betão de cânhamo. A aplicação destes produtos reduz significativamente o efeito absorção. Os resultados revelam uma redução da absorção para 50% com óleo de linhaça, 80% com verniz e 100% com PVA.

Para determinar o coeficiente de condutividade térmica foram realizados três testes com placas de 500x500x40 mm<sup>3</sup>, sendo obtida média de  $\lambda_{10}=0,084\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ . Quando comparado com o coeficiente de materiais



para aplicações similares, pode-se considerar que o compósito desenvolvido tem uma boa condutividade térmica (ver Tabela 3).

Tabela 3 – Condutividade térmica de diferentes materiais utilizados na construção.

<b>Materiais</b>	<b>Condutividade térmica (W/m°C)</b>
Gesso/pasta de papel	0,36
Gesso cartonado	0,18
Betão de cânhamo com cal	0,13-0,19
<b>Compósito desenvolvido – pasta de papel/cortiça</b>	0,084
Compósito de cortiça expandida	0,036-0,40
Cortiça	0,045
Lã de rocha	0,045
Isolamento de fibras de cânhamo	0,040
Poliestireno	0,03

A fim de melhorar o comportamento à flexão do compósito desenvolvido, combinou-se o material com materiais de suporte em favo de abelha de papel reciclado e polipropileno (PP) para formar placas sanduíche. Esta combinação, tendo um suporte rígido e um melhor comportamento à flexão poderá ser aplicada em paredes divisórias e revestimentos interiores.

Observou-se que a presença de água nas estruturas de papel reciclado afecta significativamente a rigidez e a resistência das placas comprometendo a sua aplicação. Contudo, as placas combinadas de pasta de papel/cortiça com o favo de abelha de polipropileno apresentam não só um melhor comportamento mecânico e resistência à água como também uma melhor consistência e aparência. A figura 13 mostra esta combinação do suporte polimérico leve com o compósito desenvolvido.



Figura 13 – Placa sanduíche de pasta de papel/cortiça e favo de abelha PP.

Na figura 14 observam-se os resultados dos ensaios de resistência à flexão para avaliar o comportamento à flexão das placas sanduíche. Como se pode constatar, o melhor comportamento obteve-se com a combinação do compósito com o favo de abelha PP. Comparando estes resultados com outros materiais utilizados em placas divisórias e revestimentos, podemos ver que as resistências à flexão obtidas são similares às resistências das placas de gesso cartonado e mostram um comportamento mais dúctil.

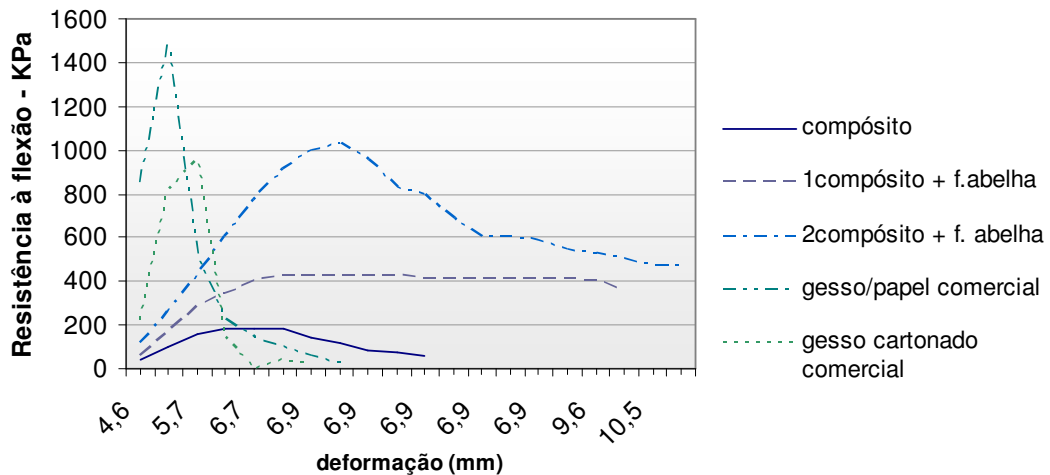


Figura 14 – Comportamento à flexão de diferentes placas.

O coeficiente de condutividade térmica foi também determinado para as placas produzidas com favo de abelha. Obteve-se um valor similar ao determinado no compósito original apenas de pasta de papel/cortiça ( $\lambda_{10} = 0.085 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos durante este trabalho de investigação experimental podem ser considerados encorajadores uma vez que revelam novas possibilidades de aplicação de compósitos eco-eficientes na indústria da construção. A generalização do uso destes “materiais verdes” será muito útil ao permitir a substituição de outros materiais, considerados prejudiciais ao ambiente. Este estudo mostra que o granulado de cortiça, um subproduto da indústria corticeira, a pasta de celulose ou papel, obtida de desperdícios recicláveis e as fibras de cânhamo poderão ser incorporadas com sucesso em novos compósitos que poderão ser utilizados na construção como materiais não estruturais.

O melhor ligante para o compósito eco-eficiente desenvolvido nesta investigação foi a mistura de 75% de metacaulino com 25% de cal. Observou-se que temperaturas mais elevadas aumentam as resistências deste compósito.

O compósito de cânhamo desenvolvido mostra um comportamento dúctil que poderá ser considerado compatível com a maioria das aplicações não estruturais possíveis.

Os compósitos de granulado de cortiça/pasta de papel também provam ter propriedades adequadas para várias aplicações não estruturais, como por exemplo, paredes divisórias e revestimento de paredes e tectos. Além disso, as placas em sanduíche, produzidas com a combinação do compósito desenvolvido com favo de abelha de poliprolileno, mostram uma melhoria significativa no comportamento à flexão destes materiais amigos do ambiente.

Poderá dizer-se que estes compósitos têm boas características térmicas.

A recuperação destes materiais, considerados desperdícios ou subprodutos de baixo custo, aliados ao facto de possuírem boas propriedades térmicas, poderá vir a proporcionar melhores perspectivas tanto para a construção civil como para as empresas nacionais e europeias que habitualmente produzem este tipo de resíduos. Alternativa que visa não só um caminho para a sustentabilidade, pela valorização de resíduos, favorecendo uma poupança energética e ambiental, mas é também um contributo para o crescimento e prestígio, já existente, na indústria corticeira portuguesa.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar o seu agradecimento à Escola de Engenharia da Universidade do Minho à Fundação Portuguesa da Ciência e Tecnologia (FCT) através do projecto POCI/ECM/55889/2004 pelo financiamento deste trabalho de investigação.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Gil, L. “*Cortiça: da Produção à Aplicação*”, Ed. Câmara Municipal do Seixal – Ecomuseu Municipal do Seixal, 2005.
- [2] Gil, L. “*Aglomerado de Cortiça para Isolamento Térmico: Propriedades, Vantagens e normas para Aplicação*”. Sociedade Corticeira Robinson Bros, Lda. , 1960.
- [3] Danenberg, J.M. and Hons, B.A.. “*Hemp Architecture*”. Catalyst Conference at the Univesity of Canberra, <http://www.hemp.on.net> , 1997.
- [4] Evrard, A. “*Hemp concretes - A synthesis of physical properties*”. French Association Construire en Chanvre Edited by Arnaud Evrard, Maio-Novembro, 2002.
- [5] Rojas, M. F. and Cabrera, J. “*The effect of temperature on the hydration rate and stability of the hydration phases of metakaolin–lime–water systems*”, Cement and Concrete Research 32, 2002, pg. 133-138.
- [6] Rocha, C. S. “*Plasticidade do Papel e Design*”. Ed. Plátano Editora, S.A., 2000.
- [7] Yates T, “*Final Report on the Construction of the Hemp Houses at Haverhill, Suffolk*”. Building Research Establishment, Watford, report 209-717 Rev1, 2002.
- [8] Bütschi, P.-Y., Deschenaux, C., Miao, B., and Srivastava, “*Utilisation du chanvre pour la préfabrication d’éléments de construction*”. Dans Bâtir notre civilisation. 31° Congrès annuel de la société canadienne de génie civil, Moncton, 4 au 7 juin, Société canadienne de génie civil, Montréal (Qué.). N.K., 2003. Pg. 336-1 – 336-6

### **R. EIRES**

Dep. Eng. Civil, FCTUC  
[rute@civil.uminho.pt](mailto:rute@civil.uminho.pt)  
PORTUGAL

### **S. JALALI**

Dep. Eng. Civil, FCTUC  
[said@civil.uminho.pt](mailto:said@civil.uminho.pt)  
PORTUGAL

### **A. CAMÕES**

Dep. Eng. Civil, FCTUC  
[Aires@civil.uminho.pt](mailto:Aires@civil.uminho.pt)  
PORTUGAL