



V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e
II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

O AGLOMERADO NEGRO DE CORTIÇA NO CONFORTO AMBIENTAL: ASPECTOS TÉRMICOS, ACÚSTICOS E VIBRÁTICOS

J. A. G. Saraiva; P. R. P. dos Santos¹; F. V. Marques da Silva & F. de A. Gonçalves da Silva²

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Departamento de Estruturas

Núcleo de Dinâmica Aplicada

Av. do Brasil, 1799 Lisboa Codex – Portugal

Fax +351 1 846 3457

Email: jsaraiva@lnec.pt

¹ Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande (RS), Brasil

² Departamento de Arquitectura, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Paraíba; João Pessoa (PB), Brasil

SUMÁRIO No presente artigo apresentam-se alguns aspectos associados às vibrações e à sua acção sobre o Homem, nomeadamente em termos do modo como podem afectar o conforto e apresenta-se um material, o aglomerado negro de cortiça, 100% natural que apresenta notáveis propriedades não apenas referentes ao isolamento vibrático mas mesmo térmico e acústico.

ABSTRACT The paper presents information related with human comfort as influenced by vibration and the main proprieties of black cork agglomerate (a 100% natural material) in what concerns its behaviour as an acoustical, thermal and vibration material.

1. Sensibilidade Humana às Vibrações

A sensibilidade humana às vibrações mecânicas é um fenómeno muito subtil - depende de muitos parâmetros entre os quais se contam a posição da pessoa, a direcção de incidência, a actividade, a comunidade envolvente, a idade e o sexo, a frequência da ocorrência e altura do dia, a duração , ... ainda que objectivamente possa ser caracterizada em termos físicos por três parâmetros relativamente simples: deslocamento (ou velocidade ou, ainda, aceleração), frequência e duração – uma vez que a mesma situação objectiva pode provocar comportamentos que vão desde sensações agradáveis ao pânico, passando por situações de desconforto. Um dos exemplos mais simples algumas vezes referido na literatura da especialidade é a vibração de uma bancada durante um concerto rock.

Não é objectivo da presente comunicação apresentar um "estado da arte" sobre o tema mas refere-se que diferentes autores têm apresentado diferentes critérios de aceitação para os níveis de vibração mas todos parecem estar de acordo em que a própria frequência de vibração é o parâmetro decisivo na avaliação da sensibilidade humana associado, para uns, ao deslocamento e, para outros, à velocidade ou mesmo à aceleração.

Na figura 1 apresenta-se um diagrama correntemente utilizado – a chamada escala de Reiher Meister - que pode dar uma primeira ideia da sensibilidade humana às vibrações. No quadro I, por seu lado, apresenta-se um conjunto de critérios mais recentes, em que se tem em conta o facto, hoje com larga aceitação, de que o parâmetro ao qual somos mais sensíveis (deslocamento, velocidade ou aceleração) depende da própria frequência.

Note-se que, na quase totalidade dos casos de estudo, as vibrações são consideradas harmónicas, sendo a velocidade, v , e aceleração, a , dadas directamente por

$$v = 2 \pi f \cdot d$$
$$a = 4 \pi^2 \cdot f^2 \cdot d = 2 \pi f \cdot v$$

onde f é a frequência e d o deslocamento, dado para um movimento harmónico por $d = d_0 \cos(2 \pi f \cdot t + \phi)$, onde d_0 é a amplitude, t o tempo e ϕ a fase. As amplitudes das velocidades e acelerações são obtidas a partir da amplitude dos deslocamentos aplicando as equações acima.

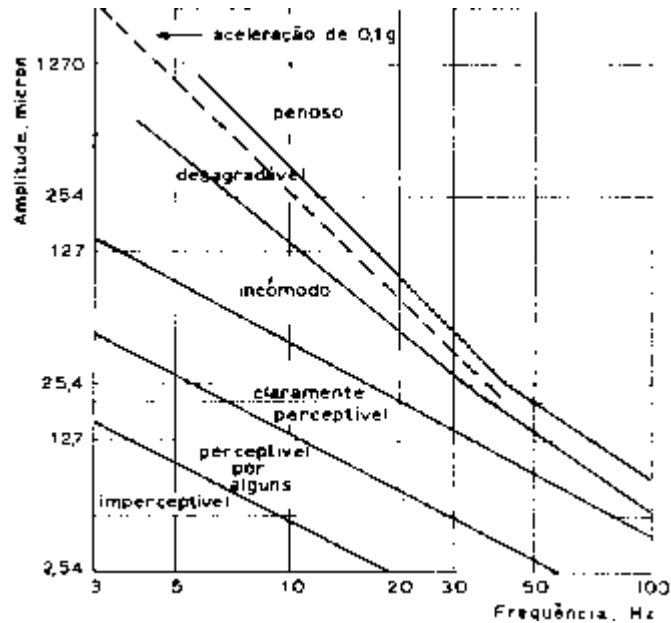


Figura 1 – Diagrama de Reiher-Meister sobre sensibilidade humana a vibrações

Quadro I – Sensibilidade humana às vibrações

Efeito nas pessoas	Frequência 1 a 10 Hz	Frequência 10 a 100 Hz
	a_{\max} mm/s ²	V_{\max} mm/s
Imperceptível	10	0.16
Limiar da percepção	40	0.64
Claramente perceptível	125	2.0
Incómodo	400	6.4
Desagradável	1000	16.0
Penoso	>1000	>16.0

Em alguns países existem normas sobre a sensibilidade humana às vibrações, nomeadamente em edifícios residenciais, mas a que é mais correntemente utilizada é a norma ISO 2631 que distingue três níveis para o (des)conforto humano: o conforto reduzido, o trabalho afectado e os limites de exposição, sendo os valores apresentados em termos de aceleração e função do tempo de exposição para diferentes posições. A proporção de amplitudes para aqueles 3 níveis é de 0.32:1:2.

2. O Aglomerado Negro de Cortiça

O aglomerado negro de cortiça, também dito aglomerado puro expandido, é constituído por cerca de 70 a 80% de cortiças virgens (resultantes da primeira extracção numa árvore) e o restante por desperdícios e refugos de cortiça sem possibilidades de melhor utilização industrial.

A matéria prima é loteada, triturada em grânulos, tanto quanto possível de forma facetada, variando tipicamente os lados de 5 a 22 mm, limpa de pós e sujidades, e seca até uma humidade relativa de 6 a 8%. No fabrico do aglomerado utilizam-se basicamente 2 processos: um por via húmida, com uma compressão prévia do granulado função da densidade final do produto pretendida, em que se recorre a vapor de água sobre-aquecido (temperatura inicial 350°C e pressão inicial 400 Pa) a uma temperatura média da ordem dos 250°C, durando a "cozedura" entre 17 e 25 minutos; o outro, por via seca, com o aquecimento do produto a uma temperatura média da ordem dos 250 a 300°C após fase de compressão, resultando directamente o aglomerado.

Em qualquer dos casos as células da cortiça sofrem uma expansão sensivelmente uniforme nas 3 direcções e da ordem de 30%, verificando-se para além disso a ocorrência de um conjunto de processos termoquímicos com remoção dos compostos mais facilmente degradáveis. Quando o processo termina regista-se uma diminuição da massa da ordem dos 30%, encontrando-se os grânulos aglutinados pelo produtos exsudados.

Trata-se, pois, de um produto 100% natural, cujo processo de fabrico é muito simples, sendo fácil através do processo de via húmida variar a sua densidade entre 0,08 e 0,35, sendo evidente que as propriedades mecânicas do produto devem reflectir, para além das particularidades do processo, as características próprias do lote de cortiça utilizado.

O material é fácil de trabalhar e instalar, é inerte a praticamente todos os agentes químicos comuns, não tem capilaridade significativa, a sua durabilidade é praticamente ilimitada, não se desintegra facilmente, mesmo se imerso em água fervente, não é atacado por roedores e insectos, não empola e a sua estabilidade dimensional é notável mesmo em ambientes húmidos saturados (mediram-se variações inferiores a 1% em ambientes com 100% de humidade relativa a 25 °C ao fim de dois meses de ensaios – absorção inferior a 6 kg/m³ de água), tem toxicidade nula e não produz quaisquer gases altamente tóxicos (nomeadamente compostos de cloro e cianetos) durante a sua combustão.

Os aglomerados negros de cortiça existentes no mercado são classificados em 3 grandes grupos:

Acústicos – grão fino e massa volúmica inferior a 100 kg/m³;

Térmicos – grão fino e massa volúmica entre 100 e 140 kg/m³;

Vibráticos – grão médio a grosso e massa volúmica entre 150 e 350 kg/m³.

1. Propriedades do aglomerado negro de cortiça

Os aglomerados são, conforme já referido, classificados em função da sua massa volúmica ainda que, evidentemente, um mesmo tipo possa desempenhar as diferentes funções. Nos parágrafos seguintes são apresentadas as principais características físicas associadas a cada uma dessas utilizações.

1. Isolamento acústico

As características geralmente consideradas no que se refere a este aspecto específico das aplicações são: o coeficiente de absorção; o custo do material; a durabilidade; a resistência ao fogo; o peso; a reflectividade da superfície; a facilidade de manuseamento e instalação.

O aglomerado negro de cortiça de densidade inferior a 0,1 é, provavelmente, o material que melhor responde a este conjunto de características. A 500 Hz o coeficiente de absorção, α , varia entre 0,5 e 0,8 (figura 2), a condutividade térmica varia entre 0,035 e 0,038 W.m/K; pintado de cores claras o coeficiente de reflexão varia entre 0,65 e 0,79; é facilmente aplicável em tectos, pavimentos e paredes sendo aplicado com grande sucesso na redução do nível de ruído e na correcção acústica de salas; pode ser utilizado como isolante sonoro (aplicado em zonas de descontinuidade estrutural). Tenha-se em atenção que a redução dos níveis sonoros dos ruídos aéreos transmitidos através de paredes obedece à chamada "lei das massas": a perda de transmissão (dB) é proporcional ao logaritmo (decimal) da massa por unidade de superfície p , isto é

$$\Delta(dB) = k \log p$$

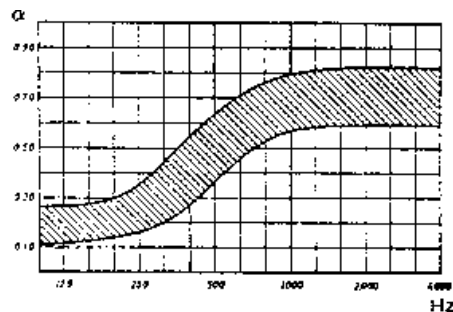


Figura 2 – Coeficiente de absorção do aglomerado negro de cortiça

2. Isolamento térmico

As características apontadas para os materiais utilizados como isolantes térmicos são: baixas condutividade térmica, k , massa volúmica, ρ , e calor específico c_p ; não absorção de humidades; elevada resistência mecânica; fácil de trabalhar e resistente ao fogo; ausência de cheiros ou emissão de produtos tóxicos; estabilidade, resistência ao ataque de roedores e insectos; durabilidade e baixo preço.

O aglomerado negro de cortiça com densidades entre 0,1 e 0,15 cumpre todos estes requisitos: a 20°C a condutividade térmica varia entre 0,040 e 0,042 W/mK, o calor específico vale 1674 J/kgK e o coeficiente de expansão térmica 2 a $5 \cdot 10^{-5}$ m/K/m; suporta em condições elásticas pressões da ordem de 20 kPa; é facilmente trabalhável; tem uma durabilidade muitíssimo longa (dezenas de anos); praticamente inerte à maioria dos produtos químicos correntes; capilaridade praticamente nula e resistência à desintegração notável não apenas a água fervente mas a atmosferas tão agressivas como de ácido clorídrico.

Nas figuras 3 e 4 apresentam-se os resultados de um conjunto de ensaios experimentais que mostram que a condutibilidade varia linearmente com a variação de temperatura e com a massa volúmica.

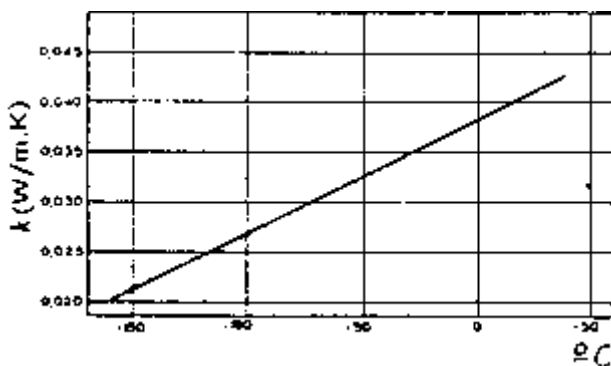


Figura 3 – Variação da condutibilidade térmica do aglomerado negro com a temperatura

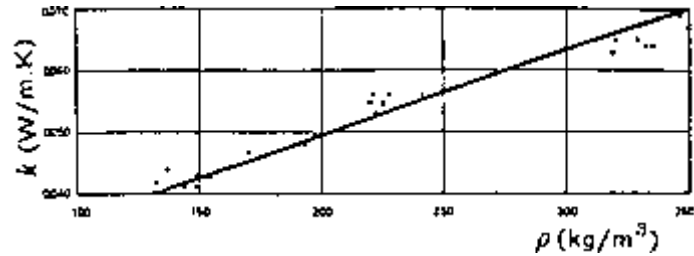


Figura 4 – Condutibilidade térmica do aglomerado negro em função da massa volúmica

3. Isolamento vibracional

Explicitar a maior parte das exigências consideradas para os materiais que garantem boas propriedades de isolamento vibrático é repetir muitas das já referidas anteriormente, nomeadamente as características de durabilidade, facilidade de manuseamento, resistência a ataque de produtos químicos, água e humidades, degradabilidade, libertação de produtos tóxicos e perigosos,

Especificamente, no entanto, vale a pena lembrar que o parâmetro mais corrente para medir a eficiência de um material isolante é a transmissibilidade T, quociente entre a força transmitida pelo isolador à fundação e a aplicada pelo sistema que se pretende isolar ao isolador. A figura 5 representa a variação deste parâmetro para um sistema mecânico simples (um grau de liberdade) em função da chamada frequência reduzida (o quociente da frequência própria do sistema pela frequência da excitação), sendo fácil verificar que até valores desta relação da ordem de 1,41 se verifica em regra uma amplificação dos sinais e só daqui para cima o valor de T se torna inferior à unidade. Isto significa que para o mesmo valor da frequência de excitação um melhor isolamento pode ser conseguido com um menor valor da frequência própria do sistema, ω_n , dada basicamente por

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{M}} = \sqrt{\frac{EA}{lM}}$$

onde K é a rigidez do sistema e M a sua massa; E o módulo de elasticidade do material isolante, A é a área do isolante e l a sua espessura.

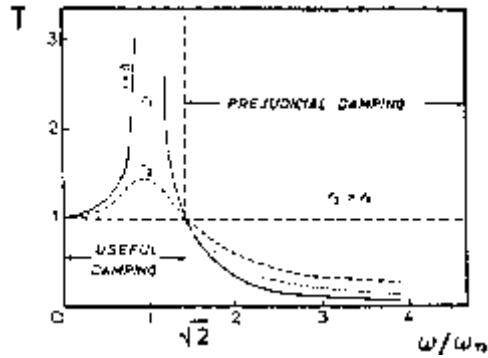


Figura 5 – Transmissibilidade de um sistema mecânico

O quadro II apresenta um conjunto de valores determinados experimentalmente para os aglomerados negros de cortiça, sendo fácil proceder agora a um dimensionamento correcto do isolamento. Os valores de σ_y e σ_{10} referem-se ao limite elástico e ao valor da pressão (tensão normal) necessária para produzir uma deformação de 10% no material.

Não referido ainda mas não menos importante em termos de aplicações mecânicas (e mesmo em certas condições de aplicação como isolante acústico e térmico) é o facto do coeficiente de Poisson do aglomerado negro de cortiça ser 0. Isto é, as variações relativas de volume do material quando submetido a um determinado estado de tensão são nulas e daí que o material seja muitas vezes utilizado no preenchimento de juntas de dilatação dos edifícios.

Quadro II – Propriedades mecânicas do aglomerado negro

ρ (kg/m ³)	E (kPa)	σ_{10} (kPa)	σ_y (kPa)
110/130	260	16	5
145/160	350	25	10
175/190	400	27	12
210/225	600	30	15
240/285	700	40	18
305/320	700	53	20

3. Conclusões

O aglomerado negro de cortiça, um material 100% natural, apresenta um conjunto de propriedades notável do ponto de vista das suas aplicações em edifícios e estruturas, em especial quando se pretende satisfazer em simultâneo condições de conforto acústico, térmico e anti-vibrático.

4. Referências

Prates, J.M.; Freitas, M. & Saraiva, J.A..G. (1994): On the Mechanical Behaviour of black cork agglomerate – 10th International Conference in Experimental Mechanics, Lisboa

Saraiva, J.A.G.; Marques da Silva, F.V. & Gonçalves da Silva, F.A. (1998): Vibrações nas Bancadas Superiores do Pavilhão Multiusos (EXPO'98) – LNEC, Lisboa

Saraiva, J.A.G.; Santos, P.R. & Marques da Silva, F.V. (1998): Vibrações Induzidas pelo Tráfego Rodoviário na Ala Norte do Mosteiro de Alcobaça – LNEC, Lisboa