

# Isolamento do ruído de impacto com resíduos de PET e PNEU - Análise preliminar de dados

CARVALHO, Maria Luiza de U.<sup>1</sup>  
CASTRO, Régis  
GUIMARÃES, Marlos

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil. rosangelafulche@gmail.com

## Resumo

O crescimento populacional tem gerado diversos problemas na sociedade contemporânea. Dentre eles estão o aumento do descarte de resíduos urbanos e a carência de moradia de baixo custo. O objetivo do presente trabalho foi estudar a potencialidade da utilização de dois resíduos sólidos na confecção de pisos flutuantes para redução do ruído de impacto através de parcerias com Furnas Centrais Elétricas e UFG. As amostras foram confeccionadas com o flake de garrafas PET e a raspa de pneus inservíveis aplicados em misturas cimentícias nas proporções de 1:4 e 1:5 (cimento: resíduo). Estas tinham espessuras diferentes sobre as quais tiveram a colocação de um contrapiso móvel com dois tipos de revestimento cerâmico. Para os ensaios foram consultadas a ISO 140-7 quanto aos procedimentos de medição para os níveis de pressão sonora de impacto ( $L'nT$ ) e a ISO 717-2 para a determinação do valor único ponderado ( $L'nT,w$ ). Dentre os resultados, 5 amostras com PET obtiveram  $L'nT,w$  superior às demais amostras. Conclui-se que as amostras com resíduo de PET tiveram desempenho superior às amostras com resíduo de pneu. Contudo, ambos resíduos possuem um uso potencial na aplicação de pisos flutuantes nas proporções estudadas, porém necessitam maiores estudos para aplicação técnica.

**Palavras-Chave:** isolamento do ruído de impacto, resíduo de PET, resíduo de pneu.

## Abstract

*Population growth has created several problems in contemporary society. Among them are the increasing waste disposal and the lack of affordable housing. The aim of this work was to study the potential use of two solid waste in the manufacture of floating floors to reduce the impact noise propagation through partnerships with Furnas Centrais Elétricas and UFG. The samples were prepared with the PET bottle flake and rubber tire residues used in cement mixtures in ratios of 1:4 and 1:5 (cement: residue). These had different thicknesses over which a portable mortar slabs with two types of ceramic tiles were places. For the tests procedures, ISO 140-7 was consulted for measuring the standardized impact sound pressure level ( $L'nT$ ) and ISO 717-2 for determining the unique value of the weighted standardized impact sound pressure level ( $L'nT,w$ ). Among the results, 5 samples with PET obtained higher results than the other samples. It is concluded that samples with PET residue outperformed the samples with tire residue. However, both residues have a potential use in the application of floating floors, but need further studies for technical application.*

**Keywords:** impact sound insulation, PET residue, tire residue.

## 1. Introdução

O crescimento demográfico contemporâneo ficou evidente nas aglomerações urbanas. Só na cidade de Goiânia são 1.302.001 habitantes (IBGE, 2010) que junto à região metropolitana chegam a três milhões (VIANA, 2007). Com a expansão da população e a concentração urbana, aumentam também a geração de lixo e a poluição ambiental. Contudo, a cidade ainda continua um imã demográfico (ROGERS, 2001) devido à facilidade de obter empregos e ao desenvolvimento cultural. Para abrigar a população, as edificações altas foram uma das formas encontradas para contemplar o crescimento da cidade. Essas construções fazem uso de diversas tecnologias para reduzir gastos, mas isto tem causado outros problemas quanto ao conforto ambiental (SILVA, 2009). Assim, muitas vezes, os novos processos construtivos necessitam aperfeiçoar sua tecnologia para garantir a qualidade de vida aos usuários.

Uma das soluções mais eficientes para atenuar o ruído proveniente do impacto no piso de edificações altas é o piso flutuante. Esse utiliza o princípio massa-mola-massa, no qual a transmissão é interrompida por um material resiliente, que atenua a propagação da onda sonora para a estrutura do edifício (GERGES, 2000; MARCO, 1990; ARAU, 1999). A propriedade resiliente deste material refere-se à capacidade de resistir à determinada pressão e não perder sua propriedade elástica, ou seja, não sofrer deformação grande. Cabe ressaltar que o material resiliente não pode ter ligações rígidas com a estrutura, para garantir a eficiência do sistema e evitar as “pontes acústicas” (GINN, 1978; ARAU, 1999).

O poliestireno expandido elastizado, a espuma de polietileno extrudado com células fechadas e a lã de vidro são apenas alguns exemplos comerciais desses materiais resilientes. No entanto, sistemas não convencionais também podem ser usados. Pesquisas demonstram que resíduos como a casca de arroz, o pó do pneu (PAZ; SANTOS, 2002), a sola de sapato (HAX, 2002), a fibra de coco e o aglomerado de cortiça (MORAIS et al., 2009) têm grande potencial de substituir os materiais comerciais. Contudo, a adoção dos produtos reciclados ainda necessita de avaliações mais profundas, assim como desenvolvimentos para a devida inserção no mercado da construção civil.

Na crise ambiental contemporânea, a busca de alternativas para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos se torna fundamental. Felizmente a sociedade pós-industrial tem mostrado valores contrários ao materialismo pós-guerra que agride a natureza. Valores como a expressão pessoal e a busca da qualidade de vida estão criando mudanças culturais em relação ao meio ambiente (ESTER et al.,

2004). O conforto sonoro no ambiente construído é apenas um dos fatores que propicia a saúde humana e, por consequência, a harmonia entre o homem e o meio ambiente.

## 2. Objetivo

Este artigo tem como objetivo estudar o potencial de aplicação dos resíduos da garrafa de poli(tereftalato de etileno), popularmente conhecido como PET, e do pneu inservível como material na confecção do piso flutuante para isolamento do ruído de impacto através de ensaios para o nível de pressão sonora de impacto padronizada ponderada (L<sub>n</sub>T) segundo a ISO 140-7 (ISO, 1998) e o cálculo do valor único do nível de pressão sonora de impacto padronizada e ponderada (L<sub>n</sub>T,w) segundo a ISO 717-2 (ISO, 1996).

## 3. Método

O método deste trabalho está dividido em 2 etapas principais:

Preparação para ensaios.  
Ensaio e cálculos acústicos.

### 3.1. Preparação para ensaios

As instalações físicas e confecção das amostras para os ensaios seguiram a alguns procedimentos da ISO 140-8 (ISO, 1997) como espessura da laje e tamanho das amostras. As amostras foram confeccionadas conforme a Categoria 1 para amostras pequenas na qual se determina que o tamanho deva ser grande o suficiente para receber a máquina de impacto.

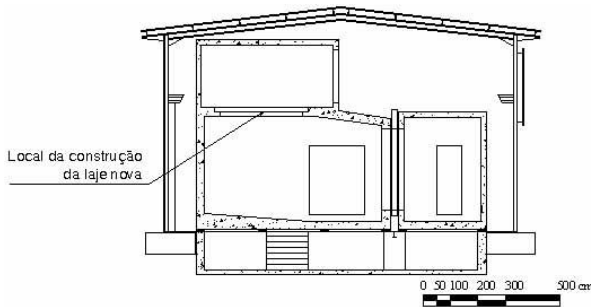
#### 3.1.1. Instalações do laboratório

O Laboratório de Acústica de Furnas Centrais Elétricas em Aparecida de Goiânia no estado de Goiás se compõe de duas câmaras sobrepostas com volume respectivo de 78 e 152 m<sup>3</sup> para a superior e a inferior (figura 1). A estrutura da edícula é de concreto maciço e desconectado da fundação por mantas de neoprene. A laje padrão se constitui em concreto usinado com armação cruzada de 19 MPa para resistência a compressão (F<sub>ck</sub>) aos 28 dias e na espessura de 12 cm atendendo à ISO 140-8 (ISO, 1997). As quatro extremidades da laje ficaram sobreposta na existente por meio de dente Geber com manta de neoprene e isopor.

#### 3.1.2. Confecção das amostras e contrapiso

Os materiais utilizados para a confecção das amostras foram o resíduo do PET e do pneu inservível usando como aglomerante o cimento CP IV – 32 RS. O primeiro resíduo é um rejeito do processo da trituração de garrafas PET pós-consumo coletado na Cristal PET, Goianira-GO e o segundo origina-se da

**Figura 1:** Corte das Câmaras Acústicas.



raspagem de pneus inservíveis para a confecção de pneus recapados coletado na Recapagem Moreira, Goiânia-GO.

O traço foi determinado em volume devido este ser mais comum do que o traço em massa. Iniciou-se com o traço de 1 de cimento para 4 de resíduo simultaneamente com os dois resíduos, haja visto que proporções menores iriam consumir muito cimento. Foi-se acrescentando porções de resíduo até chegar ao traço 1:7 no qual a amostra com PET ficou frágil e o cimento aglomerou pouco. Estabeleceram-se então os traços 1:4, 1:5 e 1:6 para as amostras com PET e pneu. No entanto, a amostra com pneu no traço 1:6 ficou demasiadamente frágil quando moldada no tamanho para os ensaios do isolamento do ruído de impacto, e se tornou necessário eliminar este traço. Assim ficaram somente os traços de 1:4 e 1:5 como amostras de ensaio.

Além das duas proporções (1:4 e 1:5), determinou-se duas espessuras (1,5 e 2,5 cm) e foram confeccionado 3 amostras de cada para atender a norma ISO 140-8 (ISO, 1997). As peças foram moldadas sobre madeira selada com guias metálicas subdividindo 1 m<sup>2</sup> de amostra em quatro peças para melhor manuseio das mesmas (figura 2). Esta confecção de amostra também foi adotada em outra pesquisa no Brasil como a realizada com resíduos de sola de sapato de HAX (2002).

Para simular o acabamento do piso, dois contrapisos móveis foram confeccionados num traço de 1:2 (cimento: areia) com a relação água-cimento de 0,5 e uma malha metálica interna para garantir a integridade da peça (figura 3). Ambos módulos de contrapiso foram revestidos com cerâmica de PEI 4, espessura 7,5 mm e dimensões 31x31 cm de duas marcas comerciais diferentes, denominadas aqui de cerâmica popular e de alto padrão. As peças ficaram com 4 cm

de contrapiso e 2 cm de revestimento cerâmico num total de 6 cm.

### 3.2. Ensaios acústicos

Os dados acústicos coletados em laboratório não foram tratados pela ISO 140-6 (ISO, 1998a) ou ISO 140-8 (ISO, 1997), pois as câmaras acústicas de Furnas Centrais Elétricas ainda não foram devidamente qualificadas segundo órgãos fiscalizadores. Adotou-se o procedimento de ensaio conforme a ISO 140-7 (ISO, 1998b) para o nível de pressão sonora de impacto padronizada ponderada ( $L'_{nT}$ ) e a ISO 717-2 (ISO, 1996) para o cálculo do valor único do nível de pressão sonora de impacto padronizada e ponderada ( $L'_{nT,w}$ ). Os dados coletados foram o ruído de fundo, tempo de reverberação, nível de pressão sonora de impacto, temperatura e umidade relativa todos na câmara receptora. A equação 1 foi adotada segundo a ISO 140-7 (ISO, 1998b) conforme segue:

**Figura 2:** Amostra de placas com resíduo.



**Figura 3:** Ferragem das placas de contrapiso.



$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (1)$$

Onde:

$L_i$  = Nível de pressão sonora de impacto na sala receptora (dB);  $T$  = tempo de reverberação na sala receptora (s);

$T_0$  = tempo de reverberação de referência igual a 0,5 s.

Para obter o valor único ponderado da ISO 717-2 (ISO, 1996), os resultados calculados do nível de pressão sonora de impacto padronizado foram ajustados à curva padrão da norma. O ajuste consiste

no acréscimo ou diminuição de 1 dB à curva padrão estabelecida pela norma até que a soma da diferença dos valores positivos entre os resultados de ensaio e a curva ajustada não ultrapassem 32 dB. Após ajuste, o valor único adotado consiste no valor dado à 500 Hz.

Os equipamentos acústicos utilizados foram a máquina de impacto (tapping machine), o microfone com pré-amplificador de 3/4 de polegadas, a fonte sonora dodecaédrica e o analisador de frequência devidamente interligados com cabos para cada ensaio assim como o medidor de temperatura e umidade relativa. Utilizou-se de 5 posições da máquina de impacto sobre cada contrapiso (Figura 4), 4 posições do contrapiso sobre a laje padrão com distância das bordas de 50 cm e distribuição aleatória (Figura 5) e 5 posições para o microfone na câmara receptora inferior. Nos ensaios do tempo de reverberação foram fixados 4 pontos de captação com 6 decaimentos em cada medição.

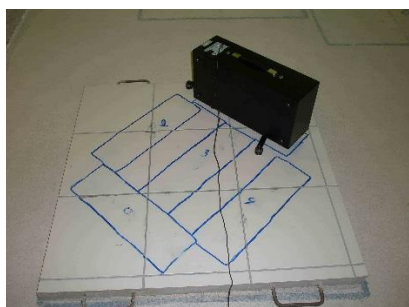
#### 4. Análise de resultados

A seguir estão apresentados os níveis de pressão sonora de impacto padronizados e ponderados (L<sub>nT,w</sub>) para as amostras com o resíduo de pneu e PET. Os dados representam o valor único ponderado conforme a curva padrão especificada pela ISO 717-2 (1996) apresentados em gráficos de barras.

Os resultados foram agrupados em 2: um com os L<sub>nT,w</sub> das amostras com contrapiso popular e outro com o contrapiso de alto padrão. Cabe reforçar que quanto menor o valor apresentado, melhor é o isolamento acústico, pois menos energia sonora está



Figura 5: Posição do contrapiso, câmara superior.



sendo captada pelo microfone na sala receptora. Todos os gráficos são referentes aos ensaios realizados no período de junho a agosto de 2009.

#### 4.1. Resultados do Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizada e Ponderada

As Figuras 6 e 7 apresentam os valores únicos ponderados do nível de ruído de impacto – L<sub>nT,w</sub> das amostras de referência e com os resíduos. Os resultados para as amostras com resíduos tiveram pouco diferenciação entre si, pois os dados variaram entre 53 e 57 dB. No entanto, todos resultados das amostras com resíduo demonstraram uma melhora no isolamento do ruído de impacto frente aos dados com somente os contrapisos.

Ao confrontar os resultados de L<sub>nT,w</sub> das mesmas amostras com contrapisos revestidos de cerâmica diferentes ficou evidente que o tipo de revestimento teve influência no isolamento do ruído de impacto. Em todas as configurações, os resultados ou eram iguais ou a cerâmica de alto padrão apresentou isolamento superior à popular. A diferença máxima entre os ensaios com cerâmicas diferentes foi de 3 dB para a amostra de PET no traço 1:5 e espessura de 1,5 cm em que a cerâmica de alto padrão teve resultado superior.

Em se tratando da influência do tipo de resíduo, o resíduo de PET aparenta ter resultados um pouco

Figura 6: Dados do L<sub>nT,w</sub> para contrapiso em cerâmica popular.

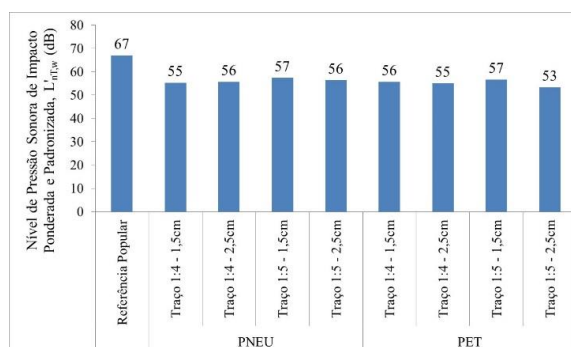
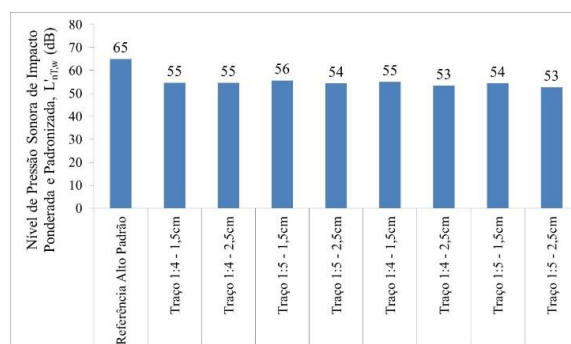


Figura 7: Dados do L<sub>nT,w</sub> para contrapiso em cerâmica de alto padrão.





acima das amostras com pneu com ressalva à amostra no traço 1:4 e espessura 1,5 cm com o contrapiso popular em que o pneu teve uma melhora de 1 dB no isolamento acústico frente ao PET. Os resultados do  $L_{nT,w}$  para as amostras com pneu foram bastante próximos entre si. Ao confrontar todas as amostras, pode-se observar uma diferença de 3 dB para as amostras dos resíduos no traço 1:5 e espessura 2,5 cm com a cerâmica popular.

No tocante à variação da espessura da amostragem em 1,5 e 2,5 cm, pode-se observar que, com ressalva à comparação das amostras no traço 1:4 para ambos os resíduos, o isolamento do ruído de impacto cresceu com a espessura da amostra. As amostras com o resíduo de PET no traço 1:5 e cerâmica popular chegaram a 4 dB de decréscimo com o incremento da espessura.

Por outro lado, os resultados das amostras com traços diferentes para o mesmo resíduo apresentaram uma variação de 1 dB no  $L_{nT,w}$  no contrapiso de alto padrão e 2 dB no popular. Os resultados para os traços 1:4 e 1:5 na mesma espessura não se manifestaram constantes ao incremento do resíduo seja para uma tendência crescente ou decrescente.

## 5. Conclusões

Este trabalho apresenta os resultados do isolamento do ruído de impacto ( $L_{nT,w}$ ) com o uso dos resíduos de PET e pneu na confecção dos pisos flutuantes para 2 traços, 2 espessuras e 2 tipos de revestimento cerâmico.

Observou-se que o nível de pressão sonora de impacto padronizado e ponderado,  $L_{nT,w}$ , das amostras com o resíduo de PET apresentou isolamento um pouco acima às demais. Quanto as variantes da cerâmica, traço e espessura, constatou-se que o efeito do tipo de revestimento cerâmico foi significativo e demonstrou um isolamento do ruído de impacto superior com a cerâmica de alto padrão em todas as amostras, independentemente do resíduo. Provavelmente a composição química da cerâmica e o processo de fabricação causou efeito nos resultados. Constatou-se um decréscimo do  $L_{nT,w}$  com o incremento da espessura o que vem a corroborar o princípio de que o isolamento do ruído de impacto aumenta com a espessura (BERANEK, 1971; BISTAFA, 2006). Já o traço não apresentou uma tendência visível sendo necessário aprofundar análises.

Em vista do procedimento experimental, resultados e discussões, todos os objetivos foram alcançados. Ambos os resíduos demonstraram um potencial para uso como material resiliente no isolamento do ruído de impacto, visto que todos os resultados obtiveram

uma melhora do isolamento em relação às respectivas referências assim como se classificaram no desempenho intermediário segunda a NBR 15.575-3 (2008). Isso assegura a possibilidade de destinação desses resíduos na construção de pisos flutuantes.

Como etapa seguinte, a pesquisa irá investigar as propriedades físico-mecânicas não acústicas coletados durante a pesquisa com as propriedades acústicas para o isolamento do ruído de impacto, além de aprofundar na análise espectral dos dados obtidos.

## 6. Referências Bibliográficas

ARAU, Higini. **ABC de la acustica arquitectonica**. Barcelona: Ed. Grupo Editorial Ceac, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3**. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos– Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, Maio, 2008, 37 p.

BERANEK, Leo L. **Noise and Vibration Control**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1971.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

ESTER, P.; SIMÕES, S.; VINKEN, H. Cultural change and environmentalism: a cross-national approach of mass publics and decision makers. **Ambiente & Sociedade**, v. VII, no 2, jul./dez., 2004.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Florianópolis: NR Editora, 2000.

GINN, K. B. **Architectural Acoustics**. Naerum, Dinamarca: Editora Brüel & Kjaer, 1978.

HAX, S. P. P. **Estudo do potencial dos resíduos de E.V.A. no isolamento de ruído de impacto nas edificações**. Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. 2002. 169 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>>. Acessado em: 14 de Abril de 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-6**: Acoustics – Measurement of Sound Insulation in Buildings and of building elements – Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors, ISO 140, ISO/TC, Genève, 1998a.

\_\_\_\_\_. **ISO 140-7**: Acoustics – Measurement of Sound Insulation in Buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors, ISO 140, ISO/TC, Genève, 1998b.

\_\_\_\_\_. **ISO 140-8**: Acoustics – Measurement of Sound Insulation in Buildings and of building elements – Part 8: Laboratory measurement of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor, ISO 140, ISO/TC, Genève, 1997.

\_\_\_\_\_. **ISO 717-2**: Acoustics – Rating of sound insulation in building and of building elements – Part 2: Impact sound insulation, ISO 717, ISO/TC, Genève, 1996.

MARCO, C. S. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Ed. Nobel, 1990.

MORAIS, L.; PEREIRA, A.; GODINHO, L. Caracterização Experimental do Isolamento a Ruído de Impacto de Sistemas de Laje Flutuante e de Piso Flutuante Utilizando um Sistema de Dimensões Reduzidas. **Annais: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Natal: ENCAC, 2009.

PAZ, G. S.; SANTOS, J. L. P. Uso da casca de arroz e pó de pneu no isolamento do ruído de impacto, In: XX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 10, 2002, Rio de Janeiro. **Annais: II Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações**. Rio de Janeiro: [s.n], 2002, p. 1-6.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2001, p. 180.

SILVA, S. M. G. M. da. **A Sustentabilidade e o Conforto das Construções**. Minho: Programa de Pós-Graduação em Engenharia

Civil. Originalmente apresentado como tese de doutorado, Universidade do Minho. 2009. 412 p. VIANA, N. A vida nas cidades. **Sociologia Especial – Ciência e Vida**, São Paulo: n. 1, p. 6-13, 2007.

## 7. Agradecimentos

Os autores agradecem à FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS e UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto assim como as doações dos resíduos pela Cristal PET e Recapagem Moreira através da COPEL Indústria e Comércio de Reciclagem Ltda. e JLS Transportes e Serviços Ltda. respectivamente.