



AVALIAÇÃO DE MATERIAL COM RESÍDUOS POLIMÉRICOS NA REDUÇÃO DO RUÍDO DE IMPACTO EM PISOS

**Maria Fernanda de O. Nunes (1); Mara Zeni Andrade (2); Ana Maria Coulon Grisa (3); Ademir J. Zattera (4); Andréia N. Menegotto (5); Erasmo Felipe Vergara (6);
Dinara Xavier Paixão (7)**

- (1) Laboratório de Conforto Ambiental – Universidade de Caxias do Sul, Brasil – e-mail:
mfonunes@ucs.br
- (2) Laboratório de Química dos Materiais – Universidade de Caxias do Sul, Brasil – e-mail:
mzandrad@ucs.br
- (3) Laboratório de Química dos Materiais – Universidade de Caxias do Sul, Brasil – e-mail:
amcgrisa@ucs.br
- (4) Laboratório de Polímeros – Universidade de Caxias do Sul, Brasil – e-mail: ajzatter@ucs.br
- (5) Laboratório de Conforto Ambiental – Universidade de Caxias do Sul, Brasil – e-mail:
andreia@3warquitetura.com.br
- (6) Laboratório de Acústica – Universidade de Santa Maria, Brasil – e-mail: efvergara@gmail.com
- (7) Laboratório de Acústica – Universidade de Santa Maria, Brasil – e-mail: di_paixao@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta a avaliação de materiais desenvolvidos com uso de resíduos de PU (poliuretanos) e EVA (etileno acetato de vinila), para tratamento do ruído de impacto em pisos. O trabalho envolve o desenvolvimento de formulações químicas, a confecção das amostras e a avaliação do desempenho acústico. Para tal, medições em laboratório foram realizadas seguindo normas ISO 140 e 717, com quatro tipos diferentes de materiais: placas de EVA de alta densidade, de EVA virgem, de EVA com 40% de resíduos e de PU com 15% de resíduos. Os resultados finais indicam um potencial significativo de uso dos materiais produzidos com polímeros reciclados.

Palavras-chave: resíduos poliméricos; ruído de impacto; pisos.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Resíduos poliméricos

Zattera *et al.* (2005) afirmam que estudos realizados na região sul do Brasil mostraram que os resíduos gerados pela indústria calçadista foram superiores a 200 toneladas/mês em 2001, sendo o maior volume oriundo de recortes de placas expandidas. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Plásticos (ABIPLAST), em 2003 o consumo de resinas termoplásticas no Brasil foi da ordem de 3.817.000 toneladas. O polietileno representou a maior porcentagem deste montante, cerca de 39,9%, e o copolímero EVA com um valor de 1,2%. O processo de corte e acabamento de chapas expandidas de EVA gera uma média de 18% em massa de material residual, perfazendo o montante estimado no Brasil deste tipo de descarte da ordem de 7.932 toneladas anuais.

Os poliuretanos (PU) constituem um dos materiais mais versáteis no mundo de hoje. Seus usos são variados e se pode citar a aplicação na espuma flexível de móveis e estofados; na espuma rígida utilizada em isolamento de paredes e telhados; e na fabricação de calçados, revestimentos, adesivos, selantes e os elastômeros utilizados em pisos e interiores automotivos, esses últimos derivados do PU termoplástico (BRAINS, 1969; HEPBURN, 1962). Ressalta-se que essa diversificada utilização vem ocorrendo nos últimos trinta anos, em decorrência das vantagens dos custos, economia de energia e potencial ambiental.

A disposição em aterros é o procedimento mais utilizado para o descarte de espumas de PU. Porém, nos últimos anos, a preocupação com a ecologia tem levado a uma extensa revisão dos métodos para a reutilização de resíduos como uma alternativa à disposição em aterros. Desta forma, a busca por alternativas para o descarte desses materiais é considerada de extrema relevância, devido ao aumento dos custos de aterro e diminuição na disponibilidade de espaço nos mesmos (DE GASPARI, 1999).

Dentro desse contexto, verifica-se que mundialmente as regulamentações e demais instrumentos jurídicos ambientais tem apresentado maior atenção na reciclagem de PU, devido ao desenvolvimento contínuo da preocupação com o meio ambiente. No Brasil, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) instituiu a responsabilidade do produtor e do importador pelo ciclo total do produto, ou seja, a coleta, o transporte e a disposição final (SANTOS; AGNELLI; MANRICH, 2004).

A indústria de PU está empenhada em cumprir as necessidades atuais de hoje sem comprometer as necessidades de amanhã. O desenvolvimento contínuo de processos de reciclagem e recuperação de tecnologias (SCHEIRS, 1998; FRISCH; KLEMPNER, 2001), além de investimentos em infraestrutura necessária para suportá-los, pode incrementar a criação de mercados viáveis e participação pela indústria, governo e consumidores na cadeia produtiva. Howard (2002) afirma que pesquisas, estudos e testes resultaram em uma série de métodos de reciclagem e recuperação de PU que podem ser economicamente e ambientalmente viáveis.

Para que não sejam gerados impactos significativos com a reciclagem, é fundamental que durante a fase de desenvolvimento do design do novo produto, considere-se a possibilidade de reciclagem no ciclo final desse novo produto. A abertura e ampliação do mercado do plástico reciclado por meio de novas tecnologias e novos produtos contendo material reciclado também é um dos meios propostos para aumentar os índices de reciclagem dos plásticos.

O gerenciamento do resíduo sólido é de fundamental importância para a população mundial, e deve ser desenvolvido para que seja um sistema auto-sustentável. Em curto e médio prazos há uma tendência de estímulo do funcionamento operacional com uma logística reversa; por meio de leis específicas e subsídios, o qual em longo prazo deve se tornar o processo rentável (DENT, 1999; DASKALOPOULOS, 1997).

O reaproveitamento desses resíduos em processos industriais é uma possível solução para minimizar estes danos ambientais causados tanto na construção civil quanto nas indústrias. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, com novos mercados para polímeros reciclados assume um papel importante para o gerenciamento de resíduos. Isto se torna realidade na medida em que se estabelecem trabalhos integradores entre Universidades e empresas.

1.2 Isolamento ao ruído de impacto

Conforme definição da NBR 12179 (ABNT, 1992), isolamento acústico é o processo pelo qual se procura evitar a penetração ou a saída, de ruídos ou sons, em um determinado recinto.

O ruído pode se propagar em uma construção através do ar, os chamados ruídos aéreos, ou através da própria estrutura, que são os ruídos de impacto. Segundo Bistafa (2006), sons gerados por pisadas e queda de objetos sobre lajes provocam grande desconforto em prédios de apartamentos, por serem ouvidos claramente pelo vizinho de baixo. Isto ocorre porque se trata de uma eficiente excitação por contato, em que a laje se torna um irradiador de energia sonora em ampla faixa de freqüências, devido ao movimento vibratório induzido pela excitação localizada.

Bistafa (2006) revela que, a solução normalmente utilizada para redução de sons de impacto consiste em colocar material resiliente isolador entre a laje estrutural e o contrapiso, de menor espessura do que a laje. No mercado brasileiro são encontrados vários materiais resilientes capazes de suprir as condições exigidas pelo princípio massa/mola/massa, no qual massa é o conjunto definido pelo contrapiso e acabamento do assoalho, enquanto mola faz referência às características elásticas do elemento resiliente. Segundo Bistafa (2006), destacam-se a espuma de polímeros, a lã de vidro e a lã de rocha. Outros materiais com propriedades elásticas também são comumente utilizados: fibras de madeira, cortiça ou borracha de baixa densidade, EVA, manta de polietileno e poliestireno expandido.

O isolamento ao ruído de impacto em pisos foi tema de várias pesquisas que utilizaram diferentes materiais.

Hax (2002) realizou um estudo através de ensaios de laboratório, para a verificação do potencial dos resíduos de EVA, oriundos das indústrias calçadistas, no isolamento de ruído de impacto das edificações, sendo estes empregados como material elástico na composição de pisos flutuantes. Tendo como objetivo específico, aglomerar os resíduos de EVA com diferentes espessuras e composições e classificar as amostras de EVA, por desempenho. O EVA sofreu diferentes processos em sua mistura, com a adição de cola PVA, resina sintética, asfalto a frio e quente, para a confecção de diferentes amostras. As amostras compostas por EVA com resina sintética obtiveram os melhores desempenhos, com ΔL_w na ordem de 14 dB em relação a amostra referencial.

Pedroso (2007) realizou um estudo comparativo entre as composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto. Foram testados pisos de porcelanato e laminados de madeira em sistemas de pisos flutuantes com os seguintes materiais resilientes: lã de vidro, mantas de borracha reciclada, placas de poliestireno expandido com diversas densidades e manta de polietileno. Em ambos os casos o sistema com a utilização da lã de vidro proporcionou os melhores desempenhos com $L_{n,w}$ 50 dB para o porcelanato e, 56 dB para o laminado.

Morais *et al.* (2009) realizaram um conjunto de ensaios com lajes e pisos flutuantes utilizando diferentes materiais de diferentes espessuras, recorrendo a uma câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas. Dos materiais ensaiados (aglomerado de cortiça negra, fibra de coco, poliestireno, borracha e cortiça) a fibra de coco demonstrou um melhor desempenho de isolamento acústico em todas as freqüências. Segundo os autores, este desempenho é particularmente interessante nas freqüências mais baixas, que geralmente são as que apresentam maior dificuldade de se obter isolamento a ruído de impacto.

A NBR 15.575 (2008), que estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis a diferentes elementos construtivos, em suas partes 3 e 4, traz considerações a respeito de ruído de impacto em pisos.

Os níveis de desempenho variam desde o mínimo “M”, passando pelo intermediário “I” até o superior “S”. O escopo desta norma deixa claro que, esta não se aplica a pisos industriais, e que esta parte da norma pode ser aplicada a edifícios habitacionais, independente da limitação do número de pavimentos.

A Tabela 1 apresenta os critérios de classificação de desempenho recomendados para os níveis de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ($L'_{nT,w}$) proporcionado pela laje, para ensaios de campo.

Tabela 1- Critério de nível sonoro padronizado ponderado para ensaios de campo

ELEMENTO	$L'_{nT,w}$ (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHOO
Laje de entre piso ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico	< 80	M (Mínimo)
Laje de entre piso ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, com tratamento acústico	55 a 65 < 55	I (Intermediário) S (Superior)
Cobertura acessível de uso coletivo	56 a 65 46 a 65 < 45	M (Mínimo) I (Intermediário) S (Superior)

(Fonte: ABNT, 2008)

2 OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho acústico de material produzido a partir de resíduos de PU (poliuretanos) e EVA (etileno-acetato de vinila), determinando comparativamente a isolamento sonora quanto ao ruído de impacto, produzido por uma máquina de impactos normalizados em um contrapiso de concreto de 25 mm de espessura.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em três etapas básicas: pesquisa exploratória sobre uso de resíduos no isolamento do ruído de impacto, confecção das amostras e ensaios de isolamento ao ruído de impacto.

Cada etapa foi desenvolvida em laboratórios específicos com a infra-estrutura requerida conforme especificado a seguir.

3.1 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram confeccionados dois tipos de amostras, considerando-se as pesquisas anteriores dos professores envolvidos no grupo de pesquisa. Os materiais utilizados em cada tipo foram resíduos de EVA e resíduos de PU.

3.1.1 Amostras de EVA

O resíduo de EVA foi obtido nas indústrias calçadistas da região de Três Coroas. A Figura 1 mostra dois exemplos de EVA que são tidos como resíduos, pois são sobras da confecção dos calçados. Os mesmos, antes de serem enviados para a pesquisa, já foram moídos pelas próprias empresas. O material utilizado nesta pesquisa está na granulometria média de 162 micrões.



Figura 1 - Resíduos de EVA antes da moagem.

Para confecção das amostras, foram realizados vários testes com diferentes formulações, até chegar ao resultado que se desejava.

Os materiais utilizados para essas formulações foram: EVA virgem 19% tipo 8019 – Políteno –; Resíduo de EVA (etileno-acetato de vinila); Ácido esteárico (puríssimo); ZnO - óxido de zinco; AzO - azodicarbonamida (agente expansor); Peróxido Di Cumila; DOP – dioctilftalato (agente de maleabilidade).

Os equipamentos utilizados foram: balança 10 kg; misturador de rolos modelo MH-600C; prensa quente 15 t; moldes.

Primeiramente foram feitas as pesagens dos materiais. Misturou-se o resíduo de EVA e o EVA virgem, com o agente de maleabilidade (DOP). Esse material foi submetido a um o misturador de rolos, modelo MH-600C, a uma temperatura de 70°C, durante 5 minutos, a uma velocidade de 21 RPM. Criou-se uma massa, e nesta foram adicionadas os seguintes componentes: óxido de zinco, ácido esteárico, peróxido di cumila e azodicarbonamida. Cada um destes foi adicionado separadamente e misturados durante 5 minutos cada um.

Após a realização das misturas, as mesmas foram conformadas em moldes com a dimensão de 165 mm x 140 mm, espessura de 3 mm e prensadas durante 10 min. com a temperatura da prensa quente PHS 15 t de 160°C e aplicada uma força de 8000 Kgf. Durante a prensagem, foram feitas duas degasagens (liberação de gases). Depois colocadas para esfriar durante 15 minutos com um peso de 12 kg. A Figura 2 mostra uma placa pronta, com a dimensão final de 18 x 20 cm e densidade final de 34 kg/m³.



Figura 2 - Placa de EVA resíduo com dimensão de 18 x 20 cm.

3.1.2 Amostras de PU

O processamento do resíduo de PU foi feito no Laboratório de Polímeros, da Universidade de Caxias do Sul. Primeiramente os solados de sapatos (Figura 3a), foram cortados em pequenos pedaços em uma serra fita. O resultado deste corte gerou pedaços de aproximadamente 9 cm³, conforme Figura 3b.



Figura 3 - Solado de Sapato (a) resíduo de PU; (b) pedaços cortados na serra-fita

Os flocos gerados foram moídos em um equipamento chamado moinho de facas de bancad. A alimentação do moinho foi feita pela parte superior, sendo o material moído, com uma peneira com granulometria de 248 micrônios e retirado gradualmente pela parte frontal inferior.

Para confecção das amostras de PU, os materiais utilizados foram: TDI 80/20; Poliol G200; 1,4-Butanodiol; Estanho; Água Destilada; Catalisador Amina; Surfactante; Resíduo de PU.

Foi feita a pesagem na balança de todos os materiais, sendo que o estanho, a amina, o butanodiol, a água destilada e o poliol são pesados todos juntos. O resíduo em pó de PU e o TDI são pesados em recipientes separados.

Inicialmente, é feita a mistura de todos os itens pesados juntos, durante 1 minuto, no misturador de bancada, com velocidade de 2500 RPM. Após é inserido na mistura, o resíduo de PU, durante mais 2 minutos. E por último, durante apenas 5 segundos é colocado o TDI, o qual deve ficar na estufa por 5 minutos na temperatura de 60°C, e precisa ser misturado rapidamente, caso contrário o processo de expansão é iniciado dentro do próprio recipiente.

Essa mistura pronta é despejada rapidamente dentro de uma caixa de madeira (Figura 4a), nas dimensões de 25 x 25 cm, forrada com plástico *contact*, e em seguida é colocada uma tampa de madeira para limitar a expansão superior da mesma. O processo de cura do material é realizado dentro de uma capela (sistema de exaustão), durante 24 horas.

Após a cura do material, o mesmo é cortado conforme molde (Figura 4b) nas dimensões 16 x 13 cm, e o resultado da placa depois de pronta e cortada, está demonstrado na Figura 4c. Algumas placas tiveram um aproveitamento maior nas dimensões laterais, por isso foram cortadas em tamanhos diferentes.



Figura 4 – Finalização das placas de PU: (a) caixa de madeira com a mistura de PU, (b) molde e (c) placa de PU nas dimensões 16 x 13 cm

3.2 Ensaios Acústicos

Os ensaios para avaliação do isolamento ao ruído de impacto foram realizados no Laboratório de Engenharia Acústica da Universidade Federal de Santa Maria, seguindo as recomendações da norma ISO 140 (1998) parte 6 e 8, assim como a norma ISO 717 parte 2 (1996) para o cálculo do número único.

A avaliação do isolamento ao ruído de impacto foi efetuada em um par de câmaras acústicas adjacentes verticalmente, separadas por um piso padrão de concreto armado com 120 mm de espessura. Sobre este piso/laje foram instaladas as amostras dos materiais a serem analisados, cobrindo uma área de 1,0 m x 1,0 m e sobre estas foi colocado um contrapiso de concreto de 25 mm de espessura e área de 1 m². Acima deste foi posicionada a máquina de impactos que atuou sobre o conjunto *contrapiso-amostra-piso padrão*.

O nível de pressão sonora devido ao ruído de impacto foi medido na faixa de freqüência entre 100 e 5.000 Hz, na sala de recepção (sala adjacente inferior à sala de emissão, com volume de ar de 52 m³) quando o conjunto *contrapiso-amostra EVA-piso padrão* sob avaliação foram excitados por uma máquina de impactos normalizados na sala de emissão (sala superior adjacente à sala de recepção).

A determinação dos níveis sonoros devido ao ruído de impacto consistiu em quantificar o Nível de Pressão Sonora de Impactos Normalizado (L_n) e a Redução do Nível de Pressão de Ruído de Impacto (ΔL), na faixa entre 100 e 5.000 Hz, para cada configuração de *contrapiso-amostra-piso padrão*. Na

sala de recepção foi medido o tempo de reverberação, segundo procedimentos da ISO 354 (2003), e determinada a absorção sonora equivalente em função da freqüência.

A quantificação de um índice global (número único) de isolamento sonoro ao ruído de impacto, para cada amostra ensaiada, foi realizada através do Nível de Pressão Sonora de Impactos Normalizado Ponderado ($L_{n,w}$) e da Redução Ponderada do Nível de Pressão Sonora de Impactos (ΔL_w).

Os equipamentos utilizados durante as medições de isolamento sonoro do ruído de impacto foram: uma máquina de impactos normalizados Brüel & Kjaer 3204; medidor de nível de pressão sonora, tipo 1, 01 dB Blue Solo; fonte sonora Brüel & Kjaer 4224; microfone de precisão GRAS; pré-amplificador de microfone GRAS; calibrador acústico, tipo 1, Brüel & Kjaer 4231 (1.000 Hz, 94 dB); programa computacional dB-Bat para aquisição e análise de dados; e computador portátil.

A Figura 5 apresenta os ensaios de isolamento ao ruído de impactos em pisos com a amostra de EVA.



Figura 5 - Ensaio de isolamento ao ruído de impacto.

3.2.1 Relação dos materiais analisados

O presente estudo faz um comparativo entre o desempenho acústico de materiais resilientes existentes, e outros produzidos em laboratório utilizando resíduos da indústria calçadista.

Por se tratar de um processo manual não há como manter uma homogeneidade na produção do material, portanto foram produzidas diversas placas, tanto com o material de EVA quanto com PU. As placas utilizadas para os ensaios foram selecionadas conforme a densidade, procurando manter uma média entre elas, que foi de 34 kg/m³ no EVA e de 54 kg/m³ no PU.

O desenvolvimento deste trabalho restringiu-se à medição do desempenho de isolamento acústico ao ruído de impacto dos materiais: placa de EVA puro/virgem, placa de EVA com 40% de resíduo, placa de PU com 15% de resíduo, e material resiliente existente no mercado com EVA de alta densidade (Tabela 2). Todos os materiais foram ensaiados com amostras nas dimensões de 1 x 1 m.

Tabela 2- Características das amostras ensaiadas

MATERIAL DA PLACA	ESPESSURA (mm)	DENSIDADE (kg/m ³)
EVA virgem	3	124
EVA 40% de resíduo	6	34
PU 15% de resíduo	5	54
EVA alta densidade	1	2.500

2.3 Análise dos Resultados Obtidos

A Figura 6 mostra os resultados dos níveis de pressão sonora de impacto normalizado L_n , em cada banda de freqüência de terço de oitava, entre 100 e 5.000 Hz, para as amostras de EVA, de PU e para o contrapiso de concreto de 25 mm de espessura.

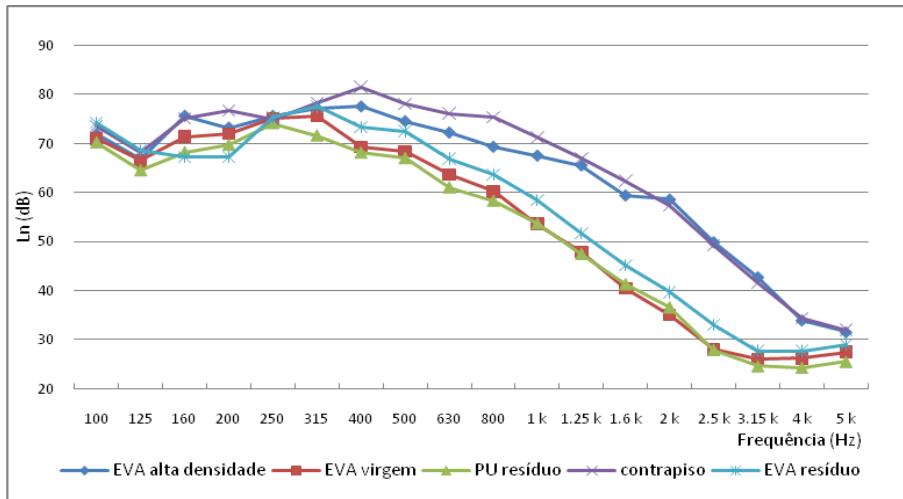


Figura 6 – Nível de pressão sonora de impacto normalizado L_n das amostras ensaiadas.

Quando os materiais de amortecimento de EVA virgem e resíduo, e de PU foram utilizados o nível de pressão sonora de impacto é reduzido nas bandas de 160 e 200 Hz e acima de 400 Hz, para as amostras de EVA virgem e de PU resíduo. Na faixa de freqüência entre 400 e 3.150 Hz, existe uma redução superior a 10 dB nas amostras com EVA virgem e EVA resíduo. Entre 630 e 5.000 Hz, o material com PU resíduo apresentou uma redução superior a 10 dB, em relação ao nível de pressão sonora de impacto do contrapiso instalado diretamente sobre a laje. No caso da amostra EVA alta densidade ela não supera uma redução de 5 dB na faixa entre 400 e 1.000 Hz (Figura 7). Nas bandas de freqüências entre 250 e 315 Hz nota-se uma diminuição da redução do nível de pressão sonora de impacto ΔL_n , a qual poderia estar relacionada com o tamanho do contrapiso e material resiliente (1m x 1m).

Em geral, a redução do nível de pressão de impacto é mais dominante nas freqüências médias e altas, conforme mostram as Figuras 6 e 7.

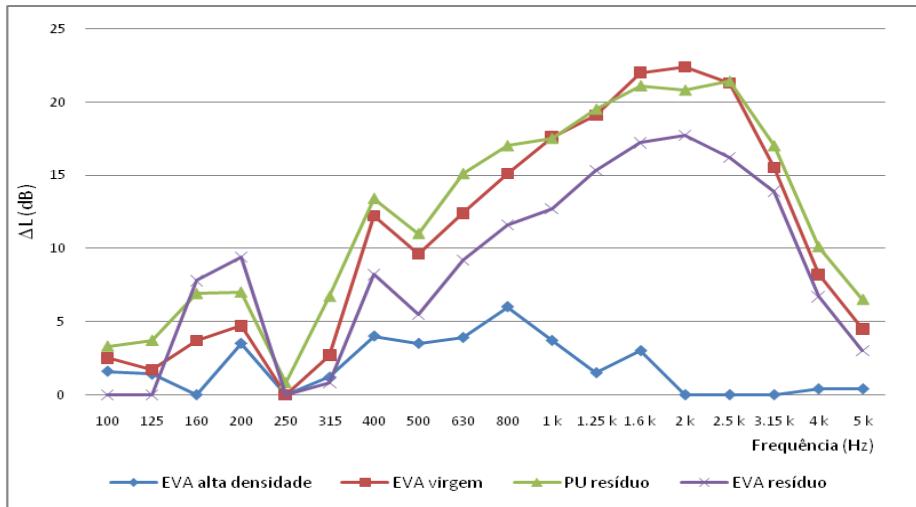


Figura 7 – Redução do nível de pressão sonora de impacto ΔL_n das amostras ensaiadas.

É importante notar que as propriedades físicas da amostra EVA alta densidade como a espessura de 1 mm e a densidade de 2.500 kg/m^3 , têm influência direta na maior transmissão ao ruído de impacto do contrapiso através da própria amostra até a laje padrão. A densidade do concreto do contrapiso e da laje padrão está em torno dos 2.000 kg/m^3 , o que significa que o sistema *contrapiso-amostra-piso padrão* atua como um sistema altamente acoplado do ponto de vista de um sistema mecânico massa-mola-massa, com alta rigidez e baixo amortecimento do elemento amostra EVA. No caso das amostras EVA virgem e resíduo, e PU resíduo a espessura é três e seis vezes superior, respectivamente, em relação a espessura da amostra EVA de alta densidade. O valor da densidade das amostras mais

espessas é entre vinte e setenta vezes inferior que a densidade da amostra mais fina. Desta forma, as amostras EVA virgem e resíduo, e PU resíduo permitem um maior desacoplamento na transmissão do ruído de impacto entre o contrapiso de concreto e a laje padrão, se aproximando do sistema construtivo piso flutuante para o isolamento ao ruído de impacto em pisos.

A Tabela 3 apresenta os valores do nível de pressão sonora de impactos normalizado ponderado ($L_{n,w}$) e da redução ponderada do nível de pressão sonora de impactos (ΔL_w) para as quatro amostras ensaiadas. Estes resultados globais mostram que a amostra de EVA virgem e resíduo, e de PU resíduo oferecem um maior isolamento ao ruído de impacto e que a amostra EVA alta densidade obteve a menor redução ao ruído de impacto.

Tabela 3 - Valores dos números únicos do isolamento ao ruído de impacto das amostras

MATERIAL	$L_{n,w}$ (dB)	ΔL_w (dB)
EVA virgem	66	16
EVA resíduo	67	14
PU resíduo	64	18
EVA alta densidade	70	3

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reutilização de materiais que ofereçam alternativas no destino dos resíduos gerados pelas indústrias calçadistas pode ser uma prática recorrente na construção civil, com tanto que o desempenho desses materiais seja compatível com o uso dos ambientes.

Dessa forma, os materiais utilizados em acústica de edificações poderiam incorporar processos que considerem a redução do impacto ambiental, pois a maioria desses materiais é produzida a partir de matérias primas da indústria petrolífera, com elevado potencial de poluição de aterros e depósitos no momento de seu descarte.

Os resultados desse trabalho indicam que a utilização de resíduos poliméricos na formulação de materiais para a atenuação do ruído de impacto apresenta um potencial significativo, para a continuidade de estudos mais aprofundados.

A adição do resíduo de EVA e de PU, nas porcentagens estudadas, reduz o nível de pressão sonora devido ao ruído de impacto provocado por uma máquina de impactos e se aproximam dos níveis de redução da amostra de EVA virgem. No entanto, os níveis sonoros indicam que somente o material confeccionado com PU reciclado atingiria o desempenho intermediário “I”, segundo a NBR 15.575 (2008), para pisos com tratamento acústico. Os demais seriam classificados dentro do desempenho mínimo.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tratamento Acústico em Recintos Fechados . **NBR 12179**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho. **NBR 15575**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: E. Blücher, 2006. 368p.

BRAINS, P.F. **Polyurethanes Technology**. John Wiley & Sons, 1969.

DASKALOPUS, E.; BADR, O.; PROBERT, S. D. **Applied Energy**. 58, p.209, 1997.

- DEGASPARI, J. **Mechanical Engineering Magazine**. ASME, 1999.
- DENT, I. **Plastic Packaging Recycling**, 1999.
- FRISH, K.C.; KLEMPNER, D. **Advances in Plastic Recycling**. vol. 2, Technomic Publishing, 2001.
- HAX, S. P. **Estudo do potencial dos resíduos de E.V.A. no isolamento de ruído de impacto nas edificações**. Santa Maria, 2002, 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2002.
- HEPBURN,C. **Polyurethane Elastomers**. Londres: Elsevier Science, 1992.
- HOWARD, G.T. **Biodegradation of polyurethane: a review**. Int. Biodeterior. Biodegrad, 2002.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acoustics – rating of sound insulation in building and building elements, Part 2: Impact sound insulation. **ISO 717-2**. Genève, Switzerland, 1996.
- _____. Measurement of sound insulation in building elements. **ISO 140**. Genève, Switzerland, 1998.
- _____. Acoustics: Measurement of sound absorption in a reverberation room. **ISO 354**. Genève, Switzerland, 2003.
- 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**. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal. Anais do X ENCAC 2009. Natal, ANTAC, 2009.
- PEDROSO, M. A. T. **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto**. Santa Maria, 2007, 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S. **Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 14, n° 5, p. 307-312, 2004.
- SCHEIRS, J. **Polymer Recycling**. John Wiley & Sons, Chichester, 1998, chapter 10.
- ZATTERA, A. J. **Reciclagem de Resíduos do Setor Coureiro-Calçadista**. Universidade de Caxias do Sul – Laboratório de Polímeros. (Relatório parcial). Julho-setembro de 2006.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS.