

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO AO RUÍDO AÉREO E AO RUÍDO DE IMPACTO ENTRE AMBIENTES COM DIFERENTES TIPOS DE LAJE

Alessandro Alves¹

Bruna Henrique²

Franciele Rohr³

Revista Infinity

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção.

Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 3, nº 1, 2018

ISSN 2525-3204

¹ Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó. E-mail: alessandro.alves@unochapeco.edu.br

² Graduada em Engenharia Civil pela Unochapecó. E-mail: brunaheneique@unochapeco.edu.br

³ Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Unochapecó. E-mail: francielerohr@yahoo.com.br

Resumo

No cenário atual, destacam-se a crescente verticalização das cidades, e ainda, o perfil de clientes que priorizam a qualidade de vida, conhecem seus direitos e passam a cobrá-los na hora de adquirir um imóvel. Neste contexto tem-se a NBR 15575-3 (ABNT, 2013), a qual trata do desempenho ao ruído aéreo e ao ruído de impacto entre lajes autônomas, e a NBR 10152 (ABNT, 2017) que descreve a respeito do conforto acústico entre diferentes ambientes. Desta forma, esta pesquisa foi realizada para comparar os níveis de transmissão de ruído de impacto e aéreo entre ambientes com diferentes tipos de lajes como: a nervurada com cubeta, a treliçada com tavela e a treliçada com EPS. Buscou-se verificar qual destas apresentava o melhor desempenho acústico. Os ensaios foram realizados *in loco*, sempre em dois ambientes dos edifícios, um emissor e outro receptor. Através dos resultados foi possível observar que para ruído de impacto a melhor opção seria a laje nervurada, e também, que em todos os casos avaliados a NBR 15575 (ABNT, 2013) fez-se atendida, especialmente, por esta apresentar uma grande margem de tolerância. Já para o ruído aéreo a laje treliçada com EPS foi a que mostrou os melhores resultados. Finalmente, concluiu-se que, em nenhum dos casos as lajes atenderam, conjuntamente, as normas de desempenho e de conforto.

Palavras-chave: isolamento acústico; ruído de impacto; ruído aéreo.

Abstract

In the present scenario, it highlights the increasing verticalization of the cities, and yet, the client profile that prioritize quality of life, know their rights and start to collect them when purchasing a property. In this context, NBR 15575-3 (ABNT, 2013), which deals with aerial noise and impact noise between autonomous slabs, and NBR 10152 (ABNT, 2017) describing the acoustic comfort between different environments. In this way, this research was carried out to compare the levels of aerial and impact noise transmission between environments with different types of slabs, such as: ribbed with bucket, trellised with tavela and trellised with EPS. It was sought to verify which one presented the best acoustic performance. The tests were performed *in loco*, always in two environments of the buildings, one emitter and another receiver. Through the results it was possible to observe that for the impact noise the best option would be the ribbed slab, and also, that in all the cases evaluated the NBR 15575 (ABNT, 2013) was attended, especially, because it presents a large margin of tolerance. For the aerial noise, the trellised slab with EPS was the one that showed the best results. Finally, it was concluded that in neither case did the slabs jointly meet the standards of performance and comfort.

Keywords: sound insulation; impact noise; aerial noise.

Introdução

Com o stress do dia a dia e com a violência crescente, cada vez mais as pessoas buscam conforto dentro de suas residências. Também o alto custo dos terrenos, crescimento populacional e a busca por moradias mais seguras fazem com que a verticalização das cidades aumente, e é neste sentido que as leis de desempenho acústico surgem e vem sendo melhoradas para aumentar a cobrança neste quesito (BERNARDES, 2016).

Também neste sentido, o crescente aumento da tecnologia, da comunicação e da informação, faz com que as pessoas sejam diariamente influenciadas e impulsionadas com relação à mudança. Com isso, o mercado tem que se adaptar a estas novas tecnologias (RODRIGUES, 2009).

Assim, em meio a um cenário de progressos e evoluções tecnológicas, os clientes estão cada vez mais exigentes, seletivos, sofisticados e com um alto grau de expectativas na hora de adquirir um produto. Os clientes da era globalizada conhecem seus direitos e assim passam a cobrá-los. Desta forma, os imóveis devem se adequar a todas as normas vigentes para suprir as expectativas e necessidades do consumidor (COSTA; SANTANA; TIAGO, 2015).

Inseridos em um mercado competitivo, principalmente no ramo imobiliário hoje a qualidade de vida é uma das prioridades dos clientes. O aumento significativo do nível de ruído provocado pelo trânsito, pelas áreas de recreação, por pessoas conversando, por aviões, por exemplos, são algumas das responsáveis pela poluição sonora. Assim o fato de se oferecer moradias com um desempenho acústico superior chama a atenção dos clientes que cada vez mais buscam momentos de descanso, sem interferência de ruídos do meio externo (SILVA, 2009).

Neste ponto as leis vêm ao encontro de solucionar os problemas de desconforto acústico. O ruído passou a constituir atualmente um dos principais *problemas* ambientais. Níveis excessivos de sons e ruídos *causam* deterioração da qualidade de vida. A NBR 10.152 (ABNT, 2017), dispõe sobre a avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade (MACHADO, 2003).

Já a NBR 15.575-3 (ABNT, 2013), norma a qual trata do desempenho sonoro aéreo e de impacto do piso entre diferentes ambientes, estabelecendo critérios mínimos para o

desempenho, também considera a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, apresentando critérios intermediário e superior.

Sabe-se que do raio incidente do som sobre uma superfície parte é refletida, parte é absorvida pelo material e apenas uma porção é transmitida, desta forma o som vai perdendo intensidade, assim, todos esses aspectos devem ser levados em consideração na hora de se planejar o melhor isolamento acústico para cada determinado local (FREITAS, 2015).

Com isso, é possível perceber no dia a dia que, apesar de não totalmente, alguns destes ruídos passam de um ambiente para outro. Sons indesejados e repetitivos ou a exposição prolongada a ruídos, podem gerar aumento de estresse fazendo com que mudanças comportamentais sejam observadas e desta forma acabar gerando desentendimentos entre vizinhos.

Diante da preocupação crescente com o isolamento acústico, esta pesquisa procura avaliar o desempenho dos ruídos aéreo e de impacto, entre lajes treliçada com tavela e com isopor e, ainda, laje nervurada com cubeta, verificando qual dentre estas oferece o melhor resultado em relação ao desempenho acústico de ruído aéreo e de impacto, comparando também a questão quanto ao custo benefício.

Procedimentos Metodológicos - Teste Aéreo

Os ensaios acústicos foram realizados na cidade de Chapecó-SC, em cinco obras distintas. Foram realizadas medições em obras já finalizadas, onde as mesmas eram compostas por capeamento, manta de polipropileno 10 mm, contra piso e piso cerâmico. E a mesma situação, no entanto, sem a manta de polipropileno.

Para análise de desempenho acústico das lajes, foi realizada em um imóvel onde a laje verificada separa-se dois ambientes, formando assim uma sala de emissão e uma sala de recepção sonora (Figura 01). Todas as lajes avaliadas com manta possuíam a mesma característica, sendo ela com 10 mm de espessura e o material era polipropileno.

Na sala de emissão foi colocado o equipamento emissor de ruídos (Figura 02), já na sala de recepção foi colocado o mesmo microfone de captação de ruídos em locais posteriormente demarcados. O equipamento utilizado foi o sonômetro (Figura 03), medidor do nível de pressão sonora (MNPS), onde o mesmo estava de acordo com as exigências da

norma IEC 61672- 1, classificado na classe 0 ou 1. Sendo que o sonômetro era calibrado, com o calibrador (Figura 04) a cada transporte de um local para outro.

Foram realizados testes aéreos e de impacto em diferentes tipos de lajes, em diversas situações, como já citado anteriormente, no entanto para que a avaliação fosse possível, em alguns casos testados, os apartamentos não estavam prontos, sendo assim, não haviam portas e janelas colocadas, havendo interferências do meio externo, como carros, eventuais buzinas e barulhos. Já para outros casos testados as portas e janelas já estavam fixadas, sendo possível assim realizar os testes de acordo com a NBR 15575-3 (ABNT,2013), a qual solicita quatro medições por ambiente.

Figura 01: Esquema da sala de medição dos ruídos aéreos



Fonte: Henrique (2017)

Figura 02: Aparelho de som utilizado para emissão sonora



Fonte: Henrique (2017)

Figura 03: Sonômetro



Fonte: Henrique (2017)

Figura 04: Calibrador



Fonte: Henrique (2017)

Com isso, não foi possível seguir a norma de desempenho em todas as avaliações, pois ela considera apenas ambientes acabados, onde portas e janelas devem estar fechadas. No entanto o número de medições foi seguido em cada ambiente e apresentados os resultados em uma média logarítmica. Também não foi possível atender a ISO 140-4, a qual cita um aparelho omnidirecional para a transmissão sonora, desta forma foi utilizado um aparelho de som comum.

Assim, para a avaliação do ruído aéreo foi utilizado um aparelho de emissão sonora e verificado a distância deste equipamento a 1,20 m de altura do chão. Após isto o MNPS foi posicionado no andar inferior e realizadas as medições durante um período de 10 min para cada avaliação, segundo instruções das normas. As medições foram realizadas sempre em cômodos referentes a dormitórios.

Procedimentos Metodológicos - Teste de Impacto

Na realização dos testes de impacto, não foi possível executá-lo de acordo com a ISO 140-7, pois não se possuía o aparelho necessário (tapping machine), onde o equipamento deve possuir 5 cilindros alinhados com $(30 \pm 0,2)$ mm de diâmetro cujos eixos centrais devem estar distantes (100 ± 3) mm um do outro, a superfície de contato do cilindro deve ser em aço e com uma curvatura com raio de (500 ± 100) mm, cada cilindro deve possuir massa de 500 g e deve cair de uma altura de 40 mm com uma velocidade de impacto de 0,033 m/s e de forma alternada.

De qualquer maneira a norma refere-se somente a medições realizadas em ambientes prontos, onde portas e janelas já tenham sido fixadas, assim, nem todas as medições se enquadravam neste quesito. No entanto também foram realizados 4 medições por ambiente e os resultados apresentados em média logarítmica.

Desta forma, para a realização do teste de impacto, também foi utilizado sonômetro, verificando-se o nível de pressão sonora (NPS) produzido. Deixava-se cair um peso de 500g (Figura05), em queda livre a uma altura de 15 cm a cada 5 segundos sobre piso avaliado, o equipamento estava posicionado a 1m de distância e 1,20 m de altura do chão, no mesmo ambiente. Assim obtinha-se os valores da câmera de emissão.

Após isto o equipamento (sonômetro) foi posicionado no andar inferior e realizadas novas medições, seguindo o mesmo método (Figura 06), durante um período de 10 min para cada avaliação. As medições foram realizadas sempre em cômodos referentes a dormitórios.

Todos os gráficos que serão apresentados os resultados, demonstram uma média logarítmica das quatro medições realizadas em cada ambiente. As lajes avaliadas foram às mesmas já citadas e detalhadas no teste de ruídos aéreos.

Figura 05: Peso utilizado para teste de impacto



Fonte: Henrique (2017)

Figura 06: Esquema da sala de medição dos ruídos de impacto



Fonte: Henrique (2017)

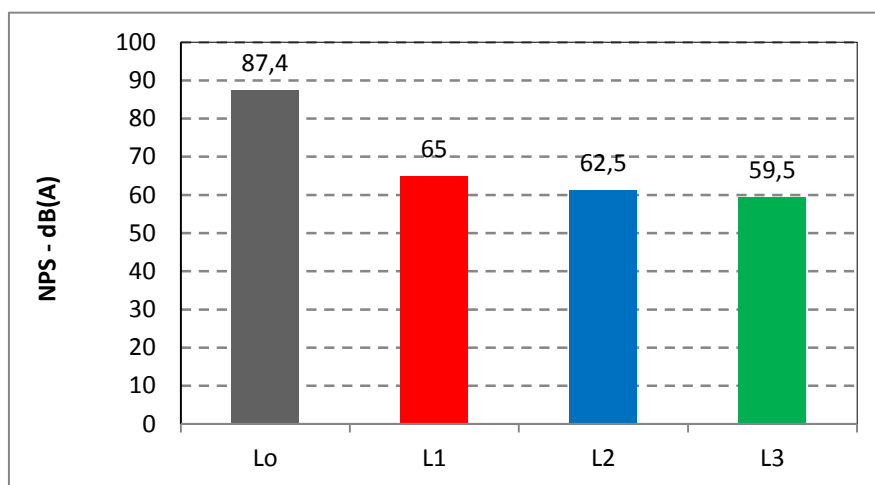
Análise dos resultados

- Ruído Aéreo - Laje 01 (laje característica + capeamento)

Comparando-se ao ambiente emissor a laje nervurada obteve 22,4 dB de redução, já a treliçada com tábua obteve 24,9 dB e por fim a laje treliçada com EPS obteve o resultado mais significativo 27,9 dB.

Pode-se observar no Gráfico 01, que nenhuma das lajes atendeu a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo que o mínimo admitido é 45 dB de diferença do que se emite para o que se é captado. Já para a de conforto acústico NBR 10152, considera valores entre 35 e 45 dB, para dormitórios, sendo que desta forma estes valores também não foram atendidos.

Gráfico 01: Resultados para os ensaios de ruído aéreo



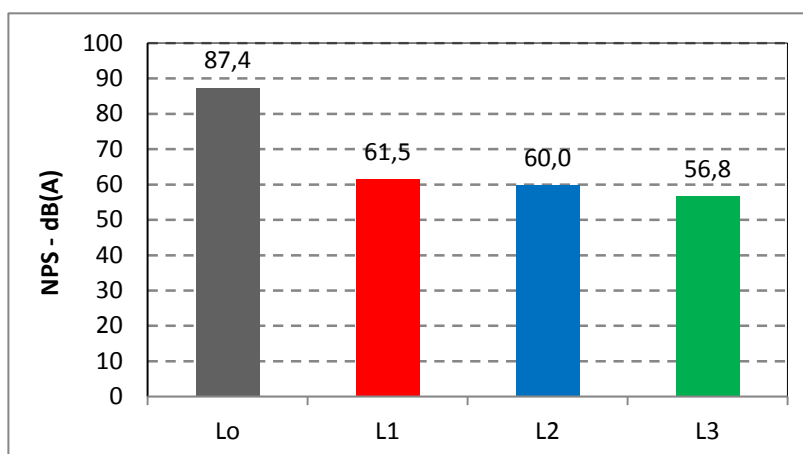
Lo - Ambiente emissor
L1 - Nervura + 5 cm de capeamento (Ambiente de recepção)
L2 - Tabela + 4 cm de capeamento (Ambiente de recepção)
L3 - EPS + 4 cm de capeamento (Ambiente de recepção)

Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído Aéreo - Laje 02 (laje característica + capeamento + mata + contrapiso)

Para segunda laje avaliada, onde neste momento a manta e o contrapiso autonivelante já haviam sido concluídos, a laje nervurada obteve uma redução 25,9 dB ou seja 3,5dB mais do que na laje 01. Para a laje treliçada com tabela a redução foi de 27,4 dB, ou seja, 2,5 dB a mais de isolamento acústico do que a laje 01 e por fim a laje com EPS ocorreu uma redução de 30,6 dB, sendo 2,7 dB a mais que a laje anterior (Gráfico 02), ou seja, uma média logarítmica de 2,9 dB em relação a laje 01.

Gráfico 02: Resultados para os ensaios de ruído aéreo



Lo - Ambiente emissor

L1 - Nervura + 5 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura + 7 cm de contrapiso (Ambiente de recepção)

L2 - Tabela + 4 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura + 7 cm de contrapiso (Ambiente de recepção)

L3 - EPS + 4 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura + 7 cm de contrapiso (Ambiente de recepção)

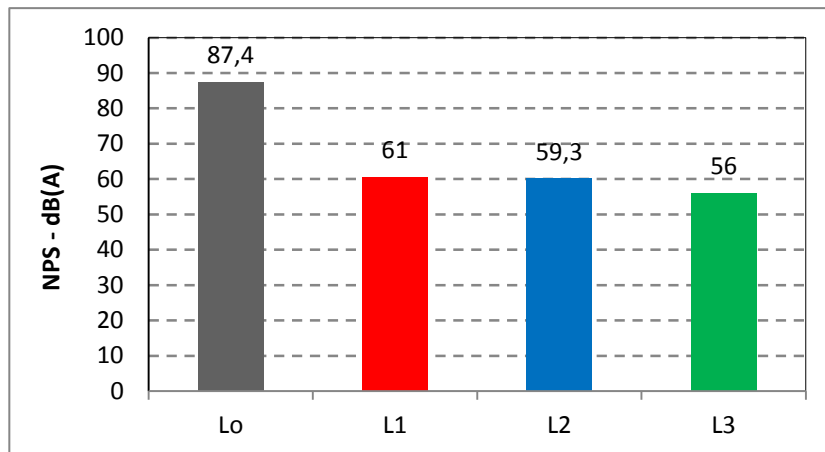
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

Os valores obtidos são todos inferiores a 45 dB de isolamento, não atendendo valores mínimos da norma de desempenho. Já para a norma de conforto acústico, considera valores entre 35 e 45 dB, para dormitórios, sendo que desta forma estes valores também não foram atendidos.

- Ruído Aéreo - Laje 03 (laje característica + capeamento + mata + contrapiso + gesso)

Na laje 03, neste momento houve a inclusão do gesso, onde a redução se deu de 26,4 na L1, 28,1 na L2 e 31,4 na L3. Onde comparando-se a laje anterior (laje 02), houve uma redução média de 1,0 dB, o que pode ser observado no Gráfico 03. As lajes não atenderam a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo os resultados todos inferiores a diferença de 45 dB de isolamento entre os ambientes. Também não atendem a NBR 10152.

Gráfico 03: Resultados para os ensaios de ruído aéreo



Lo- Ambiente emissor

L1 - Nervura + 5 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura+ 7 cm de contrapiso + gesso (Ambiente de recepção)

L2 - Tabela + 4 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura+ cm de contrapiso + gesso (Ambiente de recepção)

L3 - EPS+ 4 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura+7 cm de contrapiso + gesso (Ambiente de recepção)

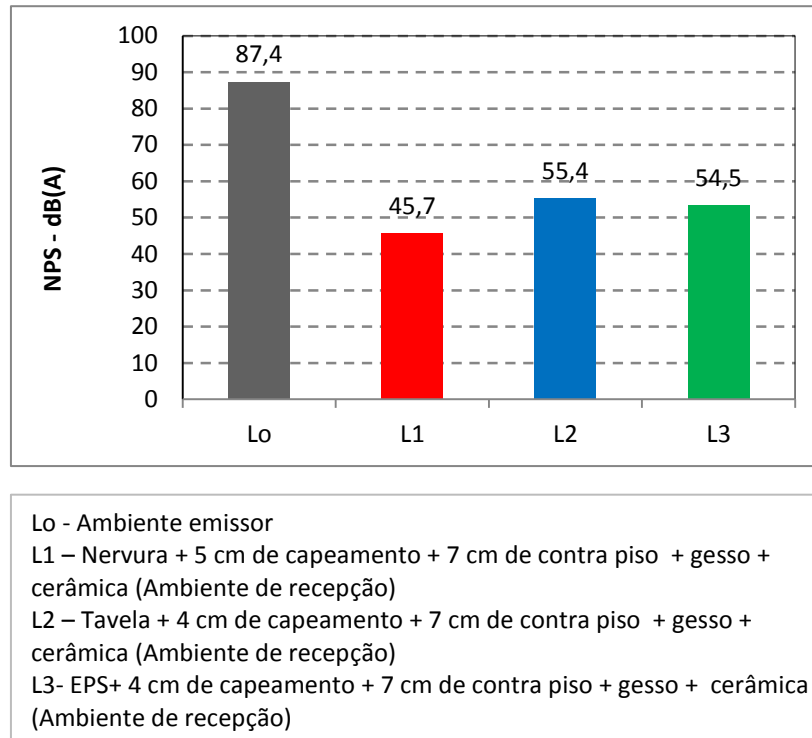
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído Aéreo - Laje 04 (laje característica + capeamento + contrapiso + gesso + cerâmica)

Na laje 04, representada seu desempenho pelo Gráfico 04, neste momento avaliou-se uma edifício já concluído, desta forma portas e janelas estavam colocadas e fechadas na hora da avaliação, assim as interferências do meio externo eram um pouco menores, no entanto nesta situação não havia manta, assim obteve-se uma redução de 41,7 dB na laje nervurada, isto se deu pelo fato de o edifício avaliado, possuía em todo os cômodos esquadrias com vidros duplos.

Já a laje treliçada com tabela houve uma redução de 32 dB e treliçada com EPS 33 dB. Pode se observar que somente a laje nervurada foi a que se aproximou mais da norma de desempenho, no entanto ainda não atendeu a mesma, já a norma de conforto acústico neste momento foi atendida. As lajes L2 e L3 não atenderam nenhuma das duas NBR.

Gráfico 04: Resultados para os ensaios de ruído aéreo



Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído Aéreo - Laje 05 (laje característica + capeamento + manta + contrapiso + gesso + cerâmica)

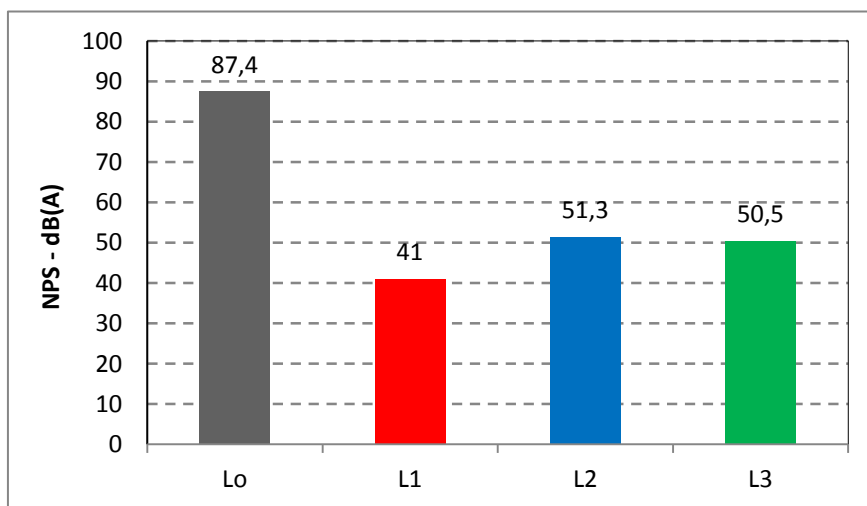
Para a laje 05 esta estava na mesma situação da laje 04, ambientes já finalizados com portas e janelas colocadas e fechadas na hora da medição, no entanto esta laje possuía a manta de polipropileno de 10 mm. Para a laje nervurada houve-se uma redução de 46,4 dB, esta redução tão significativa pode ter se dado pelo mesmo fato de já explicado, onde o edifício possuía esquadria de vidro duplo (Gráfico 05).

Já para a laje treliçada com tábua a redução foi de 36,1 dB e na treliçada com Isopor 36,9 dB. Obtendo-se assim uma variação média de 4,5 dB a mais de isolamento acústico devido a presença da manta.

Observou-se também, que apenas uma das lajes atendeu a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo a laje nervurada a que apresentou os resultados que se enquadram dentro da faixa de desempenho mínimo de redução de um ambiente para outro, que vai de 45 a 49 dB.

Já para a NBR 10152, considera valores entre 35 e 45 dB, para dormitórios, sendo que desta forma as três lajes avaliadas atenderam a norma.

Gráfico 05: Resultados para os ensaios de ruído aéreo



Lo- Ambiente emissor

L1 – Nervura + 5 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura+ 7 cm de contra piso + gesso + cerâmica (Ambiente de recepção)

L2 – Tabela + 4 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura+ 7 cm de contra piso + gesso + cerâmica (Ambiente de recepção)

L3- EPS+ 4 cm de capeamento + manta 10 mm de espessura+ 7 cm de contra piso + gesso + cerâmica (Ambiente de recepção)

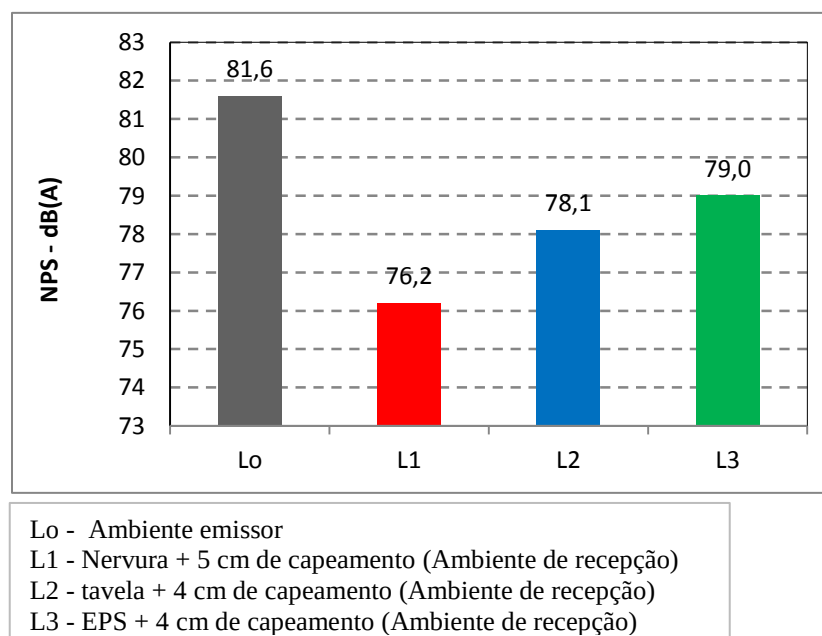
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído de Impacto - Laje 01 (laje característica + capeamento)

Comparando-se ao ambiente emissor a laje nervurada obteve 5,4 dB de redução de ruído de impacto, já a treliçada com tabela obteve 3,5 dB e por fim a laje treliçada com EPS 2,6 dB.

Pode-se observar no Gráfico 07 que todas as lajes atenderam a norma de desempenho NBR 15575-3, que avalia o nível de pressão sonora que se é transmitido de um ambiente para outro, pois os resultados foram inferiores a 80 dB. Sendo assim, as lajes se enquadraram no nível mínimo (M) de redução.

Gráfico 07: Resultados para os ensaios de ruído impacto



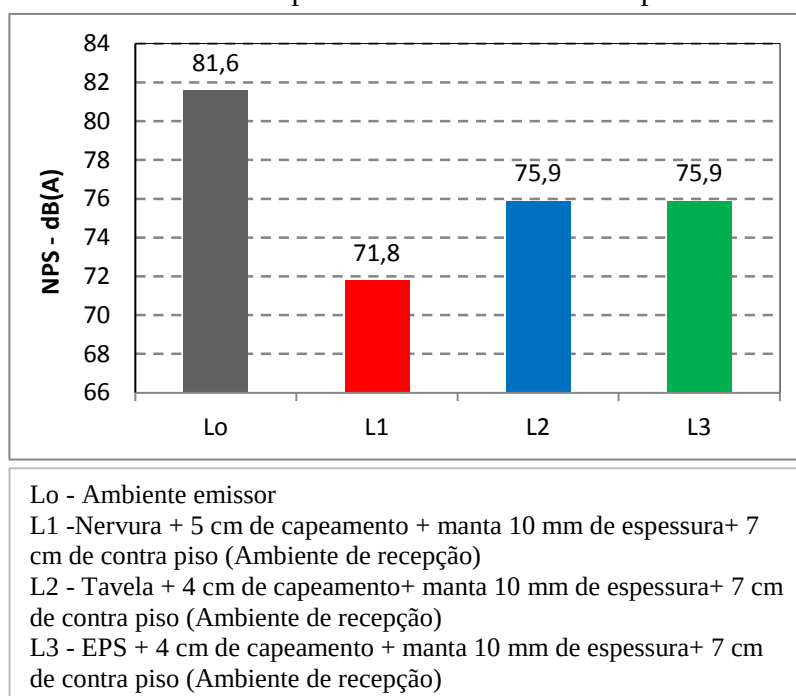
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído de Impacto - Laje 02 (laje característica + capeamento + mata + contrapiso)

Comparando-se ao ambiente emissor a laje nervurada obteve 9,8 dB, já a treliçada com tavela obteve 5,7 dB, e por fim a laje treliçada com EPS obteve o resultado de 5,7 dB. Obtendo assim uma média de 3,3dB de isolamento a mais de redução do que anterior (Laje 01).

Verifica-se que todas as lajes atenderam a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo os resultados todos inferiores a 80 dB. Todas se enquadraram no nível mínimo de desempenho que varia de 66 a 80 dB.

Gráfico 08: Resultados para os ensaios de ruído impacto



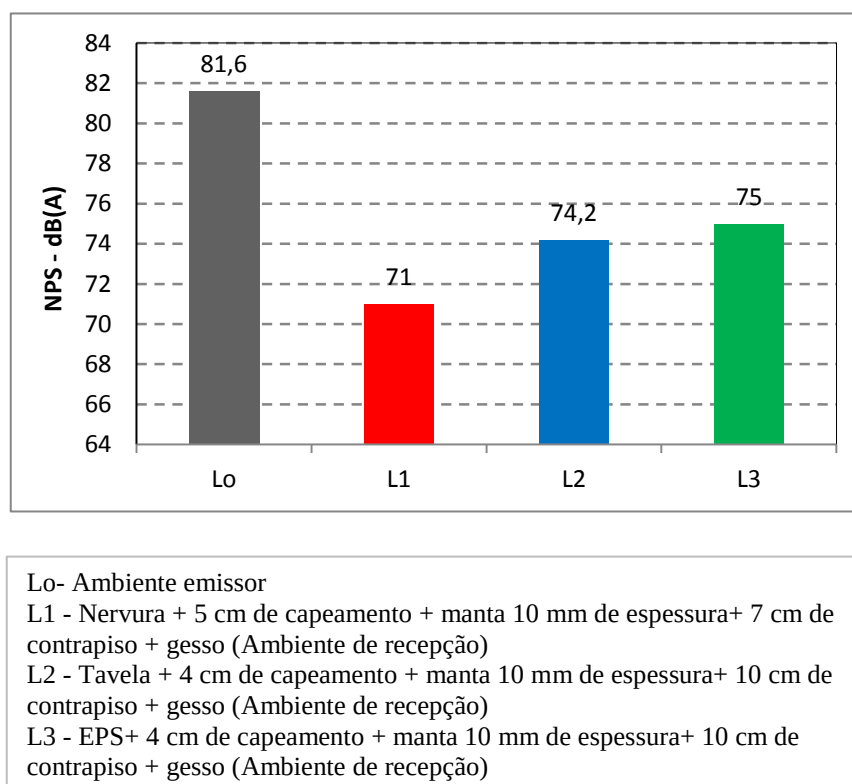
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído de Impacto - Laje 03 (laje característica + capeamento + mata + contrapiso + gesso)

Comparando-se ao ambiente emissor a laje nervurada obteve 10,6 dB de redução de ruído de impacto, já a treliçada com tabela obteve 7,4 dB e por fim a laje treliçada com EPS obteve o resultado menos significativo 6,6 dB. Com isso observa-se que o acréscimo do gesso obteve uma média de 1,0 dB a mais que a laje anterior (Laje 02).

Observa-se no Gráfico 09 que todas as lajes atenderam a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo os resultados todos inferiores a 80 dB. Todas elas se enquadraram no nível mínimo de desempenho que varia de 66 a 80 dB.

Gráfico 09: Resultados para os ensaios de ruído impacto



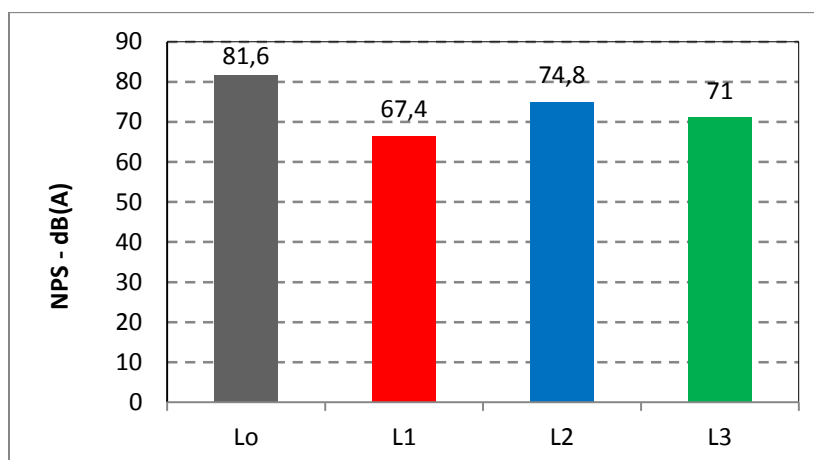
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído de Impacto - Laje 04 (laje característica + capeamento + contrapiso + gesso + cerâmica)

Como já mencionado no teste acústico aéreo, a laje 04 avaliada o edifício já havia sido finalizado. Comparando-se ao ambiente emissor a laje nervurada obteve 14,2 dB de redução de ruído de impacto, já a treliçada com tabela obteve 6,8 dB e por fim a laje treliçada com EPS obteve o resultado menos significativo 10,6 dB. Reduzindo assim em média 3,0 dB a mais do que a laje anterior (Laje 03).

Pode-se observar no gráfico 10, que todas as lajes atenderam a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo os resultados todos inferiores a 80 dB. Todas elas se enquadraram no nível mínimo de desempenho que varia de 66 a 80 dB.

Gráfico 10: Resultados para os ensaios de ruído impacto



Lo - Ambiente emissor

L1 – Nervura + 5 cm de capeamento + 7 cm de contra piso + gesso + cerâmica (Ambiente de recepção)

L2 – Tabela + 4 cm de capeamento + 7 cm de contra piso + gesso + cerâmica (Ambiente de recepção)

L3- Isopor+ 4 cm de capeamento + 7 cm de contra piso + gesso + cerâmica (Ambiente de recepção)

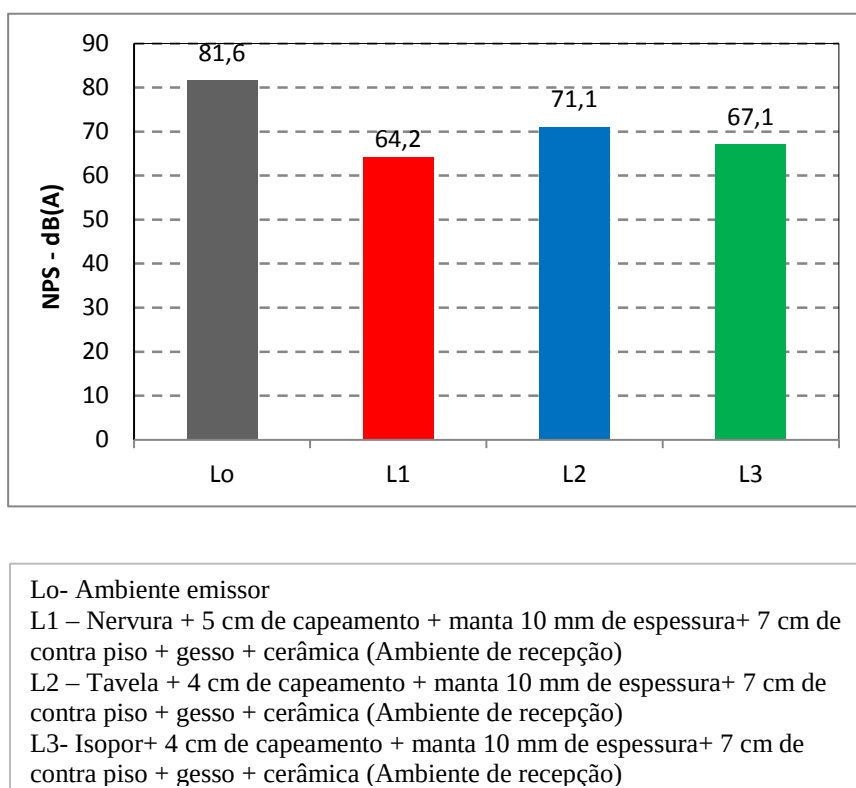
Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

- Ruído de Impacto - Laje 05 (laje característica + capeamento + manta + contrapiso + gesso + cerâmica)

Comparando-se ao ambiente emissor a laje nervurada obteve 17,4 dB de redução de ruído de impacto, já a treliçada com tabela obteve 10,4dB e por fim a laje treliçada com EPS obteve o resultado de 14,5 dB e uma redução média entre as lajes de 3,6 dB a mais devido a presença da manta.

No Gráfico 11 todas as lajes atenderam a norma de desempenho NBR 15575-3, sendo os resultados todos inferiores a 80 dB. Sendo que a laje treliçada com tabela e treliçada com EPS elas se enquadraram no nível mínimo de desempenho que varia de 66 a 80 dB. Já a nervurada se enquadrou no nível Intermediário (I) que varia de 56 a 65 dB.

Gráfico 11: Resultados para os ensaios de ruído impacto



Fonte: Elaborado por Henrique (2017)

Considerações Finais

Tratando-se do ruído aéreo, observou-se que, em situações padrões, como as de janelas simples, ou nas diversas situações que as lajes foram avaliadas sem portas e janelas, a laje que obteve o melhor resultado no quesito ruído aéreo foi a laje treliçada com EPS, seguida pela laje treliçada com tabela e por último a laje nervurada.

Este pode ter ocorrido devido à diferença das massas dos materiais, pois quanto maior a massa menor a frequência, onde frequência é o número de vezes em que uma oscilação se repete por unidade de tempo e também devido à diferença na frequência crítica, a qual seria a frequência em cada material transmite as variações sonoras de um ambiente para outro.

Quanto maior a diferença dessas frequências entre os materiais menor seria a transferência sonora de um ambiente para outro. E ainda, pelo fato de quanto maior a porosidade do material maior é absorção de ondas sonoras.

Esta grande variação de frequência e de espessura dos materiais se explicaria pela Lei das massas/mola/massa, ou seja, quanto maior a alternância dos materiais com diferenças de densidade e de espessura para compor uma divisória, maior será o isolamento acústico proporcionado pela mesma.

No entanto pôde-se também observar que em algumas situações segue-se uma linha de valores descontínuos, isto pode ocorrer pelo fato de alguns pavimentos (mais próximos as vias) sofrerem mais interferência do meio externo.

Considerando a norma de desempenho, a única laje sem a manta de polipropileno que se aproximou da norma de desempenho foi a nervurada, mas este caso provavelmente se deu pelas esquadrias com vidros duplos, já que nas demais avaliações esta laje foi a que obteve os piores resultados.

Para as situações onde havia a manta de polipropileno e as esquadrias já haviam sido colocadas somente a nervurada atendeu a norma, também isto deve ter se dado pelo fato de haverem vidros duplos já as demais lajes atenderam somente a norma de conforto.

Estes valores podem ou não ser atendidos dependendo do volume do som emitido, por isso, torna-se complicado no dia-a-dia se obter valores regulares e satisfatórios, pois os testes foram realizados em situações ideais onde portas e janelas estavam fechadas, o que normalmente não é uma realidade. Expondo as pessoas a ruídos importunos, podendo gerar estresses e mudanças comportamentais conforme apresentado em bibliografia.

Ao considerar-se o ruído de impacto, foi possível concluir que a manta apresenta valores de isolamento médio de 3,6 dB, tomando-se por base os ambientes já finalizados. Pôde-se observar também que os valores de redução da laje nervurada com cubeta comparadas ao ambiente emissor foi de 17,4 dB, a laje treliçada com tavela foi de 10,5 dB para a laje treliçada com EPS foi de 14,5, não atingindo valores descritos pelo fabricante de 22dB.

Também podemos verificar uma oscilação significativa na variação de dB, apesar de haver uma tolerância de erro na faixa de 1dB na variação das medições. E o fato de a mesma não atingir valores apresentados pelos fornecedores.

No entanto isto pode ter ocorrido pelo fato de os fabricantes indicarem nas suas fichas técnicas de instalação que as mantas podem ser cortadas rentes ao contrapiso autonivelante, porém, quando se coloca o rodapé encostado nas paredes, o mesmo forma Pontes

Acústicas, ajudando na transmissão do som da parede para as laje e assim para o apartamento inferior, pois o ruído de impacto se transmite em todas as direções.

Também foi observado algumas alterações feitas após a manta e o contrapiso estarem finalizados, cortes foram feitos nas mesmas para a passagem de novos dutos, aumentaria mais ainda a ocorrência dessas pontes, facilitando assim a transmissão dos ruídos entre os ambientes.

Já comparando se a norma a mesma apresenta níveis de tolerância para ruídos de impacto muito elevados. Desta forma, a maioria dos testes de impacto esteve dentro dos padrões mínimos, no entanto, estes padrões mínimos são bastante elevados se comparados a outros países como citado na bibliografia. Estes sons indesejados e uma exposição prolongada a ruídos podem gerar aumento de estresse.

Verificou-se que a laje que obteve o melhor desempenho no quesito isolamento de impacto, apesar de possuir a menor espessura entre as 3 lajes avaliadas, foi a laje nervurada, isto pode ter se dado devido ao formato que a mesma possui, sua formação côncava faz com que o som refletindo dentro da mesma espalhando se para todas as direções. E a grande quantidade de ar presente entre a laje e o gesso, formado assim um painel duplo, o que ajuda no isolamento.

Essa diferença entre a laje nervurada apresentar melhor desempenho de ruído de impacto e a treliçada com EPS apresentar melhor desempenho de ruído aéreo, pode ter se dado pela forma com que o som se propaga, pois o som aéreo é formado por ruído intermitente/ contínuo já o ruído de impacto, possui picos de alternância e através deles é feito uma média para se obter os resultados.

Em questão do custo benéfico, de acordo com cada laje torna-se difícil avaliar, pois cada empreendimento irá necessitar de uma laje diferente de acordo com as necessidades estruturais da mesma. Já considerando somente a aplicação da manta nas lajes ela é uma manta relativamente barata em relação a sua durabilidade, já que a mesma possui um tempo de vida útil igual ao do edifício, de acordo com fabricantes, e a redução de 3,6 dB fornecidas pelas mesmas, o que é uma mudança perceptível aos ouvidos humanos e uma redução sonora de 50%.

Finalmente, em um aspecto geral, a melhor solução considerando-se o isolamento acústico seria a utilização da laje nervurada com a aplicação de manta, a qual oferece um

bom isolamento de impacto, e ainda, a utilização de vidros duplos para o isolamento do ruído aéreo.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575-3*. Edifícios Habitacionais - Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. *NBR 10152: Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro. 2017.

BERNARDES, Cláudio. *Comparação do desempenho acústico entre paredes com bloco cerâmico convencional e bloco de concreto estrutural sem preenchimento*. 2016. 49 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2016.

COSTA, Ariana de Souza Cravallho; SANTANA, Lídia Chagas de; TRIGO, Antonio Carrera. *Qualidade do Atendimento Ao Cliente: Um Grande Diferencial Competitivo Para As Organizações*. Salvador: Revista de Iniciação Científica – Ric Cairu, v. 2, n. 2, jun. 2015.

Disponível

em:

<http://www.cairu.br/riccairu/pdf/artigos/2/10_QUALIDADE_ATEND_

CLIE NTE.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017. 2017.

FREITAS, André. *Acústica na Arquitetura*. 2015. Disponível em: <<http://andrefreitas.arq.br/artigos/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

MACHADO, Anaxágora Alves. *Poluição sonora como crime ambiental*. 18 f. Pós-graduação em Direito e Gestão ambiental pelo Complexo de Ensino Superior de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://www.pm.al.gov.br/intra/downloads/bc_meio_ambiente/meio_04.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

RODRIGUES, Nara Caetano. *Tecnologias de informação e comunicação na educação - um desafio na pratica docente*. Universidade Federal de Santa Catarina. 2009. Fórum Linguístico, Florianópolis, v.6, n.1 (1-22), jan. 2009. Disponível em: <<https://www.faecpr.edu.br>

/universidadevirtual/artigos/artigo_tecnologia_da_informacao_e_comunicacao_na_educacao.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2017.

SILVA, Heloisa Maria Machado. *Urbanização, Aumento de Ruído e Problemas de Voz* interferência de ruídos produzidos em espaços abertos na produção vocal de professores. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Área de Concentração: Urbanização e Meio Ambiente., Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, Universidade da Amazônia, Belém, 2009. Disponível em: <[http://www6.unama.br/mestrado/desenvolvimento/attachments/article/57/URBANIZAÇÃO, AUMENTO DE RUÍDO E PROBLEMAS DE VOZ; a interferência de ruídos produzidos em espaços abertos na produção vocal de professores.PDF](http://www6.unama.br/mestrado/desenvolvimento/attachments/article/57/URBANIZAÇÃO,_AUMENTO_DE_RUÍDO_E_PROBLEMAS_DE_VOZ;a_interferência_de_ruídos_produzidos_em_espços_abertos_na_produção_vocal_de_professores.PDF)>. Acesso em: 15 jun. 2017.