

AVALIAÇÃO ACÚSTICA E VIBRÁTIL DE LAVANDARIAS INTEGRADAS EM EDIFÍCIOS COM OCUPAÇÃO SENSÍVEL

PACS: 43.50.Jn, 43.55.Br, 43.55.Qp

Mateus D.; Pereira A.

ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Rua Luís Reis Santos - Pólo II da Universidade, 3030-788 Coimbra, Portugal, Tel. +351-239797189, diogo@dec.uc.pt; apereira@dec.uc.pt.

Palabras Clave: lavandarias, vibrações, ruído, percussão, baixa frequência

ABSTRACT

The increase in noise emissions and, in particular, environmental vibrations is a cause of annoyance, and also of degradation of buildings. Traditionally, these dynamic actions occurred outside the buildings to be protected, but with the multiplicity of technical equipment and activities inside buildings, the coexistence of the source of vibration with sensible receivers in the same building is nowadays common. Among the many sources of noise and vibrations, laundries, particularly when integrated in buildings with noise-sensitive occupation, are currently a cause of complaint. In Portugal, these complaints have increased hugely due to the massive growth in the installation of new self-service laundries, in multi storey buildings. Within this context, this work presents a set of case studies of self-service laundries, where acoustic and vibration evaluation has been performed and a discussion of some solutions to minimize noise and vibrations.

RESUMO

O aumento generalizado das emissões de ruído e, em particular, de vibrações ambientais constitui não só um fator de incomodidade, como, no limite, um fator de degradação dos edifícios. Tradicionalmente, estas solicitações dinâmicas ocorriam fora dos edifícios a proteger, mas, com a multiplicidade de equipamentos e atividades no interior dos edifícios, é cada vez mais frequente a coexistência da fonte de vibração e dos recetores sensíveis no mesmo edifício. Entre as muitas fontes de ruído e vibrações as lavandarias, em particular quando integradas em edifícios com ocupação sensível ao ruído, são, atualmente, uma das causas frequentes de reclamação. Estas reclamações têm aumentado drasticamente com o fortíssimo aumento da instalação de novas lavandarias self-service, um pouco por todo lado. Neste contexto, são apresentados neste trabalho um conjunto de casos de estudo de lavandarias self-service, com a avaliação acústica e vibrátil e com a apresentação de algumas soluções de minimização de ruído e vibrações.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento generalizado de fontes de ruído e de vibrações no interior e na envolvente dos edifícios com ocupação sensível, nomeadamente em edifícios mistos com habitação e atividades de comércio e ou serviços adjacentes, tem-se assistido a um conseqüente aumento acentuado de queixas por parte dos habitantes nestes edifícios. Um dos tipos de fontes de ruído e de vibrações que tem vindo ganhar expressão nos últimos anos, na sequência do seu crescimento quase exponencial, corresponde ao funcionamento de lavandarias integradas em edifícios com ocupação sensível ao ruído, em particular as lavandarias self-service. Entre as várias causas de excesso de ruído em espaços sensíveis, adjacentes a lavandarias, estão normalmente três principais: a transmissão de vibrações ao edifício, que se manifesta nos espaços adjacentes essencialmente na forma de excesso de ruído (em geral sem conseqüências para a integridade da estrutura do edifício); a transmissão de ruído para o exterior através das condutas de ventilação, das máquinas de secar roupa (com saídas por vezes próximas de janelas de espaços sensíveis); e a transmissão de ruído por via aérea, não tanto pelos elevados níveis de ruído gerados na lavandaria, mas geralmente pelas insuficiências de isolamento a sons aéreos.

Uma vez que as lavandarias self-service praticam preços fixos por máquina, independentemente da quantidade de roupa por lavagem, verifica-se uma tendência para sobrecarregar as máquinas de lavar, com a agravante da mistura de roupas com massas muito diferentes (que origina um carregamento excêntrico), o que conduz muitas vezes a um aumento acentuado do ruído e particularmente das vibrações transmitidas ao edifício.

A avaliação da incomodidade sonora gerada pelas lavandarias pode ser efetuada, em Portugal, através de medições de ruído ambiente, tendo por base os requisitos indicados no Regulamento Geral do Ruído [1]. Contudo, o ruído e as vibrações geradas pelas máquinas de lavar, em particular durante a centrifugação, são geralmente muito ricas em baixas frequências, onde este regulamento, acaba por ser “despenalizante”, não salvaguardando de forma eficaz a saúde e bem estar dos ocupantes mais sensíveis ao ruído [2,3,4,5,6]. Outra fonte de ruído e de vibrações de baixa frequência, neste caso dentro do habitualmente designado de “muito baixa frequência”, são as máquinas de secar roupa, dada a sua baixa rotação, e que muitas vezes são desvalorizadas. Neste caso, os próprios ventiladores destas máquinas podem também originar excesso de ruído, quer através das suas saídas para o exterior, quer através da transmissão pelo interior do edifício.

No presente artigo são apresentados vários casos de estudo de lavandarias self-service, indicadas as principais causas do excesso de ruído e de vibrações, apresentados exemplos de possíveis soluções de condicionamento acústico e vibrátil, com vista à minimização do ruído e de vibrações, sendo apresentado um caso de estudo mais desenvolvido com resultados de medições de ruído ambiente e de vibrações e com uma proposta para minimização do ruído e de vibrações.

2. REQUISITOS ACÚSTICOS APLICÁVEIS

A regulamentação existente em vigor em Portugal, no que respeita às condições acústicas, é apresentada no Regulamento Geral do Ruído (RGR) [1]. Este regulamento define, de uma forma global, uma política de prevenção e combate ao ruído, tendo em vista a salvaguarda da saúde e o bem estar das populações. Na vertente do conforto acústico nos edifícios, e mais especificamente na imposição de requisitos de isolamento acústico, de limitação dos níveis de ruído e de limitação de tempos de reverberação, a regulamentação aplicável em Portugal corresponde ao Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) [7]. Contudo, no âmbito destes dois regulamentos, a avaliação do ruído é efetuada em dB(A), que considera uma ponderação muito acentuada em

baixas frequências. Por exemplo, para um nível de ruído de 60 dB na banda de 1/3 de oitava de 50 Hz corresponde, depois de aplicada a ponderação A, a um valor próximo de 30 dB(A) nessa banda de frequência. Por outro lado, e apesar da gama audível corresponder a uma gama muito alargada, entre 20 e 20 000 Hz, a avaliação de ruído é efetuada geralmente entre as bandas de 1/3 de oitava entre 50 e 10000 Hz, com possibilidade de uma penalização de 3 dB(A), quando se verifica uma tonalidade em bandas de 1/3 de oitava entre 63 e 8000 Hz. Na avaliação do isolamento sonoro a gama em avaliação é ainda mais restrita, em geral entre as bandas de 1/3 de oitava de 100 e de 3150 Hz.

Apesar da aplicação da curva de ponderação A permitir uma aproximação à resposta do ouvido humano, muitas vezes esta é excessivamente “generosa” para o ruído de baixa frequência. Efetivamente, um ruído de baixa frequência poder ser quase impercetível para a generalidade das pessoas, onde a curva de ponderação A até pode funcionar bem, mas para outras pessoas com elevada sensibilidade a ruídos de baixa frequência, uma avaliação em dB(A) é claramente desfavorável e não as protege devidamente, nomeadamente no que se refere à incomodidade sonora e aos consequentes distúrbios psicológicos. Estes podem consistir num agravamento da insatisfação, mal-estar, ansiedade, confusão, preocupação, inquietação e angústia, que podem levar, entre outros problemas de saúde, a uma acumulação de stress e à perturbação do sono. Em pessoas com grande sensibilidade ao ruído de baixa frequência (em particular abaixo de 100 Hz), a exposição prolongada a níveis de ruído significativos nesta gama de frequências pode conduzir à chamada doença vibroacústica, que, para além dos distúrbios psicológicos já referidos, pode originar também insuficiências respiratórias.

De acordo com o RGR [1], mais especificamente o seu artigo 13º, existem dois tipos distintos de exigências técnicas aplicáveis a atividades ruidosas e a fontes de ruído: a verificação do critério de incomodidade nos locais de ocupação sensível; e a verificação do critério de exposição máxima no exterior, de forma a não ultrapassar os limites de ruído previstos no artigo 11º do RGR. No caso das lavandarias self-service este segundo critério é geralmente cumprido, sendo que o mais condicionante será o cumprimento do critério de incomodidade, em geral no interior dos espaços de ocupação sensível, nomeadamente habitações, do próprio edifício onde se encontra a lavandaria. O cumprimento deste critério de incomodidade, passa por garantir que o valor de $L_{Ar} - LA_{eq}(rr)$ não ultrapassa o limite ΔL , em que o L_{Ar} é o valor do nível sonoro equivalente medido durante o funcionamento da lavandaria, corrigido com as características tonais e/ou impulsivas deste ruído (de acordo com o anexo 1 do RGR), $LA_{eq}(rr)$ é o nível sonoro equivalente residual existente na ausência de funcionamento da lavandaria, e ΔL assume o valor de D, em função da duração acumulada de ocorrência do ruído particular, adicionado a 5dB(A) no período diurno, 4 dB(A) no período do entardecer e eventualmente 3dB(A) se a lavandaria funcionar em período noturno.

Acrescente-se, no entanto, que, de acordo com o n.º 5 do artigo 13º do RGR, o critério de incomodidade é cumprido automaticamente quando o valor de L_{Ar} é igual ou inferior a 27 dB(A), nos locais recetores no interior (ou eventualmente igual ou inferior a 45 dB(A), para locais recetores no exterior).

De acordo como o RRAE [7], mais especificamente as alíneas 1d e 1g do artigo 5º, os índices de isolamento acústico entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão e quartos ou zonas de estar das habitações devem respeitar os seguintes limites: $D_{nT,w} \geq 58$ dB; e $L'_{nT,w} \leq 50$ dB (considerando no entanto um fator de incerteza, encarado neste regulamento como uma tolerância, de 3 dB). No caso específico das lavandarias o cumprimentos do requisito de isolamento a sons aéreos ($D_{nT,w} \geq 58$ dB) é em geral suficiente, mas o cumprimento do requisito relativo à transmissão por percussão, se for com uma margem pequena, muitas vezes não permite cumprir o critério de incomodidade.

3. EXEMPLOS DE SOLUÇÕES DE MINIMIZAÇÃO DE RUÍDO E DE VIBRAÇÕES

Tal como se verifica para outras aplicações com equipamentos de média ou elevada potência de emissão de ruído e vibrações, as medidas e/ou soluções de condicionamento acústico e vibrátil a aplicar em lavandarias devem ser estudadas em função das particularidades de cada caso, e podem ser muito diferentes em função das características dos equipamentos (máquinas de lavar, de secar roupa e equipamentos de apoio), bem como das características do edifício onde estão integrados. Por exemplo, em relação às máquinas de lavar roupa, já existem hoje em dia equipamentos com amortecedores integrados de elevado desempenho que simplificam bastante as soluções construtivas a aplicar, aquando da instalação da lavandaria. Por outro lado, se as condições de isolamento a sons aéreos do edifício respeitarem o requisito exigido para o edifício ($D_{nT,w} \geq 58$ dB), em geral as soluções a aplicar também são mais simples.

De uma forma geral, entre as várias causas de excesso de ruído em espaços sensíveis, adjacentes a lavandarias (ver Figura 1), estão normalmente três principais: a transmissão de vibrações ao edifício (ver Figura 1c, 1d e 1e), que se manifesta nos espaços adjacentes essencialmente na forma de excesso de ruído; a transmissão de ruído para o exterior através das condutas de ventilação (ver Figura 1b), das máquinas de secar roupa (com saídas por vezes próximas de janelas de espaços sensíveis); e a transmissão de ruído por via aérea, não tanto pelos elevados níveis de ruído gerados na lavandaria, mas geralmente pelas insuficiências de isolamento a sons aéreos (geralmente quando o índice de isolamento $D_{nT,w}$ é claramente inferior ao requisito mínimo regulamentar de 58 dB).



Figura 1: Imagens do interior de lavandarias “self-service” (das máquinas de lavar, saídas de extração de ar das máquinas de secar roupa, ligação do esgoto e base de apoio das máquinas).

Para minimizar a transmissão de vibrações à estrutura do edifício, que é normalmente a causa mais relevante, a solução poderá passar pela aplicação de calços antivibratórios (ver Figura 2a), com alturas geralmente acima dos 50 mm, mas geralmente esta solução não permite uma adequada estabilização das máquinas de lavar roupa ao centrifugarem. O aumento desta estabilização poderá ser conseguido através da aplicação de calços antivibratórios com fixação mecânica, como ilustrado na Figura 2b, mas que nem sempre permite um funcionamento correto. A solução geralmente mais eficaz passa pela construção de um maciço de inércia flutuante (ver Figura 1c), assente sobre calços

antivibratórios. Contudo, este sistema antivibratório deverá ser estudado caso a caso, em função das características das máquinas e do maciço a utilizar. Por outro lado, é também necessário garantir que não existem elementos rígidos indiretos, que possam transmitir vibrações ao edifício, nomeadamente a rede de esgotos, onde a tubagem rígida, habitualmente em PVC, deverá ser interrompida com troço de tubagem flexível (ver Figura 2d). Para as máquinas de secar roupa, apesar de geralmente menos relevantes, também se justifica geralmente a aplicação de calços antivibratórios, mas aqui, dado tratar-se de máquinas com menos “oscilação” e mais pesadas, a solução poderá passar pela aplicação de calços simples, sem necessidade de maciço nem de fixação mecânica ao piso. Acrescente-se que é frequente a aplicação de “pequenos” calços de borracha com espessuras inferiores a 2 cm, como se verificou, por exemplo, na lavandaria ilustrada na Figura 1d, mas esta solução é manifestamente insuficiente, além de que a densidade deste elastómero é geralmente muito superior ao recomendado.

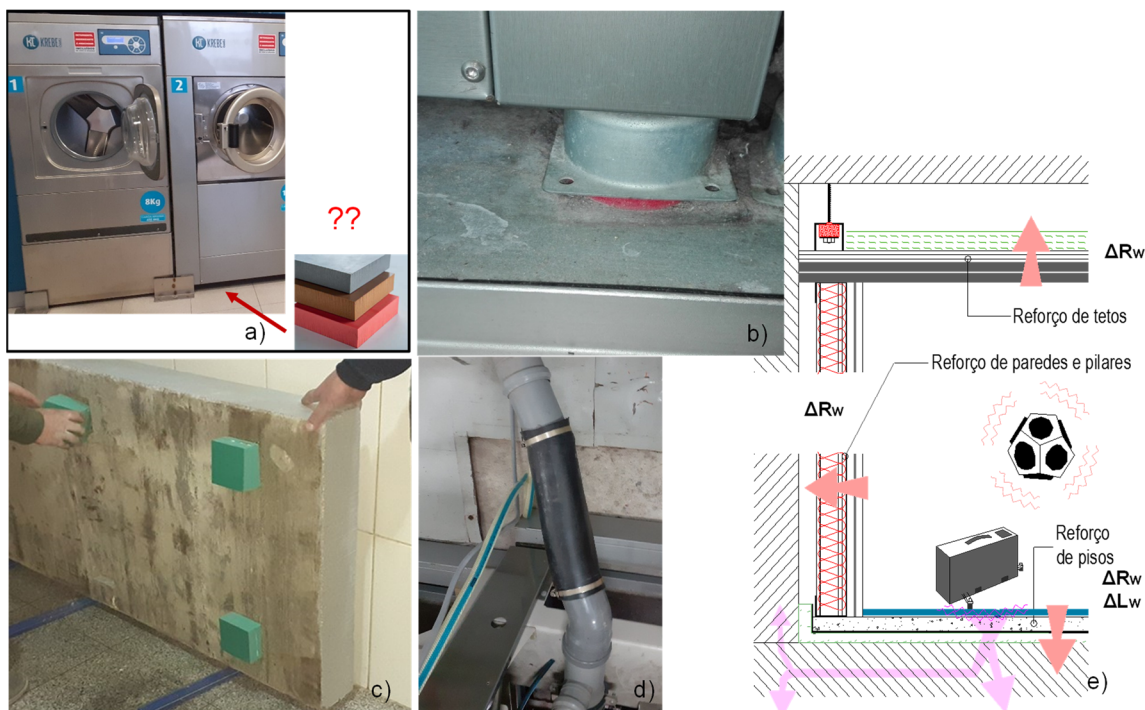


Figura 2: Imagens do interior de lavandarias “self-service” e de possíveis zonas a corrigir, com vista à minimização da transmissão de ruído e vibrações.

Nas condutas de ventilação das máquinas de secar roupa (ver Figura 1b), a solução pode passar pela aplicação de atenuadores sonoros, individuais por conduta ou através de uma “caixa” de atenuação comum, na saída das várias condutas. No caso das insuficiências de isolamento, onde geralmente só é possível avaliar com rigor as reais necessidades de reforço recorrendo a ensaios acústicos no local, a solução poderá passar pela execução de tetos falsos e/ou forras de paredes, betonilhas flutuantes (ver Figura 2e) e eventualmente pela correção de alguns pontos fónicos, nomeadamente coretes.

4. ANÁLISE DE CASO DE ESTUDO

A título de exemplo são apresentados nas Figuras 3 e 4 alguns dos resultados de medições acústicas e de vibrações realizadas numa lavandaria (emissor), com reclamações dos ocupantes do piso superior relativamente ao ruído (recetor). Nos apoios das máquinas de lavar roupa encontravam-se aplicados calços em borracha, mas aparentemente com funcionamento desajustado. Neste caso concreto, para uma situação extrema com 4 máquinas de lavar roupa em simultâneo e a centrifugar (2 com capacidade de roupa até 9 kg e outras 2 até 16 kg) e 2 máquinas de secar roupa também a funcionar em simultâneo, o valor de LAeq registado na lavandaria (na

zona posterior às máquinas, onde os níveis de ruído eram mais elevados) foi próximo de 81 dB(A), enquanto que no compartimento recetor do piso superior, medido em simultâneo, o valor de LAeq aproximou-se de 37 dB(A). A partir da comparação entre resultados de ensaios de isolamento a sons aéreos (isolamento bruto, sem correção com o tempo de reverberação de referência) e a diferença de níveis sonoros registados com as máquinas em pleno funcionamento, entre a lavandaria e o espaço recetor, é possível confirmar que neste caso a transmissão ocorre essencialmente por via estrutural, sendo que a via aérea é desprezável. Da análise em detalhe dos resultados apresentados nas Figuras 3 e 4 é possível verificar que existe uma componente de muito baixa frequência que se destaca, que corresponde à banda de 16 Hz, e que está sobretudo relacionada com a centrifugação das máquinas de lavar. Por outro lado, também se pode verificar que a vibração transmitida ao edifício depende fortemente da carga das máquinas e do tipo de máquina, sendo que, na presente situação, as máquinas de maior emissão correspondem às de menor capacidade de carga (de funcionamento mais instável).

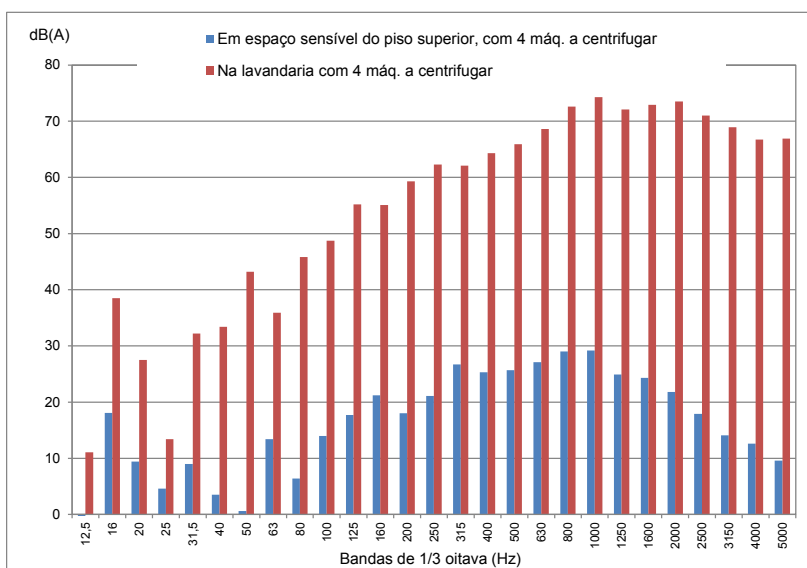


Figura 3: Espectros em bandas de 1/3 de oitava com os níveis sonoros na lavandaria e no compartimento recetor, situado sobre a lavandaria.

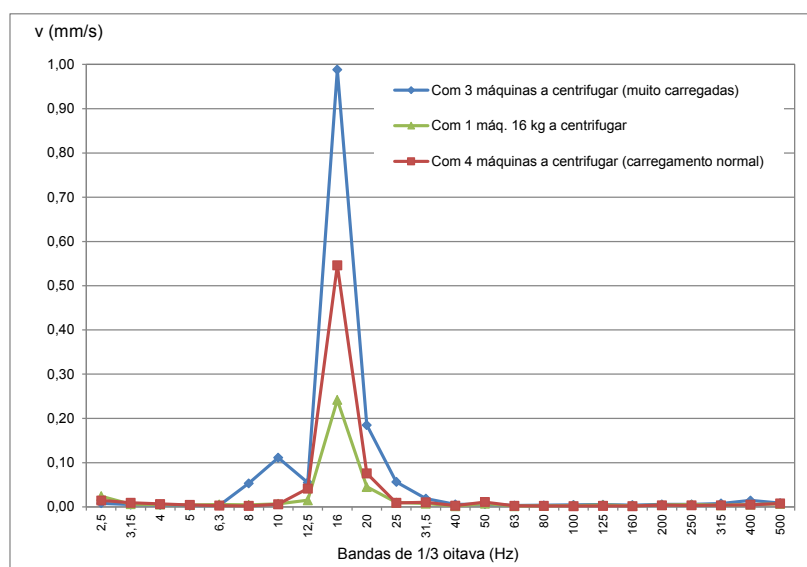


Figura 4: Espectros em bandas de 1/3 de oitava com as velocidades de vibração na laje de piso da lavandaria.

Face aos resultados obtidos e à manifesta incomodidade na ocupação sensível adjacente à lavandaria, foi proposta a substituição dos atuais calços em borracha por uma plataforma antivibratória, constituída por uma laje de inércia em betão armado com cerca de 12 cm de espessura, assente em calços antivibratórios com cerca de 75 mm de altura, parcialmente embutidos na laje de inércia, conforme se esquematiza na Figura 5. Por forma a minimizar o tempo de paragem da lavandaria, optou-se pela pré-fabricação desta laje, dividida por 4 troços, para facilitar o transporte e a aplicação no local (conforme esquematizado na Figura 5). Esses 4 troços, depois de colocados na sua posição final, serão posteriormente fixos entre si de forma a que esta plataforma funcione como um todo, com uma massa total da ordem dos 900 kg, que é claramente superior à massa total das 4 máquinas de lavar, e assim permitir um funcionamento estável das máquinas, mesmo na situação mais desfavorável de centrifugação e de algum carregamento excêntrico, que acontece com alguma frequência em lavandarias self-service. Esta solução encontra-se atualmente em execução, pelo que ainda não foi possível a apresentação de resultados finais.

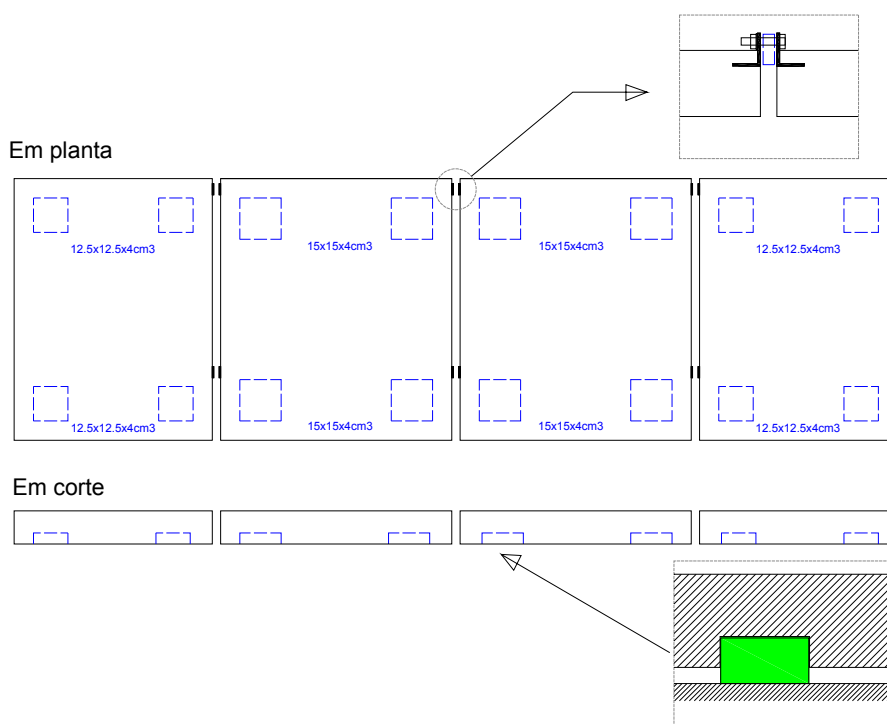


Figura 5: Exemplo de solução construtiva (esquemática) proposta para a base das máquinas de lavar numa lavandaria “self-service”.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um apanhado das principais causas do excesso de ruído e de vibrações, verificadas em lavandarias self-service, e indicados exemplos de soluções gerais de condicionamento acústico e vibrátil, com vista à minimização de ruído e de vibrações. Para um dos casos de estudo, onde já existiam algumas soluções de condicionamento vibrátil, mas a funcionar incorretamente, são apresentados e analisados resultados de medições de ruído e de vibrações e indicada uma proposta para minimização do ruído e de vibrações, de forma a permitir um claro cumprimento do critério de incomodidade. Efetivamente, para situações de excesso de ruído de

baixa frequência, como ocorre com frequência em lavandarias, a avaliação do critério de incomodidade acaba por despenalizar parcialmente este tipo de situações, pelo que se recomenda a implementação de soluções que permitam uma verdadeira redução de ruído e de vibrações em toda a gama audível, e de preferência com o seu limiar inferior próximo ou abaixo dos 20 Hz.

REFERENCIAS

- [1] RGR (2007): Regulamento Geral do Ruído, aprovado pelo Decreto-Lei nº 9/2007 de 17/01, 2007.
- [2] Bachmann, H., Ammann, W. (1987), Vibrations in Structures Induced by Man and Machines. IABSE Structural. Engineering Documents, 1987.
- [3] Schiappa F., Patrício J. (2003), Critérios de Danos e de Incomodidade no Domínio das Vibrações Ambientais. Ingenium, 2ª Série, Nº 72, Janeiro 2003, p. 84-88.
- [4] António, J.; Mateus, D. (2015) - "Influence of low frequency bands on airborne and impact sound insulation single numbers for typical Portuguese buildings", Applied Acoustics, Vol. 89(2015), 141-151.
- [5] Mateus, D. (2014). "Transmissão de ruído de baixa frequência – Critérios de avaliação e aplicação a casos de estudo", Simpósio de Acústica e Vibrações, Universidade de Coimbra/ITECONS, em Coimbra, fevereiro 2017, p. 1-11.
- [6] Mateus, D.; Pereira, A. (2018). Avaliação e transmissão de ruído de baixa frequência em edifícios - Casos de estudo. Tecnicústica 2018, Cádiz, Spain, October 24-26, 2018, In CD-ROM.
- [7] RRAE (2008): Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo aprovado pelo Decreto-Lei nº 129/2002 de 11/05, com a nova redação dada pelo Decreto-Lei nº 96/2008 de 09/06, 2008.