



CONFORTO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES: ANÁLISE ECONÔMICA DE ISOLANTES E DAS NORMAS VIGENTES

FAGNER GONCALVES GUIMARAES

dezembro de 2016

CONFORTO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES: ANÁLISE ECONÔMICA DE ISOLANTES E DAS NORMAS VIGENTES

FAGNER GONÇALVES GUIMARÃES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Prof. José Carlos Rodrigues Campeão

Co-Orientador: Prof. Dr. Edson de Almeida Rego Barros (Escola de Engenharia da Universidade
Presbiteriana Mackenzie - UPM)

OUTUBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto.....	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas.....	xix
1 Introdução.....	1
2 Revisão da Literatura	7
3 Pesquisa Prática	43
4 Análise e Discussão dos Resultados.....	83
5 Conclusão.....	85
Referências Bibliográficas	87
Anexo	93

RESUMO

A atual fase da construção civil, na qual o avanço da tecnologia e a facilidade de acesso a informações transformaram o entendimento do cliente no âmbito de projetos residenciais, hoje muito mais exigente e consciente dos impactos ambientais, desencadeou a necessidade de aprimorar os detalhes construtivos que elevam o desempenho dos edifícios no setor da construção civil. No entanto, essas técnicas não terão resultado expressivo se não assegurarem o cumprimento da satisfação do cliente, que nos dias de hoje prioriza conforto e segurança das habitações. Neste aspecto, em específico, engloba-se o tema de conforto acústico das edificações.

Atualmente, com a competitividade do mercado e a conjuntura econômica do país que dificulta investimento no setor, o não desenvolvimento de um projeto que visa eficiência e preocupação ambiental pode fazer a diferença no sucesso do produto. Este trabalho, apresenta uma análise das técnicas construtivas de isolamento que se destinam a promover conforto acústico de edificações. O conceito de isolamento acústico é facilmente justificado pelo desejo do cliente em sentir-se acomodado em seu imóvel.

Após um estudo em situações reais, foi possível apresentar o método de avaliação do desempenho acústico de um empreendimento e fazer um comparativo de viabilidade econômica de aplicação de quatro materiais recorrentes nas obras. Em parceria com Portugal, este projeto inclui em sua pesquisa o estudo da aplicação da cortiça nesse propósito de utilidade, afim de promover uma integração entre os países e avaliar o potencial deste material em território brasileiro.

Palavras-chave: Conforto. Acústico. Viabilidade. Sustentabilidade. Cortiça.

ABSTRACT

The current stage of construction, in which the advancement of technology and the ease of access to information transformed customer understanding under residential projects, now much more demanding and aware of the environmental impacts, triggered the need to improve the constructive details that increase the performance of buildings in the construction sector. However, these techniques will not have significant result by not ensuring compliance with customer satisfaction, which today gives priority to comfort and safety of housing. In this respect, in specific, it encloses the acoustic comfort theme of the buildings.

Currently, with the competitiveness of the market and the economic situation of the country which hampers investment in the sector, no development of a project aimed at efficiency and environmental concerns can make a difference in the success of the product. This work presents an analysis of the alternatives coating techniques that are designed to promote acoustic comfort of buildings. The concept of sound insulation is easily justified by the customer's desire to feel settled in your property.

After a study in real situations, it was possible to present the evaluation method of acoustic performance of an enterprise and make a comparison of the economic viability of application of four recurring materials on the works. In partnership with Portugal, this project includes in his research the cork application study at this purpose of utility in order to promote integration between the countries and to assess the potential of this material in Brazil.

Keywords: Comfort. Acoustic. Viability. Environmental. Cork

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, fonte de toda sabedoria, pela força e pela coragem que nos concedeu, permanecendo a meu lado em todo o percurso desta caminhada.

Meu muito obrigado ao Prof. Eng.º José Campeão, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por ser este excelente profissional que foi o maior responsável por despertar meu interesse no assunto abordado neste presente estudo. Minha eterna gratidão, por sua prestação, amizade, orientação e generosidade.

Um agradecimento especial a meu pai, Hamilton Carlos Guimarães, minha mãe, Elizabete Maria Gonçalves Guimarães, e meus irmãos, Fernando Gonçalves Guimarães e Felipe Gonçalves Guimarães, pelo companheirismo, pela paciência e pelo apoio incondicional que foi fundamental no direcionamento de minhas ideias e na formação de meu caráter pessoal e profissional.

Um agradecimento carinhoso a meu irmão e engenheiro, Fernando Gonçalves Guimarães, por ser meu exemplo e fonte de inspiração durante todos esses anos de graduação. Manifesto por meio deste, meu mais sincero obrigado por me guiar na minha formação.

Agradeço imensamente a meus colegas de universidade que dividiram comigo este sonho de ser engenheiro e compartilharam de muitos momentos de sucesso e aprendizado que moldaram nosso perfil profissional.

A meus amigos, que embora não dividam sala de aula, sempre forneceram seu apoio moral para o desenvolvimento deste e outros trabalhos da universidade.

À Universidade Presbiteriana Mackenzie, por atender às expectativas que ansiava quando vestibulando.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, por abrir as portas de sua instituição e proporcionar um ambiente criativo e inspirador.

Ao Prof. Dr. º Edson de Almeida Rego Barros, por ter aceito o desafio de ser orientador deste projeto e por suas diretrizes seguras, acompanhamento e incentivo.

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	Objetivo geral	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
1.2	Justificativa	3
1.3	Metodologia	5
1.4	Estrutura do Trabalho.....	5
2	Revisão da Literatura	7
2.1	Construção Sustentável	7
2.2	Normas de Acústica	8
2.2.1	Vigência Brasileira	8
2.2.2	Vigência Portuguesa/Européia	11
2.3	Transmissão Sonora.....	14
2.3.1	Transmissão sonora entre espaços	14
2.3.2	Transmissão Marginal.....	15
2.4	Isolamento x Absorção Acústica.....	16
2.5	Isolamento x Absorção Acústica.....	18
2.5.1	Isolamento de ruídos aéreos.....	18
2.5.2	Isolamento de ruídos de impacto.....	19
2.6	Principais Isolantes	19

2.6.1	Isolantes fibrosos.....	19
2.6.2	Lã de rocha ou Lã mineral.....	19
2.6.3	Lã de vidro	21
2.6.4	Poliestireno Expandido (EPS).....	23
2.6.5	Poliestireno Extrudido (XPS).....	26
2.6.6	Espuma de Poliuretano.....	29
2.6.7	Cortiça.....	31
3	Pesquisa Prática	43
3.1	Testes de Eficiencia dos Materiais – Torre Hotel.....	43
3.1.1	Testes iniciais de projeto	44
3.1.2	Vedação externa à ruidos aéreos	52
3.1.3	Ruídos aéreos entre suítes vizinhas horizontalmente.....	55
3.1.4	Ruídos aéreos entre suíte e corredor	58
3.1.5	Ruídos aéreos entre suíte e banheiro	62
3.1.6	Ruídos de impacto entre suítes de mesma prumada.....	66
3.1.7	Ruídos aéreo entre suítes de mesma prumada.....	69
3.1.8	Ruídos aéreo de parede entre suítes vizinhas horizontalmente (Pós Solução)	73
3.1.9	Ruídos aéreo de parede entre suítes e corredor (Pós Solução)	75
3.2	Análise de Viabilidade Financeira	79
4	Análise e Discussão dos Resultados	83
5	Conclusão	85
5.1	Considerações finais	85
5.2	Futuros desenvolvimentos.....	86
	Referências Bibliográficas	87
	Anexo.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Taxa de desemprego no Brasil.	4
Figura 2.1 - Análise de frequências de ruído.	10
Figura 2.2 - Subdivisão de sons incidentes.	14
Figura 2.3 - Possíveis caminhos da transmissão sonora.	15
Figura 2.4 - Aplicação de lã de rocha entre paredes de alvenarias.	20
Figura 2.5 - Aplicação de lã de rocha entre divisórias.	20
Figura 2.6 - Isolamento do teto com lã de vidro.	22
Figura 2.7 - Isolamento de paredes com lã de vidro.	22
Figura 2.8 - Gráfico que representa a produção mundial de EPS.	24
Figura 2.9 - EPS como isolante térmico entre alvenarias.	25
Figura 2.10 - EPS usado como forro.	25
Figura 2.11 - EPS como material de enchimento em juntas de dilatação.	26
Figura 2.12 - EPS como material leve para enchimento de lajes de concreto.	26
Figura 2.13 - Aplicação de XPS em fachada de edifícios, para posterior revestimento de proteção externa.	28
Figura 2.14 - Aplicação de XPS em coberturas e telhados de habitações, devendo receber proteção mecânica.	28
Figura 2.15 - Aplicação de espuma de poliuretano em spray, para isolamento térmico interno. ..	30
Figura 2.16 - Espuma de poliuretano para isolamento acústico de estúdios musicais.	31
Figura 2.17 - Montado de sobreiros.	32
Figura 2.18 - Sobreiro, árvore de onde se extrai a cortiça.	33
Figura 2.19 - Passo a passo do descortiçamento de um sobreiro.	34

Figura 2.20 - Aglomerado de cortiça como peça decorativa de interiores.....	36
Figura 2.21 - Colocação de tubos de agua aquecida sob placas de aglomerado de cortiça.	37
Figura 2.22 - Colocação de tubos de agua aquecida sob placas de aglomerado de cortiça.	37
Figura 2.23 - Granulado de cortiça expandida como isolamento acústico e térmico.....	38
Figura 2.24 - Placas de aglomerado de cortiça para posterior cobrimento com argamassa.....	39
Figura 2.25 - Placas de aglomerado de cortiça para revestimento exterior de fachadas.....	39
Figura 2.26 - Detalhe de fachadas de cortiça expandida.	40
Figura 2.28 - Fachada ventilada com uso de placas de cortiça expandida.	40
Figura 2.29 - Fachada decorativa de cortiça aparente.....	41
Figura 2.30 - Sistema Lambourdé.....	41
Figura 3.1 - Medição do nível sonoro com aparelho BlueSolo 01dB.	45
Figura 3.2 - Planta de locação dos pontos de medição de ruído no terreno	46
Figura 3.3 - Medição da intensidade do ruído à altura de 1.5m do nível rua.....	47
Figura 3.4 - Medição da intensidade do ruído na cota de 30.0m do nível da rua.....	47
Figura 3.5 - Medição do nível de intensidade do ruído na cota de 70.0m do nível da rua.....	48
Figura 3.6 - Corte A-A.	48
Figura 3.7 - Corte B-B	49
Figura 3.8 - Corte C-C.....	49
Figura 3.9 - Simulação eletrônica em perspectiva da Avenida Marques de São Vicente.	50
Figura 3.10 - Simulação eletrônica em perspectiva da Av. Nicolas Boer.	50
Figura 3.11 - Aparelhos sonômetros “A” e “B”, respectivamente.	53
Figura 3.12 - Posicionamento da fonte sonora no térreo e do microfone na cota do 1º Pavimento.	53
Figura 3.13 - Sonômetro “B” no interior do dormitório.....	54
Figura 3.14 - Tempo de reverberação do ruído do ambiente receptor.	57
Figura 3.15 - Avaliação do DnT,w de acordo com ISO 717-1.	58

Figura 3.16 - Realização do teste de isolamento acústico à sons aéreos entre corredor e suíte. ...	59
Figura 3.17 - Tempo de reverberação do ruído no corredor.	60
Figura 3.18 - Avaliação do DnT,w de acordo com a ISO 717-1.....	61
Figura 3.19 - Medição NPS no interior do banheiro.....	63
Figura 3.20 - Tempo de reverberação do ruído no interior do banheiro.....	64
Figura 3.21 - Avaliação do DnT,w de acordo com o ISO 717-1.	65
Figura 3.22 - Aparelho padronizado gerador de ruído de impacto (tapping machine)	67
Figura 3.23 - Fonte emissora (tapping machine) estacionada no ambiente emissor, no 2º pavimento.	67
Figura 3.24 - Tempo de reverberação do ruído de impacto.	68
Figura 3.25 - Avaliação do LnT,w de acordo com a ISO 717-2.	69
Figura 3.26 - Fonte sonora estacionada no ambiente emissor, no 1º andar, para medição do NPS.	70
Figura 3.27 - Medição do ruído aéreo no ambiente receptor, no 2º andar.	71
Figura 3.28 - Tempo de reverberação do ruído aéreo entre laje.....	72
Figura 3.29 - Avaliação do DnT,w de acordo com a ISO 717-1.....	73
Figura 3.30 - Tempo de reverberação do ruído aéreo entre suítes vizinhas horizontalmente, pós solução.	74
Figura 3.31 - Avaliação DnT,w de acordo com ISO 717-1.	75
Figura 3.32 - Fonte sonora estacionada no corredor, próxima à parede divisória ensaiada no 1º pavimento.	76
Figura 3.33 - Detalhe do forro com falha na passagem de tubulação.	77
Figura 3.34 - Tempo de reverberação do ruído aéreo entre suíte e corredor.....	78
Figura 3.35 - Avaliação de DnT,w de acordo com o ISO 717-1.	79
Figura 3.36 - Identificação das paredes com isolante acústico.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)	9
Tabela 2.2 - Valores dB(A) e NC.	9
Tabela 2.3 - Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC).....	11
Tabela 2.4 - Correção da transmissão marginal ao índice de isolamento a sons de percussão (dB).....	16
Tabela 2.5 - Valor do isolamento acústico de algumas soluções construtivas comuns.....	17
Tabela 2.6 - Resistência térmica da lã de vidro.....	21
Tabela 2.7 - Características exigidas para o EPS segundo NBR11752.	24
Tabela 3.1 - Nível de ruído incidente nas fachadas do edifício residencial.	51
Tabela 3.2 - Nível de ruído incidente nas fachadas do edifício comercial e hotel.....	51
Tabela 3.3 - Tabela do item 3.2.1 do Manual Accor DA0040 – Required levels of performance	54
Tabela 3.4 - Diferença padronizada de nível ponderado da vedação externa, D2m,nT,w.	55
Tabela 3.5 - Levantamento dos custos da Lã de Rocha, Lã de vidro, XPS e EPS.	81
Tabela 3.6 - Levantamento dos custos para Espuma de Poliuretano.	81
Tabela 3.7 - Resumo total dos custos para todos os materiais orçados.....	82

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAPEX	Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
APCOR	Associação Portuguesa da Cortiça
CEN	European Committee for Standardization
CFC	Clorofluorcarboneto Halogenado
CIB	Conselho Internacional da Construção
EN	European Norm
EPS	Poliestireno Expandido
FMI	Fundo Monetário Internacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Reguladora
NCA	Nível de critério de avaliação
NPS	Nível de Pressão Sonora
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto

Pnad	Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios Contínua
QUERCUS	Associação Nacional de Conservação da Natureza
RGR	Regulamento Geral do Ruído
RR	Ruído Residual
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
TM	Transmissões Marginais
TR60	Tempo de Reverberação
XPS	Poliestireno Extrudido

1 INTRODUÇÃO

Vive-se hoje um dilema que levanta questões obrigatórias no âmbito do desenvolvimento sustentável do planeta, e no que diz respeito às atividades impactantes da construção civil. O impasse entre a eficiência que visa lucro e os impactos dessas ações no conceito geral do que é ser sustentável tende a ser ainda maior.

A clássica definição da ONU (Organização das Nações Unidas), exposta no relatório Brundland, (1987) “desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades e aspirações”, é o desafio mor da construção civil.

Conforme Sue Roaf, em seu livro “Ecohouse” (2009) “as edificações são os poluentes mais nocivos existentes atualmente, emitindo mais da metade de todos os gases que vêm modificando o clima do planeta”. Isto explica o motivo da sustentabilidade no âmbito da construção civil ter crescido significativamente.

O MMA (Ministério do Meio Ambiente), órgão brasileiro responsável por acompanhar as atividades ligadas à conservação do meio ambiente, afirma que “Os desafios para o setor da construção são diversos, porém, em síntese, consistem na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído.”.

Nesse contexto de busca pela excelência construtiva e eficiência energética, as grandes construtoras voltaram seus olhos de maneira mais alerta para as novas práticas e técnicas do mercado, afim de diminuir os impactos de suas ações. No entanto, é errôneo pensar no conceito de construção sustentável somente no que se refere à impactos ambientais, afinal, ser sustentável é conciliar desenvolvimento ambiental, social e econômico no mesmo prisma, enfatizando a agregação de valor à qualidade de vida dos indivíduos e consumidores.

A excelência construtiva é muito mais ampla do que simplesmente desenvolver um projeto que gere lucro, com qualidade e dentro do cronograma pré-estabelecido. Somente obtém excelência construtiva quem desenvolve um produto baseado na necessidade genuína do cliente.

Não é novidade que o cliente de hoje pensa e age de maneira muito mais consciente e inteligente do que no passado, afinal, ele tem acesso a informações que outrora não possuía.

Diante das facilidades que o cliente possui para alcançar informações que lhe ajudarão no ato de compra, independente do tipo de empreendimento, fomentou-se um cenário no qual o cliente tornou-se muito mais exigente nas suas escolhas. O cliente de hoje, entende que um bom negócio é aquele que apresenta responsabilidade sustentável e que possa lhe proporcionar conforto.

O tema conforto, no entanto, deixou de estar associado ao significado literal da palavra e passou a ser encarado no campo da construção civil como o prazer e a sensação de segurança que o ambiente pode proporcionar ao seu usuário. Quem compra um empreendimento nos dias de hoje, quer viver uma experiência agradável, quer sentir-se seguro e confortável desde o ato da compra. É nesse ponto que sustentabilidade e conforto das edificações estão associados, uma vez que a responsabilidade sustentável do produto é capaz de confortar o cliente, e permite que ambos os aspectos, quando juntos, façam a diferença na escolha final.

No intuito de apresentar práticas de isolamento da construção civil e de ajudar na escolha do tipo de material a ser implantado no projeto, este trabalho introduz uma análise das técnicas alternativas que visam proporcionar conforto acústico às edificações. Além da comparação das demais técnicas já conhecidas no mercado, será abordada a utilização da cortiça, material com excelentes características de vedação e origem 100% sustentável e mundialmente reconhecido por sua utilização em rolhas de vedação de vinhos, como alternativa ecológica capaz de proporcionar ótimos resultados de vedação acústica para sistemas construtivos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar as alternativas de revestimento isolante para obtenção de conforto acústico de edificações, comparando-as em nível de eficiência, viabilidade econômica e impactos ambientais.

1.1.2 Objetivos específicos

Apresentar técnicas construtivas de isolamento que proporcionam ganhos de conforto acústico às edificações.

Investigar e compreender as vantagens e desvantagens do processo de aplicação de cada material em critérios de viabilidade econômica, desde o método de fabricação até a sua execução.

Tendo em vista que o projeto se baseia na realidade brasileira, avaliar as normas vigentes no território português como forma de comparar os parâmetros de avaliação do desempenho acústico do Brasil e identificar possíveis fragilidades e potencialidades.

Apresentar o produto cortiça, seu método de fabricação e suas eventuais possibilidades de aplicação.

Analisar a viabilidade econômica da utilização da técnica de aplicação da cortiça – realidade em países mediterrâneos – no Brasil, a fim de explorar as oportunidades de negócios no contexto da construção civil.

1.2 JUSTIFICATIVA

O cenário da construção civil no Brasil é extremamente delicado devido a uma sequência de anos de fragilidade do governo federal. O país encontra-se com a imagem completamente debilitada no contexto internacional, uma vez que foram evidenciados inúmeros escândalos de corrupção, e muitos deles com indícios do envolvimento de grandes construtoras e superfaturamento de obras públicas. Juntamente a essas questões, o Brasil apresenta uma série de números que determinam uma forte recessão econômica e elevado crescimento dos índices de desemprego.

A ADVFN (2015) indica que “A economia brasileira encolheu 3,8% em 2015 na comparação com 2014, segundo os dados do PIB (Produto Interno Bruto) divulgados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)”, o que exemplifica a atual fragilidade econômica do Brasil.

O índice de desemprego aumenta no Brasil, segundo dados da Pnad (Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios Contínua), conforme Figura 1,1. Uma pesquisa do IBGE diz que a taxa de desemprego na construção civil aumentou 8,6% no ano de 2015 em relação ao mesmo período de 2014, com 673 mil cortes.

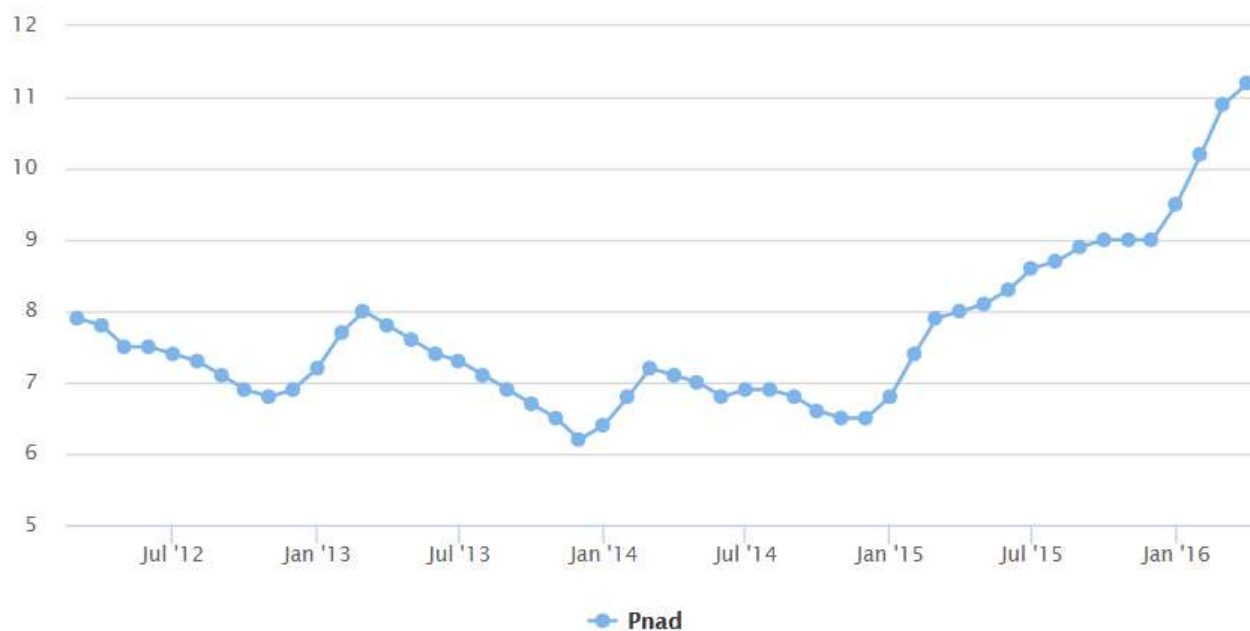


Figura 1.1 - Taxa de desemprego no Brasil.

Fonte: ADVFN.com

Em julho de 2015, a alta da inflação resultou em uma variação anual de 9,56% nos preços administrativos, segundo o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), do IBGE. O aumento do custo de vida, dificulta ainda mais a situação do orçamento das famílias brasileiras e consequentemente afeta o crescimento do setor da construção uma vez que, em tempos de enxugamento das contas, o investimento imobiliário torna-se menos recorrente. Este é o motivo para as construtoras desacelerarem os lançamentos e diminuírem as vendas dos empreendimentos.

Com o vento soprando contra o setor imobiliário, as construtoras tendem à atrelarem-se aos detalhes construtivos, na tentativa de aumentar a eficiência dos processos de construção e chamar a atenção dos clientes.

Por outro lado, ao olhar o setor da construção civil por um ponto de vista focado nas questões ambientais, é impossível não citar os resultados expressivos dos impactos no meio ambiente. O CIB (Conselho Internacional da Construção) aponta a indústria da construção como o maior consumidor de recursos naturais e principal utilizador de energia incorporada. Segundo o MMA, cerca de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo homem, são provenientes da construção civil.

Portanto, o estudo das demais técnicas construtivas de conforto acústico das edificações com ênfase no grau de efetividade, viabilidade financeira e impactos ambientais faz-se justificável, uma vez que auxilia na escolha do material mais viável para cada projeto e faz jus ao atual cenário da construção civil que carece de inovações e preocupações ambientais.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho é desenvolvido por meio de pesquisas teórica e prática.

A pesquisa teórica tem como base a pesquisa bibliográfica sobre a aplicação dos diversos materiais de isolamento na construção civil, como soluções para conforto acústico de edificações, apresentando suas propriedades, modo de fabricação e aplicação, suas vantagens e particularidades construtivas. É feita uma análise das normas de acústica utilizadas no Brasil e em Portugal. Uma pesquisa complementar sobre o uso da cortiça como alternativa sustentável às demais soluções, com base em estudos realizados na cidade do Porto, em Portugal, concretiza esta seção.

A pesquisa prática é dividida em três etapas. A primeira etapa consiste em um estudo da construção de um empreendimento real que fez uso de técnicas de isolamento acústico. O objeto de estudo realizou uma série de testes com base na norma de desempenho acústico das edificações, principalmente para atender as solicitações especiais da construção de um hotel. A segunda etapa é uma análise econômica das contas, afim de entender os critérios que viabilizam a aplicação destas técnicas, e justificar a escolha do material tendo como comparativo cinco materiais recorrentes nas obras brasileiras. Por fim, a última etapa da pesquisa prática é uma entrevista realizada com um Engenheiro Português, especialista no âmbito de conforto térmico e acústico de edificações, abordando os temas de isolamento acústico e a utilização da cortiça em edificações brasileiras.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco seções.

A seção 1 apresenta a introdução, que é composta por um texto de conceituação e caracterização do tema, objetivos, justificativa e metodologia.

A seção 2 retrata conceitos teóricos referentes aos materiais de revestimento acústico mais usados na construção civil brasileira, bem como apresentará os conceitos de fabricação, desde suas

características de vedação e sustentabilidade até suas peculiaridades e desafios construtivos. Por fim, retratará uma revisão de literatura sobre o tema da aplicação da cortiça como alternativa sustentável para promover conforto térmico e acústico de edificações.

A seção 3 aborda de modo prático, um estudo de campo dos materiais apresentados na seção 2. Esta seção tem o objetivo de levantar os prós e contras de todo o processo fabril e de execução de cada material. Além disso, carrega dados e estatísticas que comprovam que a cortiça na construção civil é uma solução sustentável de vedação, exótica e de boa aparência arquitetônica. A pesquisa prática será estruturada por meio de visita em obra e acompanhamento direto de testes de desempenho acústico em situações reais, experimentos os quais seguem o procedimento solicitado por norma, entrevistas e registros fotográficos.

A seção 4 analisa as vantagens e desvantagens apresentadas na seção 2, confrontando-as com os resultados obtidos pela pesquisa prática.

A seção 5 relata as conclusões do trabalho e indicará recomendações para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O mundialmente conhecido Relatório Brundtland (1987, p.41) define sustentabilidade como sendo algo que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. A importância do conceito da sustentabilidade sugere que o mesmo deve centrar-se no equilíbrio entre o bem-estar da espécie humana e os impactos ambientais dela decorrentes (TORGAL; JALALI, 2010).

Por outro lado, Clayton (2001) é do pensamento que a expressão “desenvolvimento sustentável” é um paradoxo, uma vez que acredita ser utópico o progresso da população concomitantemente ao desenvolvimento ambiental sustentável.

Sabe-se que a construção civil é extremamente nociva à manutenção do meio ambiente e de seus recursos naturais, um alerta quanto aos aspectos econômicos, ambientais e sociais. Apesar de não se saber quais serão as reservas existentes daqui a 100 anos, é quase certo que a sociedade continuará a necessitar de energia e de uma grande variedade de matérias-primas.

Sattler (2006) faz uma breve análise das consequências da atividade construtiva e enumera diversos fatores que comprometem o desenvolvimento sustentável.

Quando se avaliam os danos determinados pela atividade construtiva, estes são normalmente classificados quanto a: gradativo esgotamento de matérias-primas; dano ecológico causado pela extração destes materiais; consumo de energia em todos os estágios de produção (incluindo transporte); consumo de água; poluição por ruídos e odores; emissões danosas, entre as quais aquelas diretamente relacionadas à redução da camada de ozônio; aquecimento global e chuvas ácidas; aspectos relativos à saúde humana; risco de desastres; durabilidade e manutenção; reuso e desperdícios.

De acordo com USGBC (2015), os edifícios são responsáveis pela utilização de 41% da energia primária mundial, tornando-se um dos maiores transformadores das condições climáticas pela elevada emissão de gases com efeito estufa. A indústria da construção civil é responsável também pelo uso de 13,6% da água potável global. Além disso, os prédios consomem 40% da matéria-prima mundial, o que representa 3 bilhões de toneladas por ano.

Perante a atual conjuntura do mercado da construção civil e tendo sabido a proporção de seus impactos ambientais, é costumeiro ver o florescimento acelerado do conceito de edificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). De acordo com Hamilton (2015), este conceito tende a crescer 15,1% entre o período de 2015 e 2018, o que pode ser explicado pela relevância da construção civil nos impactos ambientais.

Em face a emergência de novas soluções arquitetônicas e ao auge da discussão das vantagens do desenvolvimento sustentável, Santos (2012) defende que os novos projetos devem deter de um planejamento que abranja desde os insumos até a manutenção do produto final. Isto posto, é possível atender ao que o Relatório de Brundtland (1987) define como tripé da sustentabilidade – projetos viáveis ecologicamente, economicamente e socialmente.

Segundo o que defende Mateus (2012), “A construção sustentável deve, assim, gerir de forma racional e equilibrada os recursos disponíveis, e deve incluir a relação do ciclo de vida dos materiais utilizados com o próprio ciclo de vida do futuro espaço construído, [...]”.

2.2 NORMAS DE ACÚSTICA

2.2.1 Vigência Brasileira

No âmbito do conforto acústico das edificações, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) promove uma série de normas especializadas acústica das construções. Essas normas, por vezes, abordam conceitos essenciais para a compreensão do tema, afim de facilitar a discussão de técnicas de aprimoramento do tema de isolamento e tratamento acústico, e impor regras quanto ao desempenho acústico das edificações.

A Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10151:1999, por exemplo, estabelece condições mínimas de aceitabilidade do ruído em comunidades, expõe o modo como devem ser medidos os ruídos internos e externos, apresenta as correções em casos de ruídos especiais e descreve o método de avaliação do ruído com base no nível de pressão sonora corrigido (Lc) e o nível de critério de avaliação (NCA). O NCA para áreas externas à edificação respeita os limites de horário impostos pela sociedade para os períodos diurnos e noturnos, conforme Tabela 2.1. Para ambientes internos, considera-se um decréscimo de -10 dB(A) em caso de janelas abertas e -15 dB(A) em caso de janelas fechadas.

Tabela 2.1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10151:1999.

Em continuação, a NBR 10152:1987, fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, conforme tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Valores dB(A) e NC.

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35-45	30-40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50	35-45
Serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, Salas de Estar	40-50	35-45
Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30-40	25-30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes	40-50	35-45
Escritórios		
Salas de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40-50	35-45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: NBR 10152:1987.

Apesar disso, ainda nesta norma, é possível encontrar a análise de frequências de um ruído que é fundamental. As figuras a seguir, apresentam uma identificação das bandas de frequência mais significativas e que necessitam correção.

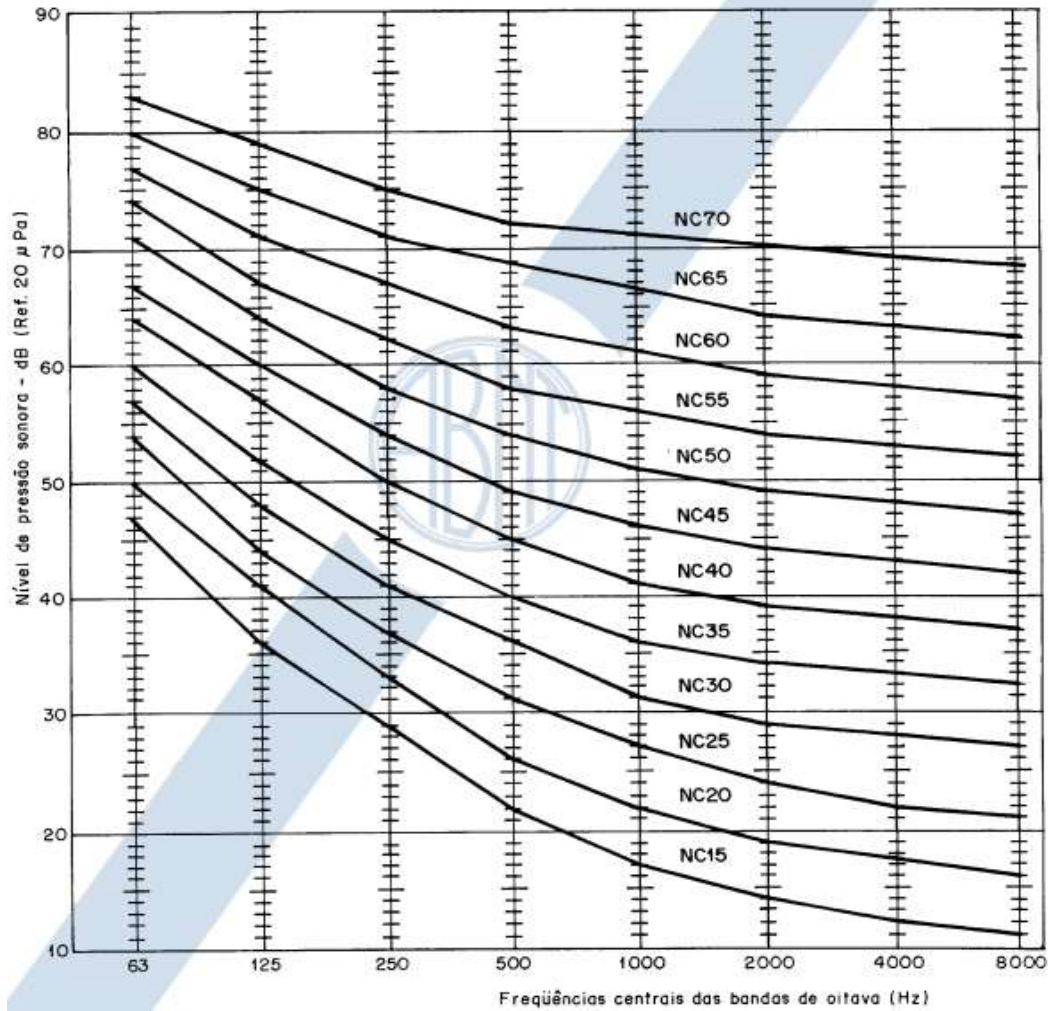


Figura 2.1 - Análise de frequências de ruído.

Fonte: NBR 10152:1987.

Tabela 2.3 - Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC).

Curva	63 Hz dB	125 Hz dB	250 Hz dB	500 Hz dB	1 kHz dB	2 kHz dB	4 kHz dB	8 kHz dB
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	50	41	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	36	31	29	28	27
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	57	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62
70	83	79	75	72	71	70	69	68

Fonte: NBR 10152:1987.

Para facilitar a compreensão do tema, a NBR 12179:1992 fixa os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados, conceitua uma serie de termos de extrema relevância no contexto do desempenho acústico, roteiriza o desenvolvimento do tratamento acústico e cálculo de reverberação do ruído.

No entanto, conhecida popularmente como Norma de Desempenho, a ABNT NBR 15.575/2013, é a mais recente e demonstra o avanço na discussão do tema conforto acústico. Esta norma é composta por seis partes, sendo a primeira uma apresentação dos requisitos gerais da edificação habitacional. As demais partes focam, cada uma, respectivamente, em um sistema construtivo: estrutura, pisos, vedações verticais internas e externas, coberturas e hidrossanitários. Ainda nesta norma, fica estabelecido que a avaliação dos critérios acústicos deve ser feita através de in loco, uma vez que o desempenho acústico de um sistema varia com a composição dos elementos e os processos de execução.

2.2.2 Vigência Portuguesa/Européia

Em relação à Portugal, existem duas normas vigentes que regulamentam o desempenho acústico das edificações, que são o RGR (Regulamento Geral do Ruído) e o RRAE (Regulamento dos

Requisitos Acústico dos Edifícios). Estas são leis gerais para todo o território português, controladas pelas câmaras municipais e pelos tribunais.

Primeiramente, o RGR estabelece os cuidados de prevenção e controle da poluição sonora, visando o conforto e a saúde da população. Está descrito no RGR que esta tarefa é do Estado, nos termos da Constituição da República Portuguesa e da Lei de Bases do Ambiente.

O foco do RGR é identificar as fontes de ruídos susceptíveis de causar incomodidade, sendo elas provenientes de ações geradoras de ruído temporárias ou permanentes. Para tal finalidade, assim como na norma brasileira NBR 12179:1992, esta expõe uma serie de definições referentes ao assunto conforto acústico e atribui os princípios fundamentais dos órgãos responsáveis. Importante ressaltar que embora a linguagem utilizada não seja a mesma, muitas das definições são as semelhantes às usadas no Brasil.

Existe presente no RGR, uma seção responsável por desenvolver planos municipais específicos, com o foco no ordenamento do território, na criação de mapas de ruídos e redução dos índices ruidosos. Inicialmente, o objetivo é de garantir a maior qualidade possível dos ambientes sonoros e promover o uso mais adequado do solo, tendo em vista as fontes de ruídos já existentes e as previsões futuras. A criação dos mapas do ruído é uma solução interessante da norma portuguesa, pois identifica focos geradores de ruído, afim de apoiar a elaboração, alteração e revisão dos planos diretores municipais e de urbanização. Por fim, estes planos, que tratam as diversas zonas de ocupação como zonas sensíveis ou mistas, visam desenvolver soluções para as regiões que excedam as exigências mínimas para obtenção de conforto acústico descritos em norma.

Simultaneamente, o RGR também apresenta uma seção destinada à regulação da produção de ruído, na qual expõe os valores limites de exposição de todas as zonas sensíveis e mistas, especificando-as por atividades ruidosas de regime permanente e temporário, ou mesmo por situações específicas de geração de ruído.

Quanto ao RRAE, este é um regulamento que estabelece as exigências mínimas de desempenho acústico dos edifícios, com vista a melhorar as condições de qualidade dos edifícios. Esses critérios podem ser aplicados na construção, reconstrução e ampliação dos edifícios.

Assim como no RGR, o RRAE apresenta alguns termos necessários para o entendimento do contexto acústico que ele está inserido, bem como expõe as responsabilidades de cada integrante de um projeto acústico. No entanto, é o capítulo II, que faz desta, uma norma de elevada rigidez quanto aos critérios de qualidade, pois relata criteriosamente os limites de pressão sonora

admitidos para cada situação. Estes limites são específicos para as mais diversas construções, bem como:

- Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras (Artigo 5.º);
- Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais (Artigo 6.º);
- Edifícios escolares e similares, e de investigação (Artigo 7.º);
- Edifícios hospitalares e similares (Artigo 8.º);
- Recintos desportivos (Artigo 9.º); Auditórios e salas (Artigo 10.º).

O Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, avalia independentemente do tipo e função da edificação, os seguintes índices:

- Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea ($D_{2m, nT, w}$), entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar de um fogo;
- Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea ($D_{nT, w}$), entre compartimentos de um fogo, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de outro fogo, como locais receptores;
- Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea ($D_{nT, w}$), entre locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de um fogo, como locais receptores;
- Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea ($D_{nT, w}$), entre locais destinados à comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de um fogo, como locais receptores;
- Índice de isolamento sonoro a sons de percussão ($L'_{nT, w}$), no interior de quartos ou zonas de estar de um fogo, proveniente de uma percussão sobre pavimentos de outros fogos ou locais de circulação comum, como locais emissores;
- Índice de isolamento sonoro a sons de percussão ($L'_{nT, w}$), no interior de quartos ou zonas de estar de um fogo, como receptores, proveniente de uma percussão sobre pavimentos de locais destinados à comércio, indústria, serviço ou diversão, como locais emissores;

- Índice de isolamento sonoro do ruído particular de equipamentos coletivos (LAr, nT), no interior de quartos ou zonas de estar de um fogo, provenientes de equipamentos coletivos.

Também na Europa existe a Norma de Conforto Europeia (EN 15251), desenvolvida pelo Organismo Europeu de Normalização (CEN), que abrange de forma ainda mais ampla os parâmetros energéticos das construções (TEIXEIRA, 2009). Embora o foco desta norma seja o desempenho energético, fez-se necessário abordar além de qualidade do ar interno, climatização do ambiente e iluminação, os parâmetros acústicos. Isso demonstra o nível de avançado da discussão do tema conforto das edificações na Europa.

2.3 TRANSMISSÃO SONORA

2.3.1 Transmissão sonora entre espaços

Para a realização de um projeto de acústica é de suma importância compreender o comportamento do som dentro das edificações, uma vez que deste modo pode-se posicionar adequadamente os isolantes na envolvente. A transmissão sonora é o ato de um ruído atravessar ambientes, no entanto, quando uma onda sonora encontra um elemento que separa dois ambientes, parte do som emitido é refletido para o interior do próprio ambiente, outra parcela é absorvida pelo elemento, e a outra é transmitida ao espaço adjacente, conforme Figura 2.2 (MARTINS, 2008).

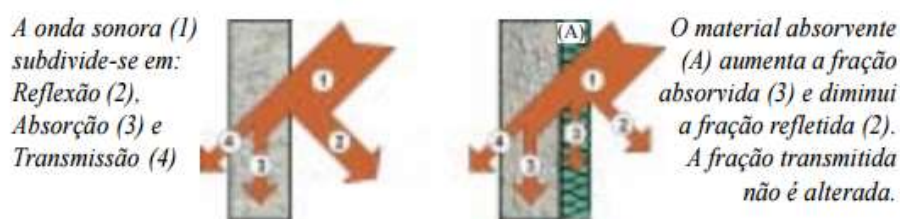


Figura 2.2 - Subdivisão de sons incidentes.

Fonte: ABC DO CONFORTO ACÚSTICO (2006, p.24)

Os ruídos, que podem ser de percussão ou de condução aérea (conforme item 2.5), podem ser transmitidos por caminhos diretos ou caminhos marginais, ou seja, através do elemento separador de ambientes ou através dos elementos envolventes dos ambientes, respectivamente, conforme Figura 2.3 (MARTINS, 2008).

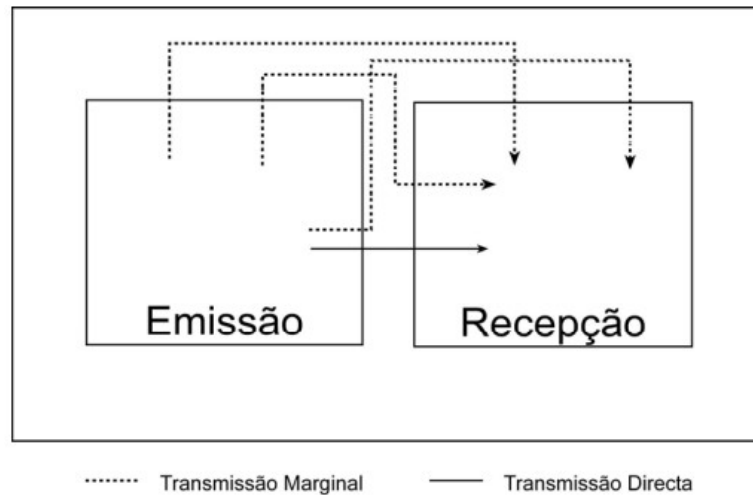


Figura 2.3 - Possíveis caminhos da transmissão sonora.

Fonte: Martins (2008, p. 20).

2.3.2 Transmissão Marginal

As transmissões marginais (TM) são consequências das ligações rígidas que permitem o atravessamento das ondas sonoras por caminhos distintos aos previstos diretamente. A utilização de materiais resilientes, por exemplo, é capaz de evitar essas ligações presentes, principalmente, nos elementos estruturais e alvenarias (CAMPEÃO, 2014).

O estudo das transmissões marginais é vital para o bom desempenho acústico das construções, e devem ser tomadas medidas construtivas para minorar este fenômeno. No entanto, o cálculo das transmissões marginais ainda é um dos maiores desafios no cenário acústico das edificações, uma vez que são muitas as possíveis origens desse fenômeno, seja por má execução, incoerência de projeto ou má qualidade dos materiais.

Hoje, no Brasil, a transmissão marginal ainda não é encarada com a seriedade que implica. Já na Europa, embora ainda demande de estudos que garantam minimizar os prejuízos acústicos deste fenômeno, a EN 12354-2 atribui parcelas para a contribuição da transmissão marginal e valores de correção a serem considerados do índice de redução sonora (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Correção da transmissão marginal ao índice de isolamento a sons de percussão (dB).

MASSA SUPERFICIAL DO PAVIMENTO (Kg.m ²)	MASSA SUPERFICIAL MÉDIA DOS ELEMENTOS MARGINAIS (PAREDES), HOMOGENEOS E NÃO-REVESTIDOS* (Kg.m ²)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

* NO CASO DE PAREDES DUPLAS, COMO MEDIDA DE SEGURANÇA, DEVE SER ADOTADA SÓ A MASSA DA PAREDE INTERIOR.

Fonte: Campeão (2014) – Refeita pelo autor.

Martins (2008), diz que “Resumidamente, pode-se afirmar que estes métodos não satisfaziam a necessidade de prever concretamente a contribuição da transmissão marginal, sempre que consideravam esta transmissão significativa, não tinham forma de a quantificar.”.

2.4 ISOLAMENTO X ABSORÇÃO ACÚSTICA

De acordo com a NBR 12179, isolamento acústico é “O processo pelo qual se procura evitar a penetração ou a saída de ruídos ou sons, em um determinado recinto. O isolamento acústico compreende a proteção contra ruídos ou sons aéreos e ruídos ou sons de impacto. ”

Deste modo, pode ser entendido como a capacidade de determinados matérias impedirem o atravessamento de ondas sonoras. Normalmente são usados materiais densos, como concreto, vidro e aço.

É importante lembrar que o som não atravessa as paredes e sim as faz vibrar. A energia mecânica de vibração da parede transmite movimento ao ar, gerando ondas sonoras.

Quanto mais leve a parede, mais facilmente passa a vibrar, por esse motivo as paredes leves não são recomendadas para impedir a transmissão do som, pois ao vibrar elas se tornam fontes secundárias de som. As paredes devem ser suficientemente pesadas, pois quanto maior for a massa, mais dificilmente entrarão em vibração (ABC DO CONFORTO ACÚSTICA, 2006).

Tabela 2.5 - Valor do isolamento acústico de algumas soluções construtivas comuns.

Material	Isolamento acústico em decibels (500 Hz) (dB)
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 10 cm)	45
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 20 cm)	50
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 30 cm)	53
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 40 cm)	55
Alvenaria de tijolo furado (espessura de 25 cm)	10
Chapa de fibra de madeira tipo "Soft-Board" (espessura de 12 mm)	18
Chapa de fibra de madeira tipo "Soft-Board", com camada de ar intermediária de 10 cm	30
Chapas ocas de gesso (espessura de 10 cm)	24
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm)	20
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm) duas placas com camada de ar intermediária de 10 cm	25
Concreto - laje entre pavimentos	68
Vidro de janela (espessura de 2,0 a 4,0 mm)	20 a 24
Vidro grosso (espessura de 4,0 a 6,0 mm)	26 a 32
Vidro de fundição (espessura de 3 a 4 mm) uma placa	24
Vidro de fundição (espessura de 4 a 6 mm) duas placas com camada de ar intermediária	36

Fonte: NBR 12179:1992

A Tabela 2.5 expõe materiais utilizados em obras do mundo todo, entretanto, estes materiais por vezes não são suficientes para garantir o melhor desempenho acústico por si só, portanto, necessitam do auxílio de outros materiais com propriedades isolantes mais eficazes para atender os requisitos de isolamento acústico.

No entanto, absorção acústica trata-se de um fenômeno relacionado ao grau de reflexão e absorção das ondas sonoras no espaço. É a capacidade de um material/produto/componente construtivo absorver total ou parcialmente a energia sonora incidente (ABC DO CONFORTO ACÚSTICO, 2006). Quanto maior a parcela absorvida, maior o coeficiente de absorção sonora de um revestimento, pois diminui o nível de reverberação no recinto. Este fenômeno explica porque nenhuma parede pode ser considerada refletora absoluta de ondas sonoras.

O ABC do conforto acústico (2006) afirma "A energia sonora é absorvida e transformada em calor sempre que encontra um material de estrutura porosa, podendo absorver de 30% a 100% da energia incidente, dependendo da espessura do material e da frequência do som."

Diferentemente dos materiais para isolamento acústico, os materiais para absorção acústica são de baixa e média densidade, fibrosos ou porosos (ABC DO CONFORTO ACUSTICO, 2006).

2.5 ISOLAMENTO X ABSORÇÃO ACÚSTICA

De acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992) tratamento acústico compreende-se por “Processo pelo qual se procura dar a um recinto, pela finalidade a que se destina, condições que permitam boa audição às pessoas nele presentes.”

Para melhor entendimento do processo de tratamento acústico de um recinto, deve-se ter conhecimento de alguns conceitos expostos na NBR 12179 e descritos abaixo:

- Som: Toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas capaz de produzir no homem uma sensação auditiva;
- Ruído: Mistura de sons cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa, e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano. Todo som indesejável;
- Condicionamento acústico: Processo pelo qual se procura garantir em um recinto o tempo ótimo de reverberação e, se for o caso, também a boa distribuição do som;
- Tempo de reverberação: Tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido, após a extinção de fonte sonora, e expressão em segundos. O tempo de reverberação é medido como o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de intensidade de 60 dB.

2.5.1 Isolamento de ruídos aéreos

As fontes de ruído são classificadas como exteriores e interiores. No cotidiano das pessoas, as principais fontes desses ruídos, no que concerne à ruídos aéreos, são provenientes do tráfego rodoviário, ferroviário, bem como de aviões e helicópteros, além da incomoda geração de ruídos pelas máquinas usadas na construção civil e áreas industriais.

Em edifícios de habitação coletiva em especial, além das preocupações com ruídos externos, é de suma importância o desenvolvimento de técnicas de isolamento de ruídos internos. Afim de exemplificar, os ruídos internos são originados ou potencializados por diversas fontes:

- Aparelhos eletrodoméstico: liquidificador, batedeira, aspirador de pó, ar condicionado, entre outros;
- Falta de isolamento entre os ambientes, essencialmente divisórias de ambientes de circulação comum dos edifícios;

- Uso de materiais que refletem o som;
- Instalações (água, esgoto, incêndio, sistemas de extração de ar).

Resumindo seu funcionamento e origem, esses ruídos são produzidos em diversas fontes e transmitidos através do ar.

2.5.2 Isolamento de ruídos de impacto

A NBR 12179 (ABNT, 1992) define ruído de impacto como “Ruído ou som produzido por percussão sobre um corpo sólido e transmitido através do ar. Como por exemplo: a queda de um objeto, ruídos de passos, marteladas e instrumentos de percussão”. Acrescenta-se à esta definição, o bater de portas e o funcionamento de certas máquinas como outras fontes de ruído de impacto de extrema relevância.

2.6 PRINCIPAIS ISOLANTES

2.6.1 Isolantes fibrosos

Na categoria dos isolantes sólidos, os isolantes fibrosos podem ser de origem orgânica ou inorgânica. As orgânicas mais encontradas são a celulose, o papel, o algodão, a seda e outras fibras sintéticas ou naturais. Já as inorgânicas são representadas sobretudo pelo amianto e fibra de vidro.

No contexto do desempenho acústico e térmico das edificações, duas fibras destacam-se em eficiência, são elas a lã de rocha e lã de vidro.

2.6.2 Lã de rocha ou Lã mineral

A lã de rocha são fibras a base de rochas vulcânicas chamadas diábase. Essas fibras tornam-se placas rígidas ou semirrígidas, com excelentes características de isolamento térmico e acústico. O ponto de fusão da rocha basáltica se dá na temperatura de 1500°C (LA ROCHA, 2016).

A fabricante Rockfibras (2016) garante que algumas das características da lã de rocha são:

- Baixa condutividade térmica;
- Alta resistência à temperatura e ao fogo;
- Incombustibilidade;
- Não emite fumaça;

- Redução sonora e de ruídos;
- Fácil manuseio;
- Densidades variando de 30 kg/m³ à 300 kg/m³;
- Assume diversos formatos e espessuras.

Na construção civil, a lã de rocha pode ser utilizada para revestimento termo acústico de dutos de ar condicionado, tubulações e equipamentos, coberturas, forros, alvenarias e dutos de exaustão, conforme figuras a seguir.

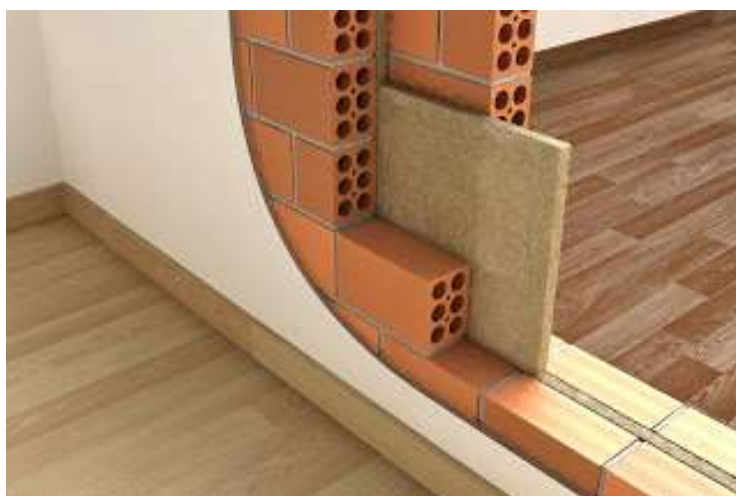


Figura 2.4 - Aplicação de lã de rocha entre paredes de alvenarias.

Fonte: DESIGN (2013)



Figura 2.5 - Aplicação de lã de rocha entre divisórias.

Fonte: DESIGN (2013)

Em situações específicas, pela sua incombustibilidade, a lã de rocha pode ser aplicada na proteção de estruturas metálicas e portas corta-fogo, pois suporta temperaturas muito mais elevadas em um dado intervalado de tempo de exposição direta ao fogo do que os demais isolantes térmicos.

2.6.3 Lã de vidro

De acordo com o Portal Metálica (2016) “A lã de vidro é um componente fabricado em alto forno a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas, desenvolvidas especificamente para melhorar o isolamento termo acústico do edifício. ”

A Neotérmica (2016) define as principais características da lã de vidro:

- Suporta temperaturas até 450°C (produtos resinados) e 550° (produtos isentos de resinas);
- Alto poder de isolamento térmica (Tabela 2.6);
- Excelente absorção acústica;
- Não propagam chamas;
- Fáceis de recortar e aplicar;
- Não absorvem umidade e não sofrem danos estruturais;
- São inquebráveis, reduzindo as perdas nas obras;
- Não são atacados por roedores ou insetos;
- Não atacam as superfícies com as quais estão em contato.

Tabela 2.6 - Resistencia térmica da lã de vidro.

Resistência Térmica da Lã de Vidro				
Material	Densidade Kg/m ³	Espessura	Condutividade térmica - K (W / m ^o C) Temp. méd. = 24 ^o C	Resistência térmica - R (m ² ° C / W)
Lã de vidro	12	50 mm	0,045	1,11
	20	50 mm	0,038	1,32
	35	50 mm	0,034	1,47
	12	75 mm	0,045	1,67

Fonte: Portal Metálica (2016).

O Portal Metálica (2016) afirma que “No Brasil, uma das principais deficiências em isolamento térmico está nas coberturas. São inúmeros os galpões industriais e comerciais sem qualquer tipo de isolamento térmico.”. Assim como a lã de rocha, este também pode ser alternativa de revestimento acústico e térmico de forros e paredes, como nas figuras a seguir.



Figura 2.6 - Isolamento do teto com lã de vidro

Fonte: DESIGN (2013)



Figura 2.7 - Isolamento de paredes com lã de vidro.

Fonte: DESIGN (2013)

2.6.4 Poliestireno Expandido (EPS)

O Poliestireno Expandido, conhecido no Brasil com EPS, é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água e acrescido do pentano, agente hidrocarbureto expansor que não degrada o meio ambiente (ABRAPEX, 2016).

O Processo de fabricação do EPS é complexo. A Associação Brasileira do Poliestireno Expandido (ABRAPEX) explica que o produto final é composto de pequenas pérolas que após expansão tem na sua composição 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em questão de sustentabilidade, o EPS é considerado totalmente reaproveitável e reciclável, não contaminam os recursos naturais e são produtos inodoros.

Atualmente o EPS, além de suas diversas possibilidades de aplicação, ganharam destaque como material isolante na construção civil.

A ABRAPEX (2016) também destaca outras qualidades do material:

- Baixa Condutividade Térmica;
- Baixo Peso;
- Resistência Mecânica;
- Baixa Absorção de Água;
- Facilidade de Manuseio;
- Versatilidade;
- Resistência ao Envelhecimento;
- Absorção de Choques;
- Resistência à Compressão;
- Baixo custo.

O EPS, no Brasil é produzido em duas versões: Classe P (não retardante à chama) e Classe F (retardante à chama) e segue as características exigidas na NBR 11752 (Tabela 2.7).

Tabela 2.7 - Características exigidas para o EPS segundo NBR11752.

Propriedades	Mét. de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
Tipo de Material								
Massa específica aparente	NBR 11949	Kgm ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de deformação	NBR 8082	K Pa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Resistência à flexão	ASTM C-203	K Pa	≥150	≥190	≥240	≥150	≥190	≥240
Absorção de água Imersão em água	NBR 7973	g/cm ² x100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Permeabilidade ao vapor d'água	NBR 8081	ng/Pa.s.m	≤7	≤5	≤5	≤7	≤5	≤5
Coefficiente de condutiv. térmica a 23°C	NBR 12904	XI/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	NBR 1948		Material não retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: ABRAPEX (2016).

Apesar do Brasil já fazer uso do EPS em embalagens industriais, artigos de consumo, agricultura e principalmente na construção civil, o gráfico a seguir representa que em 2000, a América do Sul representava apenas 3% da produção mundial de EPS no mundo (Figura 2.8).

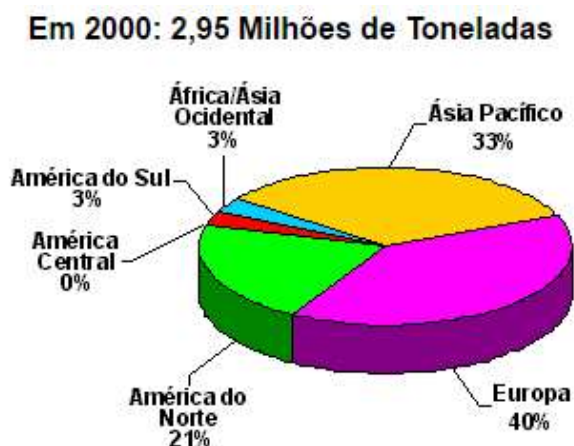


Figura 2.8 - Gráfico que representa a produção mundial de EPS.

Fonte: ABRAPEX (2016).

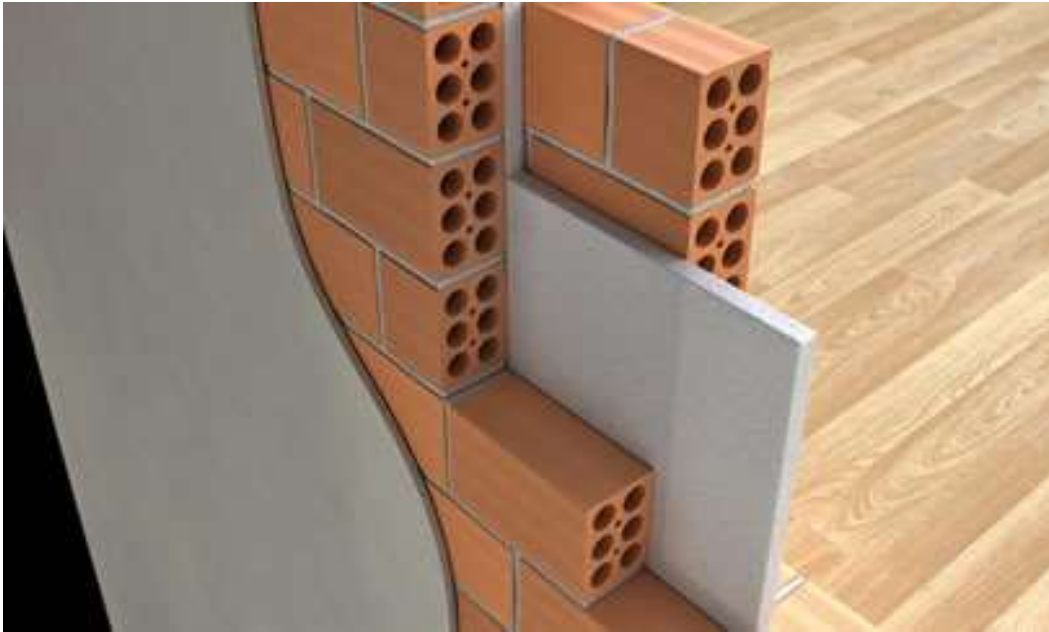


Figura 2.9 - EPS como isolante térmico entre alvenarias.

Fonte: ISOEP (2014)



Figura 2.10 - EPS usado como forro.

Fonte: Foto do acervo pessoal do Autor.



Figura 2.11 - EPS como material de enchimento em juntas de dilatação.

Fonte: Foto do acervo pessoal do Autor.



Figura 2.12 - EPS como material leve para enchimento de lajes de concreto.

Fonte: CONSTRUPOR (2016).

2.6.5 Poliestireno Extrudido (XPS)

O poliestireno extrudido, também conhecido por XPS é um produto sintético proveniente do petróleo, cuja matéria-prima é o poliestireno. O estireno passa do estado sólido para o estado fundido (ECOCASA, 2016).

Quanto ao processo de fabricação, a Ecocasa (2016) afirma que “A extrusão deste polímero consiste na geração e o uso de um fluxo contínuo das matérias-primas para produzir o material. O polímero é continuamente transformado de um estado sólido a um estado fundido, e logo transportado e forçado em altas pressões mediante um molde. ”

As propriedades do XPS são:

- Impermeabilidade: resistente à absorção de água, ou seja, capilaridade nula devido sua estrutura celular fechada;
- Baixa combustibilidade: temperatura de aplicação varia de -50°C à 75°C. Retarda a propagação se exposto ao fogo intenso, mas não é resistente ao fogo;
- Antibacteriano: não sofre eflorescências, e não sofre ataque de roedores ou insetos;
- Não sofre com intemperes naturais;
- Alta durabilidade;
- Baixa permeabilidade ao vapor, o que pode facilitar condensações internas em paredes de habitações, condicionando seu uso próximo da face interna de paredes em ambientes de forte higrometria. Este aspecto é mais sentido em zonas mais frias, como o norte da Europa e zonas mais frias de Portugal.

Em critérios de isolamento térmico, o XPS é um dos melhores isolantes do mundo. Além disso, sua alta densidade o torna ideal para proteção mecânica em diversas aplicações, o que resulta em economia de manutenção (NEOTÉRMICA, 2016).

Quanto às propriedades acústicas, Neotérmica (2016) ressalta que “o preenchimento ou revestimento das paredes de alvenaria e drywall com o poliestireno extrudido proporciona maior conforto acústico além de colaborar para um melhor equilíbrio térmico do ambiente resultando em redução de gastos com energia, em especial o ar condicionado. ”. Não é aceitável em revestimentos superficiais, dada a sua baixa resistência ao fogo e pouca resistência à compressão. No quesito de absorção acústica não é muito eficaz.

São inúmeras as possíveis aplicações para o XPS. No âmbito dos isolamentos térmicos das edificações, são intensivamente usados em dutos de ar condicionado, coberturas e telhados, paredes externas e pavimentos residenciais, conforme Figuras 2.13 e 2.14. O XPS passa a ser uma alternativa de isolamento acústico em pavimentos para sons de percussão.



Figura 2.13 - Aplicação de XPS em fachada de edifícios, para posterior revestimento de proteção externa.

Fonte: Polirigido (2015).



Figura 2.14 - Aplicação de XPS em coberturas e telhados de habitações, devendo receber proteção mecânica.

Fonte: Grecogeste (2015).

No contexto da sustentabilidade, o XPS é um produto que na etapa de fabricação aproveita-se de sua linha de descartáveis ou recicla o material já descartado no pós-consumo. Além disso, em todo o processo fabríco, são aproveitados todos os cortes do material, não havendo lançamento de resíduos no meio ambiente.

No entanto, especula-se que alguns fabricantes ainda fazem uso de gases CFC (Clorofluorocarbonetos halogenados), que são substâncias que potencializam a degradação da camada de ozono.

Em comparação ao EPS, o XPS é também uma espuma rígida de poliestireno, mas diferencia-se por ser obtido por extrusão contínua e empregar outros gases expansores. Enquanto o EPS é composto por um conjunto de esferas, o XPS é um material homogêneo. A sua aplicação corrente apresenta-se sob a forma de placas coloridas azuis ou rosa em coberturas invertidas, em que o isolamento térmico se dá por cima da impermeabilização (ECOCASA, 2016).

2.6.6 Espuma de Poliuretano

O poliuretano é um polímero proveniente do petróleo, que assume forma de espuma com a expansão por meio de uma reação química, quase que instantânea, entre os compostos químicos líquidos Isocionato e Polioli (ECOCASA, 2016).

O Produto, aplicado “in loco” pode aumentar até 35 vezes o seu volume inicial com o calor gerado durante a aplicação (ECOCASA, 2016).

Conforme ficha técnica da Ecocasa (2016), pela QUERCUS (Associação Nacional de Conservação da Natureza), este material, além de uma boa resistência mecânica, apresenta as seguintes vantagens:

- Isolamento térmico de elevado poder, pois elimina completamente as pontes térmicas;
- Isolamento contínuo sem juntas, uma vez que tem capacidade expansiva que permite ser altamente moldável e preencher frestas e pequenas irregularidades das superfícies;
- Em alta densidade é impermeável à água;
- Adere a qualquer superfície de material utilizado na construção;
- É leve e não sobrecarrega as estruturas;

- Duração indefinida. Resistência elevada à tração e compressão, retornando sempre à sua forma inicial;
- Elimina condensações de calor;
- Um baixo coeficiente de transmissão térmica;
- Quimicamente resistente.

Algumas peculiaridades quanto ao poliuretano devem ser ditas no tratamento à seus impactos ambientais. Este é um produto que necessita que sua eliminação seja feita em forma de aterro. Além disso, essas espumas são classificadas como composto químico perigoso (ECOCASA, 2016). As figuras 2.15 e 2.16 ilustram algumas situações de uso para fins acústicos.



Figura 2.15 - Aplicação de espuma de poliuretano em spray, para isolamento térmico interno.

Fonte: Foto do acervo do Autor, tirada em visita técnica em Portugal.



Figura 2.16 - Espuma de poliuretano para isolamento acústico de estúdios musicais.

Fonte: Vibrasom (2015).

2.6.7 Cortiça

2.6.7.1 História e conceitualização da cortiça

A APCOR (Associação Portuguesa da Cortiça) descreve o material da Cortiça como sendo a casca do sobreiro (Figura 2.17 e 2.18), árvore da família do Carvalho e característica da região Mediterrânea, que é uma matéria-prima 100% natural, reutilizável e reciclável. É um produto muito corrente no sul de Portugal, nas regiões do Alentejo e Algarve.

Em questões ecológicas, deve-se salientar que “As florestas de sobreiro desempenham um papel fundamental, pois constituem a base de um sistema ecológico que contribui para a sobrevivência de várias espécies de fauna e flora naturais, bem como para a prevenção da desertificação de zonas sensíveis e ainda contribui para a retenção de CO²” (CAD, 2010).

Embora mundialmente conhecido pela sua utilização na indústria têxtil e vedação de vinhos, os relatos mais antigos do aparecimento desta matéria-prima comprovam a abundância de alternativas de aplicação que este material se sugere devido às suas propriedades peculiares e fácil trabalhabilidade.

O Grupo Amorim (2014), relata que há vestígios de que a cortiça já era utilizada por povos que viveram milhares de anos antes de Cristo, como por exemplo os Antigos Egípcios que a

utilizavam como utensílio náutico, atividades pesqueiras e como revestimento de seus calçados. Mais tarde, os Romanos teriam descoberto sua aptidão térmica que possibilitava o uso no transporte de líquidos e no revestimento de paredes, telhados e tetos. Os portugueses, por sua vez, teriam aplicado o material nas caravelas usadas na Era das Grandes Navegações.

Como é sabido, a cortiça é amplamente explorada na indústria de vedação de vinhos. A APCOR (2015), explica que esta finalidade começou a ser testada no século XVIII, pelo monge francês Dom Pierre Pérignon na vedação de seu mundialmente famoso champanhe Dom Pérignon. No entanto, a exploração dos sobreirais – local de fabricação da árvore que dá origem à cortiça – da Península Ibérica “[...], só se dá a partir do século XVIII, quando a produção de rolhas de cortiça se torna o principal objetivo.” (APCOR, 2015).



Figura 2.17 - Montado de sobreiros.

Fonte: APCOR (2015).



Figura 2.18 - Sobreiro, árvore de onde se extrai a cortiça.

Fonte: APCOR (2015).

2.6.7.2 Modo de fabricação da cortiça

O ciclo de extração e fabricação da cortiça, começa com um processo denominado descortiçamento, que consiste na retirada da casca dos sobreiros durante os meses de maio e agosto (Figura 2.19). No entanto, o processo é longo e “São precisos 25 anos até que um tronco de sobreiro comece a produzir cortiça e a ser rentável. Cada tronco tem que atingir um perímetro de cerca de 70 cm quando medido a 1,3 metros do chão. A partir de então, a sua exploração durará em média 150 anos.” (APCOR, 2015).

Gil (2010) explica que “O primeiro descortiçamento (desbóia), produz uma cortiça chamada virgem, com uma superfície exterior muito irregular. Descortiçamentos sucessivos, dão origem a cortiça com uma superfície exterior mais uniforme, designada cortiça de reprodução, ou amadia. ”. Esta cortiça, mais dura e uniforme, só pode ser obtida a partir do terceiro descortiçamento, entretanto, de nove em nove anos o sobreiro fornecerá cortiça de boa qualidade.

Todo o processo de retirada da camada superficial de cortiça do sobreiro é realizado por especialistas, de modo que a integridade da árvore permaneça inabalável. “Após o descortiçamento, as pranchas de cortiça são empilhadas ou na floresta ou em estaleiros dentro das instalações de uma fábrica. Aí permanecem expostas ao ar livre, ao sol e à chuva.” (APCOR, 2015).

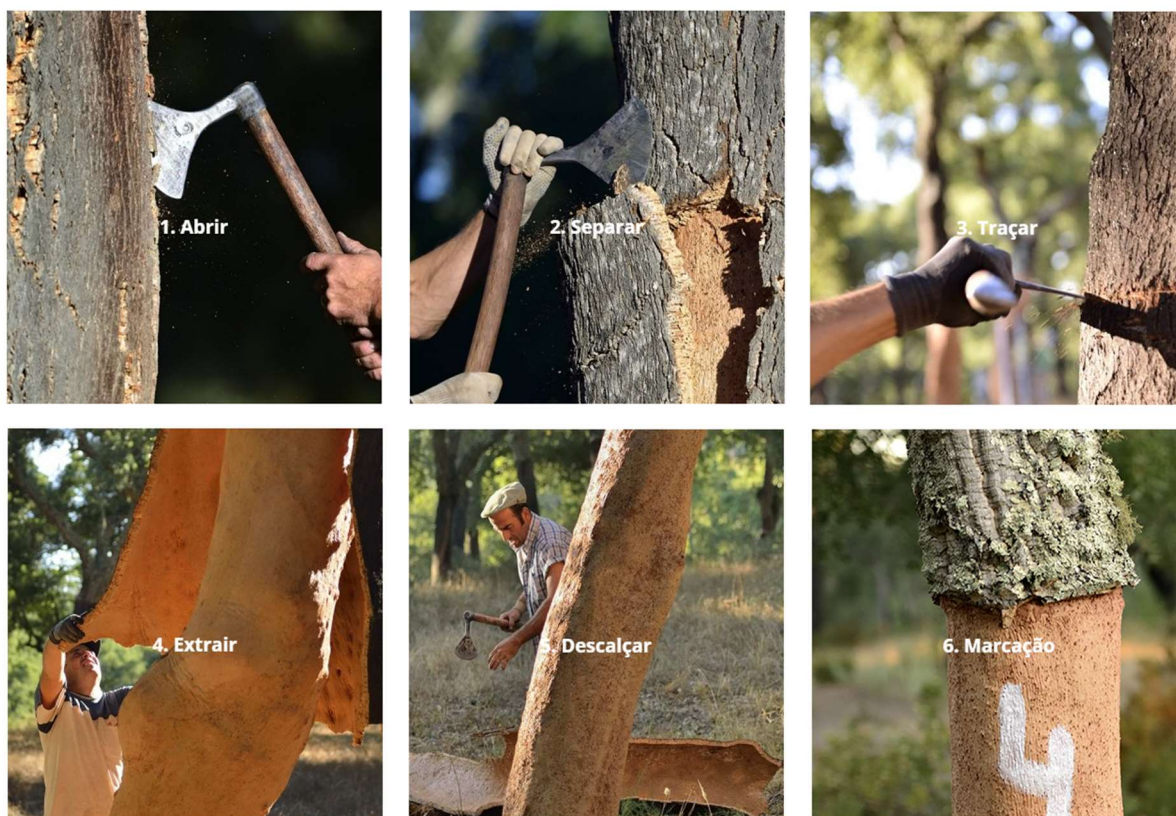


Figura 2.19 - Passo a passo do descortiçamento de um sobreiro.

Fonte: APCOR (2015).

2.6.7.3 Propriedades e características

A cortiça é uma matéria-prima única que apresenta inúmeras características e propriedades peculiares que lhe rendem uma gama de alternativas de aplicação e fazem dela um material extremamente versátil no mercado.

Inicialmente é necessário citar que de acordo com a APCOR (2015), trata-se de um material extremamente leve devido à mais da metade de seu volume ser composto por ar incorporado.

Além da leveza, a cortiça é “Totalmente impermeável a líquidos e praticamente impermeável a gases, graças à suberina e cerina presentes na constituição das suas células. A sua resistência à humidade permite-lhe envelhecer sem se deteriorar.” (APCOR, 2015).

Em critérios de elasticidade e compressibilidade, a cortiça é um material que “[...] tem uma “memória elástica” que lhe permite adaptar-se a variações de temperatura e de pressão. Esta característica deve-se à mistura gasosa entre cada célula, que facilita a sua compressão até cerca de metade da sua largura e a descompressão, regressando à forma original. ” (GRUPO AMORIM, 2014).

Como explicação à resistência à compressão e sua elasticidade, Gil (2015) explica que as células da cortiça sem encurvam e dobram à compressão, o que faz dela um material não expansivo, de alta capacidade de dissipação de energia de deformação. É possível afirmar que “A cortiça possui ainda uma notável estabilidade química e biológica e uma boa resistência ao fogo” (GIL, 2015).

Uma das mais marcantes propriedades da cortiça, é a sua excelente capacidade de isolamento térmico e acústico, tanto para sons aéreos como sons de percussão. “A cortiça tem uma baixa condutividade de calor, som e vibração. Isto acontece porque os elementos gasosos que contém estão fechados em pequenos compartimentos impermeáveis e isolados uns dos outros. ” (GRUPO AMORIM, 2014).

A APCOR (2015), ainda confirma que a cortiça é ótimo retardador natural do fogo. A cortiça não faz chama e não liberta gases tóxicos durante a combustão lenta. Este é fator extremamente relevante para justificar o emprego desta matéria-prima no setor da construção civil, visto que eleva a segurança à incêndios dos edifícios.

Referente à resistência ao atrito, a cortiça apresenta-se como um material muito menos afetado devido à sua estrutura molecular. “Em termos sensoriais, é um produto suave ao toque, com um odor muito característico, não intrusivo, levemente adocicado. Com uma temperatura natural muito aproximada à do corpo humano, transmite uma sensação de conforto. ” (GRUPO AMORIM, 2014).

Atualmente, a cortiça tornou-se um material constantemente presente nos projetos arquitetônicos da construção civil, uma vez que a sua aparência final vem sendo encarada como uma inovação no design de interiores das edificações.

2.6.7.4 Aplicação na engenharia civil

2.6.7.4.1 Cortiça como material de design

Tendo dito as propriedades de isolamento da cortiça e suas características, é cada vez mais comum encontrar placas de aglomerados de cortiça como peça muito válida na decoração de interiores de determinados cômodos. Os arquitetos, asseguram que o visual rustico do material

pode ser um diferencial, além de uma economia para o cliente que não necessita de pintura, conforme Figura 2.20.



Figura 2.20 - Aglomerado de cortiça como peça decorativa de interiores.

Fonte: Jornal Gazeta do Povo (14/08/2015).

2.6.7.4.2 Revestimento de piso em aglomerado de cortiça

Em Portugal, algumas obras fazem uso de sistemas de isolamento térmico de pavimentos aquecidos de tubos de água quente com Aglomerado de Cortiça Expandida promovendo ainda o isolamento acústico, conforme Figuras 2.21 e 2.22. Este composto é construído sob a laje estrutural e coberto por piso da preferência do cliente.



Figura 2.21 - Colocação de tubos de agua aquecida sob placas de aglomerado de cortiça.

Fonte: Isolamentos (2016)



Figura 2.22 - Colocação de tubos de agua aquecida sob placas de aglomerado de cortiça.

Fonte: Isolamentos (2016)

Outro uso da cortiça granulada – proveniente dos desperdícios da fabricação de rolhas - em revestimento de pisos se dá pela solução de isolamento acústico à ruídos de percussão de pavimentos em soalho com uso de granulado de cortiça expandida (Figura 2.23). Este sistema atua também na redução de perdas térmicas.



Figura 2.23 - Granulado de cortiça expandida como isolamento acústico e térmico.

Fonte: Isolamentos (2016)

Este mesmo processo pode ser realizado com placas de aglomerado de cortiça expandida (Figura 2.24).



Figura 2.24 - Placas de aglomerado de cortiça para posterior cobertura com argamassa.

Fonte: Isolamentos (2016)

2.6.7.4.3 Revestimento de fachadas

Em Portugal, faz-se uso – embora de modo relativamente restrito - de revestimento de fachadas com aglomerado de cortiça expandida especial, como acabamento da parede exterior, apresentando o aspecto natural da cortiça a vista, conforme figuras a seguir. Quanto à fixação, as placas são coladas diretamente ao suporte.



Figura 2.25 - Placas de aglomerado de cortiça para revestimento exterior de fachadas.

Fonte: Isolamentos (2016)



Figura 2.26 - Detalhe de fachadas de cortiça expandida.

Fonte: Isolamentos (2016)



Figura 2.27 - Fachada ventilada com uso de placas de cortiça expandida.

Fonte: Isolamentos (2016)

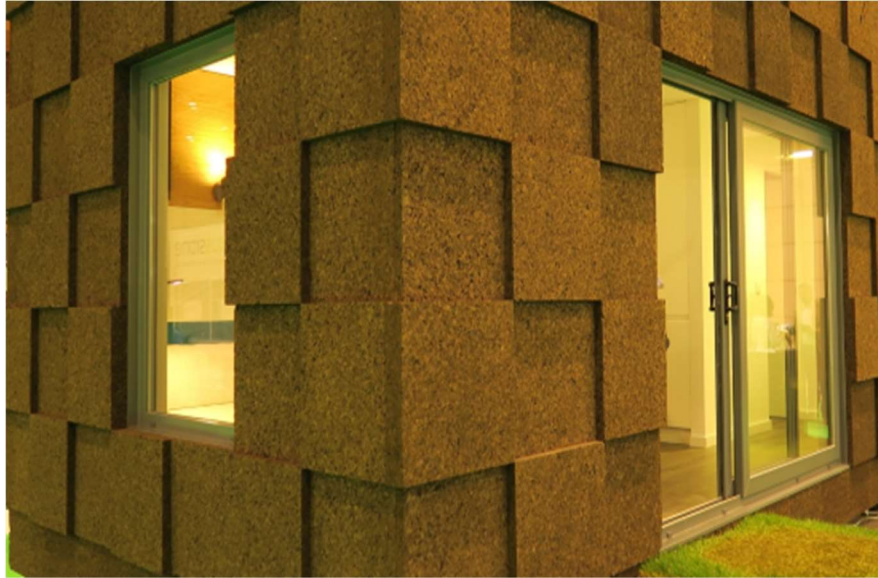


Figura 2.28 - Fachada decorativa de cortiça aparente.

Fonte: Isolamentos (2016)

2.6.7.4.4 Combinado de cortiça em sistemas de drywall

No Brasil, é muito mais recorrente fazer uso de sistemas de Drywall revestidos interiormente por isolamento térmico e acústico por meio de isolantes fibrosos como lã de rocha e lã de vidro. No entanto, em Portugal, também se usa o sistema Lambourdé, um composto de aglomerados de cortiça expandida e ripas de aglomerado de madeira (Figura 2.30).



Figura 2.29 - Sistema Lambourdé.

Fonte: Isolamentos (2016)

2.6.7.4.5 Competitividade no mercado brasileiro

A construção civil brasileira pouco reconhece a cortiça como material de isolamento com potencial na construção civil, e isto é facilmente explicado pelo fato de ser um material de características mediterrâneas, o que claramente dificulta o processo de fabricação e extração do material, que precisa ser importado.

No que diz respeito a isolamento, a cortiça encontra dificuldades de aplicação em território brasileiro. Em questão de proteção térmica, por exemplo, as necessidades do Brasil não se comparam às portuguesas, pois nas zonas mais quentes é de se evitar, pois a dissipação de calor é importante e o isolamento acaba por impedi-la. No entanto, nas zonas mais temperadas e nas estações mais frias do ano, técnicas de isolamento térmico se fazem justificáveis.

Em acústica, a cortiça compete com materiais que o Brasil possui em abundância, como os já descritos nesta dissertação. O preço de importação não consegue competir com os demais isolantes. A verdade é que a cortiça, na construção civil brasileira, é verdadeiramente rentável face à concorrência, nos casos em que além do comportamento térmico e acústico, espera-se obter um aspecto estético rustico. Um parâmetro importante de ser avaliado, é a responsabilidade ecológica que o emprego deste material proporciona à projetos de engenharia, agregando valor ao produto imobiliário.

3 PESQUISA PRÁTICA

Nesta seção, será apresentado um estudo de caso realizado no empreendimento LED Barra Funda, pela empresa Odebrecht Realizações Imobiliárias, que se trata de um complexo multiuso composto por uma torre residencial, um hotel, salas comerciais e shopping. O estudo em questão teve como foco o conforto acústico, e avaliou a interferência do ruído externo à edificação desde à fase de pré-obra até sua conclusão.

Ainda nessa seção, será desenvolvido uma análise de viabilidade econômica dos materiais isolantes estudados neste projeto, nos aspectos de isolamento acústico.

Para finalizar, descrita no apêndice deste projeto, uma entrevista com um engenheiro português engloba o assunto da cortiça, material de vedação em abundância no território português para entendimento de suas possibilidades de aplicação no cenário da construção civil brasileira.

3.1 TESTES DE EFICIENCIA DOS MATERIAIS – TORRE HOTEL

O objetivo de realizar testes de acústica em edificações é promover o maior índice de conforto aos usuários que realizarão algum tipo de atividade no interior da construção. Tendo exposto que os ruídos são prejudiciais à saúde dos usuários, sejam eles provenientes do meio externo ou interno, alguns cuidados devem ser tomados na escolha de método construtivo.

Para a realização destes testes, foi contratada uma empresa especializada em teste de acústica de edificações, além de serem seguidas as devidas normas regimentadas no Brasil. Os testes se dividiram em duas etapas, na qual a primeira foi realizada antes mesmo do início da estrutura das torres e a segunda foi realizada já no interior dos primeiros ambientes modelos construídos.

No tocante a uma avaliação mais profunda do desempenho acústico de um edifício, a construção de um hotel, na maioria dos casos abrange de maneira mais detalhada o comportamento dos ruídos dentro da área de convivência interna pois deve seguir uma série

padrões de qualidade específicos. Em vista disso, esta seção foi desenvolvida com o foco exclusivo para uma situação hoteleira, que possui normas de acústica mais rigorosas. Portanto, neste presente projeto, não será feita uma análise do desempenho acústico interno dos demais edifícios.

Na falta de uma norma específica para desempenho acústico, optou-se por seguir os padrões de qualidade e critérios de aceitabilidade impostos pelo Manual da ACCOR, Construction Performance Criteria – Economy hotel – DA 0040 – Acoustic Requirements (Julho 2009). Também foi utilizando referência normativa de valores da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais - Desempenho.

Os ensaios da etapa 2 foram realizados das 17:40hrs às 19:40hrs, com temperatura ambiente de 18°C e umidade relativa do ar de 54% (ambiente interno), e temperatura externa de 14°C e umidade relativa do ar de 60%.

3.1.1 Testes iniciais de projeto

A primeira etapa da avaliação acústica do edifício é o estudo preliminar do comportamento do ruído, ou seja, uma simulação eletrônica da incidência do ruído nas fachadas dos edifícios. Nesta primeira etapa, o estudo avaliou tanto a torre do hotel como as torres residencial e comercial, tendo em vista que a propagação sonora advinda do meio externo reflete nos edifícios e interfere na avaliação individual das torres.

O objetivo deste primeiro teste acústico era estudar em modelo eletrônico (Cadna A) a propagação dos ruídos originados do tráfego de superfície da Avenida Marques de São Vicente, na Barra Funda, e vias adjacentes no entorno do empreendimento, consideradas fontes sonoras perturbadoras e que incidiriam nas fachadas das edificações.

Foram feitas medições sonoras com o aparelho portado de vela de vento e calibrado e aferido no local de utilização. As medições foram feitas em três períodos distintos do dia, as 09:00hrs, as 12:00hrs e as 18:00hrs, onde as densidades de tráfego da via principal é de 4200 veículos/hora, conforme avaliação feita no local (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Medição do nível sonoro com aparelho BlueSolo 01dB.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Para início de projeto, estabeleceram-se 12 pontos de medição de ruído espalhados nas áreas de maior relevância do terreno, conforme Figura 3.2.

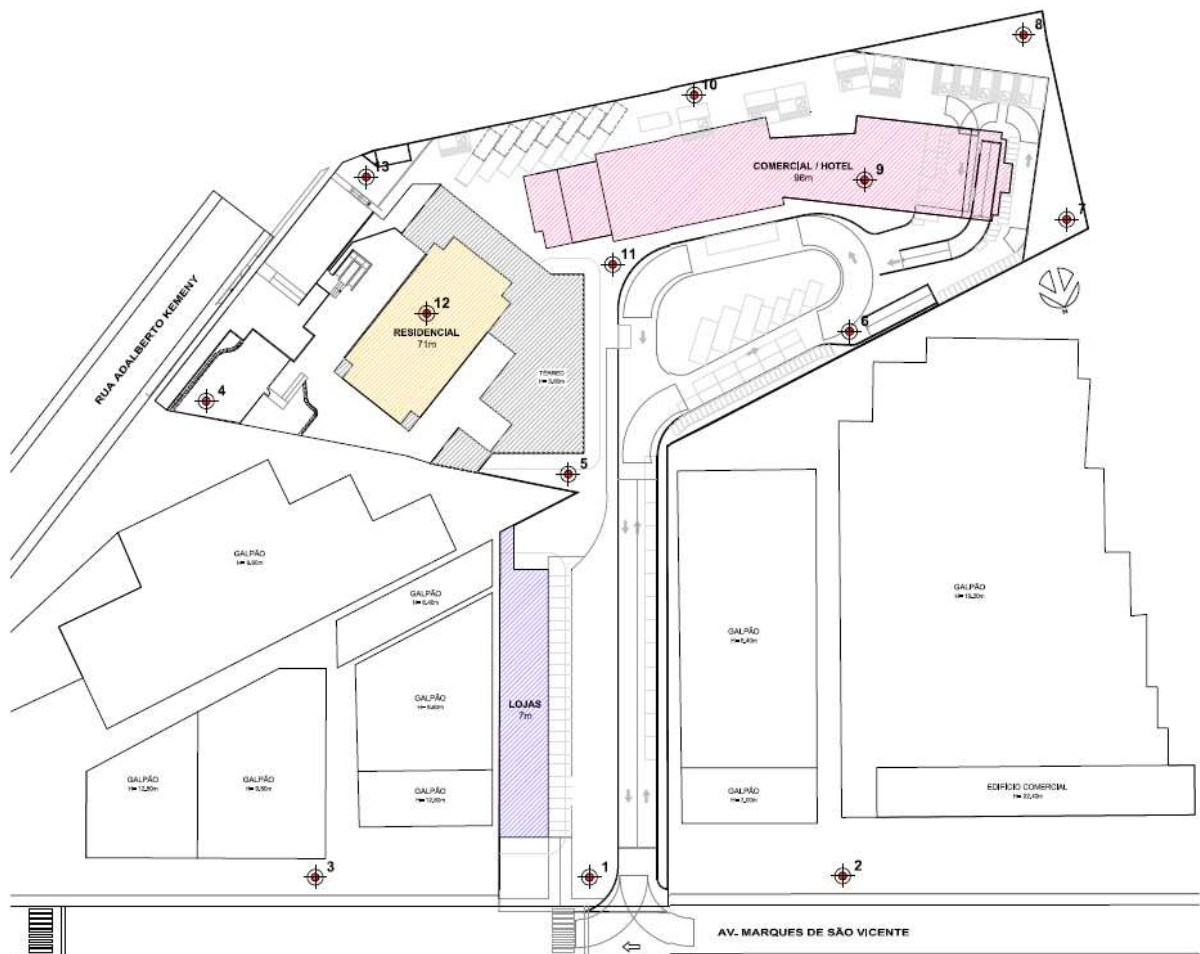


Figura 3.2 - Planta de locação dos pontos de medição de ruído no terreno

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Posteriormente, mediu-se o nível de ruído incidente nas fachadas dos edifícios em nas cotas de 1.50m (térreo), 30.0m (8º Pavimento) e 70.0m (21º Pavimento), afim de avaliar a dissipação do ruído ao longo de todo o edifício, conforme figuras a seguir.

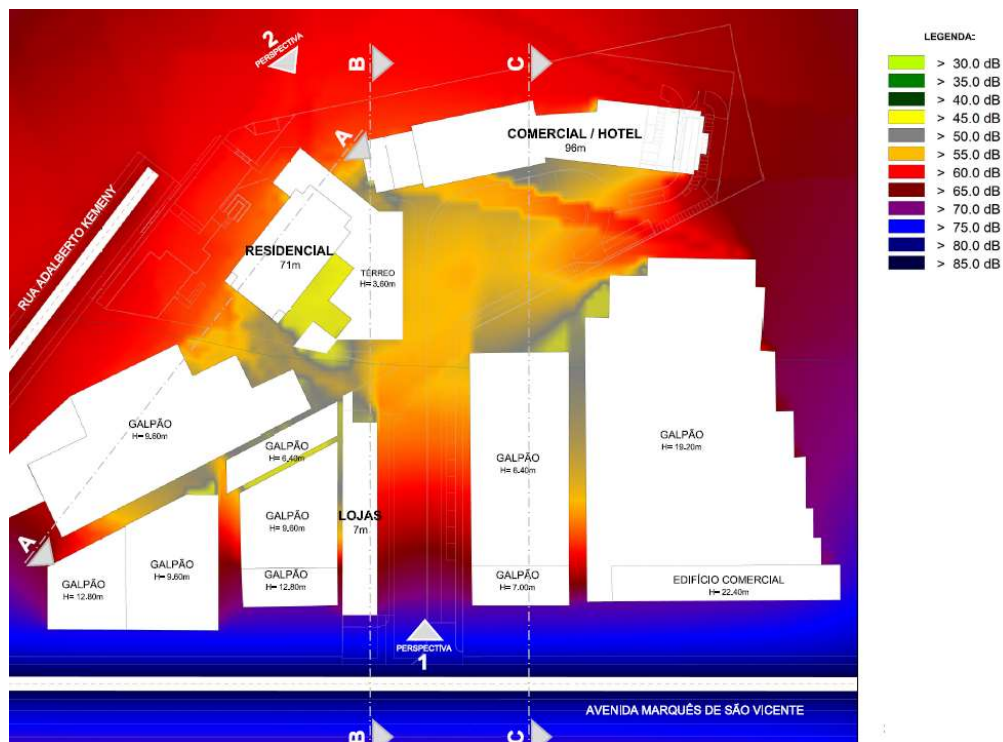


Figura 3.3 - Medição da intensidade do ruído à altura de 1.5m do nível rua.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

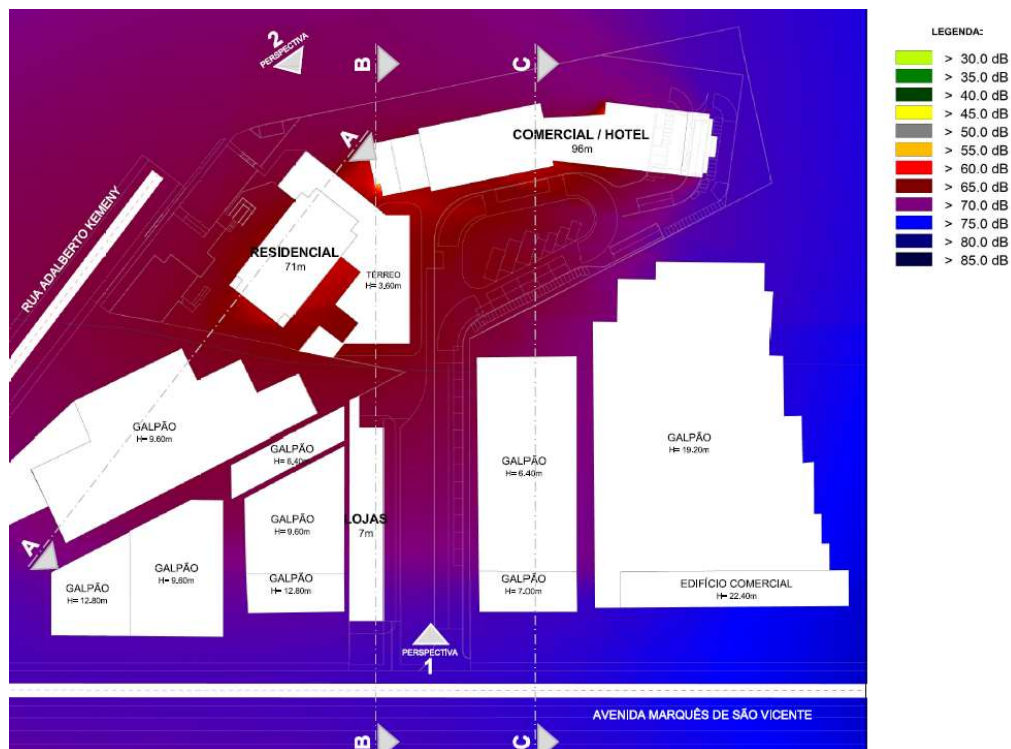


Figura 3.4 - Medição da intensidade do ruído na cota de 30.0m do nível da rua.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

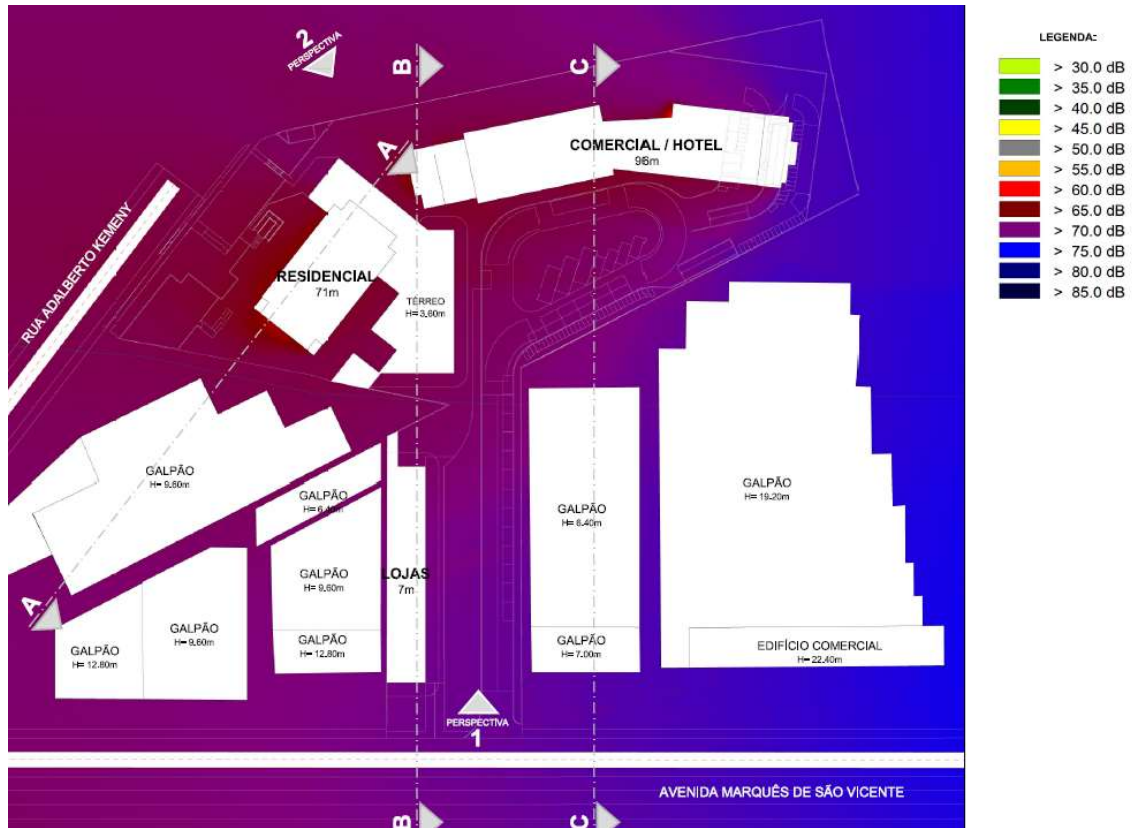


Figura 3.5 - Medição do nível de intensidade do ruído na cota de 70.0m do nível da rua.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

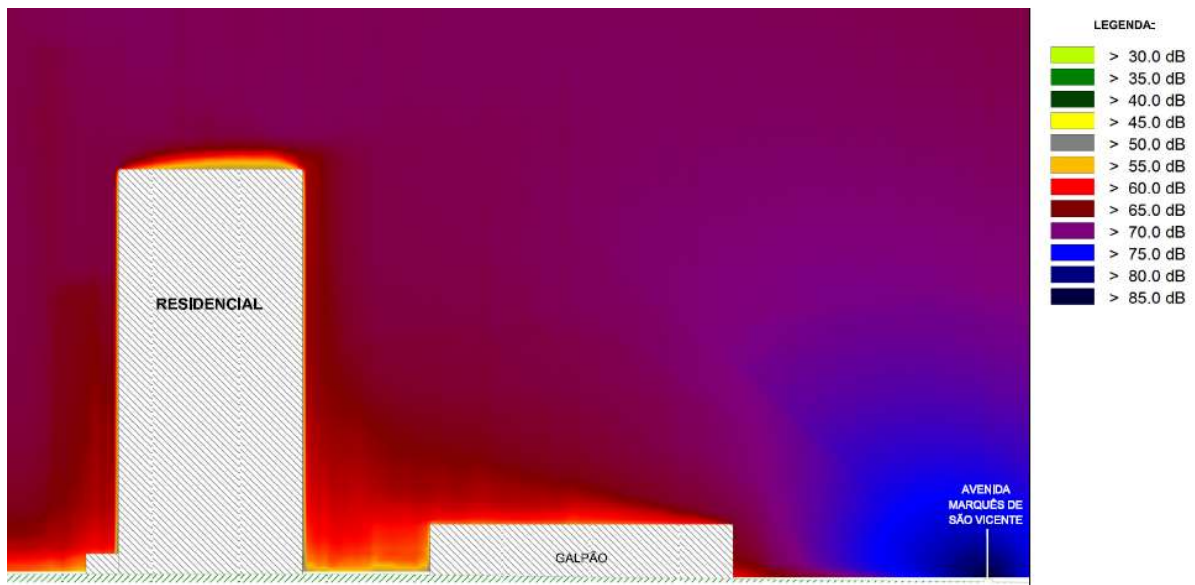


Figura 3.6 - Corte A-A.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

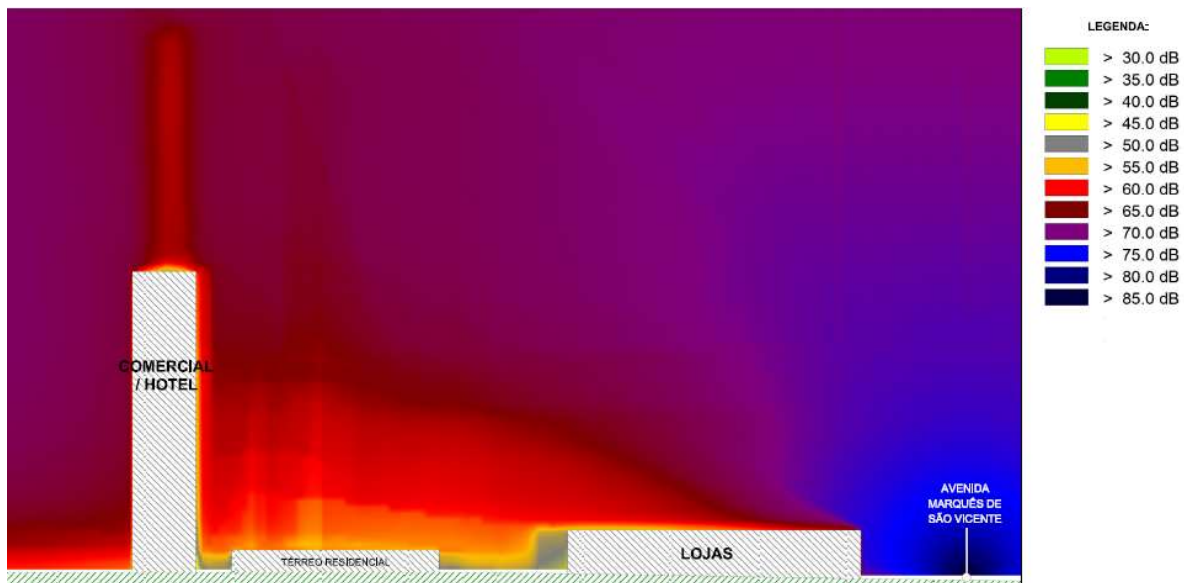


Figura 3.7 - Corte B-B

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

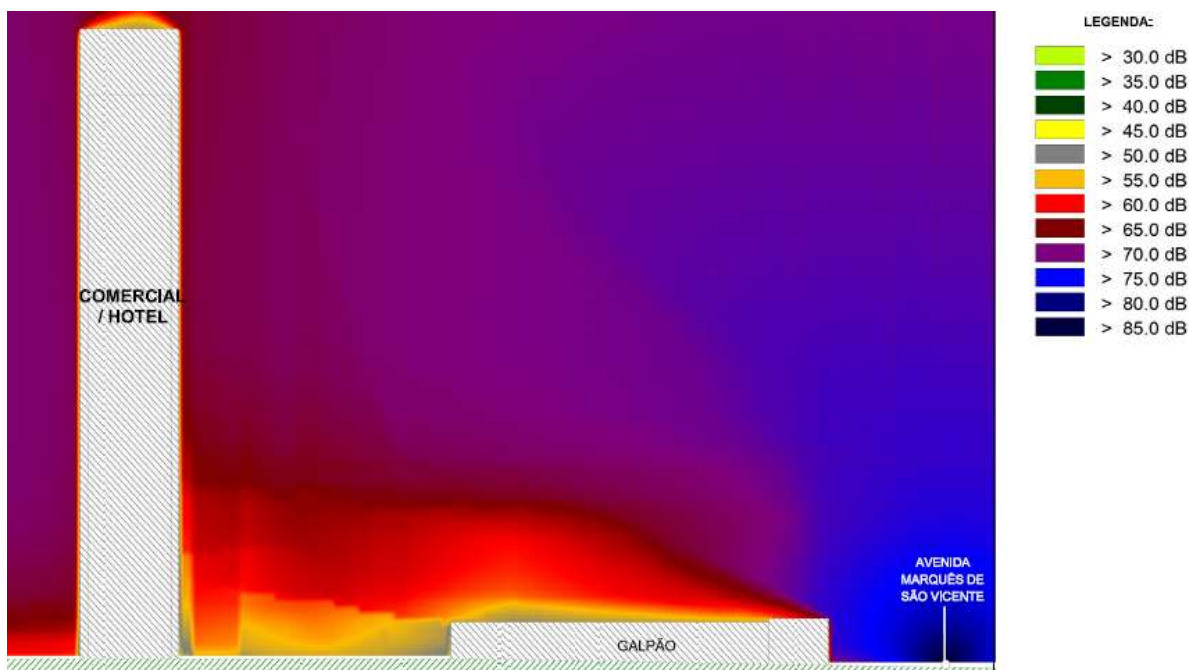


Figura 3.8 - Corte C-C

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

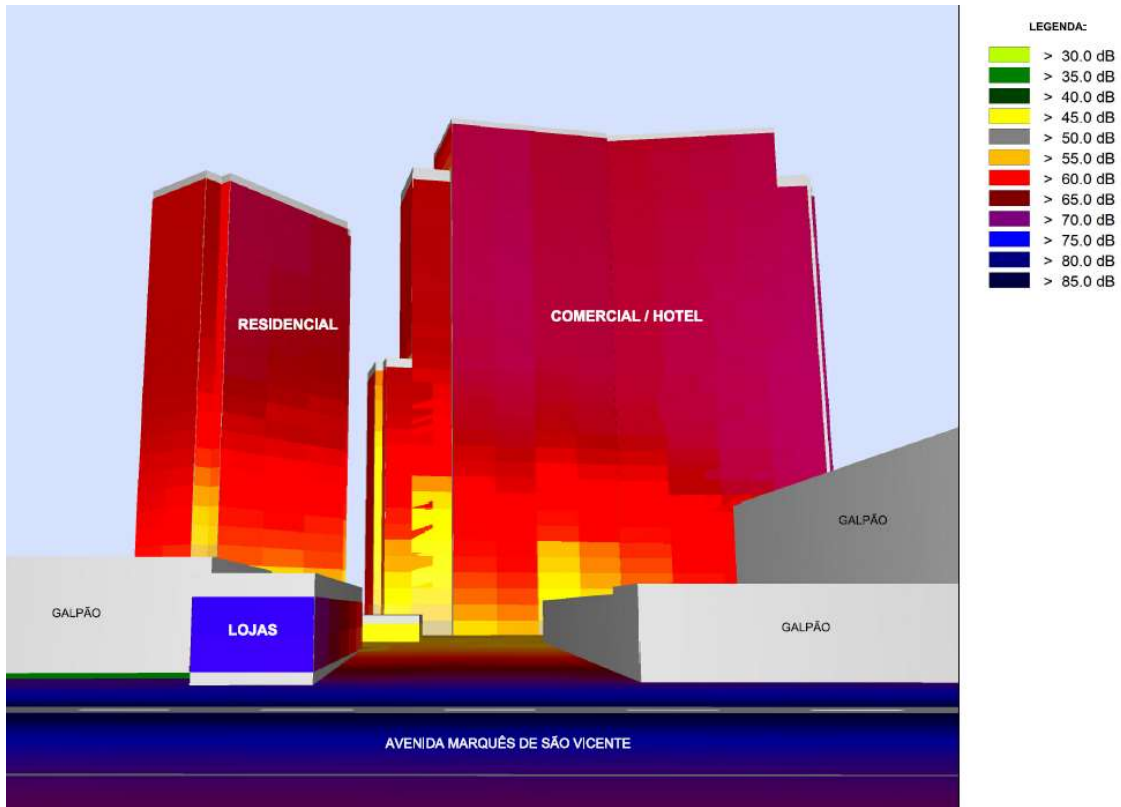


Figura 3.9 - Simulação eletrônica em perspectiva da Avenida Marques de São Vicente.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

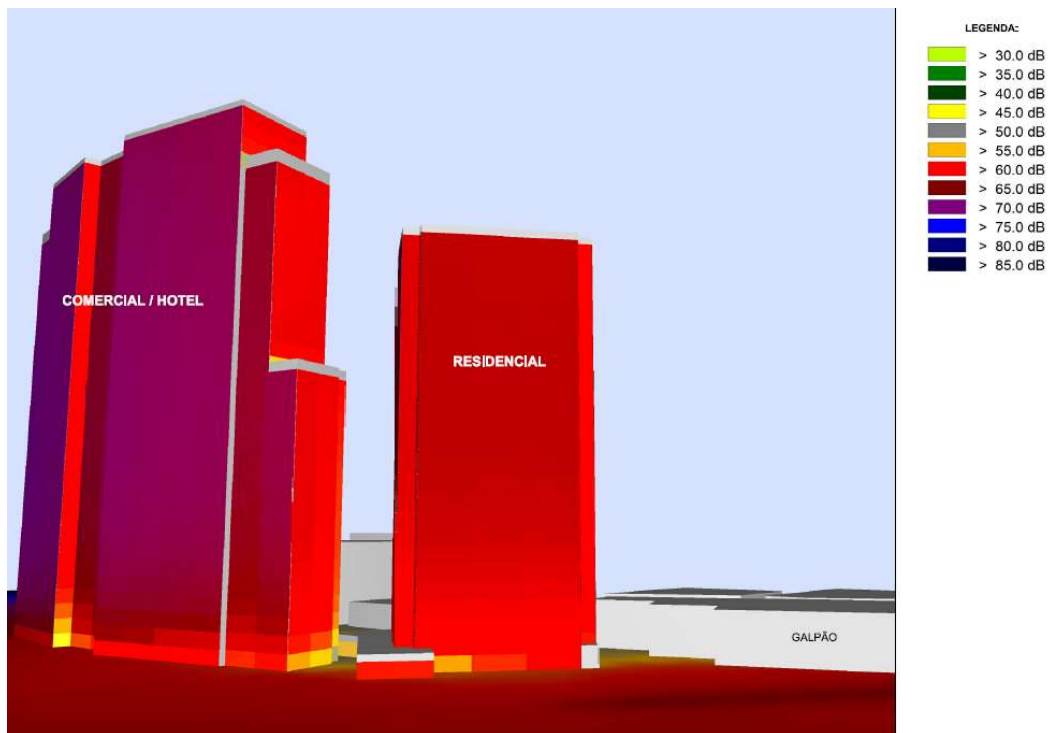


Figura 3.10 - Simulação eletrônica em perspectiva da Av. Nicolas Boer.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Analisando os resultados obtidos para a torre residencial, expostos na Tabela 3.1, recomendou-se adotar em todas as fachadas, vidro laminado na espessura mínima de 6mm (3mm + PVC + 3mm) e caixilhos de isolamento acústico.

Tabela 3.1 - Nível de ruído incidente nas fachadas do edifício residencial.

ALTURA	FACHADAS			
	VOLTADA P/ RUA ADALBERTO KEMENY (SE)	SUDOESTE (SO)	OPOSTA À RUA ADALBERTO KEMENY (NO)	NORDESTE (NE)
1.50m (TÉRREO)	entre 57 e 60 dB(A)	entre 52 e 59 dB(A)	entre 46 e 55 dB(A)	entre 54 e 56 dB(A)
30.0m (8º PAVIMENTO)	entre 65 e 68 dB(A)	entre 64 e 67 dB(A)	entre 63 e 65 dB(A)	entre 63 e 64 dB(A)
70.0m (21º PAVIMENTO)	entre 65 e 68 dB(A)	entre 67 e 68 dB(A)	67 dB(A)	65 dB(A)

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Analisando os resultados obtidos para as torres comercial e hotel, expostos na Tabela 3.2, recomendou-se adotar vidro laminado na espessura mínima de 8mm (4mm + PVB + 4mm) nas fachadas voltadas para a Av. Nicolas Boer e fachada sul, e vidro laminado na espessura mínima de 6mm (3mm + PVB + 3mm) nas fachadas voltadas para a Av. Marques de São Vicente e fachada leste.

Tabela 3.2 - Nível de ruído incidente nas fachadas do edifício comercial e hotel.

ALTURA	FACHADAS			
	SUL (S)	VOLTADA PARA AV. NICOLAS BOER (O)	VOLTADA P/ AV. MARQUES DE SÃO VICENTE (N)	LESTE (E)
1.50m (TÉRREO)	entre 59 e 63 dB(A)	64 dB(A)	entre 50 e 57 dB(A)	entre 52 e 57 dB(A)
30.0m (8º PAVIMENTO)	entre 68 e 72 dB(A)	72 dB(A)	entre 63 e 68 dB(A)	entre 63 e 64 dB(A)
70.0m (21º PAVIMENTO)	entre 68 e 72 dB(A)	72 dB(A)	entre 66 e 68 dB(A)	67 dB(A)

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.2 Vedação externa à ruídos aéreos

O objetivo desta análise é descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo da fachada de um dormitório do hotel.

A fachada ensaiada do dormitório, no 1º pavimento, é voltada para a avenida Marquês de São Vicente, via de alta intensidade de fluxo de veículos.

O ambiente encontrava-se mobiliado. O piso era revestido com piso vinílico, as paredes estavam acabadas com massa e pintura acrílica e o teto acabado com gesso liso, 2 cm. As portas e janelas estavam fechadas no momento dos ensaios. Volume do ambiente (sem mobília): 36,5 m³.

A edificação (hotel) não estava finalizada e o canteiro de obra se encontrava inoperante no momento dos ensaios, ou seja, havia interferência de ruídos internos ao canteiro de obra ou próximos à unidade avaliada.

3.1.2.1 Avaliação dos índices estatísticos LA10 e LA1

O Manual ACCOR, estabelece a aplicação do critério de índices estatísticos LA10 e LA1 – nível de ruído que é ultrapassado em 10% e 1% do tempo total de medição, respectivamente.

A medição é realizada dentro do ambiente, no intervalo de 10 minutos durante o período avaliado como mais ruidoso, fazendo uso de equipamento sonômetro, classe 1 (01dB Metravib), aferido e calibrado, estacionado no dormitório estudado.

O canteiro de obra estava parado sem interferência de ruídos internos à obra e as janelas e portas estavam fechadas no momento da medição.

3.1.2.2 Nível ponderado de vedação externa ($D_{2m,nT,w}$)

O objetivo deste teste é obter o número único de classificação $D_{2m,nT,w}$ (diferença padronizada de nível de ruído ponderada de vedação externa).

Seguindo procedimentos indicados na norma ISO 140-5:1998, foram instalados um equipamento sonômetro “B” de medição de nível de pressão sonora (NPS), classe 1, modelo 2238 Mediator (Brüel&Kjaer), aferido e calibrado no interior do dormitório estudado, com a janela da fachada e as portas de entrada e do banheiro fechadas e pelo lado externo do mesmo apartamento um microfone captador do NPS afastado 2,0 m da fachada, suspenso através de extensão e cabo prolongador conectado a um equipamento sonômetro “A”, classe 1, modelo Blue Solo (01dB Metravib), aferido e calibrado, estacionado no dormitório de mesma prumada no 2º Pavimento (Anexo A).



Figura 3.11 - Aparelhos sonômetros “A” e “B”, respectivamente.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Uma fonte sonora dodecaédrica omnidirecional normatizada gerando ruído rosa foi estacionada no térreo (Figura 3.12), distante 12 m do centro da fachada e deslocada 45° do eixo da normal da fachada (Anexo B). Ver esquema (Anexo C).



Figura 3.12 - Posicionamento da fonte sonora no térreo e do microfone na cota do 1º Pavimento.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.



Figura 3.13 - Sonômetro “B” no interior do dormitório.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Ambos os equipamentos de medição “A” e “B” realizaram medições simultâneas do NPS equivalente com ponderação em A para o tempo médio de 1 minuto por medição, LAeq (1 minuto). Como complementação destas medições foi medido o tempo de reverberação do ambiente e o NPS do ruído residual.

3.1.2.3 Resultados e considerações finais

Para a primeira avaliação, como indicado no Manual ACCOR, que estabelece a aplicação do critério de índices estatísticos LA10 e LA1 (Tabela 3.3), foram medidos os valores para LA10 =29,2 dB(A) e LA1 =37,3 dB(A).

Tabela 3.3 - Tabela do item 3.2.1 do Manual Accor DA0040 – Required levels of performance

Áreas afetadas	Nível de ruído dentro do quarto em relação ao ruído externo
A - Dormitórios	<p>A2 – Período diurno (07:00h às 22:00h)</p> <p>$L_{A10} \leq 35 \text{ dB(A)}$</p> <p>$L_{A1} \leq 40 \text{ dB(A)}$</p>

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Verificou-se, portanto, que os valores registrados para LA10 e LA1 estão dentro dos valores limites indicados no Manual ACCOR para o ambiente Dormitórios, portanto, atendem ao requisito ACCOR.

Para a segunda avaliação, conforme aplicação do Manual ACCOR, o qual indica a utilização de normas ISO para demonstração do desempenho acústico de fachada, foi utilizada a norma ISO 717-1:2013 para obtenção do $D_{2m,nT,w}$.

Como referência do nível de desempenho da fachada foi utilizada a norma brasileira a ABNT NBR 15575:2013 que apresenta os seguintes valores expressos na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Diferença padronizada de nível ponderado da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$.

Classe de Ruído	Elemento	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
III	Habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	M (Mínimo)
		≥ 35	I (Intermediário)
		≥ 40	S (Superior)

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Após processamento dos valores obtidos chegou-se ao número único de $D_{2m,nT,w} = 34$ dB.

Podemos verificar desta forma que este valor alcança a classificação de desempenho mínimo (≥ 30 dB) para a vedação externa ensaiada como indicado acima na Tabela F.9 da Norma NBR 15575-4:2013.

3.1.3 Ruídos aéreos entre suítes vizinhas horizontalmente

3.1.3.1 Objetivos e Metodologia

O objetivo deste teste é descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo de parede divisória entre suítes, vizinhas horizontalmente.

A parede divisória ensaiada está instalada entre duas suítes no 1º pavimento (anexo D), e é composta de drywall com espessura total de 12,0 cm constituída de duas placas de gesso em cada

lado (12,5 mm cada), preenchida com lã mineral de 20 kg/m³. O acabamento em ambas as faces é em pintura acrílica e a sua área é de 8,94 m².

Seguindo procedimento indicados na norma ISO 16283-1:2014, no ambiente do dormitório emissor sonoro foi estacionada a fonte sonora omnidirecional dodecaédrica normatizada, modelo DDC-100 (GROM) emitindo ruído rosa, em duas posições distintas respeitando-se as distâncias de superfícies e de pontos indicadas em norma.

Foram realizadas medições do nível de pressão sonora equivalente contínuo para o tempo médio de 1 minuto LAeq (1min) no ambiente emissor e igualmente no ambiente receptor. Para cada ponto de estacionamento da fonte sonora foram realizadas duas medições tanto no ambiente emissor como no ambiente receptor.

As distâncias do aparelho sonômetro para as superfícies também seguiram indicações normativas. As portas e janelas foram mantidas fechadas para a realização deste ensaio e a captação do sinal foi realizada com equipamento tipo sonômetro, classe 1, modelo Blue Solo (01dB Metravib), devidamente calibrado e aferido.

Para complementação dos cálculos foi medido o TR60 (tempo de reverberação) e o RR (ruído residual) do ambiente receptor, conforme Figura 3.14.

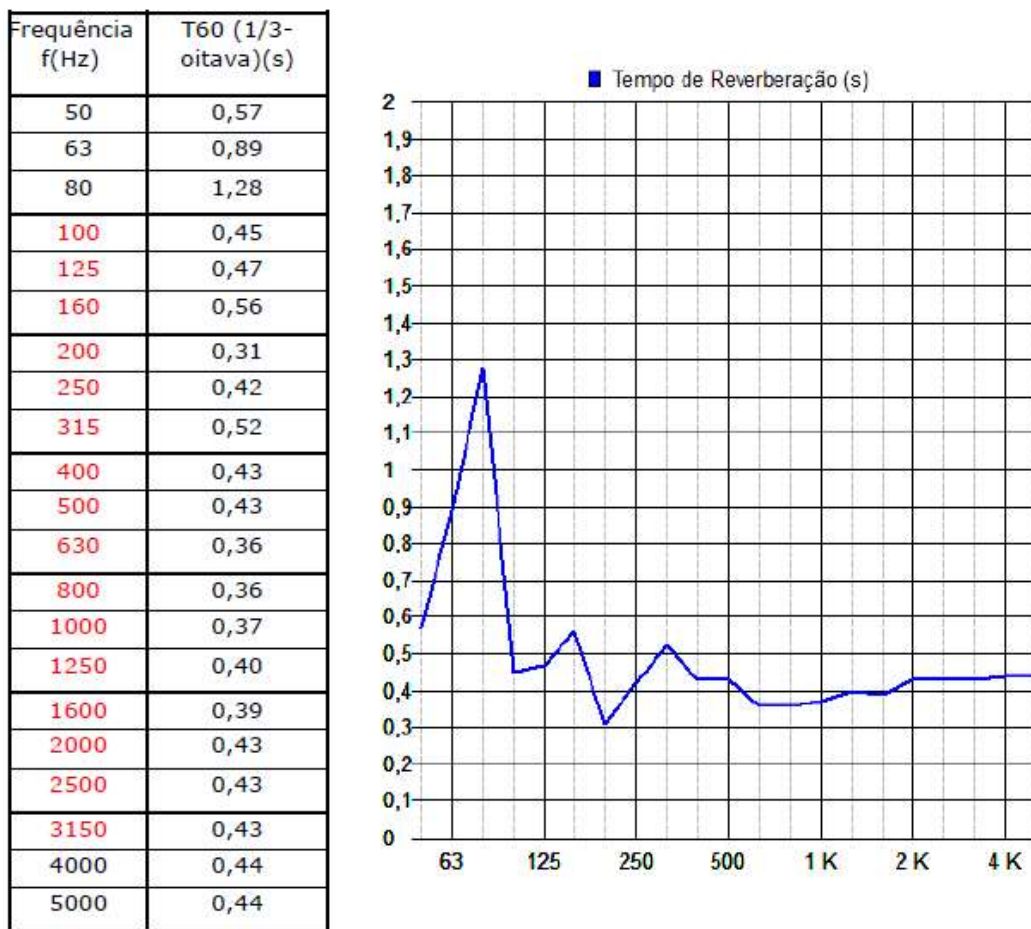


Figura 3.14 - Tempo de reverberação do ruído do ambiente receptor.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.3.2 Resultados e considerações finais

Conforme aplicação do índice mínimo indicado no Manual Accor, que é de $DnT,w \geq 51$ dB para divisória que separa suítes autônomas e vizinhas, o valor obtido de $DnT,w = 45$ dB não atingiu o valor mínimo (Figura 3.15).

Frequência f (Hz)	DnT,w (1/3-oitava), (dB)
100	24,0
125	31,6
160	32,7
200	27,1
250	31,4
315	37,7
400	42,8
500	44,4
630	46,3
800	47,9
1000	50,3
1250	52,3
1600	51,6
2000	49,6
2500	46,4
3150	46,1
4000	50,0
5000	53,2



Figura 3.15 - Avaliação do DnT,w de acordo com ISO 717-1.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

O Resultado indicou a necessidade de aplicação de material visco elástico, tipo Green Glue, entre as placas de gesso cartonado dos pavimentos ainda não executados, o que sanou esta deficiência. Por outro lado, nos pavimentos que já haviam sido executados, acrescentou-se uma placa de gesso cartonado (espessura de 12,5mm) em cada uma das faces da parede existente.

3.1.4 Ruídos aéreos entre suíte e corredor

3.1.4.1 Objetivos e Metodologia

O objetivo deste teste é descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo de parede divisória entre suíte e área de circulação social.

A parede divisória ensaiada pertence a uma suíte no 1º pavimento e é composta de drywall com espessura total de 12,0 cm, constituída de duas placas de gesso em cada lado, preenchimento com lã mineral de 20 kg/m³. A porta é do tipo madeira pinus (área de 1,72 m²), com espessura de 45 mm, com acabamento liso formicado e com fita intumescente em seu perímetro e soleira em

alumínio. A área total da divisória (parede + porta) é de 2,49 m². Volume do ambiente da suíte (sem mobília): 36,5 m³.

Conforme aplicação e procedimento indicados na norma ISO 16283-1:2014, obtém-se os valores DnT (diferença padronizada de nível de ruído) por frequência para em seguida se calcular, através das indicações da Norma ISO 717-1, o número único de avaliação DnT,w (diferença padronizada de nível de ruído ponderada).

Pelo lado externo da suíte (Anexo E), na área de circulação social (corredor), foi instalada fonte omnidirecional dodecaédrica normatizada modelo DCC- 100 (GROM) emitindo ruído rosa, conforme Figura 3.16. Foram realizadas medições do NPS no ambiente emissor, no qual o volume do ambiente do corredor era de 29,2 m³. Ver esquema no anexo F.



Figura 3.16 - Realização do teste de isolamento acústico à sons aéreos entre corredor e suíte.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

O interior da suíte, ambiente receptor, encontrava-se mobiliado, com piso revestido com material laminado na espessura de 4 mm, tipo piso vinílico, acabamento das paredes de massa e pintura acrílica e teto com acabamento em gesso liso e pintura. As portas e janela foram todas fechadas para a realização deste ensaio. No dia do ensaio o piso do corredor não detinha do carpete de 5mm de espessura, previsto em projeto, no entanto as colchas das camas e as cortinas das

janelas estavam presentes, pois, estes são alguns dos materiais responsáveis por baixar o tempo de reverberação e diminuir o nível sonoro interior.

Com a ativação da fonte sonora omnidirecional estacionada no corredor em dois pontos distintos foram realizadas medições do NPS equivalente contínuo para o tempo médio de 1 minuto LAeq(1min) no ambiente emissor e no ambiente receptor utilizando-se equipamento sonômetro, classe 1, modelo Blue Solo (01dB Metravib), devidamente calibrado e aferido.

Para complementação dos cálculos foram medidos o TR60 e o RR do ambiente receptor (Figura 3.17).

Frequência f(Hz)	T60 (1/3-oitava)(s)
50	0,57
63	0,89
80	1,28
100	0,45
125	0,47
160	0,56
200	0,31
250	0,42
315	0,52
400	0,43
500	0,43
630	0,36
800	0,36
1000	0,37
1250	0,40
1600	0,39
2000	0,43
2500	0,43
3150	0,43
4000	0,44
5000	0,44

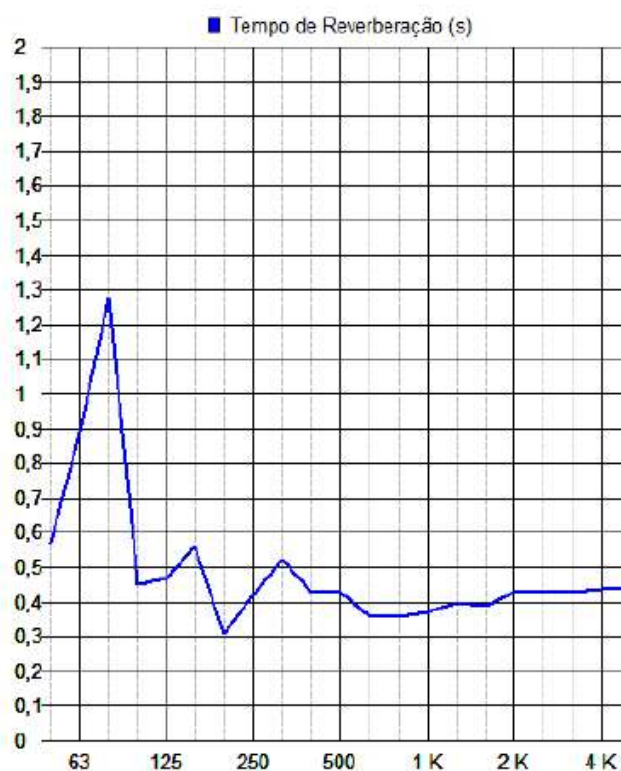


Figura 3.17 - Tempo de reverberação do ruído no corredor.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.4.2 Resultados e considerações finais

Conforme aplicação do índice indicado no Manual Accor, que indica o limite $DnT,w \geq 41$ dB para divisória que separa dormitório e corredor, o valor obtido de $DnT,w = 28$ dB estava abaixo do nível mínimo estabelecido (Figura 3.18).



Figura 3.18 - Avaliação do DnT,w de acordo com a ISO 717-1.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Quanto à isso foram destacadas as possíveis origens para o problema:

- Porta sem vedação adequada na face da soleira sem gaxeta;
- Composição ou execução da parede de drywall com possíveis falhas de execução;
- Volume do corredor alterado com o fechamento provisório com placa de gesso cartonado.

Se este estudo fosse realizado em Portugal, os resultados seriam ainda mais graves, uma vez que a legislação de hotéis portugueses é uma extensão da habitacional comum. Nesta situação, a norma portuguesa consideraria cada dormitório como sendo uma habitação e os corredores como sendo as áreas de circulação comum. Conforme, exposto na legislação portuguesa, seria

necessário melhorar a qualidade acústica das paredes, das portas ou furos para tubulações para que atingisse a exigência mínima de 48 dB.

É importante destacar que este resultado se refere à configuração dos ambientes encontrados na ocasião dos ensaios.

3.1.5 Ruídos aéreos entre suíte e banheiro

3.1.5.1 Objetivos e Metodologia

Neste teste, pretende-se descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo de parede divisória entre o dormitório e o banheiro de uma mesma unidade.

A parede divisória ensaiada pertence a uma suíte no 1º pavimento, e é composta de drywall com espessura total de 9,5 cm constituída de uma placa de gesso em cada lado com área de 10,69 m² (Anexo G). A porta possui área de 1,30 m² e é composta de material semi-oco.

O ambiente da suíte encontrava-se mobiliado. O piso era revestido com piso vinílico, as paredes estavam acabadas com massa e pintura acrílica e o teto acabado com gesso liso, 2 cm. Volume do ambiente (sem mobília): 36,50 m³. O banheiro encontrava-se acabado, com todas as peças cerâmicas instaladas, piso com porcelanato e paredes de drywall com acabamento com massa e pintura.

Conforme aplicação e procedimento indicados da norma ISO 140- 4:1998, obtém-se os valores DnT por frequência para em seguida se calcular, através das indicações da Norma ISO 717-1, o número único de avaliação DnT,w.

No ambiente emissor do dormitório foi instalada fonte omnidirecional dodecaédrica normatizada modelo DDC-100 (GROM) emitindo ruído rosa. Foram realizadas medições do nível de NPS no ambiente emissor e no ambiente receptor, com volume de 8,28 m³ (Figura 3.19).



Figura 3.19 - Medição NPS no interior do banheiro.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Com a ativação da fonte sonora estacionada no dormitório foram realizadas medições do NPS equivalente contínuo para o tempo médio de 1 minuto $L_{Aeq}(1min)$ no ambiente emissor e no ambiente receptor utilizando-se equipamento sonômetro, classe 1, modelo Blue Solo (01dB Metravib), devidamente calibrado e aferido.

Para complementação dos cálculos foram medidos o TR60 e o RR do ambiente receptor (banheiro), conforme Figura 3.20.

Frequência f(Hz)	T60 (1/3-oitava)(s)
50	0,68
63	0,78
80	0,34
100	0,35
125	0,41
160	0,48
200	0,54
250	0,60
315	0,69
400	0,59
500	0,59
630	0,62
800	0,58
1000	0,52
1250	0,49
1600	0,45
2000	0,42
2500	0,41
3150	0,40
4000	0,41
5000	0,41

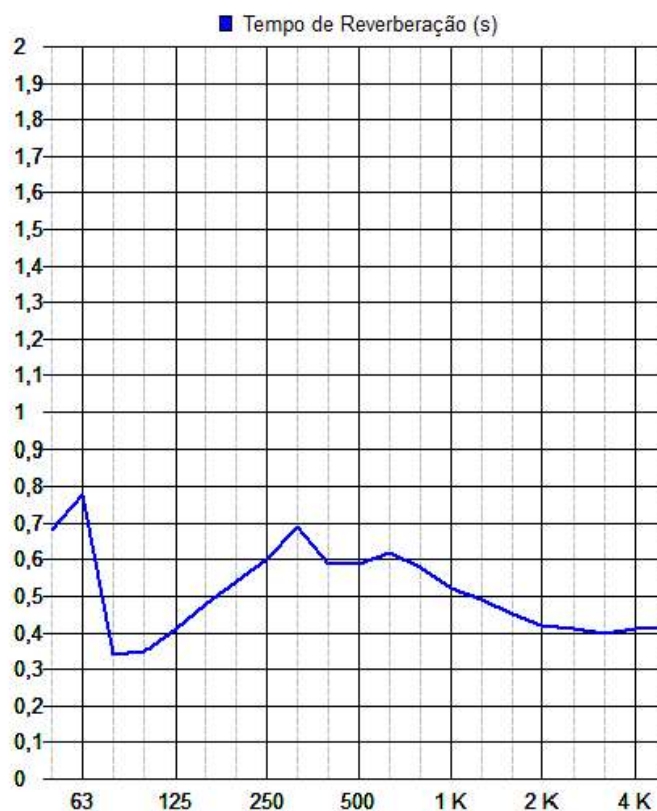


Figura 3.20 - Tempo de reverberação do ruído no interior do banheiro.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.5.2 Resultados e considerações finais

Conforme aplicação do índice indicado no Manual Accor, que é de $DnT,w \geq 45$ dB para divisória a separar dormitório e banheiro, o valor obtido de 20 dB está abaixo do nível mínimo estabelecido (Figura 3.21).

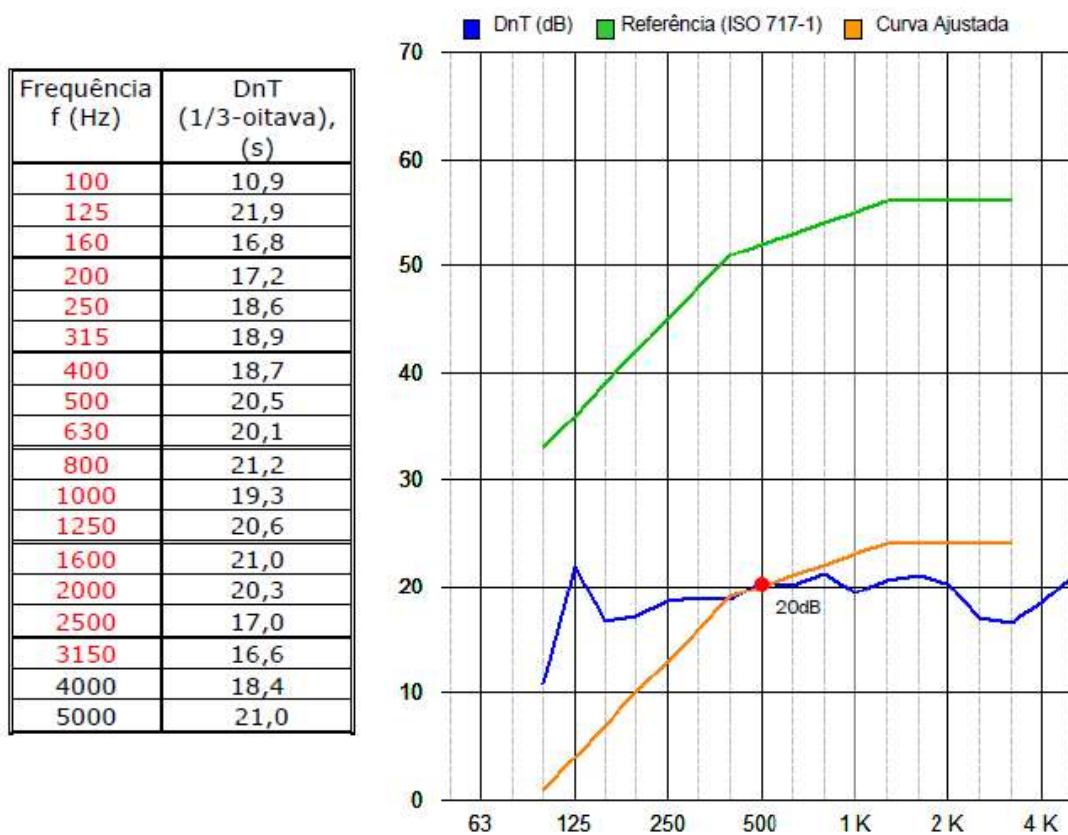


Figura 3.21 - Avaliação do DnT,w de acordo com o ISO 717-1.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Destacam-se como possíveis causas do problema:

- Porta sem a devida vedação em seu perímetro ou composição da mesma com densidade insuficiente. Falta de gaxeta no perímetro e adoção de porta de muito baixa densidade;
- Falha na execução da parede de drywall. Parede muito frágil, a qual deve ser estudada o acréscimo de mais uma chapa de gesso cartonado (12,5mm) de cada lado da mesma;
- A escolha de piso vinílico ao carpete, deve ser estudada.

Em Portugal, não há exigências regulamentares entre um quarto e seu respectivo banheiro, no entanto, aconselha-se que um valor limite da ordem de 30 dB, tomando sempre os cuidados necessários quanto ao isolamento de ruídos de percussão e canalizações.

3.1.6 Ruídos de impacto entre suítes de mesma prumada

3.1.6.1 Objetivos e Metodologia

Este teste descreve os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído de impacto de laje divisória entre suítes vizinhas de mesma prumada.

A laje ensaiada está instalada entre as suítes de mesma prumada, entre o 1º e 2º pavimentos, com área total de 13,09 m², espessura de 16,0 cm e contrapiso de 5,0 cm, totalizando 21,0 cm de espessura.

Ambos os ambientes possuem volume de 36,50 m³. A unidade do 2º pavimento, desmobiada, apresentava paredes, teto e piso não acabados, com as paredes em drywall, o piso no contrapiso e o teto na laje. A unidade do 1º pavimento estava mobiliada com paredes de drywall acabadas e material vinílico aplicado no piso, o teto estava acabado com gesso.

Conforme aplicação e procedimento descritos da Norma ISO 140-7:1998 são obtidos os valores LnT (nível de pressão sonora de impacto, em decibel) para em seguida obter, através das indicações da Norma ISO 717-2, o número único de avaliação LnT,w (nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, em decibel).

No ambiente emissor (2º pavimento) foi instalado equipamento gerador de ruído de impacto (tapping machine), modelo Calpestone, conforme aplicação da norma ISO 140-7:1998 e figuras a seguir. Após ativação da fonte sonora de ruído de impacto foram realizadas medições do NPS equivalente contínuo para o tempo médio de 1 minuto LAeq(1min) no ambiente receptor (1º pavimento) utilizando-se equipamento sonômetro, classe 1, modelo Blue Solo (01dB Metravib), devidamente calibrado e aferido.

As portas e janelas de ambos os ambientes estavam fechadas no momento do ensaio. Ver esquema no Anexo H.



Figura 3.22 - Aparelho padronizado gerador de ruído de impacto (*tapping machine*)

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

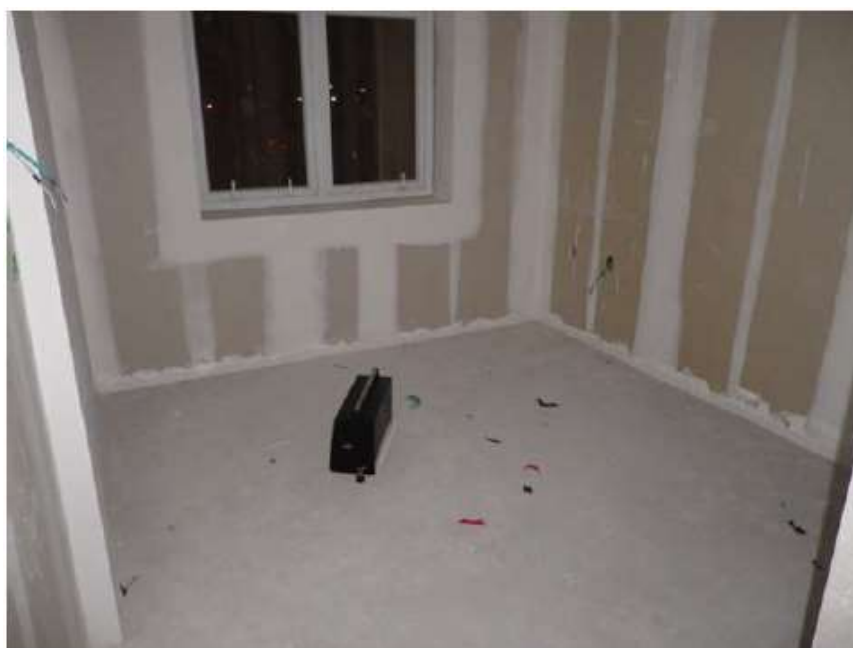


Figura 3.23 - Fonte emissora (*tapping machine*) estacionada no ambiente emissor, no 2º pavimento.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Foram ainda medidos o TR60 e o RR do ambiente receptor para complementação dos cálculos (Figura 3.24).

Frequência f(Hz)	T60 (1/3-oitava)(s)
50	0,71
63	0,78
80	0,64
100	0,41
125	0,46
160	0,46
200	0,33
250	0,36
315	0,41
400	0,43
500	0,41
630	0,40
800	0,40
1000	0,37
1250	0,41
1600	0,44
2000	0,48
2500	0,46
3150	0,46
4000	0,48
5000	0,48

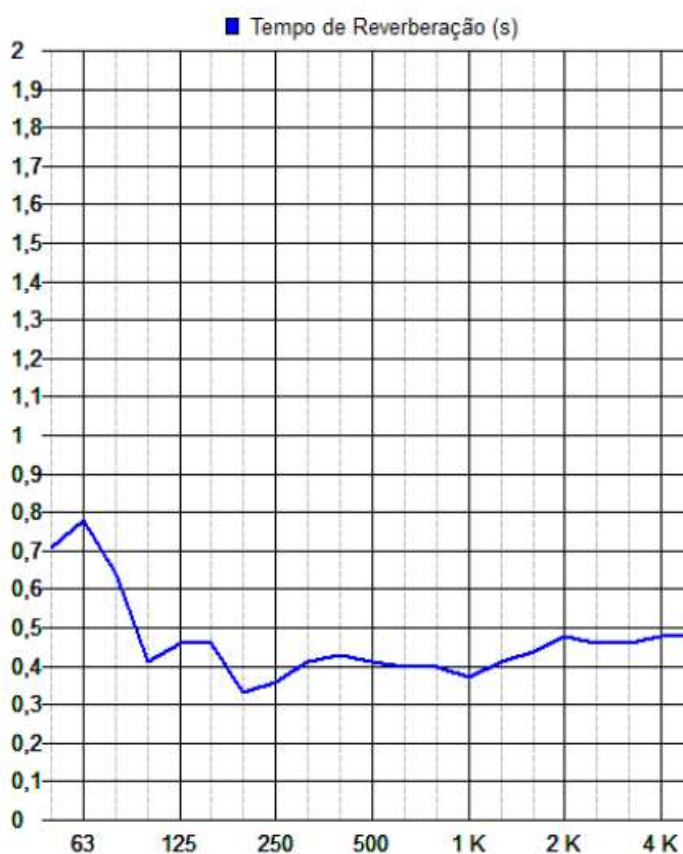


Figura 3.24 - Tempo de reverberação do ruído de impacto.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.6.2 Resultados e considerações finais

Conforme aplicação do índice mínimo indicado no Manual Accor em seu item 5.2 (p.14/19), que é de $LnT,w \leq 48$ dB para laje que separa suítes autônomas e vizinhas verticalmente com piso de tipologia rígida, o valor obtido de $LnT,w = 65$ dB não alcança o valor mínimo exigido pelo mesmo manual (Figura 3.25).

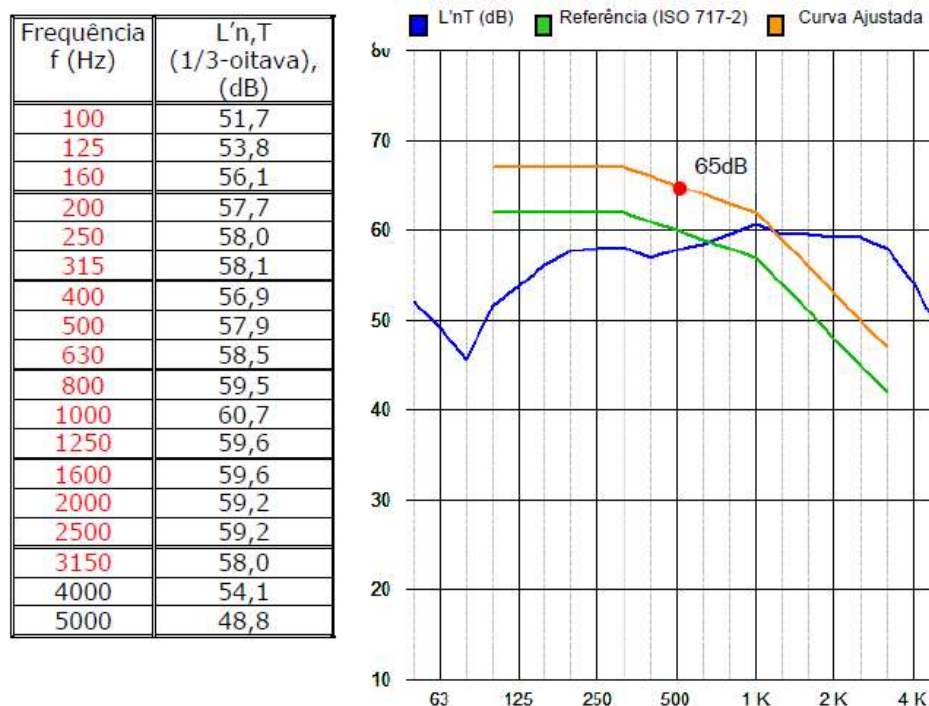


Figura 3.25 - Avaliação do LnT,w de acordo com a ISO 717-2.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Nesta situação, a legislação portuguesa costuma tratar suítes e banheiros de mesma prumada com a mesma exigência determinada para situações entre habitações de mesma prumada, ou seja, um limite de 60 dB. Deve-se atentar para ao fato de que, por vezes, os ruídos de impacto causados pela ação da máquina de ensaio devam ser considerados. Esta é uma das poucas situações em que a exigência da norma brasileira é superior à portuguesa.

O resultado deste ensaio representa as condições encontradas do elemento ensaiado na ocasião da aplicação do mesmo (apenas laje e contrapiso, sem acabamento complementar e/ou material acústico). Este resultado certamente sofrerá variação com a aplicação de elementos de acabamento.

3.1.7 Ruídos aéreo entre suítes de mesma prumada

3.1.7.1 Objetivos e Metodologia

Descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo de laje entre suítes vizinhas verticalmente.

A laje ensaiada divide suítes de mesma prumada, entre o 1º e 2º pavimentos, com área total de laje de 13,09 m², espessura de 16,0 cm e contrapiso de 5,0 cm, totalizando 21,0 cm de espessura. Ambos os ambientes possuem volume de 36,50 m³.

A unidade do 2º pavimento, desmobiada, apresentava paredes, teto e piso não acabados, com as paredes em drywall, o piso no contrapiso e o teto na laje. A unidade do 1º pavimento estava mobiliada, com paredes de drywall acabadas e material vinílico aplicado no piso, o teto estava acabado com gesso. As portas dos banheiros e dos dormitórios de ambas as unidades estavam instaladas e permaneceram fechadas durante o ensaio.

Conforme aplicação e procedimento indicados da Norma ISO 16283- 1:2014 são obtidos os valores DnT por frequência para em seguida se calcular, através das indicações da Norma ISO 717-1, o número único de avaliação DnT,w.

No ambiente emissor (1º pavimento) foi instalada a fonte omnidirecional dodecaédrica normatizada modelo DDC-100 (GROM) emitindo ruído rosa. Na sequência da ativação da fonte sonora omnidirecional foram realizadas medições do NPS equivalente para o tempo médio de 1 minuto LAeq(1min) no ambiente emissor e no ambiente receptor (2º pavimento). Foi utilizado equipamento sonômetro, classe 1, modelo Blue Solo (01dB Metravib), devidamente calibrado e aferido, conforme figuras a seguir. Ver esquema no Anexo I.



Figura 3.26 - Fonte sonora estacionada no ambiente emissor, no 1º andar, para medição do NPS.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.



Figura 3.27 - Medição do ruído aéreo no ambiente receptor, no 2º andar.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Foram medidos o TR60 e o RR do ambiente receptor (suíte 269) para complementação dos cálculos (Figura 3.28).

Frequência f(Hz)	T60 (1/3-oitava)(s)
50	1,3
63	1,41
80	0,73
100	0,76
125	1,41
160	1,32
200	1,48
250	1,60
315	1,67
400	1,93
500	2,15
630	2,22
800	2,11
1000	1,86
1250	1,77
1600	1,66
2000	1,58
2500	1,42
3150	1,26
4000	1,21
5000	1,11

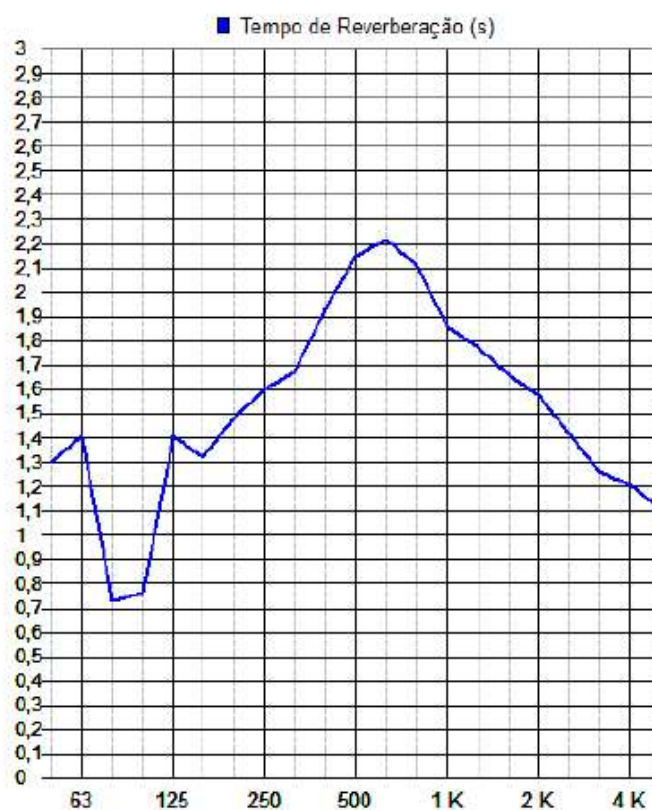


Figura 3.28 - Tempo de reverberação do ruído aéreo entre laje.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.7.2 Resultados e considerações finais

Conforme aplicação do índice mínimo indicado no Manual Accor em seu item 4.2 (p.9/19), que é de $DnT,w \geq 51$ dB para laje a separar apartamentos-dormitórios autônomos e vizinhos verticalmente, o valor obtido de 59 dB supera o valor mínimo exigido no manual (Figura 3.29).

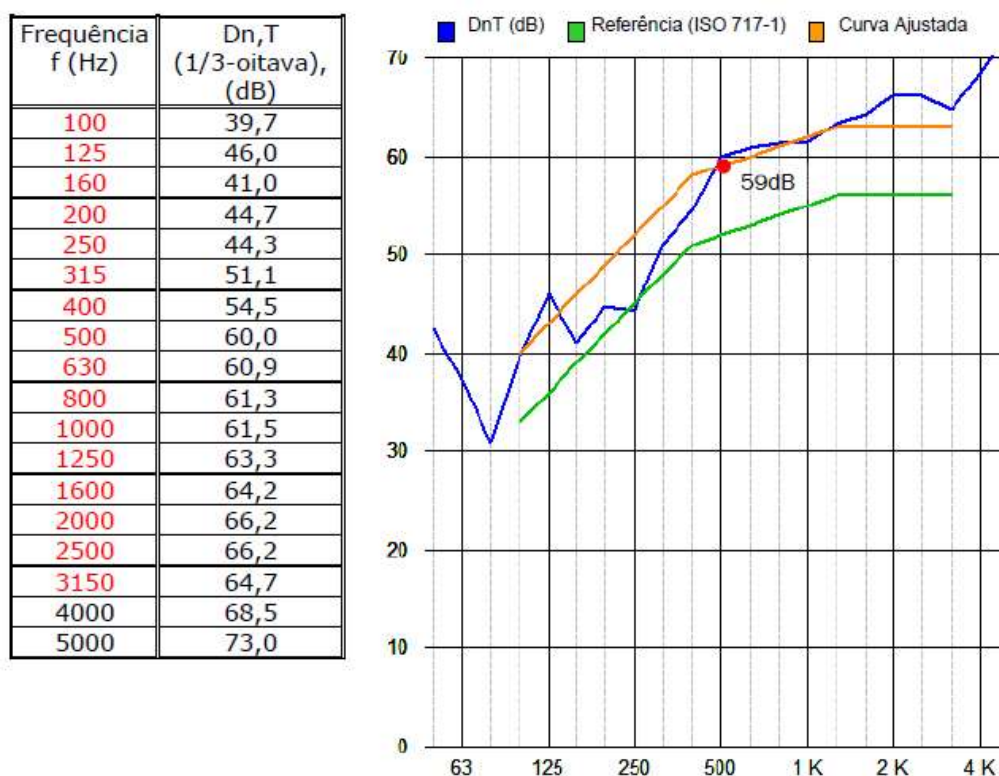


Figura 3.29 - Avaliação do DnT,w de acordo com a ISO 717-1.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

O resultado deste ensaio representa as condições encontradas do elemento ensaiado na ocasião da aplicação do mesmo (apenas laje e contrapiso, sem acabamento complementar e/ou material acústico). Este resultado poderá sofrer variação com a aplicação de elementos de acabamento.

3.1.8 Ruídos aéreo de parede entre suítes vizinhas horizontalmente (Pós Solução)

3.1.8.1 Objetivos e Metodologia

O objetivo deste teste é descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo de parede divisória entre suítes, vizinhas horizontalmente, após a aplicação das propostas de solução indicadas no item 3.1.3.

A parede divisória ensaiada está instalada entre suítes vizinhas horizontalmente, no 1º pavimento, e é composta de drywall constituído de cinco placas de gesso no total, com duas placas voltadas para um ambiente e três placas voltadas para o outro, cada uma com espessura de 12,5 mm, sendo que entre a terceira e a penúltima placa foi aplicado material viscoelástico do tipo Green Glue.

O preenchimento do drywall é feito com lã mineral de 20 kg/m³ e a sua área (da parede divisória entre estes ambientes) é de 8,94 m².

As suítes encontravam-se mobiliadas com o seu piso interno revestido de piso vinílico, as paredes estavam acabadas com massa e pintura acrílica e o teto acabado com gesso liso, 2 cm.

Seguiu-se o mesmo procedimento de obtenção de indicadores descritos no item 3.1.3 e foram tomadas as providencias normativas para o bom aproveitamento dos testes acústicos.

Para complementação dos cálculos foi medido o TR60 e o RR do ambiente receptor (Figura 3.30).

Frequência f(Hz)	T60 (1/3-oitava)(s)
50	0,71
63	0,78
80	0,64
100	0,41
125	0,46
160	0,46
200	0,33
250	0,36
315	0,41
400	0,43
500	0,41
630	0,40
800	0,40
1000	0,37
1250	0,41
1600	0,44
2000	0,48
2500	0,46
3150	0,46
4000	0,48
5000	0,48

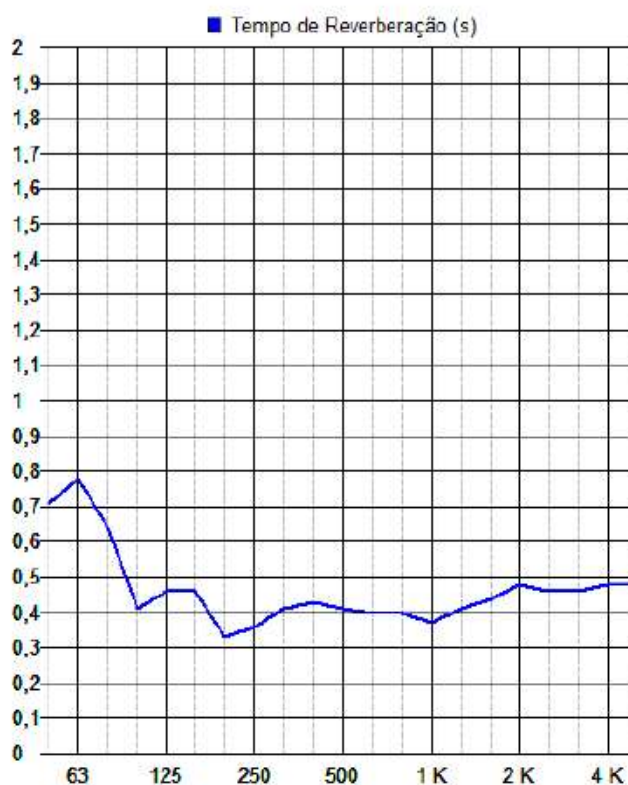


Figura 3.30 - Tempo de reverberação do ruído aéreo entre suítes vizinhas horizontalmente, pós solução.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.8.2 Resultados e considerações finais

Conforme aplicação do índice mínimo indicado no Manual Accor em seu item 4.2 (página 9), que é de $DnT,w \geq 51$ dB para divisória que separa suítes autônomas e vizinhas, o valor obtido de $DnT,w = 50$ Db permanece não atingindo o valor mínimo exigido no Manual Accor (Figura 3.31). Entretanto, o manual estabelece uma tolerância de $-1,5$ dB para os resultados, ou seja, resultado aprovado após colocação da terceira chapa de Drywall e resina tipo Green Glue.

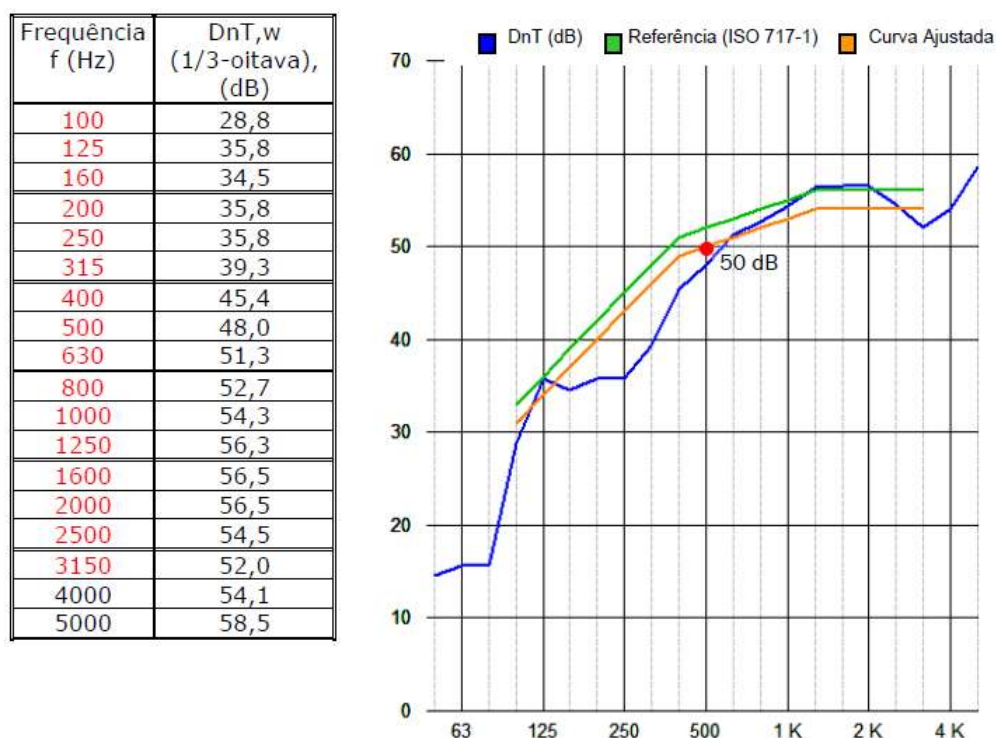


Figura 3.31 - Avaliação DnT,w de acordo com ISO 717-1.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.9 Ruídos aéreo de parede entre suítes e corredor (Pós Solução)

3.1.9.1 Objetivos e Metodologia

O objetivo deste teste é descrever os procedimentos e os resultados obtidos na medição do isolamento de ruído aéreo de parede divisória entre suíte e área de circulação social, após a aplicação das propostas de solução descritos no item 3.1.4.

As características dos ambientes estudados era basicamente a mesma, exceto o fato do corredor estudado estar completamente liberado na sua extensão de comprimento, enquanto no teste anterior o mesmo encontrava-se provisoriamente com área reduzida. Seguiu-se o mesmo

procedimento de obtenção de indicadores de desempenho acústico do item já estudado anteriormente, bem como as medidas preventivas para bom aproveitamento do teste foram respeitadas.



Figura 3.32 - Fonte sonora estacionada no corredor, próxima à parede divisória ensaiada no 1º pavimento.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

As portas das suítes e aberturas de shafts voltados para o corredor do pavimento estavam fechadas apenas nas duas suítes seguintes à suíte da divisória ensaiada, sendo que nos apartamentos restantes do pavimento as portas e shafts estavam abertas (sem fechamento). O forro do corredor estava parcialmente executado com a presença deste apenas na área do apartamento ensaiado. Com a interrupção do forro do corredor próxima à unidade ensaiada, foi possível notar a presença de aberturas de passagem de tubulações não rematadas nas paredes divisórias entre os dormitórios e o corredor interligando o espaço do sobre forro do corredor ao espaço do sobre forro dentro da suíte, acima do hall de entrada dos apartamentos, onde há uma grelha de retorno de ar.



Figura 3.33 - Detalhe do forro com falha na passagem de tubulação.

Os descuidos construtivos da Figura 3.33, se referem à um fenômeno denominado transmissões marginais, o qual são extremamente graves e influenciam negativamente nos resultados globais. Este detalhe pode ser um ponto frágil no isolamento acústico do sistema desta parede divisória ensaiada, podendo ter sido fator influente no resultado deste ensaio. Volume total do corredor: 278,3 m³.

Como complementação dos cálculos foram medidos o TR60 e o RR do ambiente receptor (Figura 3.34).

Frequência f(Hz)	T60 (1/3-oitava)(s)
50	0,71
63	0,78
80	0,64
100	0,41
125	0,46
160	0,46
200	0,33
250	0,36
315	0,41
400	0,43
500	0,41
630	0,40
800	0,40
1000	0,37
1250	0,41
1600	0,44
2000	0,48
2500	0,46
3150	0,46
4000	0,48
5000	0,48

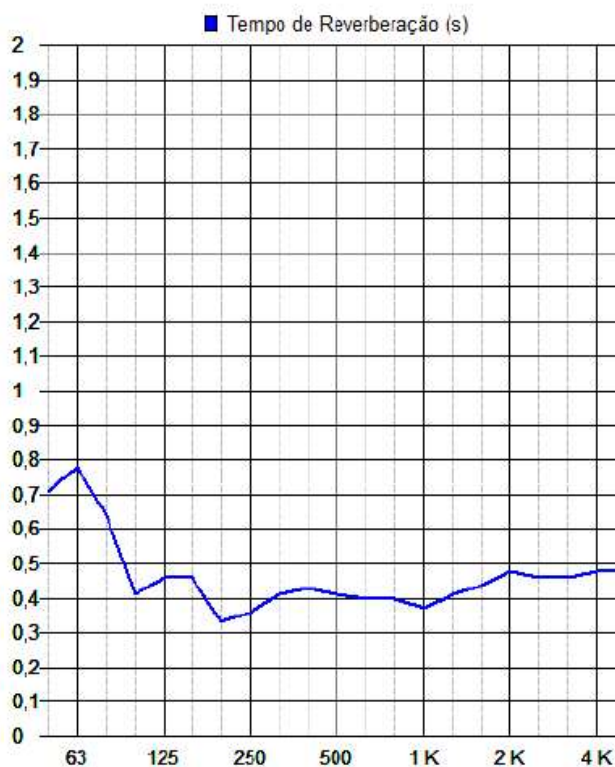


Figura 3.34 - Tempo de reverberação do ruído aéreo entre suíte e corredor.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

3.1.9.2 Resultados e considerações finais

Seguindo as indicações de procedimento de ensaio da ISO 16283-1:2014 foi obtido o resultado de $DnT,w = 35$ dB. Conforme aplicação do índice indicado no Manual Accor, o qual indica o limite $DnT,w \geq 41$ dB para divisória que separa suíte e corredor, o ensaio está abaixo do nível mínimo estabelecido (Figura 3.35).

É importante destacar que a passagem de duto entre a suíte e o corredor de circulação somada à execução parcial do forro do corredor, já descrita no item anterior, representa uma fragilidade acústica.

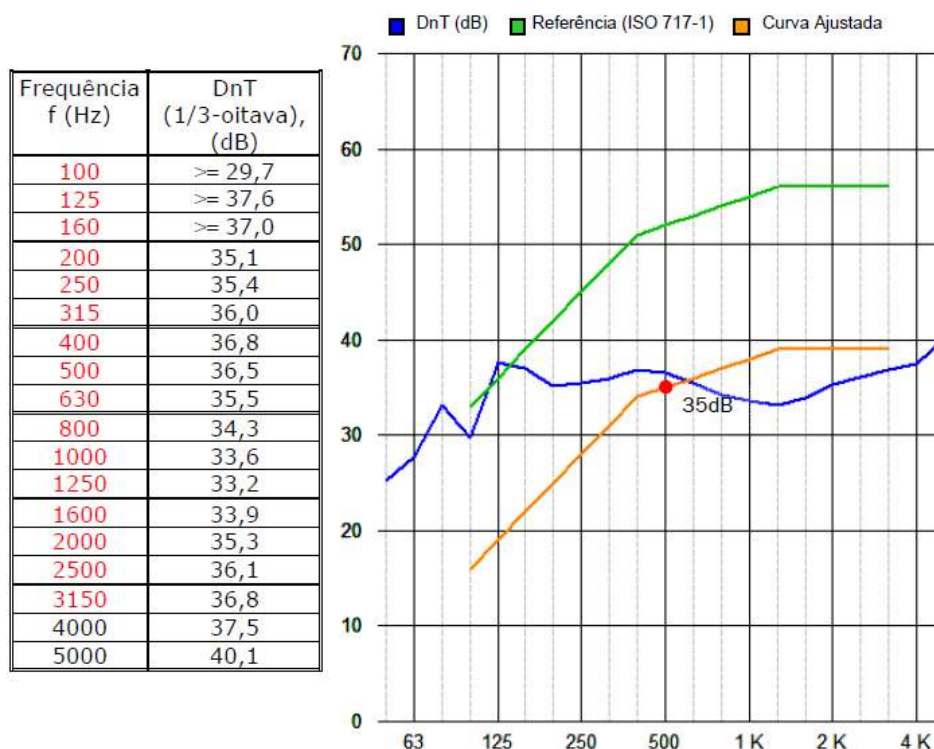


Figura 3.35 - Avaliação de DnT,w de acordo com o ISO 717-1.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

A isto podemos destacar as possíveis origens:

- Composição ou execução da parede de drywall com possíveis falhas de execução (montagem frágil);
- Passagem de tubulações entre o corredor de circulação e o interior da suíte;
- A ausência de forro na maior parte da extensão do corredor.

Conclui-se que o estudo apontou uma série de problemas que devem ser corrigidos para atender as exigências mínimas de conforto acústico. O resultado final é ruim, porém, deverá ser sanado com a execução correta dos fechamentos dos forros, o isolamento dos furos de passagem das tubulações, colocação de carpete no corredor.

3.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Nesta seção será realizado uma pesquisa de viabilidade financeira para os materiais de isolamento acústico expostos na seção 2 deste trabalho. Para isto, esta análise será executada tendo como base as plantas das suítes do hotel estudado no item 3.1.

O projeto do Hotel é composto de 14 pavimentos tipo, com 23 suítes por andar, que apresentam divisórias em gesso cartonado revestido de material isolante nas divisórias entre suítes, entre suíte e banheiro, e entre suítes e corredor, conforme Figura 3.31.

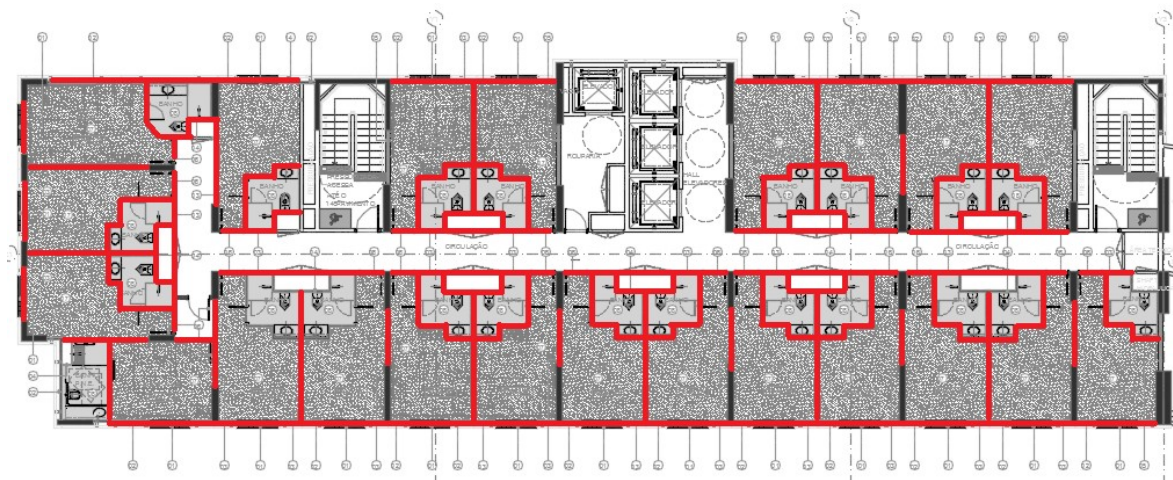


Figura 3.36 - Identificação das paredes com isolante acústico.

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

A parede divisória instalada entre as suítes é composta de gesso cartonado com espessura total de 12,0 cm constituída de duas placas de gesso em cada lado (12,5 mm cada), preenchida com material isolante. O acabamento em ambas as faces é em pintura acrílica e a sua área é de 8,94 m².

A parede divisória dos banheiros é composta de drywall com espessura total de 9,5 cm constituída de uma placa de gesso em cada lado com área de 10,69 m².

A parede que divide as suítes do corredor é possui espessura total de 12,0 cm, constituída de duas placas de gesso em cada lado com preenchimento de material isolante. A área total da divisória (parede divisória e porta) é de 2,49 m².

As tabelas a seguir são levantamentos do quantitativo dos materiais e seus respectivos custos.

Tabela 3.5 - Levantamento dos custos da Lã de Rocha, Lã de vidro, XPS e EPS.

	Fornecedor	Custo/m ²	Espessura (cm)	Parede Suites (m ²)	Parede Banheiro (m ²)	Parede Corredor (m ²)	Total/PAV (m ²)	Volume/PAV (m ³)	Custo/PAV
Lã de Rocha (5 cm)	1	R\$ 15,00	7	205,62	245,87	57,27	508,76	35,6132	R\$ 10.683,96
	2	R\$ 16,50							R\$ 11.752,36
	3	R\$ 15,50							R\$ 11.040,09
Lã de Vidro (5 cm)	1	R\$ 10,00	7	205,62	245,87	57,27	508,76	35,6132	R\$ 7.122,64
	2	R\$ 12,00							R\$ 8.547,17
	3	R\$ 8,00							R\$ 5.698,11
XPS (5 cm)	1	R\$ 12,90	7	205,62	245,87	57,27	508,76	35,6132	R\$ 9.188,21
	2	R\$ 14,50							R\$ 10.327,83
	3	R\$ 14,90							R\$ 10.612,73
EPS (5 cm)	1	R\$ 15,00	7	205,62	245,87	57,27	508,76	35,6132	R\$ 10.683,96
	2	R\$ 14,75							R\$ 10.505,89
	3	R\$ 12,50							R\$ 8.903,30

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Tabela 3.6 - Levantamento dos custos para Espuma de Poliuretano.

	Fornecedor	Custo/Lata	Redimento (litros/lata)	Espessura (m)	Parede Suites (m ²)	Parede Banheiro (m ²)	Parede Corredor (m ²)	Total/PAV (m ²)	Volume/PAV (litros)	Custo/PAV
Espuma de Poliuretano	1	R\$ 40,00	30	0,07	205,62	245,87	57,27	508,76	35613,2	R\$ 47.484,27
	2	R\$ 54,90	35	0,07						R\$ 55.861,85
	3	R\$ 45,00	30	0,07						R\$ 53.419,80

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

Os orçamentos foram feitos para os cinco materiais e com a participação de três fornecedores por produto. A Tabela 3.7 foi orçada por área de isolamento, tendo como espessura de preenchimento entre as placas de drywall um valor de 7 cm. A espessura dos materiais fornecidos é de 5 cm, portanto o cálculo é feito por proporção de enchimento. A tabela 14 é específica, pois a espuma de poliuretano é vendida em latas, portanto, foi orçada por volume em litros, uma vez informado o rendimento por lata de cada fornecedor tem-se o custo por pavimento.

A Tabela 3.7 é um resumo do custo total de isolamento acústico para estes materiais para a execução dos 14 pavimentos.

Tabela 3.7 - Resumo total dos custos para todos os materiais orçados.

	Fornecedor	Custo/Torre
Lã de Rocha (5 cm)	1	R\$ 149.575,44
	2	R\$ 164.532,98
	3	R\$ 154.561,29
Lã de Vidro (5 cm)	1	R\$ 99.716,96
	2	R\$ 119.660,35
	3	R\$ 79.773,57
XPS (5 cm)	1	R\$ 128.634,88
	2	R\$ 144.589,59
	3	R\$ 148.578,27
EPS (5 cm)	1	R\$ 149.575,44
	2	R\$ 147.082,52
	3	R\$ 124.646,20
Espuma de Poliuretano	1	R\$ 664.779,73
	2	R\$ 782.065,87
	3	R\$ 747.877,20

Fonte: Odebrecht Realizações Imobiliárias.

A partir dessa tabela, tendo em vista o fato do processo de aplicação dos materiais demandar a mesma quantidade de tempo e mão-de-obra, recomenda-se por critério de economia financeira a aplicação da lã de vidro para isolamento acústico interno à sons aéreos da edificação. A lã de vidro, vendida à R\$8,00 por m², apresentou uma economia de 36% em relação ao EPS vendido à R\$12,50 por m², que seria a segunda melhor opção economicamente.

Após a análise dos custos, optou-se pelo uso da lã de vidro para revestimento acústico entre divisórias de drywall para os 14 pavimentos, totalizando um custo de R\$79.773,57. A lã de rocha foi a opção escolhida para o preenchimento dos shafts de instalações dispostos nos corredores, cobertas por uma fina película de argamassa, por ser um material de melhor resistência ao fogo e resistência térmica. A espuma de poliuretano expansiva é extremamente inviável financeiramente para o preenchimento interno das paredes pois seu rendimento por lata é baixo, e por isso foi a solução adotada apenas para o isolamento de portas e caixilhos.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção é uma análise do autor com base no aprendizado obtido com a revisão da literatura e a partir das experiências de obra e vivência acadêmica de seis meses em território português.

Foram estudadas as normas de acústica vigentes no Brasil e Portugal, para entendimento da diferença com que o tema é tratado nos dois países. Observou-se que Portugal e a Europa como um todo, possuem critérios de desempenho mais rigorosos.

Foram estudados os cinco tipos de isolantes mais recorrentes nas obras brasileiras, desconsiderando assim os demais métodos de isolamento como paredes duplas de bloco de concreto, por exemplo. Constatou-se que todos possuem bom desempenho acústico. Posteriormente, a pesquisa de preço delatou que os poliestirenos são concorrentes em desvantagem na disputa por isolamento acústico à sons aéreos internos das edificações.

O XPS passa a ser uma alternativa de isolamento acústico em pavimentos para sons de percussão. É uma solução de baixo custo para revestimentos externos de fachadas, substituindo, por exemplo, as placas cimentícias que são alternativas concorrentes, porém pesadas e onerosas.

O EPS, por sua vez, é leve e uma das melhores opções para enchimento de lajes de concreto e execução de forros.

A espuma de poliuretano é onerosa, a unidade de venda é por tubo e rendem pouco por metro quadrado, portanto, devem ser encaradas como excelentes elementos de vedação de locais de difícil aplicação como portas e caixilhos de janela.

Não foram consideradas as características de isolamento térmico dos isolantes, fato que poderia apontar mudanças nesta análise.

A obra estudada contratou uma empresa especializada para a realização dos testes de acústicas exigidos na NBR 10151:1999, testes os quais não são baratos pois demandam tempo, mão-de-obra especializada e locação de equipamentos. A maioria dos resultados foram

reprovados, e inúmeras falhas de execução foram apontadas. Após a reprovação, foram propostas soluções que demandaram tempo e alocação de recursos.

É importante citar que se optou por seguir o manual da ACCOR, empresa mundialmente reconhecida por sua prestação de serviços no ramo de hotelaria e controladora de diversas bandeiras de hotéis espalhadas pelo mundo. O manual descreve o método construtivo de isolamento acústico e possui padrões de qualidade mais rígidos. No Brasil falta uma seção na norma especialmente voltada para hotéis.

Em conforto acústico das edificações, o estudo das perdas de desempenho por transmissões marginais clama por pesquisa e regulamentação, pois o tema que ainda carece de abrangência nas normas europeias, pouco é considerado no Brasil. Esta é uma orientação para possíveis futuras dissertações no âmbito do conforto acústico.

O objetivo de abrir novos mercados para a cortiça em território brasileiro desaponta, no entanto, entende-se que existem oportunidades de negócio em situações específicas ligadas à arquitetura bioclimática rústica, uma vez que, em critérios de acústica o material não justifica seu investimento oneroso, tendo em vista a necessidade de importação do produto.

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução deste trabalho evidencia que a engenharia brasileira por muito tempo careceu de um aprimoramento quanto às normas de desempenho das edificações, no tratante a conforto acústico das construções. A verdade é que se comparado o atual discernimento brasileiro no âmbito do conforto das edificações em relação à postura europeia diante do tema, não apenas acústico como em questões de térmica que não foram abordadas de modo profundo, a construção civil brasileira está iniciando seus estudos e normas com alto potencial de qualificação surgiram nos últimos anos. O estudo permitiu compreender que os parâmetros de qualidade acústica exigidos na Europa, em especial em Portugal, que foi objeto direto de estudo desta dissertação, são mais rigorosos que os adotados pelas atuais normas vigentes no Brasil, apesar de ser sabido que o cliente imobiliário de hoje preza o conforto, a segurança, e a responsabilidade ecológica e energética.

A revisão da literatura apresentou uma série de conceitos que são necessários para a realização de um projeto de acústica. Posteriormente, expôs as alternativas de revestimentos isolantes mais habituais nas obras brasileiras, que são lã de rocha, lã de vidro, espuma de poliuretano, XPS e EPS. Nesta seção, viu-se que, em questões de eficiência, todos possuem propriedades de bom desempenho acústico; no entanto, a lã de vidro e a lã de rocha se destacam, pois rendem mais por metro quadrado de aplicação.

A partir da pesquisa prática, realizada em uma obra real, fez-se uma análise dos custos de implantação desses isolantes acústicos. A construção de um hotel foi fator determinante na escolha do material, pois é uma tipologia de obra mais rigorosa em critérios acústicos. A empresa estudada orçou os cinco tipos de materiais e optou por desconsiderar os poliestirenos (XPS e EPS) por motivo de exigirem uma espessura superior à de 7cm, espaço disponível para revestimento interno das paredes de drywall projetadas, o que acarretaria diminuição da metragem interna dos dormitórios. Notou-se que o rendimento por metro quadrado da espuma de poliuretano é inviável financeiramente para vedação de áreas grandes, o que limitou a aplicação do produto apenas nos

vãos de portas e esquadrias. Para o revestimento de shafts, optou-se por lã de rocha, material com propriedades térmicas e de resistência ao fogo superior, além de atender muito bem o isolamento acústico necessário para vedar eventuais ruídos oriundos das tubulações. Por fim, a melhor opção para o revestimento acústico interno das paredes de drywall foi a lã de vidro.

A lã de vidro apresentou-se como um material versátil, de fácil aplicação, leve, de pouco desperdício e capaz de cumprir os requisitos acústicos.

Um dos objetivos deste projeto é apresentar o produto cortiça no contexto da construção civil como alternativa sustentável de isolamento; porém, a conclusão mais conveniente é de que, embora salientadas as suas vantagens técnicas e ecológicas, o produto tornou-se uma realidade de aplicação na Europa devido a ser um material de características mediterrâneas – o que facilita sua produção. A necessidade de importar o material e a competitividade acirrada com materiais abundantes no Brasil e de uso já consolidado no mercado inviabilizam sua integração no setor da construção civil brasileira. Sob outra perspectiva, deve ser encarado como uma boa alternativa para pequenos projetos de isolamento, onde também se visa a estética rústica do material acabado.

5.2 FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

A experiência do autor, que acompanhou o desenvolvimento da obra e a execução dos diversos testes de acústica, dá-lhe propriedade para relatar que a realidade brasileira em execução de isolamento acústico através de uso de isolantes deve ser aprimorada. Observou-se que o bom desempenho acústico está diretamente relacionado ao acompanhamento da execução, a fim de garantir boa aplicação do isolante. Por diversas vezes, os teste apontaram um resultado negativo por consequência da má aplicação, o que acarretou a necessidade de refazer serviços já executados e demandar mais tempo e custo na solução de problemas.

Resumindo, os parâmetros exigidos pela norma de acústica brasileira são ligeiramente mais brandos; no entanto, o desleixo e a má execução, a falta de planejamento na sequência produtiva e o descontrole das perdas por transmissões marginais fazem com que o desempenho acústico esperado em projeto seja inferior, conforme delatado pelos testes, o que consequentemente gera retrabalho, atrasos e aumento do custo da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX. **O que é EPS**. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

ADVFN. **PIB Brasil 2015**. Disponível em: <<http://br.advfn.com/indicadores/pib/brasil/2015>>. Acesso em: 24 dez. 2015.

APCOR - ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DA CORTIÇA (Portugal). **Cortiça: O que é?**. 2015. Disponível em: <<http://www.apcor.pt/cortica/o-que-e/>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4 p. Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/Avaliação+do+Ruído+em+Áreas+Habitadas.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987. 4 p. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/02/NBR_10152-1987-Conforto-Ac_stico.pdf?7c8e42>. Acesso em: 11 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992. 9 p. Disponível em: <<https://querosossego.files.wordpress.com/2008/08/abnt-nbr-12179.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/ArtigosArgamassaLeve/NBR_15220_-_Desempenho_térmico_de_edificações.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BEZERRA, Luciano André Cruz. **Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. 2003. 50 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15548/1/LucianoACB.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

BRASIL. MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. . **Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

CAD (Portugal). **Ciclo Eco-materiais**: Cortiça. 2010. Disponível em: <http://www.planetacad.com/PresentationLayer/ConcelhoUtil_01.aspx?id=66&CANAL_ORDEM=0302>. Acesso em: 15 nov. 2015.

CAMPEÃO, José Carlos Rodrigues. **Conforto térmico e acústico das edificações**: Porto: Isep, 2014. 22 slides, color.

CLAYTON, R. (2001) Editorial: Is sustainable development an oxymoron ? Trans I Chem E Vol.79, Part B,pp.-327-328.

DESIGN, Teia. **Isolamento Térmico e Acústico - Lã de vidro e Lã de rocha**. 2013. Disponível em: <<http://teiadesign10.blogspot.com.br/2013/01/isolamento-termico-e-acustico-la-de.html>>. Acesso em: 31 jan. 2013.

DIETZ, Thomas; ROSA, Eugene A.; YORK, Richard. **Environmentally Efficient Well-Being**: Rethinking Sustainability as the Relationship between Human Well-being and Environmental Impacts. Eua: Human Ecology Review, 2009. (Vol. 16). Disponível em: <<http://apjh.humanecologyreview.org/pastissues/her161/dietzetal.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

ECOCASA. **Espuma de Poliuretano**. Disponível em: <[http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/documentacao/construcao/ESPUMA DE POLIURETANO.pdf](http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/documentacao/construcao/ESPUMA_DE_POLIURETANO.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2016.

ECOCASA. **Poliestireno Extrudido**. Disponível em: <http://www.ecocasa.org/userfiles/file/POLIESTIRENO_EXTRUDIDO.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

GIL, Luis. **A cortiça como material de construção**: Manual Técnico. Santa Maria de Lamas - Portugal: Apcor, 2015. Disponível em: <http://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2015/07/Caderno_Tecnico_F_PT.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2015.

GRECOGESTE, Grupo. **Poliestireno Extrudido**. Disponível em: <<http://www.grecogeste.pt/pt-pt/portfolio/poliestireno-extrudido>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

GREVEN, Hélio A.; FAGUNDES, Hilton A. V.; EINSFELDT, Alan A.. ABC do conforto acústico. **Abc do Conforto Acústico**, Brasília, v. 2, n. 2, p.1-44, jun. 2006. Disponível em: <<http://www.knauf.com.br/folder/abc.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

GRUPO AMORIM (Portugal). **Potencial criativo para além do tempo**. 2014. Disponível em: <<http://www.amorim.com/a-cortica/breve-sinopse-historica/>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

HAMILTON, Booz Allen. **Green Building Economic Impact Study**. Washington, Dc: U.s Green Building Council, 2015. Disponível em: <https://kapost-files-prod.s3.amazonaws.com/published/56438d353dab34e8a1000061/green-building-economic-impact-study.pdf?kui=ntZxSELuij0YNSwkwEO_Kw>. Acesso em: 12 nov. 2015.

IKEMATSU, Paula. **Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes**. 2007. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/thesis/2007_12_Paula_Ikematsu_KAI.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ISOEP. **Isolamento acústico com Isopor**. Disponível em: <<http://www.isoepvalinhos.com/isolamento-acustico/>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

ISOLAMENTOS, Amorim. **Cortiça: Aplicação**. Disponível em: <<http://www.amorimisolamentos.com/aplicacoes/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

MARTINS, João Tomás Puga. **Acústica de edifícios**: Validação experimental do cálculo de transmissões marginais a sons aéreos em edifícios.. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57732/1/000129517.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

MATEUS, Susana Vanessa Neves. **Construção Sustentável**: Materiais eco-eficientes para a melhoria do desempenho de edifícios. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil,

Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/7031/1/Mateus_2012.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2015.

NEOTÉRMICA. **Lã de vidro**. Disponível em: <<http://www.neotermica.com.br/html/isolante-termico/la-vidro/la-de-vidro-branca-sao-paulo.html>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

PORTAL METÁLICA. **Lã de vidro: Isolamento Térmico e Acústico**. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/la-de-vidro-isolamento-termico-e-acustico>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1987, Oslo. **World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Noruega: Un Documents, 1987. 17 p. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2015.

ROCKFIBRAS. **Lã de rocha THERMAX**. Disponível em: <http://www.rockfibras.com.br/produtos_la_de_rocha.html>. Acesso em: 22 mar. 2016.

LA ROCHA. **Apresentação Lã de Rocha**. Disponível em: <<http://www.larocha.com/>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

ROAF, Sue. **Ecohouse**. 3. ed. Oxford: Bookman, 2009.

SANTOS, Mariana Feres dos. **Construções com certificações LEED no Brasil: O caso do Eldorado Business Tower**. 2012. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura Sustentável, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://tede.mackenzie.com.br/tde_arquivos/2/TDE-2012-06-12T124652Z-1479/Publico/Mariana_Feres_dos_Santos.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2015.

SATTLER, Miguel Aloysio. **Edificações e comunidades sustentáveis: atividades em desenvolvimento no NORIE/UFRGS**. 2006. 15 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/CD/sattler.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2015.

SINDING-LARSEN, Richard; HOVLAND, Martin; SHIELD, Deborah. **Recursos: A caminho de um uso sustentável**. Oslo: Edward Derbyshire, Ted Nield, 2007. Disponível em: <http://yearofplanetearth.org/content/downloads/portugal/brochura6_web.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2015.

TEIXEIRA, André Miguel Barreiras. **Impacto da Norma de Conforto Europeia EN 15251 na certificação energética em edifícios de serviços**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível

em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58967/1/000137740.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. 2. ed. Vila Verde: Tecminho, 2010. 462 p.

USGBC - U.S Green Building Council (Ed.). **Green Building Facts**. 2015. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/articles/green-building-facts>>. Acesso em: 13 nov. 2015.

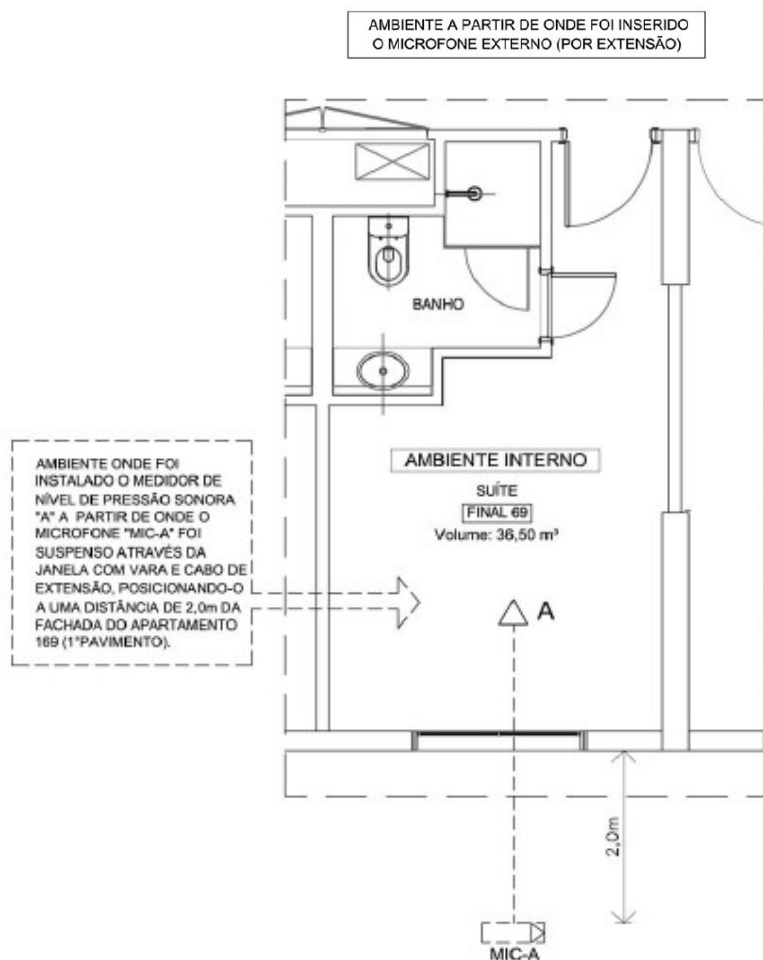
VIBRASOM. **Sonique Wave**: Revestimento acústico. Disponível em: <<http://www.vibrasom.ind.br/produtos-acusticos/sonique-wave-revestimento-acustico.php>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

ANEXO

Anexo I – Planta do 2º Pavimento com locação dos equipamentos sonoros para ensaio de isolamento de ruído aéreo de fachada.

ESQUEMA DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DO
RUÍDO DE AÉREO DE FACHADA
REALIZADO EM 05-08-2014

ENSAIO DE ISOLAMENTO DE RUÍDO AÉREO DE FACHADA



PLANTA PARCIAL - 2º ANDAR

DORMITÓRIO DO APARTAMENTO 269
SEM ESCALA

△ A EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: MEDIDOR DE NÍVEL SONORO DE INTEGRAÇÃO E REGISTRO, CLASSE 1, MODELO BLUE SOLO (01dB METRAVIB)

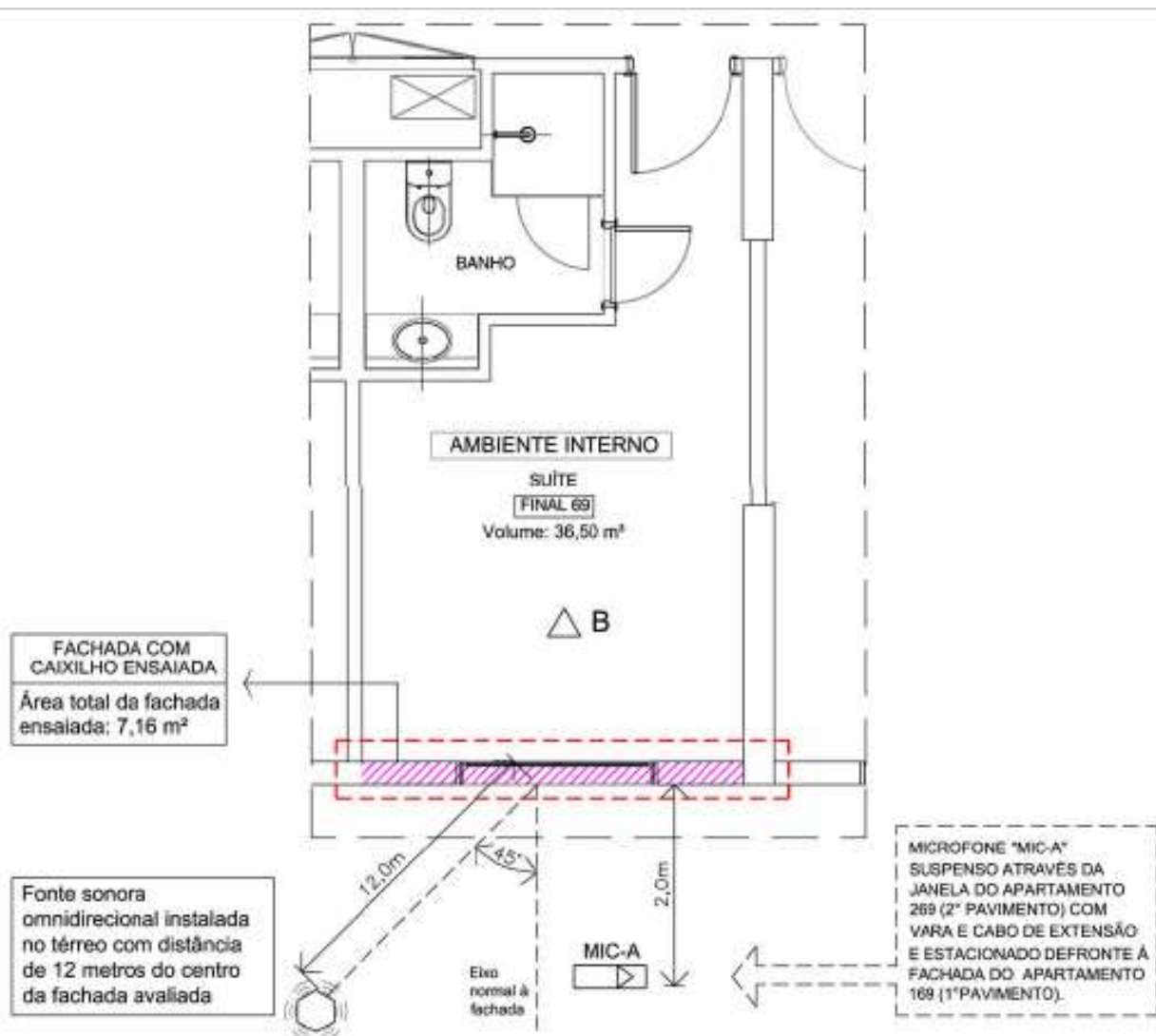
Anexo II – Planta da suíte do 1º Pavimento com locação dos aparelhos sonoros para ensaio de isolamento de ruído aéreo de fachada.

ESQUEMA DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DO
RUÍDO DE AÉREO DE FACHADA

REALIZADO EM 05-08-2014

ENSAIO DE ISOLAMENTO DE RUÍDO AÉREO DE FACHADA

AMBIENTE RECEPTOR COM ESTACIONAMENTO
DE MICROFONE INTERNO E EXTERNO



PLANTA PARCIAL - 1º ANDAR

SUÍTE DO APARTAMENTO 169

SEM ESCALA

△ B EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: MEDIDOR DE NÍVEL SONORO DE INTEGRAÇÃO E REGISTRO, CLASSE 1, MODELO 2238 Mediator (BRÜEL&KJÆR)

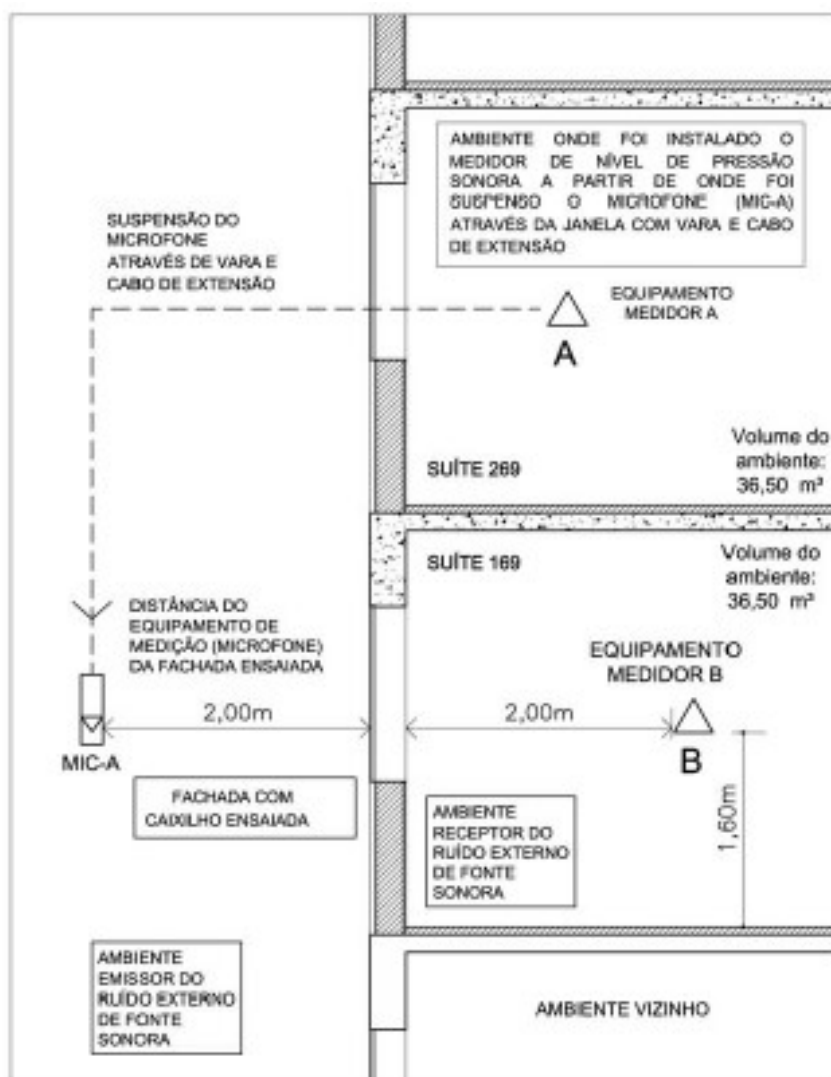
MIC-A MICROFONE: MCE212 (CLASSE 1, 50mV/Pa) (01dB METRAVIB)

AMPLIFICADOR: PRE 21S Nº13557 (01dB METRAVIB)

○ FONTE SONORA OMNIDIRECIONAL: MODELO DDC 100, UTILIZANDO RUÍDO ROSA

Anexo III – Esquema do ensaio de isolamento ruídos aéreos de fachada

ESQUEMA GERAL DO ENSAIO DE ISOLAÇÃO
ACÚSTICA DE FACHADA CONFORME INDICAÇÃO DA
NORMA ISO 140-5:1998



CORTE ESQUEMÁTICO DO AMBIENTE ENSAIADO

SUÍTE DOS APARTAMENTOS 169 e 269

SEM ESCALA

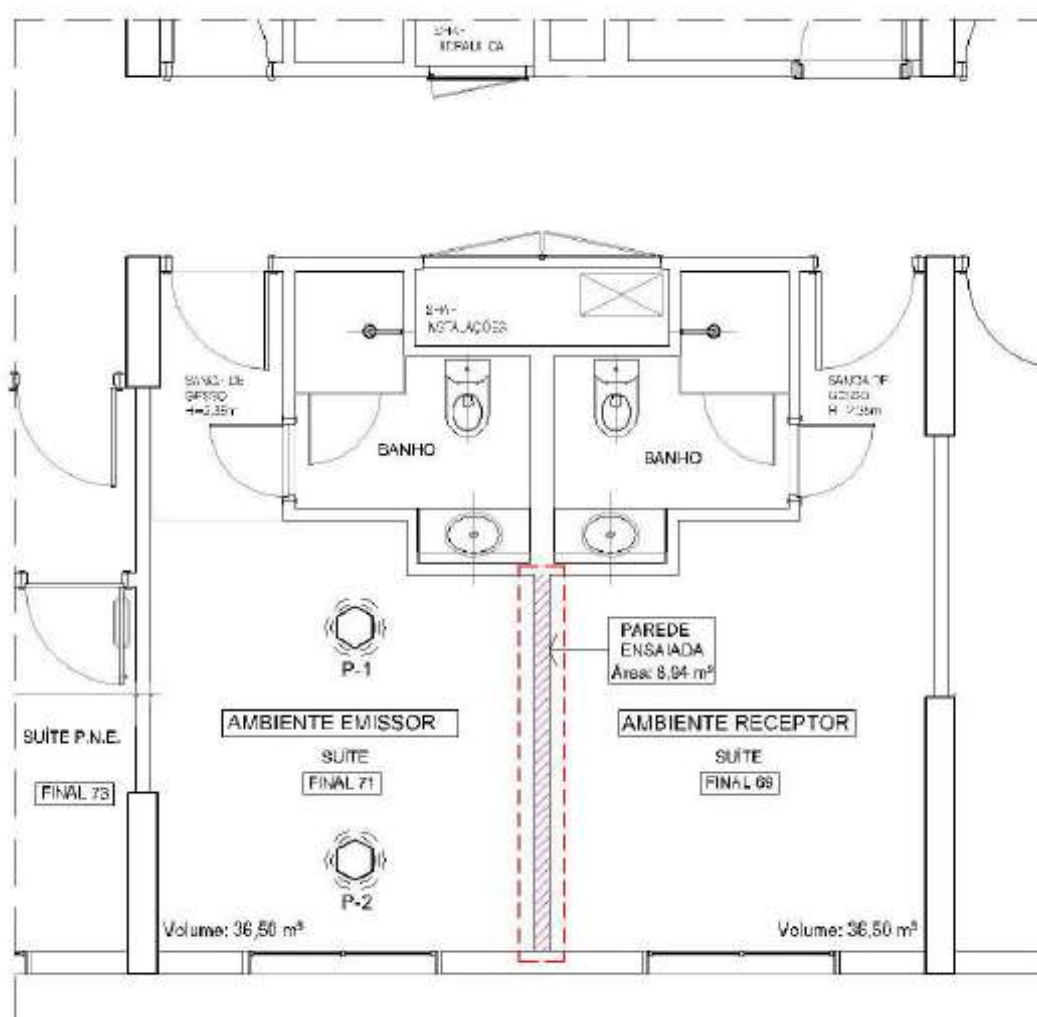
- △ A EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: MEDIDOR DE NÍVEL SONORO DE INTEGRAÇÃO E REGISTRO, CLASSE 1, MODELO BLUE SOLO (01dB METRAVIB)
- △ B EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: MEDIDOR DE NÍVEL SONORO DE INTEGRAÇÃO E REGISTRO, CLASSE 1, MODELO 2238 Mediator (BRÜEL&KJAER)
- MIC-A MICROFONE: MCE212 (CLASSE 1, 50mV/Pa) (01dB METRAVIB)
- ◻ AMPLIFICADOR: PRE 21S Nº13557 (01dB METRAVIB)

Anexo IV – Planta de locação dos aparelhos sonoros para teste de isolamento de ruídos aéreos entre suítes vizinhas horizontalmente.

ESQUEMA DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DO RUÍDO DE AÉREO ENTRE DORMITÓRIOS VIZINHOS HORIZONTALMENTE
REALIZADO EM 05-08-2014

ENSAIO DE RUÍDO AÉREO ENTRE PAREDE

AMBIENTE RECEPTOR E EMISSOR DO RUÍDO ENTRE PAREDE



PLANTA PARCIAL - 1º PAVIMENTO

SUÍTES 171 e 169

SEM ESCALA



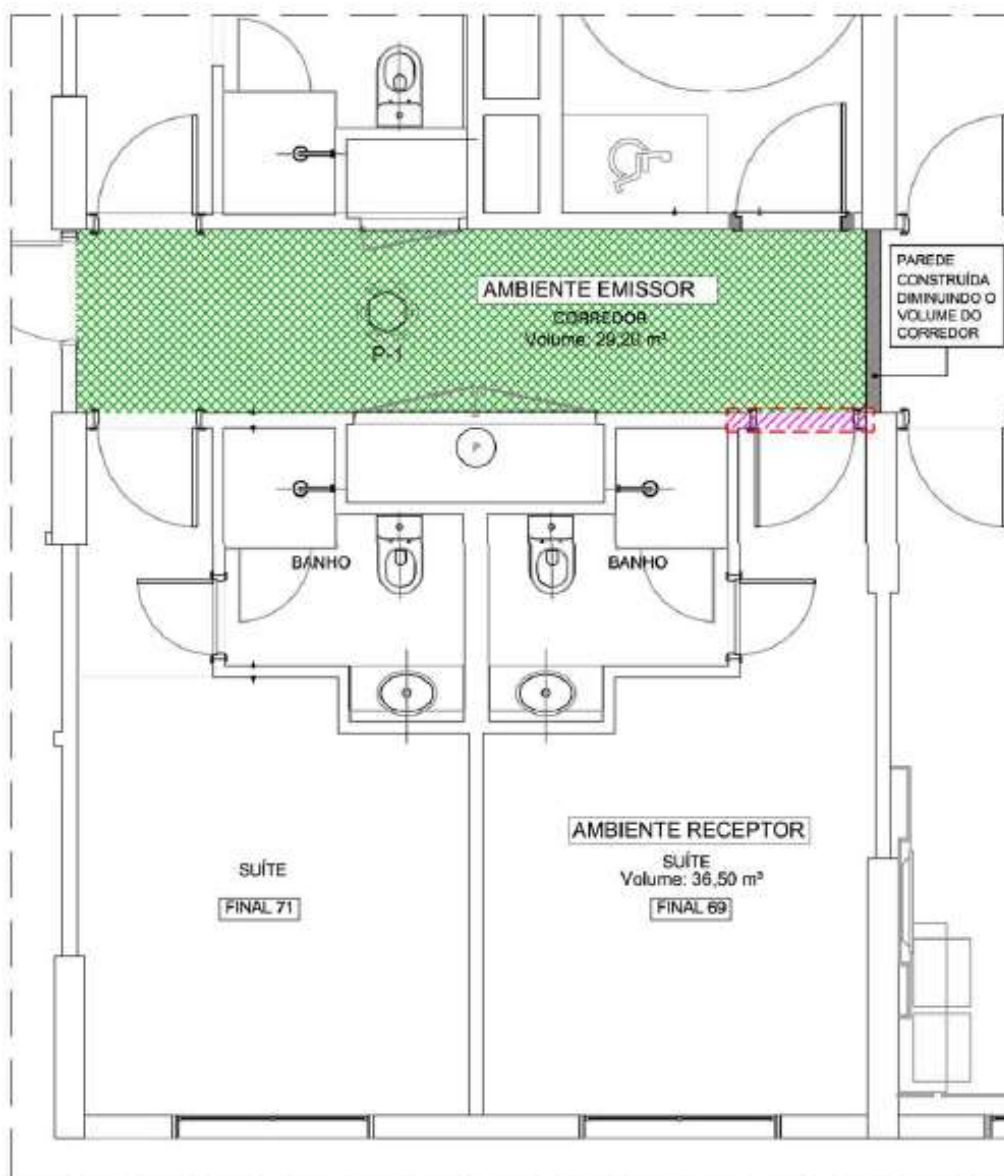
FONTE SONORA OMNIDIRECIONAL: MODELO DDG 106, UTILIZANDO RUÍDO ROSA

Anexo V - Planta de locação dos aparelhos sonoros para teste de isolamento de ruídos aéreos entre suítes e corredor.

ESQUEMA DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DO RUÍDO DE AÉREO ENTRE CORREDOR E SUÍTE VIZINHOS HORIZONTALMENTE
 REALIZADO EM 05-08-2014

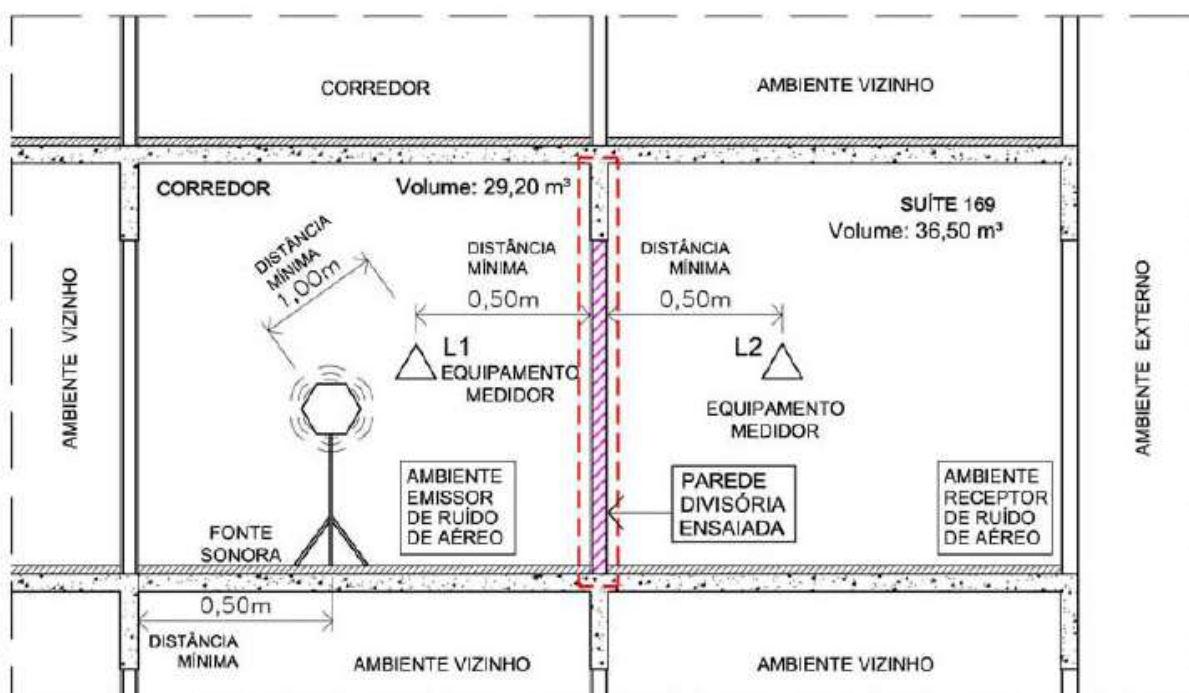
ENSAIO DE RUÍDO AÉREO ENTRE PAREDE

AMBIENTE RECEPTOR E EMISSOR DO RUÍDO ENTRE PAREDE



Anexo VI – Esquema do ensaio de isolamento ruídos aéreos entre suíte e corredor.

DESENHO ESQUEMÁTICO DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO
ISOLAMENTO DO RUÍDO DE AÉREO ENTRE DORMITÓRIO E ÁREA DE
CIRCULAÇÃO VIZINHOS HORIZONTALMENTE CONFORME
INDICAÇÃO DA NORMA ISO 16283-1:2014



CORTE ESQUEMÁTICO DOS AMBIENTES ENSAIADOS

CORREDOR (CIRCULAÇÃO) E SUÍTE 169

SEM ESCALA



FONTE SONORA OMNIDIRECIONAL: MODELO DDC 100, UTILIZANDO
RUÍDO ROSA



EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: MEDIDOR DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE INTEGRAÇÃO E
REGISTRO MODELO BLUE SOLO (01dB METRAVIB), DEVIDAMENTE AFERIDO E CALIBRADO
CONFORME CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO APARELHO

L1 PRIMEIRA MEDIÇÃO: NO AMBIENTE EMISSOR DE RUÍDO AÉREO

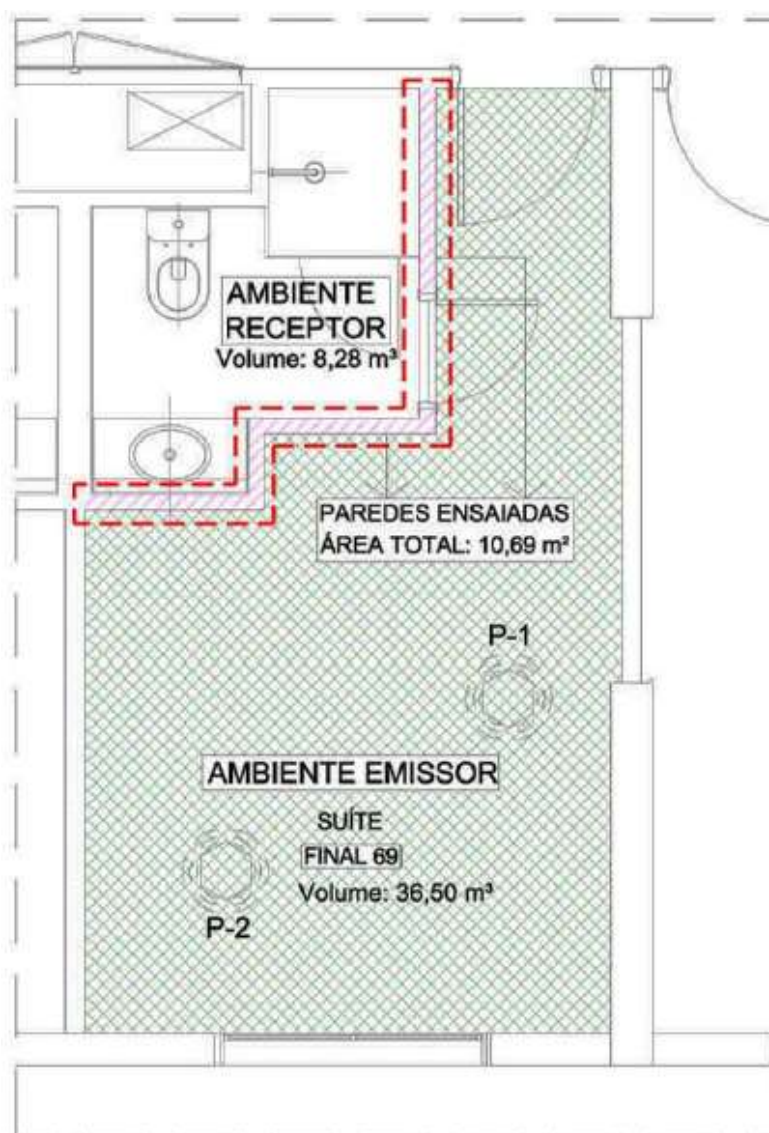
L2 SEGUNDA MEDIÇÃO: NO AMBIENTE RECEPTOR DE RUÍDO AÉREO

Anexo VII - Planta de locação dos aparelhos sonoros para teste de isolamento de ruídos aéreos entre suítes e banheiro.

ESQUEMA DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DE RUÍDO
AÉREO ENTRE BANHEIRO E APARTAMENTO-DORMITÓRIO
VIZINHOS HORIZONTALMENTE
REALIZADO EM 05-08-2014

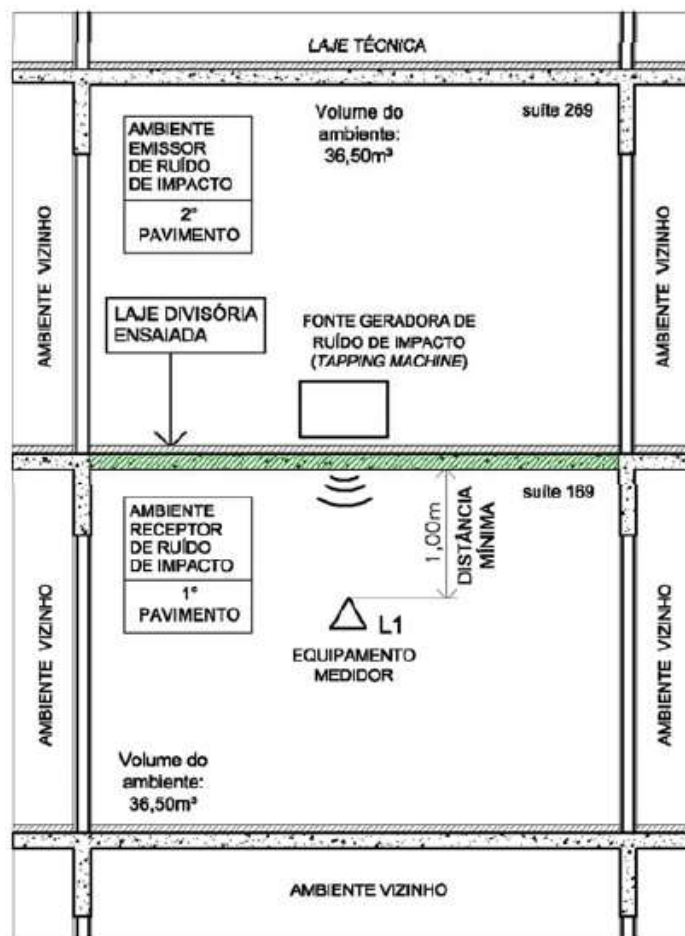
ENSAIO DE RUÍDO AÉREO ENTRE PAREDE

AMBIENTE RECEPTOR E EMISSOR
DO RUÍDO ENTRE PAREDE



Anexo VIII - Esquema de locação dos aparelhos sonoros para teste de isolamento de ruídos de impacto entre suítes de mesma prumada.

DESENHO ESQUEMÁTICO DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DO RUÍDO DE IMPACTO ENTRE DORMITÓRIOS VIZINHOS HORIZONTALMENTE CONFORME INDICAÇÃO DA NORMA ISO 140-7:1998



Fonte sonora de impacto normalizada: TAPPING MACHINE 01dB METRAVIB



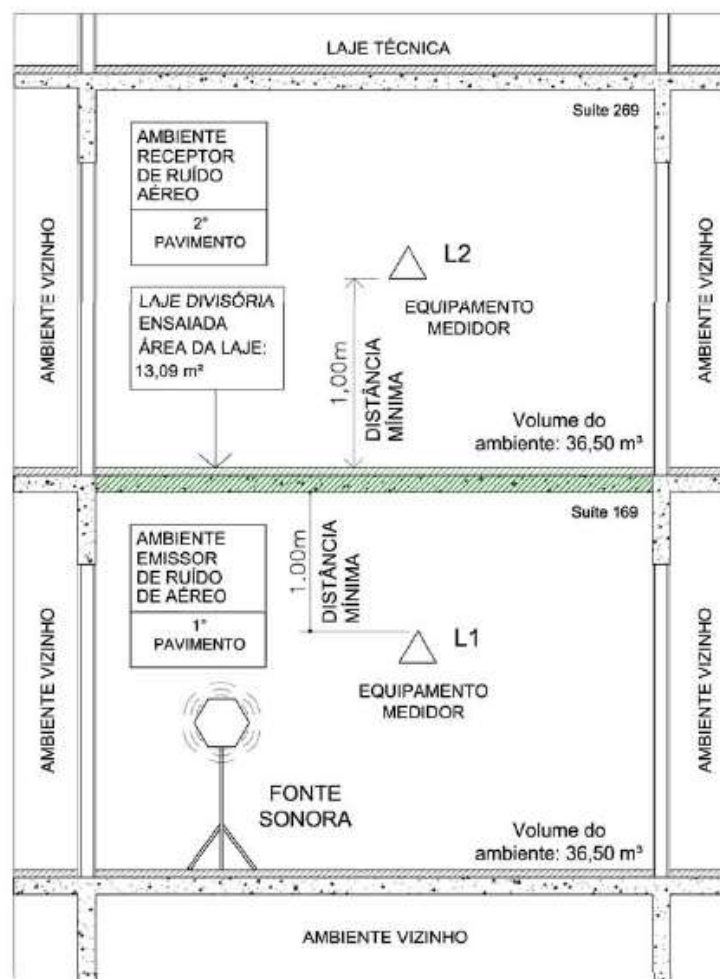
Equipamento de medição: medidor de nível de pressão sonora de integração registro modelo BLUE SOLO (01dB METRAVIB), devidamente aferido e calibrado conforme certificado de calibração do aparelho

L1

Medições no ambiente receptor de ruído de impacto

Anexo IX - Esquema de locação dos aparelhos sonoros para teste de isolamento de ruídos aéreos entre suítes de mesma prumada.

DESENHO ESQUEMÁTICO DO ENSAIO DE MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO DO RUÍDO DE AÉREO ENTRE DORMITÓRIOS VIZINHOS VERTICALMENTE CONFORME INDICAÇÃO DA NORMA ISO 16283-1:2014



CORTE ESQUEMÁTICO DOS AMBIENTES ENSAIADOS

SUÍTES 169 e 269

SEM ESCALA



FORTE SONORA OMNIDIRECIONAL: MODELO DDC 100 (GROM),
UTILIZANDO RUÍDO ROSA



EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: MEDIDOR DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE INTEGRAÇÃO E REGISTRO MODELO BLUE SOLO (01dB METRAVIB), DEVIDAMENTE AFERIDO E CALIBRADO CONFORME CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO APARELHO

L1 PRIMEIRA MEDIÇÃO: NO AMBIENTE EMISSOR DE RUÍDO AÉREO

L2 SEGUNDA MEDIÇÃO: NO AMBIENTE RECEPTOR DE RUÍDO AÉREO

Anexo X – Entrevista

Entrevista realizada dia 14/06/2016 via e-mail, com o engenheiro e professor especialista em conforto térmico e acústico de edificações pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, José Carlos Rodrigues Campeão, abordando o tema conforto acústico das edificações e o uso da cortiça para fins acústicos das construções.

1. Tenho visto, que ultimamente o consentimento do cliente quanto ao projeto imobiliário tem um novo foco, o conforto interno que o ambiente pode proporcionar. Na sua opinião, qual a importância do conforto acústico no interior das edificações? Qual a relevância deste tema, na construção civil em Portugal?

Resposta: O conforto acústico, ainda que de uma forma nem sempre muito esclarecida, é muito valorizado e importante para a definição da qualidade das construções. O tema, no momento, não é considerado muito relevante por boa parte dos industriais de construção civil, mas a pressão do mercado já se faz sentir bastante e a exigência está a aumentar.

2. O tema conforto das edificações é amplo e está explícito em diversas situações. Conforto Acústico é apenas um dos campos de interesse dos projetistas. Como você define o tema e quais são os focos de pesquisas de engenharia para melhoria do desempenho acústico das edificações na Europa?

Resposta: Da parte dos técnicos (arquitetos e engenheiros) sente-se um incremento de preocupação sobre o tema, em especial exigir ensaios nas obras concluídas, avaliar resultados e partir para melhores soluções em futuros edifícios.

3. Sabe-se que o conforto interno de uma edificação pode ser afetado por inúmeros aspectos, internos ou externos, que podem ser consequência da escolha do método construtivo, das características ambientais externas do local do projeto, de erro humano ou da finalidade do

empreendimento. O que pode alterar o conforto acústico das edificações? Quais devem ser as maiores preocupações do projetista que visa melhor desempenho acústico?

Resposta: Os materiais, equipamentos e técnicas construtivas usadas são determinantes. Os projetistas devem conhecer previamente a avaliação do desempenho acústico dos que vão usar nas construções em projeto.

4. Você pensa, que o cliente ainda visa fazer um negócio financeiramente mais agradável ou escolhe por aquele que lhe proporcione um melhor aproveitamento de uso do imóvel?

Resposta: Os dois objetivos estão ligados. Grande parte dos clientes já o entendeu. Outros irão entendê-lo brevemente.

5. Segundo o Relatório de Brundtland (1987), a respeito de sustentabilidade, um projeto sustentável é aquele que proporciona benefícios ecológicos, econômicos e sociais. Quem compra um empreendimento nos dias de hoje, quer viver uma experiência agradável, quer sentir-se seguro e confortável desde o ato da compra. Na sua opinião, sustentabilidade e conforto das edificações estão associados, uma vez que a responsabilidade sustentável do produto é capaz de confortar o cliente? O que você entende por sustentabilidade na construção civil quanto ao uso de isolantes e outras técnicas de tratamento acústico?

Resposta: Na sustentabilidade e seus defensores, ainda há muitos mitos, preconceitos e alguma ignorância. Contudo, as coisas evoluem no sentido de uma sustentabilidade consciente. No caso particular dos isolantes, o seu uso a um nível elevado de exigência, é muito importante. E tem evoluído bastante, até pelas exigências regulamentares e pressão de mercado.

6. Atribuir recursos que lhe proporcionem sustentabilidade no empreendimento pode elevar os custos do projeto. Você defende a ideia de que a aumentar custos em prol de um projeto sustentável é justificável? Desejando um desempenho acústico eficaz, qual material de

isolamento é mais recomendável no campo da sustentabilidade das construções, e quais devem ser evitados?

Resposta: Vale a pena investir na sustentabilidade, em especial na área energética, até pela poupança real que acarreta para o consumidor. Há, porém, que cuidar que as boas intenções da sua defesa, não estejam a ser manobradas pelo lobi dos produtores de energia, ou os países interessados em aumentar os custos daquela e os lucros à custa do público bem-intencionado, mas deficientemente informado. Quanto a materiais, não quero ser redutor, pois é assunto complexo. Mas o uso de tecidos e alcatifas na decoração, cortiça e lã minerar, são fundamentais.

7. Em critérios de sustentabilidade, qual é sua consideração na escolha do tipo de isolante? Pensando em sustentabilidade, qual material você recomenda: Lã de rocha, lã de vidro, espuma de poliestireno, XPS ou EPS? Por que?

Resposta: Todos têm virtudes e defeitos. Dependerá das circunstâncias. Normalmente é de interesse usar aquele que estiver homologado e tiver melhor desempenho em ensaios certificados.

8. Quais as técnicas de isolamento acústico mais executadas na construção civil em Portugal? Quais são as principais causas de desconforto acústico das edificações em Portugal?

Resposta: Todas as técnicas associadas ao isolamento a ruídos aéreos, em especial elementos construtivos mais pesados e em alguns casos, forras (tetos e paredes) com gesso cartonado.

9. Que norma, ou conjunto de normas, regulamenta o desempenho acústico das edificações em Portugal? Essas normas de desempenho acústico sofrem diferença por região? Que órgão é responsável pela vigência e avaliação das normas?

Resposta: Temos o Regulamento Geral do Ruído e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios. São leis gerais para o país. São controladas ao nível dos edifícios pelas câmaras municipais e pelos tribunais.

10. Que critérios definem a necessidade de fazer uso de isolamento acústico nas edificações? Quem é responsável por definir a alternativa usada no projeto no intuito de garantir bom desempenho acústico?

Resposta: Os critérios são os regulamentares e da decisão dos projetistas (arquitetos e engenheiros responsáveis pelo projeto) de acordo com o nível de qualidade pretendido.

11. Qual o procedimento para se avaliar o desempenho acústico de uma edificação e como é feita a avaliação dos indicativos de isolamento acústico em Portugal?

Resposta: Execução de um projeto acústico do edifício de acordo com as normas regulamentares e as práticas técnicas e científicas usadas na especialidade.

12. O que fazer quando uma edificação apresenta mal desempenho acústico?

Resposta: Fazer um projeto de reabilitação acústica do edifício.

13. Qual o impacto da utilização isolamento acústico no orçamento da obra?

Resposta: É muito variável, dependendo de diversos fatores entre os quais as utilizações do edifício e as suas características arquitetônicas. Mas será sempre relativamente baixo. E atenção, que frequentemente os cuidados de isolamento acústico também o poder ser de isolamento térmico. Em regra, a reabilitação acústica de um mau edifício, é muito mais cara e deficiente.

14. Tendo em vista os seguintes materiais: Lã de rocha, lã de vidro, espuma de poliuretano, XPS e EPS. Qual destes apresenta melhor desempenho acústico?

Resposta: Todos eles têm virtudes e defeitos. A espuma de poliuretano e o EPS são porventura os menos usados. As lãs de rocha e de vidro são materiais muito úteis na acústica.

15. Como é feito o dimensionamento do isolante acústico necessário?

Resposta: Nesse campo da acústica, os cálculos analíticos são complexos e falíveis, dada a importância das frequências sonoras no desempenho dos materiais. Os ensaios laboratoriais e “in situ” são o grande recurso.

16. Existe alguma norma, em Portugal, que diferencie o desempenho acústico de Hotéis, ou eventual situação especial?

Resposta: De acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, os hotéis são em regra regulados por semelhança com os edifícios residenciais, na zona dos quartos e com os de serviços nas zonas de público. Não nenhum diploma legal específico para hotéis.

17. Qual a importância da reverberação do ruído na avaliação do desempenho acústico de uma habitação?

Resposta: Tem pouca importância.

18. Como você diferenciaria os termos absorção acústica, tratamento acústico e isolamento acústico?

Resposta: Em termos correntes, a primeira é uma propriedade das superfícies ou revestimentos dos elementos de construção, o segundo o ato de melhorar em termos acústicos uma superfície ou um local e o terceiro a diferença entre níveis sonoros entre dois espaços separados por um elemento construtivo (uma parede por exemplo).

19. Em acústica, qual a contribuição de vãos indesejados como as frestas das portas e janelas, passagens de tubulações e passagens de iluminação no vazamento do ruído?

Resposta: São genericamente designadas por transmissões marginais e são por vezes esquecidas nos cálculos, mas são muito importantes.

20. É notável a soberania portuguesa na produção de cortiça destinada para a vedação de vinhos, no entanto, sabe-se que a cortiça tem sido implementada na construção civil. Como a cortiça passou a ser incorporada na construção civil? Qual a verdadeira contribuição da cortiça na construção civil?

Resposta: A cortiça é usada como isolante há muitos anos. Já os Romanos a usaram. Na construção e como isolante, na atualidade, o uso não é muito grande por questões de preço. Mas note-se que para a construção civil, em grande parte são utilizados os desperdícios da fabricação de rolhas, que usa a cortiça mais nobre.

21. A cortiça é um material proveniente da casca do Sobreiro, árvore da família do carvalho, que possui bom desempenho ecológico. Porque pode-se afirmar que a cortiça é um material sustentável? Até que ponto esta característica faz dela um material de características isolantes de grande potencial quando comparada com os demais isolantes do mercado?

Resposta: A sustentabilidade tem a ver com a cortiça ser um material natural, renovável (a árvore gera-a de 9 em 9 anos), com baixa impropriação de energia e usado totalmente até aos desperdícios (nos aglomerados). Mas é um material limitado aos recursos florestais existentes, que dadas as suas características e envolvente climática, não é passível muito grande de expansão. Por outro lado, as florestas de sobreiros suportam um ecossistema muito rico em fauna e flora.

22. Sabe-se que a cortiça é um material extremamente versátil, leve, impermeável e de boa trabalhabilidade. No entanto, são as propriedades de vedação que fazem dela um instrumento

da construção civil. Pode-se afirmar que a cortiça tem propriedades térmicas e acústicas compatíveis com a exigência do mercado?

Resposta: Sim pode. O problema estará na quantidade disponível, relativamente limitada.

23. Partindo do ponto que é um material sustentável e versátil, em critérios de acústica, a cortiça deve ser encarada como uma alternativa interessante, ou a sua eficiência e custo são não justificam sua aplicação?

Resposta: Só será concorrencial se usada conjugando o desempenho acústico com a vertente estética.

24. Em questão de fabricação, sabe-se que a cortiça é um material característico de regiões mediterrâneas, é possível afirmar que o método fabrico da mesma é o maior empecilho para o mercado brasileiro? Se a importação da cortiça é a única alternativa, o custo dessa operação inviabilizaria o negócio? Qual a parcela desta operação nos custos de um projeto no Brasil?

Resposta: Não tenho dados para me pronunciar, nem se existiram experiências de plantar sobreiros no Brasil. Necessitam de clima de invernos com pluviosidade mediana a baixa e temperaturas baixas, mas acima de 0º C, verões quentes e secos e primaveras e outonos com pouca chuva e temperatura amena. Os solos são relativamente pobres.

25. Você acredita que a cortiça tem potencial para ser aproveitada pela construção civil brasileira? Se sim, com qual intuito?

Resposta: Sim acredito, mas a nível relativamente limitado, com condicionantes semelhantes às de Portugal. Penso que o fator transporte não terá um peso determinante nos custos. Em termos pessoais, sem qualquer intuito

26. Tendo exposto suas características de vedação acústica e térmica, em questão de durabilidade e resistência, como podemos avaliar o comportamento da cortiça em critérios de resistência à compressão, ao atrito e ao fogo?

Resposta: Através de ensaios normalizados e certificados.