

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Vinícius Boufleur**

**DESEMPENHO ACÚSTICO DE  
EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS:  
DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA  
NORMA DE DESEMPENHO**

Porto Alegre  
dezembro 2013

**VINÍCIUS BOUFLEUR**

**DESEMPENHO ACÚSTICO DE  
EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS:  
DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA  
NORMA DE DESEMPENHO**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Luis Carlos Bonin**

Porto Alegre  
dezembro 2013

**VINÍCIUS BOUFLEUR**

**DESEMPENHO ACÚSTICO DE  
EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS:  
DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA  
NORMA DE DESEMPENHO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2013

Prof. Luis Carlos Bonin  
Mestre pelo PPGEC/UFRGS  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)**  
PhD pela University of Sheffield/Inglaterra

**Prof. Ronaldo Bastos Duarte (UFRGS)**  
PhD pela University of Edinburgh/Escócia

**Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)**  
Mestre em Engenharia (M.Eng) pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, meu irmão e minha noiva, que sempre me acompanharam e deram força para concretizar essa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço ao Prof. M. Eng. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, por me apontar os caminhos corretos no desenvolvimento do trabalho e compartilhar, incondicionalmente, todo seu conhecimento.

À Profa. Dra. Carin Maria Schmitt, por desempenhar um papel essencial, auxiliando e direcionando este trabalho, sempre em busca de um resultado de excelência.

Agradeço aos entrevistados, Prof. Dr. Bernardo Tutikian, Dr. Daniel Pagnussat, Msc. João Rott e o outro entrevistado por disponibilizarem seu tempo e suas opiniões, tornando possível este trabalho.

Um agradecimento especial à minha noiva, Nathália, por ser um pilar na minha vida, motivando, ajudando, fazendo tudo ao seu alcance, para que eu atinja meus objetivos.

Agradeço aos meus pais, Mario e Vera, pelo carinho e por me ensinarem importantes valores, que levo para a vida, como minha bagagem mais preciosa.

Agradeço ao meu irmão, João Pedro, pelos momentos de descontração.

Agradeço aos meus colegas pelo apoio, auxílio nos momentos difíceis.

Por fim, agradeço a Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que me proporcionou um ensino de alta qualidade durante todo o curso de graduação, e principalmente, aos meus professores que transmitiram, não somente o seu conhecimento, mas a manifestação de seu caráter e afetividade durante todo curso.

Imaginação é mais importante que o conhecimento.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Na conjuntura atual de alta produção da indústria da construção civil, a qualidade das edificações residenciais tem sido negligenciada por alguns, pela necessidade de maiores velocidade e produtividade. Com sentido de agregar qualidade aos novos projetos, a Norma de Desempenho para Edifícios Habitacionais (NBR 15.575:2013) foi proposta como referência para definir as exigências de uso e operação de edifícios residenciais. Um dos pontos mais discutidos, atualmente, é o desempenho acústico das edificações habitacionais, tema principal deste trabalho. Por se tratar de uma Norma recente, o sucesso de sua implementação ainda é incerto, e portanto, é importante caracterizar o contexto em que ela se insere, possibilitando definir ações fundamentais que auxiliem na efetivação da Norma. Nesse sentido, este trabalho busca realizar essa caracterização para o cenário da construção civil no Rio Grande do Sul, através da pesquisa bibliográfica e entrevistas. Inicialmente são destacados no trabalho os fundamentos da acústica arquitetônica, desde as definições de som e ruído até alguns dos métodos utilizados para melhorar o desempenho acústico nas habitações. Também foram pesquisados o arcabouço normativo brasileiro referente à avaliação acústica e o histórico da construção da Norma de Desempenho até a sua publicação, além de seu conteúdo relativo ao desempenho acústico e o impacto de sua entrada em vigor. Em seguida foram realizadas entrevistas com coordenadores de laboratórios e especialistas da área acústica, que possibilitaram a avaliação da situação regional dentro da área de acústica. Assim, uma análise final, compatibilizando todas as informações obtidas dentro do trabalho, relaciona as virtudes e carências da região na área de acústica, e as possíveis ações que insiram a Norma de Desempenho dentro da cultura da construção de habitações no Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: NBR 15.575:2013. Acústica Arquitetônica. Desempenho Acústico de Habitações.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento de pesquisa .....	17
Figura 2 – Gráfico para obtenção do $\Delta L$ adição .....	23
Figura 3 – Gráfico para obtenção do $\Delta L$ subtração .....	24
Figura 4 – Curvas isofônicas .....	25
Figura 5 – Zonas de rarefação e de compressão .....	25
Figura 6 – Amplitude .....	26
Figura 7 – Incidência sonora em obstáculo .....	28
Figura 8 – Efeito dos obstáculos sobre os raios sonoros .....	29
Figura 9 – Comparação entre propagação aérea e propagação na estrutura em uma edificação .....	31
Figura 10 – Choque na barra de metal .....	31
Figura 11 – Propagação da vibração na barra .....	31
Figura 12 – Divisão de energia sonora sobre um material absorvente e um material isolante .....	32
Figura 13 – Isolamento acústico .....	33
Figura 14 – Coeficiente de absorção acústica .....	33
Figura 15 – Exemplo de sistema de piso .....	37
Figura 16 – Tópicos e subtópicos das questões abordadas nas entrevistas com o grupo de laboratório .....	50
Figura 17 – Tópicos e subtópicos das questões abordadas nas entrevistas com o grupo de especialistas .....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de pressão sonora permitidos pela NBR 10.151 .....	35
Quadro 2 – Exigências para avaliação acústica da NBR 15.575 .....	42
Quadro 3 – Perfil dos entrevistados do grupo de laboratório .....	50
Quadro 4 – Perfil dos entrevistados do grupo de especialistas .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade da onda acústica em vários meios .....	27
Tabela 2 – Critérios para ruído aéreo de sistemas de vedação vertical interno.....	43
Tabela 3 – Critérios para ruído aéreo de sistemas de vedação vertical externo (fachadas) e sistemas de cobertura .....	44
Tabela 4 – Critérios para ruído aéreo de sistemas de piso .....	44
Tabela 5 – Critérios para ruído de impacto de sistemas de piso .....	45
Tabela 6 – Critérios para ruído de impacto de sistemas de cobertura .....	45
Tabela 7 – Critérios para ruído aéreo de componentes construtivos de sistemas de vedação vertical internos .....	46
Tabela 8 – Critérios para ruído aéreo em componentes, elementos e sistemas de vedação vertical externos (fachadas) .....	46

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNH – Banco Nacional da Habitação

CAIXA – Caixa Econômica Federal

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Finep – Financiadora de Estudos e Projetos

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO – International Organization for Standardization

SVVIE – Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa

UCS – Universidade de Caxias do Sul

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

Unisinos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

## LISTA DE SÍMBOLOS

$c$  – velocidade de propagação da onda (m/s)

$f$  – frequência de propagação da onda (Hz)

$P$  – pressão acústica (Pa)

$TR$  – tempo de reverberação (s)

$W$  – intensidade acústica ( $W/m^2$ )

$\lambda$  – comprimento da onda (m)

$L_i$  – nível de intensidade acústica (dB)

$L_p$  – nível de pressão sonora (dB)

$L_m$  – nível médio de pressão sonora (dB)

$f_0$  – frequência de ressonância (Hz)

$P_0$  – pressão acústica de referência (Pa)

$W_0$  – intensidade acústica de referência ( $W/m^2$ )

$L_{nT}$  – nível de pressão sonora de impacto padronizado (dB)

$\Delta L_n$  – redução do nível sonoro de impacto normalizado (dB)

$L_{nT,w}$  – nível de pressão sonora de impacto padronizado e ponderado (dB)

$D_{2m,nT,w}$  – diferença padronizada de nível ponderada a dois metros (dB)

$D_{nT,w}$  – diferença padronizada de nível ponderada (dB)

$R_w$  – índice de redução sonora ponderado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA .....	15
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	15
<b>2.2.1 Objetivos Secundários</b> .....	15
2.3 DELIMITAÇÕES .....	16
2.4 LIMITAÇÕES .....	16
2.5 DELINEAMENTO .....	16
<b>3 FUNDAMENTOS DA ACÚSTICA</b> .....	19
3.1 SOM E RUÍDO .....	19
<b>3.1.1 O decibel</b> .....	20
<b>3.1.2 Escalas de ponderação: o dB(A)</b> .....	24
3.2 PROPAGAÇÃO DO RUÍDO .....	25
<b>3.2.1 Propagação do ruído aéreo</b> .....	28
<b>3.2.2 Propagação do ruído em corpo rígido – ruído de impacto</b> .....	30
3.3 ATENUAÇÃO DO RUÍDO.....	32
<b>4 NORMALIZAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO NO BRASIL</b> .....	34
4.1 DESENVOLVIMENTO DA NORMA .....	38
4.2 PARÂMETROS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA DA NORMA .....	40
4.3 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA DA NORMA .....	42
4.4 ENTRADA EM VIGOR DA NORMA .....	47
<b>5 ENTREVISTAS</b> .....	49
5.1 GRUPO DE LABORATÓRIO .....	49
<b>5.1.1 Tópicos da entrevista com grupo de laboratório</b> .....	50
<b>5.1.2 Respostas do grupo de laboratório</b> .....	51
5.2 GRUPO DE ESPECIALISTAS .....	55
<b>5.2.1 Tópicos da entrevista com grupo de especialistas</b> .....	55
<b>5.2.2 Respostas do grupo de especialistas</b> .....	56
5.3 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS .....	59
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	65

REFERÊNCIAS .....	67
APÊNDICE A .....	70
APÊNDICE B .....	86



## 1 INTRODUÇÃO

A expansão imobiliária, identificada nos últimos anos, é o reflexo do momento de estabilidade econômica brasileira. Este crescimento da construção civil brasileira, conforme Borges (2008, p. 18-19), focalizou grande parte da sua produção em unidades residenciais econômicas, principalmente, devido ao alto déficit habitacional das classes de baixa renda. Além disso, os programas de crédito imobiliário, aliados à inflação controlada e ao baixo índice de desemprego, favoreceram o aumento da demanda por moradia.

Neste cenário de alta produção, coloca-se em questionamento a qualidade das habitações frente às diversas necessidades de desempenho mínimo exigidos para uma moradia. Borges (2008, p. 38-40) aponta que o conceito de desempenho, vem sendo aprimorado, desde a década de 70, porém, sem um cenário favorável para a consolidação do tema. Naquela época, desfrutou-se de um período de alto crescimento, análogo ao da atualidade, quando muitas técnicas construtivas inovadoras procuravam seu espaço na construção civil. Assim, o setor se via na necessidade essencial de criar sistemas para a avaliação das novas técnicas propostas. Devido à carência de referências, ocorreram problemas na aferição do desempenho dos sistemas inovadores, prejudicando a produção em larga escala desses sistemas.

A Norma de Desempenho foi revisada e publicada em janeiro de 2013, sendo que entrou em vigor para os projetos protocolados a partir de 19 de julho de 2013. Neste cenário, a indústria da construção se coloca em posição de alerta para avaliar de maneira mais minuciosa as soluções adotadas para os projetos de sistemas construtivos.

A Norma tem como objetivo a qualificação dos sistemas construtivos das habitações, eliminando sistemas que não atinjam as exigências mínimas de uso e operação. Destaca-se, dentro dessas exigências, o desempenho acústico entre unidades habitacionais. Em algumas edificações, o tema tem se destacado como alvo de recorrentes reclamações, gerando grande insatisfação e constrangimento para os residentes. O problema, muitas vezes, é causado, pela negligência com a importância do desempenho acústico, no momento da escolha do sistema de atenuação do ruído, sendo não raro, analisado somente pelos aspectos econômico e de praticidade de execução.

O aprimoramento das tecnologias, utilizadas para qualificação das construções, destaca-se como objeto principal da criação da Norma de Desempenho. A avaliação do desempenho dos sistemas construtivos é, incontestavelmente, um avanço para o setor, porém, exige um grande esforço de todos os componentes da cadeia produtiva, principalmente devido à falta de preparo para superar os novos desafios.

Assim, este trabalho procurou averiguar, através de entrevistas com especialistas do setor de acústica arquitetônica e representantes de laboratórios de avaliação de desempenho acústico, qual o contexto da área de acústica arquitetônica, no Rio Grande do Sul, apontando as dificuldades e perspectivas do setor.

O trabalho é dividido em seis capítulos. O primeiro, apresenta a introdução ao tema de desempenho acústico de edificações residenciais. No capítulo 2, são descritas as diretrizes da pesquisa para elaboração do trabalho. O terceiro capítulo resgata, da literatura técnica, os fundamentos da acústica arquitetônica.

No capítulo 4, foram descritas as Normas brasileiras que se relacionam com a avaliação do desempenho acústico de habitações, um breve histórico da construção da NBR 15.575, seu conteúdo referente ao desempenho acústico e as dificuldades causadas pela sua entrada em vigor.

O capítulo 5 traz como foi construído o questionário utilizado nas entrevistas com alguns profissionais importantes para o sucesso da implementação da Norma de Desempenho, além de uma análise das informações obtidas. No sexto e último capítulo foi realizada uma síntese das conclusões do pesquisador, levando em consideração todo conteúdo do trabalho.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: com a entrada em vigor da NBR 15.575:2013, quais são os desafios para setor de edificações da construção civil, no Rio Grande do Sul, para o atendimento dos requisitos de desempenho acústico de habitações?

### **2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a elaboração de um diagnóstico que auxilie a implementação da Norma de Desempenho a partir da sistematização da opinião de agentes envolvidos na avaliação do desempenho acústico de edificações habitacionais, no Rio Grande do Sul.

#### **2.2.2 Objetivo secundário**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição dos parâmetros relevantes na avaliação do desempenho acústico de edificações habitacionais, utilizados na Norma de Desempenho;
- b) sistematização das Normas brasileiras referentes à avaliação acústica;
- c) compilação e análise da opinião de agentes envolvidos na avaliação do desempenho acústico de edificações habitacionais.

### 2.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo da acústica arquitetônica de edificações no estado do Rio Grande do Sul.

### 2.4 LIMITAÇÕES

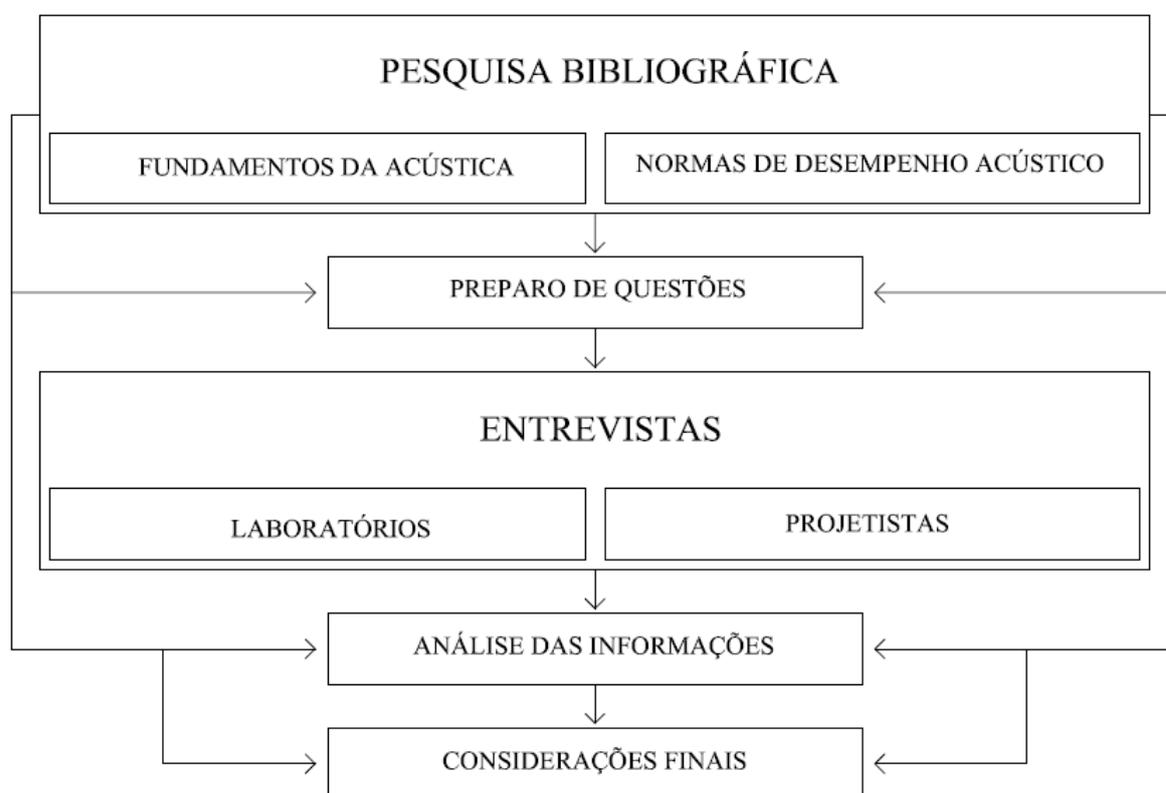
As informações utilizadas no estudo foram coletadas com um número limitado de profissionais relacionados com a avaliação do desempenho acústico, seja na análise de projetos, seja na investigação experimental.

### 2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) fundamentos de acústica;
- c) normas de desempenho acústico;
- d) preparo das questões;
- d) entrevistas;
- e) análise das informações;
- f) considerações finais.

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

A etapa de **pesquisa bibliográfica** foi a etapa inicial, que se manteve até o seu final, por ser imprescindível ao sucesso do trabalho como um todo. Dentro dela, procurou-se buscar a descrição dos **conceitos básicos de acústica**, os quais dão o embasamento teórico e auxiliam no entendimento dos assuntos abordados no decorrer do trabalho. Ainda, destacou-se na pesquisa bibliográfica as **normas referentes ao desempenho acústico arquitetônico**. Foram descritas nessa parte do trabalho, as normas nacionais e internacionais que se relacionam diretamente ao desempenho acústico das edificações residenciais. Foram verificados os requisitos de desempenho acústico exigidos pela Norma de Desempenho, além dos métodos e parâmetros utilizados para avaliação dos sistemas construtivos. Ainda, verificaram-se quais são os critérios mínimos, estipulados pela NBR 15.575, para admissão de soluções construtivas para, sistema de piso, sistemas de vedações internas e externas e sistemas de cobertura.

A etapa seguinte consistiu na **preparação de questões**, para direcionar as entrevistas aos pontos mais importantes dentro da área do estudo. Prosseguiu-se para as **entrevistas** com os prestadores de serviços tecnológicos de avaliação de desempenho e consultores no setor de desempenho acústico arquitetônico, na busca de informações sobre como está estruturado o cenário tecnológico atual da área no Rio Grande do Sul. Também, possibilitou descrever as expectativas e desafios enfrentados, na busca da qualificação da indústria da construção civil neste setor.

Na etapa seguinte, foi feita uma **análise das informações** obtidas, para determinar em que estágio o setor da construção civil se encontra, com relação ao desempenho acústico dos seus produtos. Com a etapa de análise das informações concluída, foi possível a colocação de **considerações finais**, procurando traçar qual é a realidade do Rio Grande do Sul na área de desempenho acústico arquitetônico.

### 3 FUNDAMENTOS DA ACÚSTICA

A obtenção do conforto acústico e o controle de ruído e vibrações em edificações, requer a necessidade da compreensão dos fenômenos físicos a eles relacionados. Este capítulo aborda os fundamentos de acústica com foco nos ruídos de impacto e aéreo, principais fatores de análise para desempenho acústico arquitetônico.

#### 3.1 SOM E RUÍDO

Everest (c1987, p. 5, tradução nossa) traz duas possíveis interpretações para a definição de som. A primeira consiste em descrever o som como distúrbios físicos em um meio que tenha elasticidade e inércia, sendo destacado o ar como o principal meio em que ocorre este fenômeno. A segunda é considerar o som como a percepção psicofísica resultante de impulsos nervosos que estimulam o cérebro.

De maneira geral, Gerges (2000, p. 1) une estas duas definições descrevendo o som como, variações de pressão que ocorrem em um meio compressível e que são percebidas pelo ouvido humano. No entanto, esta percepção só ocorre quando a frequência e a amplitude, dessas variações de pressão, estão dentro de intervalos de valores limites. O autor acrescenta que nem todos os sons são considerados agradáveis pelos indivíduos. Aqueles sons que são considerados desagradáveis, o autor define como ruído.

Para Bistafa (c2011, p. [17]), o ruído é um som sem harmonia que, geralmente, tem conotação negativa. Sugere, portanto, que em alguns casos o ruído tem utilidade. Por exemplo, em escritórios panorâmicos utilizam-se ruídos de baixa intensidade para mascarar outros ruídos mais incômodos. Alarmes, sirenes de ambulâncias são outros exemplos de ruídos que têm utilidade na sociedade. Contudo, os ruídos geram efeitos maléficos, por conseguinte, devem ser tratados e observados com cautela.

Pedroso (2007, p. [23]) relata que, a caracterização de um som como ruído, contempla uma variável extremamente complexa, a sensação subjetiva do ouvinte frente à propagação sonora. Esta sensação, cita o autor, envolve aspectos emocionais, psicológicos e até sociais, fazendo

com que alguns sons sejam considerados ruídos por uns e não por outros. Ainda, o autor acrescenta outro aspecto para caracterização do ruído, a inteligibilidade da informação transmitida ao ouvinte. Uma informação incompreensível para o ouvinte pode ser considerada como um ruído. Portanto, como o som e o ruído se diferenciam somente pela percepção do ouvinte frente à vibração sonora, os aspectos físicos relacionados à propagação do ruído e do som são exatamente os mesmos.

Destaca-se, que além da sensação de incômodo, o ruído pode gerar grandes malefícios ao corpo humano. A perda de audição é uma condição natural, porém a exposição ao ruído pode causar um grave acréscimo de perda auditiva, principalmente nas frequências de 4 a 6 kHz. Isso ocorre devido à agressão das células da cóclea, importante órgão de transferência de vibrações sonoras no ouvido humano. Em adição, o constante convívio com o ruído pode gerar a aceleração da pulsação, aumento da pressão sanguínea, estreitamento dos vasos sanguíneos, irritabilidade, fadiga e *stress*. Sabe-se que os efeitos do ruído dependem tanto dos níveis de intensidade e frequência quanto da distribuição do ruído durante o tempo de exposição (GERGES, 2000, p. 46-51).

No cenário atual, é evidente o convívio das pessoas com a emissão de ruídos cada vez mais frequentes e intensos. Pereyron (2008, p. 15) reforça essa ideia, pois indica: “A crescente verticalização das cidades e a constante evolução das tecnologias desenvolvidas pelo homem trouxeram consigo um aumento significativo no nível de ruído proveniente das mais variadas fontes e com ele os malefícios causados ao ser humano.”

Para compreensão dos aspectos físicos envolvidos nos fenômenos acústicos, os itens a seguir abordam os conceitos de decibel, escalas de ponderação e a propagação acústica.

### 3.1.1 O decibel

O ruído acústico tem vários parâmetros para a sua caracterização física, sendo um deles a **intensidade acústica**. Ela é definida por Bistafa (c2011, p. 25) como “[...] a quantidade média de energia, na unidade de tempo, que atravessa uma área unitária perpendicular à direção de propagação da onda.”. Gerges (2000, p. 6) coloca que, a menor intensidade acústica percebida pelo ouvido humano é de  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> e a maior intensidade acústica audível sem a sensação de dor é de 1 W/m<sup>2</sup>, ambas na frequência de 1000 Hz.

Por se tratar de uma escala muito ampla, Everest (c1987, p. 15-18, tradução nossa) explica que se deve converter a escala linear de medida para uma escala logarítmica com uma nova unidade, o Bel (B). Para utilização da escala logarítmica adota-se um valor de referência, o qual serve como valor de comparação para as intensidades acústicas medidas. Consequentemente, os valores obtidos em B são **níveis** de intensidade acústica. Na fórmula 1, está explicitado como é feita a conversão de  $W/m^2$  para B:

$$L_i = \log (W_1/W_2) \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

$W_1$  = intensidade acústica do som emitido ( $W/m^2$ );

$W_2$  = intensidade acústica de referência ( $W/m^2$ );

$L_i$  = nível de intensidade sonora (B).

Outra vantagem, da utilização da escala logarítmica, é a sua melhor representatividade para a resposta não linear do ouvido humano, frente à intensidade acústica dos sons. Por exemplo, quando a intensidade de um som é dobrada, o ouvido não percebe um som de intensidade duas vezes maior.

O autor acrescenta que, para os valores de nível de intensidade acústica verificados em análises acústicas, a unidade B se mostra muito grande, então se utiliza 1 décimo de Bel, ou seja, decibel (dB). Para complementar, o valor de referência adotado é a mínima intensidade sonora percebida pelo ouvido humano, convencionado internacionalmente como  $10^{-12} W/m^2$ . Então, partindo da fórmula 1 obtém-se a fórmula 2 (EVEREST, c1987, p. 17):

$$L_i = 10 \log (W_1/ W_0) \quad (\text{fórmula2})$$

Onde:

$W_1$  = intensidade acústica do som emitido ( $W/m^2$ );

$W_0$  = intensidade acústica mínima percebida pelo ouvido humano =  $10^{-12} (W/m^2)$ ;

$L_i$  = nível de intensidade sonora (dB).

O autor indica, porém, que o que é usualmente medido não é a energia emitida pelo som, mas é a pressão sonora que esse som exerce sobre as partículas do meio. Como a intensidade acústica é proporcional ao quadrado da pressão sonora, partindo-se da fórmula 2 obtém-se a fórmula 3, utilizada para verificação do nível de pressão sonora:

$$L_p = 20 \log (P_1/ P_0) \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

$P_1$  = pressão sonora do som emitido ( $\text{N/m}^2$ );

$P_0$  = pressão sonora mínima percebida pelo ouvido humano =  $20 \cdot 10^{-6}$  ( $\text{N/m}^2$ );

$L_p$  = nível de pressão sonora (dB).

O valor de referência, utilizado pela convenção internacional, é  $20 \mu\text{Pa}$  que é o limiar de audição. Os medidores de nível de pressão sonora são calibrados para obter valores acima dessa pressão convencional.

Por se tratar de uma escala logarítmica, não é possível fazer as simples operações de adição ou subtração dos  $L_p$ . A utilidade principal da adição dos  $L_p$  é a verificação do resultado de duas ou mais fontes sonoras no ambiente. O nível de pressão sonora total ( $L_t$ ) obtido na adição de duas fontes sonoras  $L_1$  e  $L_2$ , é dado pela fórmula 4. Sendo que o  $\Delta L$  é tirado do gráfico da figura 2, onde  $L_1 - L_2$  é a subtração simples dos níveis de pressão sonora envolvidos (GERGES, 2000, p 7-8):

$$L_t = L_1 + \Delta L \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

$L_t^1$  = nível de pressão sonora total (dB);

$L_1$  = nível de pressão sonora da fonte 1 (dB);

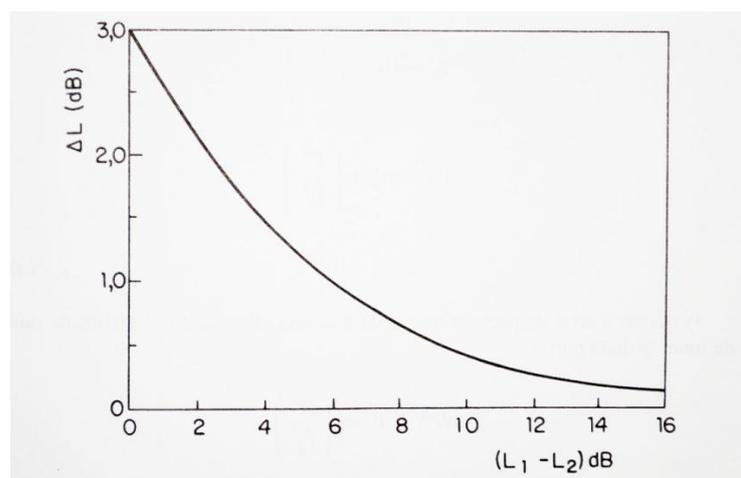
$\Delta L$  = diferença entre  $L_1$  e  $L_2$  (dB).

---

<sup>1</sup> O símbolo original do autor foi modificado para manter uma simbologia única.

Nota-se que quando a diferença de nível sonoro é maior que 10dB, o resultado do  $L_t$  é praticamente o valor da fonte que produz o maior nível sonoro. Por exemplo, se existirem duas fontes sonoras com níveis de pressão sonora de 100 dB e 80 dB, respectivamente, a fonte de 80 dB não aumenta o nível de pressão da fonte de 100 dB.

Figura 2 – Gráfico para obtenção do  $\Delta L$  adição



(fonte: GERGES, 2000, p. 9)

A subtração dos  $L_p$ , geralmente, é usada para medição de uma fonte sonora sem o ruído de fundo. O ruído de fundo é aquele gerado por outras fontes que interferem no estudo da fonte de interesse. No caso da subtração, para obter o nível de pressão sonora de uma fonte  $L_1$  é usada a fórmula 5 (GERGES, 2000, p 9-11):

$$L_1 = L_t - \Delta L \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

$L_1$  = nível de pressão sonora da fonte de interesse (dB);

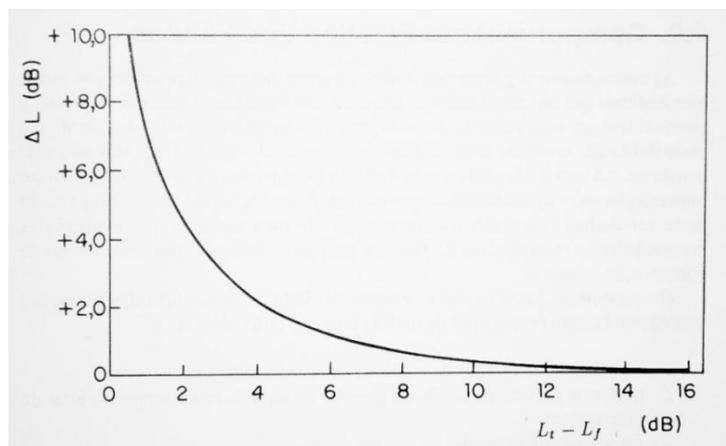
$L_t$  = nível de pressão sonora medido com ruído de fundo, total (dB);

$\Delta L$  = diferença entre  $L_t$  e  $L_f$  (dB).

O  $\Delta L$  respeita o gráfico ilustrado pela figura 3, onde  $L_t$  é o nível de pressão sonora total e  $L_f$  é o nível de pressão sonora do ruído de fundo. Nota-se que se a diferença entre  $L_t$  e  $L_f$  for menor

que 3 dB, o resultado do  $L_1$  é variável, caso seja maior que 10 dB a subtração na fonte de interesse é, praticamente, constante e igual a 0,5 dB.

Figura 3 – Gráfico para obtenção do  $\Delta L$  subtração



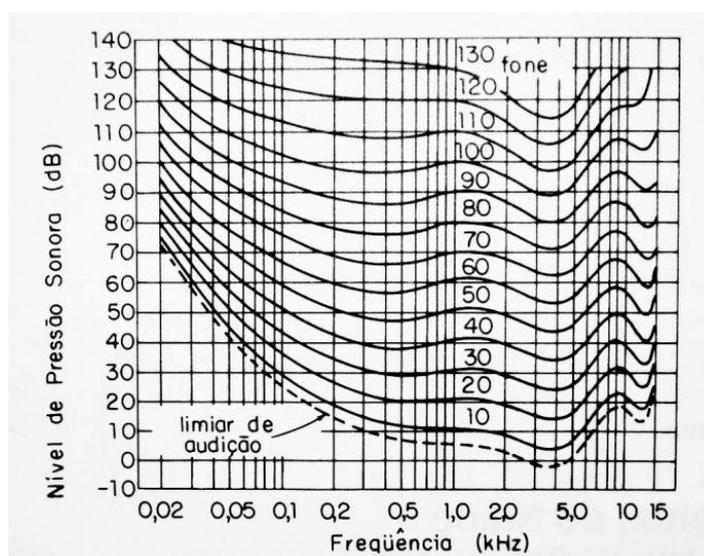
(fonte: GERGES, 2000, p. 11)

### 3.1.2 Escalas de ponderação: o dB (A)

Segundo Souza et al. (2006, p. 32), a percepção de intensidade pelo ouvido humano, se altera conforme a frequência do ruído. No sentido de descrever essa resposta subjetiva da audição humana, foram desenvolvidas as curvas isofônicas medidas em fons (figura 4). Cada curva representa uma sensação sonora, sendo que as curvas de maior valor têm intensidade sonora maior. Observa-se que, quanto mais intenso o som, menor é a diferença na percepção pelo ouvido, devido à menor inclinação das curvas isofônicas.

A curva de 40 fons é especialmente importante, pois, se trata de uma curva utilizada na ponderação de medidas de pressão sonora. No sentido de simular o órgão auditivo, os medidores de pressão sonora utilizam escalas ponderadoras, que adicionam ao equipamento a característica de variar a percepção de intensidade, conforme a frequência sonora varia. A escala ponderadora mais utilizada é a **escala A**, baseada na curva de 40 fons, pois simula o sistema auditivo frente a níveis sonoros que ocorrem frequentemente nas atividades diárias (BISTAFA, c2011, p. 91-92). A indicação de medidas com a escala A é através da unidade dB(A).

Figura 4 – Curvas isofônicas

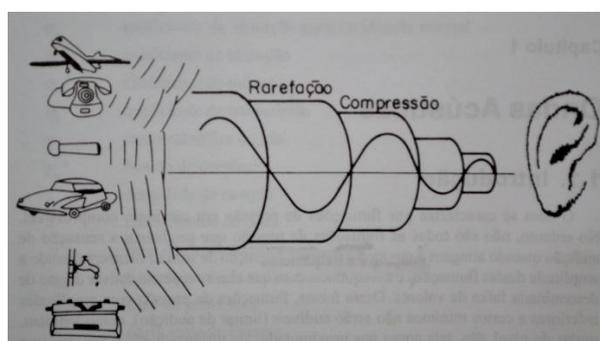


(fonte: GERGES, 2000, p. 42)

### 3.2 PROPAGAÇÃO DO RUÍDO

A propagação do ruído ocorre através de vibrações que se difundem pelo meio, devido a pequenas alterações que acontecem na pressão. Essas alterações estimulam as partículas a se movimentarem dentro de zonas de compressão e rarefação (figura 5). Esse comportamento das partículas é ondulatório e caracteriza o fenômeno da **onda acústica** (SOUZA et al., 2006, p. 24-25).

Figura 5 – Zonas de rarefação e de compressão

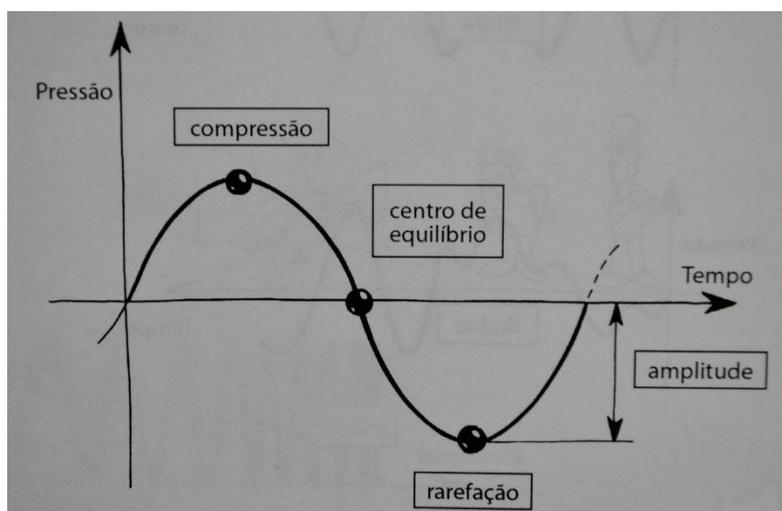


(fonte: adaptado de GERGES, 2000, p. 2)

Everest (c1987, p. 5, tradução nossa) explica que, quando uma partícula é estimulada, ela se movimenta e se choca com partículas vizinhas transferindo energia. Logo após, a partícula retorna ao seu centro de equilíbrio através de forças elásticas que residem no meio. Souza et al. (2006, p. 25) acrescentam que, para medir a **frequência** com que uma partícula completa o ciclo de compressão e expansão, entorno deste centro de equilíbrio, é utilizado a unidade Hertz (Hz).

Outra importante característica para a descrição da onda acústica é a **amplitude de pressão acústica**, Souza et al. (2006, p. 26) definem, como a distância máxima que a partícula percorre além do seu centro de equilíbrio. Gerges (2000, p. 2-3) esclarece, que a amplitude de pressão acústica está relacionada à energia gasta para manter o fenômeno de alteração de pressões. Portanto, a amplitude está relacionada diretamente à intensidade acústica do som. O conceito de amplitude está ilustrado na figura 6.

Figura 6 – Amplitude



(fonte: adaptada de SOUZA et al., 2006, p. 25)

Outro parâmetro que descreve a propagação da onda acústica é o **comprimento da onda acústica** ( $\lambda$ ). Segundo Souza et al. (2006, p. 27), este parâmetro define qual é o comportamento que a onda acústica tem frente a uma superfície. Para determinação do comprimento de onda, no ar, usa-se a fórmula 6:

$$\lambda = c / f \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde:

$\lambda$  = comprimento de onda (m);

c = velocidade de propagação da onda no ar (m/s);

f = frequência da onda (Hz).

A variável de velocidade c, pode ser substituída pela velocidade de propagação em outros meios, dependendo de qual meio se propaga o ruído em análise. A tabela 1 mostra as diferentes velocidades de propagação da onda acústica dependendo do meio.

Tabela 1 – Velocidade da onda acústica em vários meios

Meio	Velocidade (m/s)
Ar, 21°C	344
Água, fresca	1480
Água, com sal, 21°C, 3,5% de salinidade	1520
Plexiglass	1800
Madeira, macia	3350
Madeira de pinheiro	3800
Concreto	3400
Aço leve	5050
Alumínio	5150
Vidro	5200
Painel de gesso	6800

(fonte: adaptada de BARLETT<sup>2</sup>, 1970 apud EVEREST, c1987, p. 8, tradução nossa)

Assim, verifica-se que o comportamento dos ruídos depende do meio em que se propagam. Consequentemente, nos itens seguintes a propagação acústica é dividida em aérea e em corpo rígido.

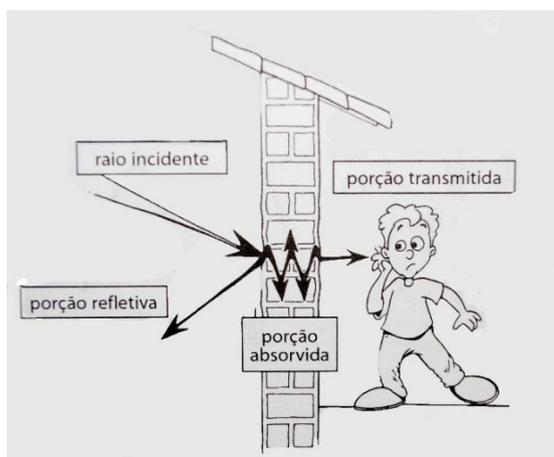
<sup>2</sup> BARLETT, B. A Scientific Explanation of Phasing (Flanging). *Journal of the Audio Engineering Society*, v. 18, n. 6, p. 674-675. Dec. 1970.

### 3.2.1 Propagação do ruído aéreo

O tipo de onda que ocorre na propagação do **ruído aéreo**, ruído propagado pelo ar, é indicado por Gerges (2000, p. 187), como sendo, “[...] ondas do tipo longitudinal, isto é, a vibração das partículas de ar ocorre na mesma direção da propagação da onda.”. Souza et al. (2006, p. 34) acrescentam que essa propagação longitudinal das ondas acústicas no ar pode ser analisada, analogamente ao comportamento da propagação da luz na atmosfera. Sendo assim, é possível analisar a trajetória do ruído aéreo como raios emitidos por uma fonte sonora.

Os raios se propagam até atingirem um obstáculo. No caso, de edificações relaciona-se o obstáculo a uma parede, e quando isso ocorre, o raio é distribuído em três partes. Uma parte do raio é refletida, uma segunda parte é absorvida pelo material e a terceira parte é transmitida através do obstáculo (figura 7) (SOUZA et al., 2006, p. 36).

Figura 7 – Incidência sonora em obstáculo



(fonte: SOUZA et al., 2006, p. 36)

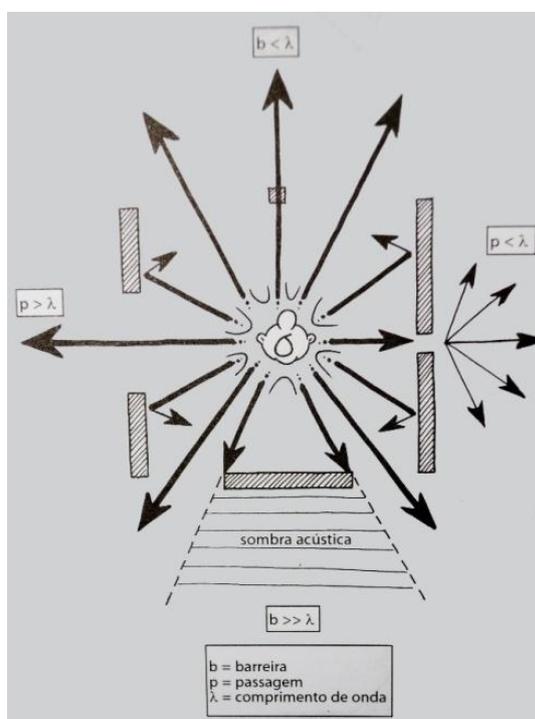
A reflexão do raio sonoro é muito importante para a análise da propagação acústica dentro de ambientes fechados, pois as superfícies que constituem o ambiente funcionam como espelhos acústicos que servem na distribuição dos raios de uma maneira mais homogênea e, possivelmente, intensificando o som em pontos mais distantes da fonte sonora. É importante salientar, que a reflexão do raio sonoro ocorre somente se a superfície, na qual incide o raio, é maior que o comprimento da onda acústica incidente. Sendo assim, as propagações acústicas de maior frequência, que têm menor comprimento de onda, são afetadas mais vezes pela

reflexão do que os de baixa frequência, que têm maior comprimento de onda (SOUZA et al., 2006, p. 34-36).

A interrupção da passagem de som, porém, só é verificada caso a espessura do obstáculo sejam na ordem de três a cinco vezes maiores que o comprimento da onda acústica emitida. Ainda, em se tratando de propagação aérea, verifica-se que ocorre interferência na trajetória da onda acústica quando o ar apresenta variações em sua temperatura ou exposição ao vento (GERGES, 2000, p. 5).

Portanto, o comportamento da onda acústica aérea frente às superfícies, além de depender do comprimento da onda, depende do tamanho da superfície com a qual a onda se choca. Adicionalmente, Souza et al. (2006, p. 40) constatam que quando a superfície de incidência tem uma abertura com comprimento menor que o comprimento da onda acústica incidente, ocorre o fenômeno de difração. Nesse fenômeno, a passagem funciona como uma nova fonte de transmissão acústica redirecionando a propagação da onda. A figura 8 mostra o comportamento dos raios sonoros frente à obstáculos.

Figura 8 – Efeito dos obstáculos sobre os raios sonoros



(fonte: SOUZA et al., 2006, p. 40)

A emissão de ruído aéreo, em edificações residenciais, deve ser tratada da de duas maneiras, o ruído produzido internamente (fonte interna) e o ruído produzido externamente (fonte externa). As fontes internas de ruído aéreo determinam o nível de isolamento acústico necessário de uma vedação vertical interna. Analogamente, as fontes externas determinam o isolamento acústico necessário das fachadas.

### 3.2.2 Propagação do ruído em corpo rígido – ruído de impacto

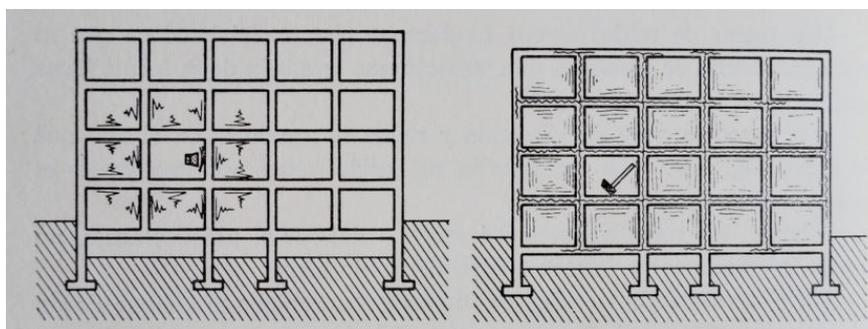
A onda acústica em meio sólido se propaga de forma diferenciada da onda acústica no ar. De acordo com Gerges (2000, p. 187-188), a propagação da onda acústica em sólidos ocorre através de variados tipos de ondas:

- a) longitudinal;
- b) de cisalhamento;
- c) torcional;
- d) de flexão.

Meisser (1973, p. [187], tradução nossa) aponta que a propagação do ruído em corpos rígidos ocorre, principalmente, devido aos impactos incidentes sobre o corpo, definindo-os como **ruído de impacto**. Toma, como exemplo, o caminhar das pessoas, queda de objetos, movimentação de móveis. O autor explica que um choque em um corpo transfere uma grande quantidade de energia diretamente sobre ele e, por isso, tem maior efeito de propagação acústica que outros tipos de excitações. Carvalho (2006, p. 35) acrescenta a definição de ruído de impacto, referindo-se como “[...] aquele que apresenta picos de energia acústica, de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.”.

Estabelecendo uma comparação com a excitação de uma estrutura pelo ruído aéreo e pelo ruído de impacto em uma edificação, pode-se verificar que o ruído aéreo afeta os recintos próximos da fonte sonora, por sua vez, o ruído de impacto se dissipa por toda a edificação (figura 9) (MEISSER, 1973, p. 188, tradução nossa).

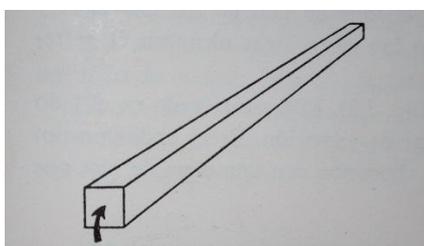
Figura 9 – Comparação entre propagação aérea e propagação na estrutura em uma edificação



(fonte: MEISSER, 1973, p. 188)

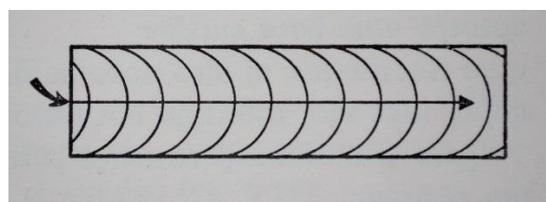
A propagação do ruído de impacto, em um corpo sólido, é analisada por Meisser (1973, p. 188-190, tradução nossa) através de uma barra de metal sendo golpeada em sua extremidade (figura 10). O autor descreve que, no momento do choque, a barra absorve parte da energia envolvida no impacto, pois outra parte é dissipada pelo deslocamento da barra e pelo objeto colidente, e a transforma em ondas de vibração (figura 11). As ondas de vibração, que se propagam em uma velocidade muito maior que na propagação aérea, quando chegam na extremidade da barra, são refletidas invertendo o sentido da propagação até chegar novamente ao ponto inicial do impacto. Dessa maneira, as vibrações se movimentam indo e vindo e excitam as partículas de ar adjacentes à barra, provocando o ruído. O fenômeno continua, até que toda a energia absorvida pela barra se dissipe em energia sonora e em calor na barra.

Figura 10 – Choque na barra de metal



(fonte: MEISSER, 1973, p. 189)

Figura 11 – Propagação da vibração na barra



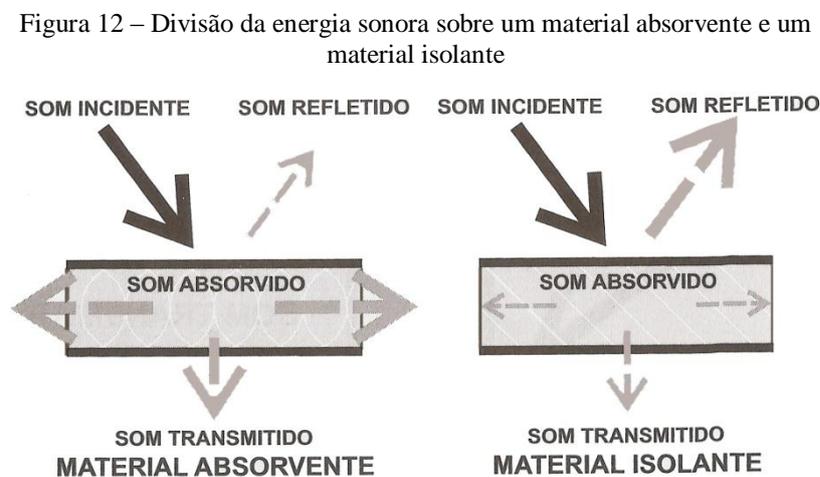
(fonte: MEISSER, 1973, p. 189)

Em edificações residenciais, o ruído de impacto é um problema relacionado ao sistema de piso, por se tratar do sistema que mais recebe impactos emitidos pelo usuário. Os sistemas de pisos são compostos, fundamentalmente, por lajes e revestimentos de variados tipos de

materiais, dimensões e características. As lajes são dimensionadas para que suportem as cargas projetadas e mantenham a estabilidade estrutural das edificações. Os revestimentos, além de melhorarem a eficiência térmica e acústica, podem dar estanqueidade e fazem o acabamento estético das lajes. Sendo assim, para atingir o conforto acústico em um recinto é crucial que o sistema de piso esteja projetado para atenuar os ruídos de impacto.

### 3.2 ATENUAÇÃO DO RUÍDO

Para atenuação dos ruídos, utilizam-se combinações de materiais com boa **absorção acústica** e boa **reflexão acústica**. Carvalho (2006, p. 47-56) define absorção acústica como a capacidade de um material de absorver ondas acústicas, transformando-as em energia térmica. Geralmente esses materiais são macios, porosos ou fibrosos. Por sua vez, a reflexão acústica é definida pelo autor, como a capacidade de um material refletir parte da energia sonora incidente, sendo que bons refletores ou isoladores tendem a ter uma massa maior. A figura 12 ilustra o comportamento da energia sonora em materiais absorventes e isolantes.

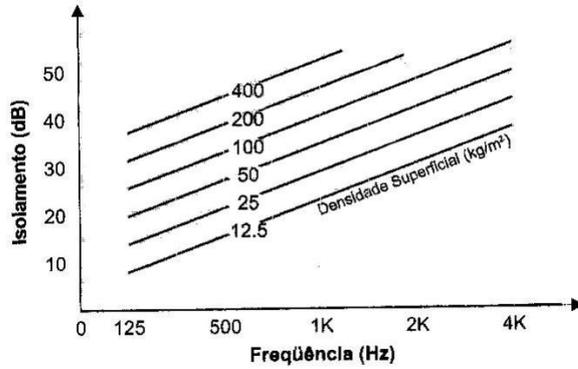


(fonte: CARVALHO, 2006, p. 48)

Tanto a absorção acústica, quanto a reflexão acústica dos materiais variam conforme se altera a frequência da onda acústica incidente (figuras 13 e 14) e ambos apresentam melhor desempenho em altas frequências. O motivo de uma absorção acústica maior em altas frequências é o fato de o menor comprimento de onda ser um valor próximo do tamanho dos poros ou fibras do material. Analogamente, o isolamento acústico dos materiais é maior nas altas frequências devido ao pequeno comprimento de onda que não consegue ultrapassar os

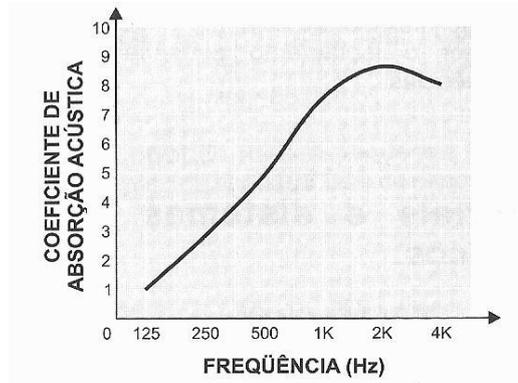
poros do material. Ainda, o acréscimo de densidade superficial do material aumenta sua capacidade de isolamento.

Figura 13 – Isolamento acústico



(fonte: CARVALHO, 2006, p. 52)

Figura 14 – Coeficiente de absorção acústica



(fonte: CARVALHO, 2006, p. 56)

## 4 NORMALIZAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO NO BRASIL

O conforto acústico em ambientes, no Brasil, tem suas especificações de métodos de avaliação e exigências de nível de ruído determinadas pelas normas NBR 10.151:2000 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento e NBR 10.152:1987 – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. O Conama, (1990, p. [1]) utiliza essas normas como parâmetro, conforme indicam os seguintes itens:

I - A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

III - Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10.152 - níveis de Ruído para conforto acústico da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

A NBR 10.151:2000 e NBR 10.152:1987, estão referidas no texto do Conama e devem ser respeitadas em todo território brasileiro. Portanto, as leis municipais que regulam os níveis máximos de ruído permitido, não devem ser mais brandas que as exigências determinadas por essas duas normas.

Um dos objetivos da NBR 10.151 é de que “[...] fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 1). Com isso, essa Norma define um método específico para avaliação acústica, buscando padronizar o sistema de avaliação acústica em ambientes. Ainda, no sentido de estabelecer um nível máximo de ruído permitido, a NBR 10.151 define os níveis de pressão sonora permitidos, em dB(A), para cada possível zona existente em um município, para duas situações, diurna e noturna (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 3). O quadro 1 apresenta esses níveis permitidos.

Quadro 1 – Níveis de pressão sonora permitidos pela NBR 10.151

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial, urbana, de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativo	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 3)

Por sua vez, a NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, p. 1-2) estabelece os níveis de ruído permitidos em locais específicos, relacionando-os as diferentes atividades. No caso de apartamentos, é definido que 45 dB(A) é o nível sonoro máximo aceitável e 35 dB(A) representa o nível sonoro para se ter conforto. Percebe-se que o critério de 45 dB(A), colocado na NBR 10.152, é o mesmo para situação de área estritamente residencial, no período noturno, da NBR 10.151.

As exigências estabelecidas na NBR 10152 são vinculadas diretamente a NBR 12179 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p. 2), que trata sobre os critérios para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados. Os níveis de aceitabilidade de ruídos colocados pela NBR 10152 servem como parâmetro para elaboração de um projeto para tratamento acústico. Por exemplo, quando o projetista deve realizar um tratamento acústico para um apartamento, o nível sonoro máximo que será proposto para esse projeto é de 45 dB(A), como colocado anteriormente.

Para o caso específico de edificações afetadas por ruídos aeronáuticos, o nível de redução de ruído estão especificados na NBR 8572 – Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico – Procedimento. As exigências da Norma são para fachadas e coberturas localizadas na área II dos planos de zoneamento de ruído em aeroportos.

Cornacchia (2009, p. 41) esclarece que, ambas as normas (NBR 10.151 e NBR 10.152) não estabelecem os níveis mínimos de isolamento sonoro dos sistemas construtivos que compõem uma edificação residencial, algo já proposto em países europeus há muito tempo. Buscando

suprir essa lacuna, a publicação do conjunto de normas NBR 15.575:2013, além de avaliar o desempenho dos diversos sistemas construtivos constituintes das edificações, amplia e especifica as exigências de conforto acústico, colocadas nas normas anteriores relacionadas à acústica, para todos possíveis sistemas construtivos.

De acordo com o guia da CBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 156), a Norma de Desempenho, relativamente ao desempenho acústico, não dá valores de conforto acústico, como é feito pela NBR 10.152, em que é colocado, por exemplo, o nível máximo de intensidade sonora admitido para o repouso. Contudo, os critérios definidos pela NBR 15.575 foram desenvolvidos com base em ruídos externos na faixa de 55 dB(A) até 60 dB(A), sendo que, no caso de presença de fontes de ruídos que superem esses valores, devem ser realizados estudos específicos para o local.

Ainda conforme o guia da CBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 20), a Norma de Desempenho foi criada a partir de modelos internacionais, organizando-se, através de **requisitos de desempenho, critérios de desempenho e métodos de avaliação**. O desempenho dos sistemas foi avaliado de acordo com as exigências relacionadas à segurança, **habitabilidade** (incluindo o desempenho acústico) e sustentabilidade. Como se trata de uma ampla gama de elementos e sistemas construtivos que constituem uma edificação, o conjunto da Norma é dividido em seis partes:

- a) parte 1 – requisitos gerais;
- b) parte 2 – requisitos para sistemas estruturais;
- c) parte 3 – requisitos para os sistemas de piso;
- d) parte 4 – requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- e) parte 5 – requisitos para os sistemas de cobertura;
- f) parte 6 – requisitos para os sistemas hidrossanitários.

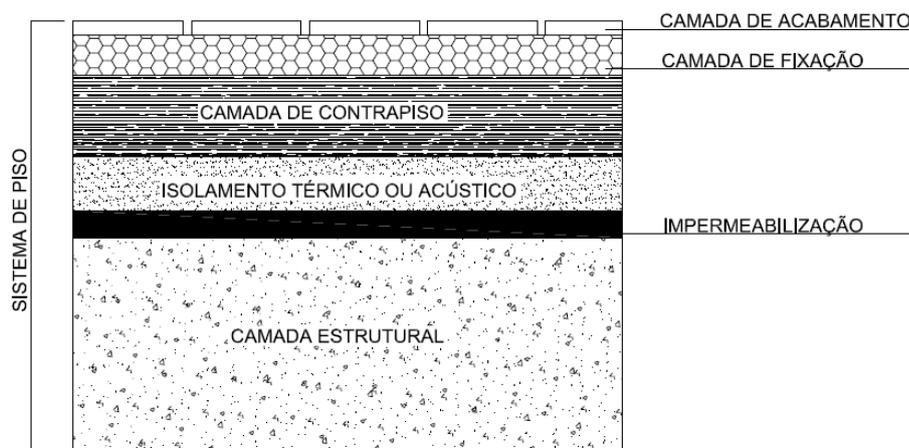
Na NBR 15.575, o item 12 é referente ao desempenho acústico. A parte 1, apesar de relacionar os requisitos de desempenho acústico, somente indica que as partes 3, 4, 5 especificam quais são os critérios de avaliação e métodos de avaliação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 25-26). A parte 2 relaciona as exigências de desempenho acústico com a parte 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 14). Por sua vez, a parte 6 propõe métodos e critérios de avaliação para ruídos gerados por equipamentos prediais, contudo colocados com caráter

facultativo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013f, p. 14). Destacam-se, portanto, em termos de desempenho acústico as partes 3, 4 e 5.

A parte 3 que se refere aos sistemas de piso, termo ainda não consolidado na indústria da construção. No sentido de esclarecer esse termo, a terceira parte da NBR 15.575 define sistema de piso como “[...] sistema horizontal ou inclinado [...] composto por um conjunto parcial ou total de camadas (por exemplo, camada estrutural, camada de contrapiso, camada de fixação, camada de acabamento) destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. 4).

Esse conceito indica que o sistema de piso é toda a composição de camadas que formam o piso. Portanto, se um construtor entregar o piso sem a camada de acabamento, a avaliação do sistema poderá ser feita sem esta camada. A figura 15 mostra um exemplo de sistema de piso.

Figura 15 – Exemplo de sistema de piso



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. 4)

Analogamente, quando a parte 4 da Norma refere-se a sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE), a avaliação do sistema contempla todos os componentes que constituem esse sistema. O item 3.1 da parte 4 da Norma, define SVVIE como (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 4) “[...] partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.”. Por sua vez, a parte 5 define sistemas de cobertura como (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013e, p. 5):

[...] cobertura disposta no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas do edifício habitacional ou elementos e componentes, da deteriorização por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termo-acústico do edifício habitacional.

Essas definições são importantes, no sentido de unificar a terminologia utilizada na construção civil. Além disso, a divisão dos inúmeros componentes presentes nas edificações, em grupos de sistemas, permite tratar da avaliação de desempenho das partes cruciais das edificações.

A elaboração do conjunto de Normas NBR 15.575 vem se desenvolvendo a tempo, e teve a participação de todos agentes envolvidos na construção civil. O texto composto é resultado do aperfeiçoamento do conceito de desempenho no País. Nos itens a seguir, são analisados o contexto da evolução da NBR 15.575, o seu conteúdo produzido na questão de desempenho acústico e os impactos da sua entrada em vigor em 2013.

#### 4.1 DESENVOLVIMENTO DA NORMA

Na década de 70, a construção civil imprimia um grande ritmo de produção e desenvolvimento, em razão da estabilidade e crescimento econômico no Brasil. Nesse período incentivou-se a utilização de sistemas construtivos que prezassem pela racionalização do processo construtivo. No entanto, a falta de instrumentos para avaliação desses sistemas inovadores, prejudicou a aplicação na proporção pretendida e de acordo com as técnicas adequadas. O resultado disso foi o acúmulo de prejuízos, a partir de patologias precoces e altos custos de manutenção e reposição, lesando monetariamente o estado e os usuários. (BORGES, 2008, p. 38).

Para preencher essa lacuna, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) foi contratado, em 1981, pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), a fim de determinar critérios de desempenho para sistemas construtivos inovadores. A partir desse momento, o foco das Normas para sistemas construtivos deixava de ser prescritivo, que especificava soluções construtivas consagradas, e passava a contemplar todos os novos produtos, abrindo espaço para a inovação na construção civil (BORGES, 2008, p. 39).

O trabalho produzido gerou a publicação – Normalização de Interesse da Construção de Habitações<sup>3</sup> – um dos primeiros a agregar o conceito de avaliação de desempenho de sistemas construtivos inovadores (BORGES, 2008, p. 39). Dividido em 5 volumes, estrutura-se apresentando requisitos e critério de desempenho, além dos métodos para avaliação, algo inédito até aquele momento.

Em 1998, o trabalho desenvolvido pelo IPT foi revisado, afim de agregar todo conhecimento gerado por pesquisas, durante até aquele período. A publicação, Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social – texto para discussão<sup>4</sup>, propunha iniciar um debate, dentro da comunidade envolvida, dos critérios de desempenho para edificações (BORGES, 2008, p. 40).

Como resultado disso, no ano de 2000, com o desenvolvimento dos critérios de desempenho, a Caixa Econômica Federal (CAIXA), assistida pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), iniciou o financiamento do projeto de pesquisa “Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações”, afim de reunir a produção intelectual da área para produção de Normas. Esse projeto serviu como texto base, que foi para discussão pública, gerando em 2008, a primeira publicação da Norma de Desempenho para Edifícios Habitacionais – NBR 15.575 (BORGES, 2008, p. 40).

A primeira versão foi duramente criticada pelas construtoras e fabricantes de materiais da construção civil, por não contemplar a realidade da indústria e que seria necessário mais tempo para adaptação às mudanças. Assim, a Norma teve seu prazo de exigibilidade estendido por meio de ementas, por duas vezes. A primeira alongou a exigibilidade da Norma para 12 de março de 2012, e a segunda para 12 de março de 2013.

No texto original, a Norma representava dificuldades para as construtoras, projetistas e fornecedores, por tratar de conceitos até então desconhecidos, ou simplesmente negligenciados. Além disso, propunha critérios considerados, por esses agentes, demasiadamente exigentes.

---

<sup>3</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Normalização de interesse da construção de habitações**. São Paulo: IPC, 1981. 6 v.

<sup>4</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**: textos para discussão. São Paulo: IPT, [1998?].

A revisão da Norma, publicada em fevereiro de 2013 e com validade a partir de julho de 2013, foi elaborada a fim de reavaliar as exigências e metodologias do texto original. Nesse período, fabricantes e fornecedores de materiais da construção civil puderam se mobilizar em busca do alcance das determinações da Norma. (DESEMPENHO..., 2013, p. 42-43).

## 4.2 PARÂMETROS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA DA NORMA

O conjunto de Normas NBR 15.575, para o desempenho acústico, divide os requisitos exigidos, basicamente, em dois tipos de ruído: aéreo e de impacto. Conforme o guia da CBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 157-158) no caso do ruído aéreo, a NBR 15.575, propõe três tipos de métodos para avaliação:

- a) método de engenharia, determinado pelas ISO 140-4<sup>5</sup> e ISO 140-5<sup>6</sup>
- b) método simplificado, determinado pela ISO 10052<sup>7</sup>
- c) método de precisão, determinado pela ISO 10140-2<sup>8</sup>

O método de engenharia, referenciado pela ISO 140-4, serve para a avaliação do ruído aéreo dos sistemas de vedação vertical interno e sistemas de pisos. Já o método de engenharia, colocado pela ISO 140-5, é utilizado na avaliação do ruído aéreo dos sistemas de vedação vertical externo e sistemas de coberturas. No primeiro, o parâmetro que pretende-se determinar é a diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ), em dB. No segundo, pretende-se determinar a diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros ( $D_{2m,nT,w}$ ), em dB. Para se obter os parâmetros citados, segue-se as orientações da ISO 717-1<sup>9</sup>. Em ambos os

---

<sup>5</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-4**: acoustics – measurement of sound insulation in buildings and of buildings – part 4: field measurements of airborne sound insulation between rooms. Geneva, 1998.

<sup>6</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-5**: acoustics – measurement of sound insulation in buildings and of buildings – part 5: field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Geneva, 1998.

<sup>7</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10052**: acoustics – field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound – survey method. Geneva, 2004.

<sup>8</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10140-2**: acoustics – laboratory measurement of sound insulation of building elements – part 2: measurement of airborne sound insulation. Geneva, 2010.

<sup>9</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 717-1**: acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – part 1: airborne sound insulation. Geneva, 2013.

métodos, quanto maior o valor obtido melhor o desempenho do sistema (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 157).

O método simplificado, menos preciso que os de engenharia, é uma alternativa no caso de não ser possível a determinação do tempo de reverberação (TR). Isso pode ocorrer, devido à falta de instrumentação ou às condições de ruído de fundo não permitirem obter o parâmetro. Por ter menor precisão, toma-se como preferência a utilização dos métodos de engenharia (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 29). O método de medição descrito pela ISO 10052, análogo aos métodos de engenharia é realizado em campo.

Para determinar com precisão o isolamento sonoro de elementos e componentes dos sistemas construtivos, utiliza-se o método descrito na ISO 10140-2. Os componentes ensaiados, tem seu valor de índice de redução sonora ponderado ( $R_w$ ) determinados em laboratório, e combinados para obter a resposta global do conjunto. Valores maiores determinam melhor desempenho acústico (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 158-159). Segundo a NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 59) os valores de  $R_w$  são tipicamente inferiores aos obtidos nos ensaios de campo, devido às variações nas condições de contorno do sistema.

Para o ruído de impacto pode-se utilizar o método de engenharia, de acordo com os procedimentos da ISO 140-7<sup>10</sup>, processado pelas indicações da ISO 717-2<sup>11</sup>. Esse método utiliza o parâmetro nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 159). Por medir o nível de pressão sonora que é transmitido pelo sistema, quanto menor o valor melhor é o desempenho do sistema. Avaliam-se os sistemas de piso e sistemas de cobertura com esse método.

Semelhante a avaliação de ruído aéreo, a avaliação do ruído de impacto pode ser feito através de um método alternativo. O método simplificado, também referenciado pela ISO 10.052, apesar de ter menor precisão acrescenta uma alternativa na avaliação dos ruídos de impacto

---

<sup>10</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-7**: acoustics – measurement of sound insulation in buildings and of building elements – part 7: field measurements of impact sound insulation of floors. Geneva, 1998.

<sup>11</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 717-2**: acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – part 2: impact sound insulation. Geneva, 2013.

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. 20). O quadro 2 resume os parâmetros, aplicação e referências normativas, colocados anteriormente.

Quadro 2 – Exigências para avaliação acústica da NBR 15.575

<b>TIPO DE RUÍDO</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PARÂMETRO</b>	<b>APLICAÇÃO</b>	<b>NORMAS</b>
Ruído Aéreo	$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderado	Sistemas de piso (parte 3) Sistemas de vedações verticais internas (parte 4)	ISO 140-4 ou ISO 10052 e ISO 717-1
	$D_{2m,nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderado, a 2 metros	Sistemas de vedações verticais externas (parte 4) Sistemas de cobertura (parte 5)	ISO 140-5 ou ISO 10052 e ISO 717-1
	$R_w$	Índice de redução sonora	Componentes dos sistemas (parte 3, parte 4 e parte 5)	ISO 10140-2 e ISO 717-1
Ruído de Impacto	$L'_{nT,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado	Sistemas de Piso (parte 3) Sistemas de Cobertura (parte 5)	ISO 140-7 ou ISO 10052 e ISO 717-2

(fonte: elaborada pelo autor)

### 4.3 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA DA NORMA

O conjunto da NBR 15.575, em geral, coloca os critérios mínimos de aceitabilidade de um sistema. No entanto, quando possível, o nível de desempenho de cada sistema é classificado em três categorias: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Na avaliação acústica, é possível a classificação dos sistemas dentro das três categorias.

A Norma relaciona critérios conforme o elemento do sistema construtivo. Por exemplo, no sistema de vedação vertical interna, um possível elemento é uma parede cega que divida duas unidades autônomas. No caso específico de ruído aéreo para sistemas de vedação vertical externo e sistemas de cobertura, o critério exigido depende da classe do ruído. As áreas de

ruído intenso tem critérios menos exigentes do que áreas distantes de ruídos intensos. Nas tabelas 2 a 6 estão colocados os critérios de acústica referentes aos parâmetros utilizados pelos métodos de campo discutidos anteriormente.

Tabela 2 – Critérios para ruído aéreo de sistemas de vedação vertical interno

<b>Elemento</b>	<b><math>D_{nTw}</math> dB</b>	<b>Nível de Desempenho</b>
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	$\geq 55$	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	$\geq 40$	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i> ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)	40 a 44	M
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 57)

Tabela 3 – Critérios para ruído aéreo de sistemas de vedação vertical externo (fachadas) e sistemas de cobertura

Classe do ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	$\geq 20$	M
		$\geq 25$	I
		$\geq 55$	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$	M
		$\geq 30$	I
		$\geq 35$	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	$\geq 30$	M
		$\geq 35$	I
		$\geq 40$	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 1)

Tabela 4 – Critérios para ruído aéreo de sistemas de piso

Elemento	$D_{nTw}$ dB	Nível de Desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas, no caso um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	40 a 44	M
	45 a 49	I
Sistemas de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde haja ambiente dormitório	$\geq 50$	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. 41)

Tabela 5 – Critérios para ruído de impacto de sistemas de piso

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	$\leq 55$	S
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	$\leq 45$	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013c, p. 40)

Tabela 6 – Critérios para ruído de impacto de sistemas de cobertura

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de Desempenho
Cobertura acessível, de uso coletivo (pessoas)	51 a 55	M
	46 a 50	I
	$\leq 45$	S

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013e, p. 40)

Para os ensaios realizados em laboratório, colocados na NBR 15.575-4, os critérios são definidos conforme a classe do ruído, no caso de fachadas, e por elemento, no caso paredes entre ambientes. Em ambos os casos, a Norma aponta que (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 58-59), os valores de desempenho de isolamento acústico obtidos em laboratório ( $R_w$ ) são tipicamente maiores do que os medidos no campo ( $D_{nT,w}$  e  $D_{2m,nT,w}$ ). A diferença se dá pelas condições de contorno relacionadas à execução dos sistemas. A Norma indica a visualização da Normas ISO 15712<sup>12</sup> e EN 12354<sup>13</sup>. Os critérios para os ensaios de laboratório estão colocados nas tabelas 7 e 8.

<sup>12</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15712**: Building acoustic – estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Geneva, 2005.

<sup>13</sup> EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 12354**: Building Acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Brussels, 2000.

Tabela 7 – Critérios para ruído aéreo de componentes construtivos de sistemas de vedação vertical internos

Elemento	R <sub>w</sub> dB <sup>a</sup>	Nível de Desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

<sup>a</sup> R<sub>w</sub> com valores aproximados

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 59)

Tabela 8 – Critérios para ruído aéreo em componentes, elementos e sistemas de vedação vertical externo (fachadas)

Classe do ruído	Localização da habitação	R <sub>w</sub> dB <sup>a</sup>	Nível de Desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

<sup>a</sup> R<sub>w</sub> com valores aproximados

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013d, p. 58)

#### 4.4 ENTRADA EM VIGOR DA NORMA

O estabelecimento da Norma de Desempenho para projetos protocolados a partir de julho de 2013, define um marco na indústria da construção civil brasileira. No entanto, para que a Norma seja efetivada todos os agentes envolvidos terão de despender um grande esforço.

Antes da publicação dessa Norma, as construtoras não tinham nenhuma outra que definisse critérios de desempenho para sistemas construtivos, somente normas prescritivas. Nesse sentido, Santos<sup>14</sup> (2012) explica que, por se estar em uma fase de transição entre normas prescritivas para a norma de desempenho é necessário um tempo de adaptação.

Nesse momento, torna-se crucial relacionar os principais fatores que possam alterar o sucesso da implementação da Norma. Destaca-se, na visão de Borges (2008, p. 167-168), a carência de fiscalização do cumprimento das Normas, que permite a falta de atenção das empresas nesse quesito. Ainda, o desconhecimento de algumas normas e a falta de foco no incentivo do uso das normas dentro das Escolas de Engenharia, dificultam a inserção da Norma de Desempenho. Na opinião do autor, a falta de laboratórios no Brasil que reproduzem os métodos de avaliação colocados pela Norma, também é um fator complicador.

Na questão dos laboratórios, deve-se atentar, também, à qualificação dos ensaios através dos órgãos acreditadores brasileiros. Cichinelli (2010) reforça essa ideia quando relata:

A escassez de laboratórios também esbarra na falta de confiabilidade dos serviços prestados, que preocupa os contratantes. A exigência do certificado de acreditação do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) é vista como alternativa para aumentar a qualidade e o controle do setor. No entanto, alguns laboratórios se queixam da burocracia e dos altos custos envolvidos no processo, o que poderia complicar ainda mais as iniciativas para ampliar a rede de laboratórios qualificados no País.

O aumento nos custos para qualificação, não é exclusivo aos laboratórios. As construtoras, por desempenharem um papel chave na implementação da Norma, terão de investir em sistemas que atendam, ao menos, os critérios mínimos estabelecidos. Esse investimento, é estimado por especialistas, que possa variar entre 5% a 7% do custo final da obra, incluindo empreendimentos de alto padrão, pois, apesar de já cumprirem critérios mínimos, o

---

<sup>14</sup> Citação retirada de entrevista realizada com Mércia Bottura de Barros, engenheira civil e professora da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

consumidor pressiona para que se atinja níveis de desempenho mais elevados (ESTÁ..., 2013).

A necessidade de investimento em sistemas construtivos que atendam necessidades específicas, como o conforto acústico, geram um acréscimo na demanda por recursos humanos especializados. Consequentemente, as instituições de ensino tem um papel importante a cumprir, desenvolvendo especialistas qualificados que atendam às necessidades do mercado. De acordo com Cichinelli (2010), apesar de termos ferramentas como softwares de simulação de desempenho acústico, ainda é um obstáculo a carência consultores que auxiliem na interpretação dos dados e difundam soluções confiáveis.

## 5 ENTREVISTAS

Com objetivo de descrever o contexto da construção civil, no Rio Grande do Sul, em que se insere a Norma, foram realizadas entrevistas diretamente com dois grupos de agentes importantes para implementação da Norma: coordenadores de laboratórios e especialista na área acústica. As entrevistas foram realizadas pessoalmente.

Em cada grupo foram feitas duas entrevistas, a fim de possibilitar uma comparação entre as possíveis visões de cada entrevistado. Dentro do trabalho, por **grupo de laboratório**, entende-se os coordenadores de laboratório e por **grupo de especialistas**, entende-se os especialistas na área de acústica.

Esses dois grupos de agentes da construção foram escolhidos por serem determinantes para o sucesso da efetivação da Norma de Desempenho e, principalmente, por estarem mais familiarizados com o seu conteúdo. A familiaridade com o conteúdo da Norma é importante pois, sem isso, é pouco representativa a opinião do entrevistado frente às questões apresentadas.

### 5.1 GRUPO DE LABORATÓRIO

Nesse grupo, os dois profissionais entrevistados atuam em entidades importantes do contexto acadêmico no estado e têm experiência na construção civil da região. O perfil dos entrevistados está descrito no quadro 3.

Quadro 3 – Perfil dos entrevistados

FORMAÇÃO	NOME	ENTIDADE	CARGO ATUAL
Engenheiro Civil com Doutorado em Engenharia Civil	Daniel Tregnano Pagnussat	LABTEC (Universidade de Caxias do Sul – UCS)	Gerente técnico e Responsável Técnico
Engenheiro Civil com Doutorado em Engenharia	Bernardo Fonseca Tutikian	ITT Performance (Universidade do Vale dos Sinos – Unisinos)	Coordenador

(fonte: elaborado pelo autor)

### 5.1.1 Tópicos da entrevista com grupo de laboratório

Com objetivo de focar temas importantes para o trabalho, foram formuladas perguntas divididas em tópicos e subtópicos. No grupo de laboratório, foram definidos três tópicos principais. Os tópicos e subtópicos abordados para o grupo estão indicados na figura 16.

Figura 16 – tópicos e subtópicos das questões abordadas nas entrevistas com o grupo de laboratório



(fonte: elaborado pelo autor)

O primeiro tópico, denominado laboratório, procura relacionar todas as questões internas da entidade, como, os serviços prestados de avaliação acústica, a estrutura da entidade para atender à demanda desses serviços, as creditações dos ensaios realizados, a experiência do laboratório dentro da área, além da facilidade de encontrar fornecedores de recursos que permitam o prosseguimento das atividades internas. O tópico laboratório busca verificar a capacidade das instituições no atendimento à demanda de ensaios de desempenho acústico, que pela inserção da nova Norma, aumentará substancialmente nos próximos anos.

As questões sobre o ambiente estão associadas ao contexto da construção civil. Nelas são colocadas as opiniões dos entrevistados sobre as preocupações, carências e ações que o mercado tem demonstrado, em relação às exigências da Norma. Ainda, são pautadas questões sobre investimentos dentro da área e questões relacionadas diretamente com a Norma. Busca-se nesse tópico, compreender o nível de informação das construtoras e projetistas sobre a Norma, as ações que estão sendo tomadas para aplicação das novas exigências e o impacto que a Norma terá, tanto para os produtores, como para o cliente final das edificações residenciais.

O último tópico trata de questões específicas desse grupo que é a formação de recursos humanos. Por representarem instituições de ensino, os entrevistados podem retratar que tipo de ações a instituição está tomando para a inclusão dos conceitos da Norma dentro do ambiente acadêmico, além da formação de especialistas na área de acústica.

### **5.1.2 Respostas do grupo de laboratório**

Realizadas as entrevistas, foram identificados os pontos mais importantes para o alcance dos objetivos, de cada subtópico. As informações apresentadas são uma síntese das entrevistas, que estão transcritas de forma completa no apêndice A.

A apresentação das respostas segue a mesma linha de tópicos e subtópicos descrita anteriormente. Iniciando pela parte de serviços, ambos os entrevistados trabalham com três métodos de avaliação de sistemas:

- a) ruído de impacto em sistemas de piso;
- b) ruído aéreo de vedações verticais internas;
- c) ruído aéreo de vedações verticais externas.

O ITT Performance se diferencia por ter uma câmara de reverberação para determinação de potência sonora de componentes. Porém, um problema desse laboratório é ainda não ter a certificação dos ensaios realizados. Segundo Tutikian, estão sendo tomadas ações para que o laboratório esteja certificado pela ISO 17025 até o final deste ano. Já o LABTEC, é certificado pela rede metrológica do Rio Grande do Sul, órgão credenciado pelo INMETRO, com a ISO 17025.

Na parte de pessoal do laboratório, identificou-se que ambos os entrevistados tem uma equipe suficiente para suprir a demanda atual mas, como existe uma perspectiva de aumento nessa demanda, os dois pretendem aumentar a equipe. Um problema colocado por Pagnussat, é que existem poucos profissionais na área de acústica capazes de assumirem a responsabilidade pela execução de ensaios. Ele acredita que é difícil encontrar um profissional que tenha a exata noção de como controlar as variáveis que influenciam no resultado dos ensaios de avaliação, ou até mesmo, que consiga identifica-las.

A experiência do laboratório, tratada pelo subtópico de prática do laboratório, representado por Pagnussat, é na realização de testes de desempenho acústico de mantas acústicas e pesquisas desenvolvidos por alunos. Nas pesquisas, tem se tratado sobre o uso de materiais alternativos para fabricação de mantas e contrapisos. O laboratório atende, também, construtoras, avaliando o desempenho acústico de sistemas, com ensaios *in loco* e, além de prestar serviços de consultoria. A tendência futura, apresentada por Pagnussat, é de trabalhar somente com construtoras, pois existe uma questão ética no momento de prestar serviços de consultoria. O problema é que quando ocorre a necessidade de indicar um fornecedor de manta acústica, certos fornecedores de mantas são mais recomendáveis do que outros. Essa indicação de preferência, é possível pelo fato do laboratório ter acesso ao desempenho de cada um desses produtos. Mesmo não divulgando esses resultados, a indicação de preferência se torna uma divulgação indireta. Por isso, o laboratório tem dado preferência a realização de ensaios à prestação de consultoria.

No laboratório representado por Tutikian, vem sendo testados soluções de sistemas dos mais tradicionais até os mais inovadores, que em alguns casos tem tido sucesso. Alguns clientes tem tentado viabilizar a utilização de resíduos de outras indústrias com potencial, como o EVA, para utilização em contrapisos acústicos.

Os fornecedores de equipamentos de avaliação, de ambos os laboratórios, tem sido principalmente estrangeiros, por se tratar de instrumentos de melhor qualidade de calibração. Segundo Tutikian, a nossa indústria ainda não atingiu o nível de excelência verificado em certos instrumentos estrangeiros.

No tópico de ambiente, Pagnussat destaca, para o subtópico de mercado, que as construtoras ainda não sabem se os produtos que elas oferecem estão de acordo com as exigências mínimas de acústica da Norma de Desempenho. A grande preocupação, segundo Pagnussat, está relacionada com os ruídos de impacto em sistemas de piso, por ser o provável principal gerador de reclamações por parte dos usuários. Aponta, ainda, que as construtoras devem estar atentas não só aos ruídos de impacto, mas também, aos ruídos aéreos. As maiores empresas com quem o laboratório tem trabalhado, através de uma parceria com o Sinduscon de Caxias do Sul, tem se preocupado em garantir o cumprimento das exigências de acústica da Norma. Percebe-se, porém, que essas construtoras não sabem quais medidas devem tomar para se adequarem.

Para Tutikian, a falta de experiência das construtoras, na área de atenuação de ruídos, prejudica a avaliação e escolha dos produtos utilizados para esse fim. Portanto, os fornecedores utilizam dessa falta de informação por parte das construtoras, para vender produtos sem a preocupação de uma avaliação técnica minuciosa.

Tutikian aponta que, ainda existem empresas demonstrando resistência à Norma, mas que, em um curto espaço de tempo, ou essas empresas irão se adaptar ou serão descartadas do mercado. Para que a Norma seja implementada nas construções, Tutikian acredita que, as empresas construtoras devem tomar os conceitos da Norma dentro da cultura da empresa. Além disso, a necessidade de projetistas qualificados, é importante para o sucesso da Norma. Nota-se que uma grande dificuldade do mercado é justamente no conhecimento dos conceitos básicos de acústica tanto de construtores, mas principalmente, de projetistas.

No aspecto de investimentos, Pagnussat destaca como mais atuais, a compra de um analisador acústico através da parceria montada com o Sinduscon de Caxias do Sul. Para Tutikian, o governo vem investindo, a CBIC e a CAIXA estão montando grupos de trabalho para esclarecerem dúvidas referentes ao aumento de custos que a Norma trará para as edificações.

No subtópico referente à Norma de Desempenho, ambos os entrevistados concordam que a implementação da Norma foi um passo importante para qualificação da construção civil no Brasil. Pagnussat considera que o grande mérito, atingido pela Norma, é a definição de critérios. Portanto, o foco da discussão atual é como respeitar esses critérios, e não mais discutir quais são os níveis de desempenho satisfatórios. Porém, Tutikian ressalta que, a Norma deverá evoluir bastante em seus critérios acústicos, considerando que se está com critérios muito inferiores aos estrangeiros. Para ele, uma edificação pode estar atendendo todos os critérios de Norma e ainda não estar adequada para o usuário.

Para Pagnussat, seria necessário avaliar daqui a dois ou três anos, como estará o desempenho acústico das edificações, para que se possa identificar o impacto atual que a Norma está causando. Existe um campo vasto para os laboratórios de pesquisa, grupos de pesquisa em acústica, trabalharemos com intuito de formular um banco de dados, que se bem trabalhado, servirá como ferramenta para avaliar quais construções estão seguindo e quais não estão seguindo as novas exigências. De maneira geral, Tutikian afirma que a Norma está em fase inicial de implementação, com 30% a 40% dos objetivos atingidos.

Uma questão importante, atualmente, é identificar qual o impacto no custo da implementação Norma de Desempenho para as edificações. Pagnussat acredita que as obras de alto padrão se adaptarão facilmente. Contudo, indica que diferentemente das de alto padrão, as obras de baixo padrão podem ter problemas no seus orçamentos. Tutikian assinala que apesar do aumento no custo da edificação, a caracterização dos sistemas construtivos dentro dos níveis de desempenho, pela construtora, pode ser utilizada como estratégia de marketing para ganhar o mercado.

Na divulgação da Norma, Pagnussat cita a publicação do CBIC como um importante documento que esclarece o conteúdo da Norma de Desempenho. Para Tutikian, a imprensa tem divulgado, iniciando um caminho de evolução nas construções, que para ele, é sem volta.

No tópico de formação de recursos humanos, ambos os entrevistados destacam a importância da relação entre a universidade e o laboratório. A possibilidade dos alunos estarem dentro da equipe que realiza ensaios, por meio de estágio, existe nas duas entidades. Porém, ambos colocam que o foco principal do laboratório é a prestação de serviços para empresas de fora da universidade.

Nas duas entidades, os cursos de graduação, em que estão sendo inseridos os conceitos de desempenho colocados pela Norma, são arquitetura e urbanismo e engenharia civil. Por participar da montagem da grade curricular do curso de engenharia civil da UCS, Pagnussat destaca o cuidado em colocar a disciplina de conforto nas edificações como obrigatória.

## 5.2 GRUPO DE ESPECIALISTAS

Para o grupo de especialistas, foram entrevistados dois profissionais com experiência na área e que atuam na região metropolitana de Porto Alegre. O perfil dos entrevistados está descrito no quadro 4.

Quadro 4 – Perfil dos entrevistados

FORMAÇÃO	NOME	EMPRESA	CARGO ATUAL
Engenheiro Civil com Mestrado em Engenharia Civil	João Antônio Rott	Systema Ruído Zero – Engenharia Acústica Ltda.	Sócio-Proprietário e Responsável Técnico
Arquiteto e Urbanista com Mestrado em Engenharia Civil	Especialista 1 <sup>15</sup>	Empresa 1	Sócio-Proprietário e Responsável Técnico

(fonte: elaborado pelo autor)

### 5.2.1 Tópicos da entrevista com grupo de especialistas

Da mesma maneira que para o grupo anterior, as questões do trabalho foram divididas em tópicos e subtópicos. Os tópicos e subtópicos abordados para o grupo de indicados na figura 17.

<sup>15</sup> Um dos entrevistados pediu para que não fosse identificado e foi tratado no trabalho como especialista 1.

Figura 17 – tópicos e subtópicos das questões abordadas nas entrevistas com o grupo de projeto



(fonte: elaborado pelo autor)

No tópico escritório estão colocadas as questões internas da entidade, como, os serviços prestados de avaliação acústica, a estrutura da entidade para atender à demanda desses serviços, as Normas atendidas pelos serviços realizados, a experiência do especialista dentro da área, além da facilidade de encontrar fornecedores de recursos que permitam o prosseguimento das atividades internas.

O tópico de ambiente busca a opinião dos profissionais, com o mesmo objetivo do grupo de laboratório. As questões sobre mercado da construção civil, investimentos na área e a Norma de Desempenho, buscam caracterizar o contexto de aplicação da nova Norma.

### 5.2.2 Respostas do grupo de especialistas

Seguindo a mesma linha de tópicos e subtópicos, as respostas do grupo são apresentadas de forma resumida, destacando os aspectos mais importantes para este trabalho. A íntegra das entrevistas realizadas com o grupo de especialistas está no apêndice B.

Iniciando pelo tópico de escritório, que especifica aspectos internos da empresa, dentro dos serviços apresentados pelo Especialista 1, destacam-se a elaboração de projetos de isolamento acústico e projetos de condicionamento acústico, este segundo engloba, acústica geométrica, análise do tempo de reverberação de recintos e avaliação de inteligibilidade da fala. Por sua vez, Rott trabalha com projetos de isolamento acústico, através de medições em campo e mapeamentos de ruído, há mais de vinte anos no mercado. Ambos os entrevistados são os diretos responsáveis técnicos das empresas e os idealizadores dos projetos produzidos.

Um aspecto interessante relacionado à demanda desses serviços, apontado por Rott, é a grande variabilidade durante o período de um ano. Rott afirma que, dentro da janela de um ano é certo a existência de uma alta demanda, bem como, uma posterior demanda quase nula. Os períodos de alta demanda são atendidos facilmente, utilizando a terceirização de pessoal na produção dos isoladores acústicos. Os dois entrevistados, atualmente, conseguem suprir a demanda de projetos acústicos sem a necessidade de aumentar a equipe.

Nas questões relacionadas a equipe de trabalho, o Especialista 1 coloca que, pelos cursos de graduação não tratam adequadamente dos fundamentos de acústica, em geral, as pessoas que trabalham na empresa precisam passar por um grande período de adaptação e aprendizagem. Contudo, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) é a única no estado a produzir pessoal capacitado para área. Rott acrescenta que, atualmente, se tem poucos profissionais capacitados no Brasil, mas acredita que, existe uma movimentação para que nos próximos 5 a 10 anos, esse cenário se altere.

No caso do referencial normativo, ambos os profissionais trabalham com as Normas NBR 10.151 e NBR 10.152. O Especialista 1 explica que sempre observa, inicialmente, quais são os decretos municipais do local do serviço, pois estes são superiores, em hierarquia, em relação às Normas.

Dentro da prática do escritório, Rott indica que, o maior problema nas edificações residenciais são as lajes. Por estarem cada vez menos espessas e mais leves, conseqüentemente, tem possibilitado graves problemas de ruído entre ambientes. Uma das maneiras constatadas por Rott para atenuação desses ruídos é a utilização de forro de gesso, preenchido com lã de vidro. Ainda, o entrevistado afirma que o sistema de piso flutuante, em que é colocada uma manta acústica sobre o contrapiso, ainda é pouco utilizado. Para ele, a produção de soluções

acústicas de alta qualidade, não é algo difícil, o maior problema é compatibilizar as soluções com o orçamento do cliente. O Especialista 1 explica que uma boa avaliação acústica de um sistema construtivo deve trabalhar com a comparação de resultados, obtidos através de três meios:

- a) softwares computacionais de análise acústica;
- b) referências bibliográficas;
- c) testes realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

Ambos os entrevistados relatam que existem recursos para prestação de serviços de análise acústica. O Especialista 1 sublinha que, em geral, os equipamentos estrangeiros permitem resultados mais expansivos, sendo mais confiáveis.

Para o tópico de ambiente, começando pelo subtópico de mercado, o Especialista 1 relata que, existe uma demanda inicial de construtores que consultaram-no, com intuito de desenvolver soluções de sistemas construtivos, dentro das exigências acústicas da Norma de Desempenho. Na visão deste entrevistado, os construtores tem pouco conhecimento do conteúdo da Norma e buscam-no, principalmente, pelo medo de sofrerem uma ação judicial no futuro. Em geral, a preocupação tem sido com ruído de impacto em sistemas de piso e ruído aéreo entre unidades habitacionais. Ele afirma que os critérios acústico estabelecidos pela Norma de Desempenho para sistemas de piso, tornam grande parte das soluções utilizadas atualmente, para esse sistema, dentro das exigências da Norma. Uma situação interessante colocada pelo entrevistado é que, mesmo depois de serem informados disso, muitos construtores procuram soluções construtivas que lhes deem um melhor desempenho acústico.

No caso de Rott, até hoje, somente uma construtora buscou serviços de consultoria para desenvolvimento de projetos que levam em consideração a qualidade acústica do sistema. Normalmente, as construtoras solicitam os serviços de acústica depois de já terem problemas e precisam de uma solução.

No que diz respeito ao investimento na área de acústica, somente o Especialista 1, destaca algumas iniciativas públicas, através de universidades, para o desenvolvimento de pesquisas experimentais e teóricas. Além disso, a Petrobras tem buscado serviços de avaliação acústica para licenciamento ambiental.

Dentro do subtópico da Norma de Desempenho, o Especialista 1 acredita que os critérios estabelecidos na Norma, vem sendo discutidos a bastante tempo, e portanto, devem manter-se definitivos como colocados no texto da Norma.

A Norma de Desempenho, conforme Rott, serve para resolver para dar suporte a casos de desentendimento entre usuário e construtor. Antes dela, somente a NBR 10.151 e NBR 10.152 serviam como parâmetro para julgamento de ações.

Rott aponta que, um dos problemas que a Norma de Desempenho enfrenta é a falta de comprometimento e seriedade dos agentes envolvidos, incluindo a sociedade como um todo. A sociedade deve conscientizar-se de que o ruído é causador de muitos problemas de saúde, e deve exigir ambientes que respeitem as Normas brasileiras. Na sua opinião, considera que a falta de preocupação do usuário com a qualidade acústica das edificações, ainda é muito comum. Ainda, existe pouca divulgação dos problemas de ruído que se está enfrentando e das normas que estabelecem, propriamente, direitos dos usuários.

Os profissionais, que trabalham na área devem mobilizar-se para enfrentar as novas exigências, fazendo parte da necessária mudança de cultura que se tem no Brasil. Além do mais, Rott expõe que existem profissionais despreparados que, aproveitando-se da falta de conhecimento dos clientes, indicam soluções erradas. Isso ofusca os bons profissionais que procuram atuar com responsabilidade e seriedade.

### 5.3 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

As entrevistas foram analisadas em conjunto, possibilitando o cruzamento das informações obtidas, entre o grupo de especialistas e o de laboratório. Seguindo a estrutura das entrevistas, a análise procura seguir a mesma linha de tópicos e subtópicos mas, quando as informações obtidas nas entrevistas complementam-se, os subtópicos podem ser antecipados.

O primeiro ponto esclarecido pelos entrevistados, diz respeito à demanda pelos serviços de acústica. Em ambos os grupos, a demanda tem sido atendida sem dificuldades. Isso indica que, para o cenário atual, não existe a necessidade imediata de aumento de estrutura ou de equipe, e principalmente, de pessoal especializado na área de acústica. Deve-se atentar, porém, que, como se está em um cenário de grande insegurança sobre o desempenho dos

sistemas que estão sendo utilizados, a demanda por serviços de consultoria, por parte dos especialistas, e serviços de avaliação, por parte dos laboratórios, indica a tendência que essa demanda cresça.

Pensando a longo prazo, a possibilidade de aumento na demanda por serviços de avaliação acústica e consultoria evidencia a necessidade de medidas para formação de pessoal qualificado da área. Essa necessidade se torna mais clara através das informações trazidas por Pagnussat e o Especialista 1, que mostram um panorama atual, no qual existe dificuldade de encontrar pessoal capacitado da área.

O possível problema que pode ocorrer, devido à falta de profissionais qualificados da área, é a desqualificação das soluções de projetos produzidos para os sistemas construtivos. Além disso, como destacado por Rott, a falta de conhecimento por parte dos construtores torna possível que maus profissionais se aproveitem utilizando materiais inadequados para produção de sistemas de atenuação de ruído. Portanto, torna-se essencial a presença de profissionais da área acústica, que auxiliem na qualificação dos projetos e, conseqüentemente, do desempenho acústico nas edificações.

Para melhorar esse cenário, em ambas instituições de ensino vinculadas aos laboratórios, estão sendo realizadas ações que qualifiquem os cursos de graduação nos conceitos gerais de desempenho. Contudo, a formação de pessoal especializado na área de acústica arquitetônica, no Rio Grande do Sul, ainda se concentra na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Um aspecto interessante é a identificação de um maior contato entre construtores e laboratórios, ao contrário dos especialistas. Isso se deve à relação que os laboratórios estão desenvolvendo com os sindicatos regionais das construtoras. Existe um trabalho de divulgação da Norma de Desempenho dentro desses sindicatos, mostrando o conteúdo da Norma, através de palestras e cursos, apoiados ou desenvolvidos pelos laboratórios de avaliação de desempenho.

Os sindicatos das construtoras tem sido, portanto, de fundamental importância para difusão dos conceitos e exigências colocados pela Norma. O contato entre os sindicatos e laboratórios tem gerado parcerias, como no caso do laboratório gerenciado por Pagnussat, em que um dos equipamentos necessários para avaliação dos sistemas foi adquirido, pelo sindicato da região, e disponibilizado para o laboratório, em troca da prestação de serviços.

O contato entre construtoras e laboratórios é um grande aliado na busca dos objetivos da Norma de Desempenho porém, a pequena procura por especialistas da área pelas construtoras, restringe o desenvolvimento de soluções eficientes, dentro da vasta experiência desses profissionais. Os representantes dos laboratórios entrevistados relatam que iniciaram o processo de ensaios de avaliação de desempenho há poucos anos, enquanto que os profissionais especialistas na área de acústica têm experiência e qualificação profissional, dentro e fora do país, há vários anos. Certamente a experiência desses profissionais poderia ser melhor explorada pelas construtoras. No primeiro momento, isso poderia ser feito através do contato entre sindicatos das construtoras e especialistas. A partir daí, cada construtora poderia estabelecer uma relação mais próxima com esses especialistas.

O referencial normativo utilizado pelos especialistas está relacionado diretamente às Normas NBR 10.151 e NBR 10.152. Isso ocorre porque ambas sempre serviram de base para a avaliação acústica em ambientes, no Brasil. A entrada em vigor da NBR 15.575 deverá ser adicionada ao referencial normativo desses profissionais, para a avaliação específica de edificações habitacionais, levando em consideração os novos parâmetros e critérios de avaliação acústica.

Nos laboratórios, a acreditação pela NBR 17025, dada por um órgão credenciado, é muito importante por se tratar de uma Norma que mostra como proceder com as informações confidenciais que passam pelo ambiente de trabalho. Atualmente, essa Norma é seguida pelo laboratório representado por Pagnussat. O laboratório representado por Tutikian, ainda está em fase de acreditação. Ainda é importante esclarecer que, além da necessidade de acreditar o laboratório, como um todo, pela NBR 17025, cada ensaio deve ser credenciado pela mesma Norma, o que se verifica, também, no laboratório representado por Pagnussat.

A formação de uma rede de laboratórios confiáveis é extremamente importante para a garantia dos resultados obtidos na avaliação dos sistemas construtivos e, conseqüentemente, na qualificação das edificações habitacionais. Além disso, um rede de laboratórios acreditada permite uma sustentação jurídica confiável, no caso de discordância entre construtores e usuários. Contudo, os custos relacionados à acreditação, para os laboratórios, pode ser um complicador. A demanda verificada pelos serviços dos laboratórios ainda pequena, o que restringe os gastos com qualificação dos serviços prestados.

Dentro dos subtópicos de prática e experiência dos entrevistados, destaca-se, por parte dos laboratórios, o desenvolvimento de sistemas construtivos que utilizam resíduos de outras indústrias. Os resíduos com potencial de absorção e isolamento acústico estão sendo utilizados, principalmente, em sistemas de piso. Em geral, a busca por novas tecnologias é importante para aumento da eficiência e diminuição dos custos para as construtoras, viabilizando desempenho acústico, também em edificações de orçamento restrito.

No caso dos especialistas, um ponto interessante destacado por Rott, é que o desempenho acústico dos sistemas está relacionado diretamente com o orçamento disponível para construir uma solução. Ainda assim, a eficiência desses projetos depende muito do conhecimento daquele que o desenvolve. Portanto, para casos de edificações de alto padrão de acabamento, que possam absorver maiores custos e repassá-los, as soluções existem e são de fácil realização. Já para edificações que não têm essa flexibilidade de absorver custos, as soluções são mais restritas e exigem profissionais qualificados.

No subtópico que relaciona os fornecedores, os entrevistados não têm identificado problemas. Em geral, por se tratarem de equipamentos de avaliação acústica que vem se desenvolvendo há mais tempo, os equipamentos estrangeiros têm apresentado mais qualidade nos resultados.

Partindo para o tópico que relaciona as questões de ambiente, a falta de preocupação por parte do usuário, em relação ao desempenho acústico das edificações, apontado por Rott, deve ser tratada com grande atenção. Uma das premissas que envolvem a Norma, para que seus objetivos sejam atingidos, é a exigência do usuário frente ao construtor.

As construtoras que conseguirem implementar em seus projetos os níveis de desempenho, dos sistemas construtivos, poderão influenciar no mercado, educando os compradores a adquirirem residências somente quando lhes forem apresentados esses níveis. A Norma possibilita um parâmetro de comparação entre produtos da construção civil, e se encarada de forma correta pelas construtoras, servirá de instrumento para formação de novos clientes e retenção dos antigos.

Nas entrevistas, pode-se perceber que o desconhecimento das construtoras sobre o conteúdo da Norma ainda é grande. Por isso, grande parte delas, quando procuram os laboratórios ou os especialistas, baseiam suas dúvidas de acordo com as reclamações feitas pelos dos usuários, que são, principalmente, quanto ao desempenho acústico de sistemas de piso. Porém, deve

ficar claro que o sistema de piso não é o único sistema a ser avaliado em relação ao desempenho acústico. O ruído aéreo em vedações verticais internas e externas, o ruído aéreo e de impacto em coberturas também são importantes e devem ser observados.

A entrada em vigor da Norma de Desempenho gerou a obrigatoriedade de verificar a qualidade das características de habitabilidade, antes desconhecidas ou negligenciadas pelos construtores. O que se verifica nas entrevistas é um início de conscientização e aprendizagem por parte desses construtores, em relação a esses conceitos. Uma das grandes virtudes da simples entrada em vigor da Norma, reside nesse processo de entendimento das necessidades do usuário.

Nas questões relacionadas ao investimento, público ou privado, que está sendo feito para alcançar os objetivos da Norma, destaca-se a publicação do CBIC, citada por Pagnussat, como um excelente instrumento de auxílio no processo de aprendizagem dos novos conceitos. Os cursos sobre a Norma de Desempenho, dentro dos sindicatos das construtoras, também têm sido importantes nesse processo.

Quanto à NBR 15.575, apesar de mostrar um impacto inicial positivo, como destacado por Tutikian, seus critérios de desempenho acústico são ainda muito permissivos. Por exemplo, o critério mínimo exigível de ruído de impacto para sistemas de piso, brasileiro, é de 80 dB, de nível de pressão sonora de impacto padronizado e ponderado ( $L_{nT,w}$ ). O mesmo critério francês é 58 dB de  $L_{nT,w}$  (CORNACCHIA, 2009, p. 42). Os critérios acústicos da Norma ainda precisam ser revisados, na busca de critérios que, realmente, se traduzam em conforto acústico para os usuários.

O alcance do conforto acústico nas edificações residenciais é um dos objetivos da Norma. Portanto, é importante que sejam testadas as soluções de sistemas utilizadas pelas construções à luz da nova Norma. Assim, os dados obtidos servirão para indicar as soluções mais eficientes. Como colocado por Pagnussat, isso será possível dentro dos próximos dois a três anos. A expectativa é que os resultados dessas avaliações apontarão a necessidade de aumentar gradualmente os critérios de desempenho acústico da Norma de desempenho.

Rott aponta um detalhe importante, quando cita a baixa adesão às Normas de acústica no Brasil. A NBR 10.151 e a NBR 10.152, mesmo sendo obrigatórias, ainda são pouco utilizadas e existe o perigo de ocorrer o mesmo com a NBR 15.575. A força principal, que pode evitar

isso, é a exigência e fiscalização por parte dos usuários. A Norma tem sua obrigatoriedade sustentada pelo código de defesa do consumidor<sup>16</sup> e deve ser exigida pelos usuários sem hesitação.

---

<sup>16</sup> BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília, DF, 1990. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.htm)>.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como definido no capítulo segundo, o objetivo principal desse trabalho foi elaborar um diagnóstico que aponte quais as oportunidades e as dificuldades do contexto em que se insere a Norma de Desempenho, no Rio Grande do Sul, em relação às exigências de desempenho acústico. Na pesquisa bibliográfica, pode-se verificar que não existem lacunas de conhecimento, no que diz respeito aos fundamentos de acústica. Porém, identifica-se que existem poucos profissionais que dominam os conceitos da área.

A falta de conhecimento técnico na área acústica, por parte dos construtores e projetistas, se dá, principalmente, devido à cultura negligente perante a qualidade acústica das edificações. Tanto construtores quanto projetistas terão que se qualificar para responderem às exigências determinadas pela Norma de Desempenho.

As Normas técnicas referentes à acústica no Brasil já existem há um bom tempo e são referência utilizada na avaliação de ambientes. No entanto, elas não são utilizadas como parâmetro para o desenvolvimento de soluções de sistemas construtivos. A Norma de Desempenho vem justamente para suprir essa lacuna, trazendo o desempenho acústico das edificações para a agenda das construtoras do país.

Existem ações que estão sendo tomadas, principalmente por parte dos sindicatos das construtoras, no sentido de divulgação e esclarecimento das exigências da Norma. Além disso, os Sinduscons têm sido um importante agente para o contato entre construtoras e os laboratórios que realizam os ensaios da Norma de Desempenho. A parceria estabelecida entre o Sinduscon de Caxias do Sul e o LABTEC tem sido importante para as duas instituições, qualificando as construções e gerando um banco de dados de desempenho acústico que busca ampliar o conhecimento na área.

Uma rede de laboratórios idônea e confiável é fundamental para o sucesso da Norma de Desempenho. No caso do Rio Grande do Sul, existem laboratórios que executam os ensaios de desempenho acústico, propostos pela Norma de Desempenho, dos diversos sistemas que compõem as edificações habitacionais.

Um fator identificado, importante para o sucesso da Norma de Desempenho, é o suporte que a Norma dá para os usuários das edificações. Os usuários deverão estar cientes da possibilidade de exigirem dos construtores o desempenho acústico que lhes foi vendido. Assim, a fiscalização dos novos empreendimentos, realizados à luz da Norma de Desempenho, poderá ser realizada pelos usuários.

A publicação da Norma de Desempenho se coloca definitivamente como um marco para a qualificação da construção civil no Brasil. Na opinião unânime dos especialistas entrevistados a Norma trará mudanças, aumentando o nível de exigência em relação ao desempenho acústico das construções.

Apesar das exigências acústicas ainda estarem em um patamar inferior às exigências estrangeiras, o mérito da Norma reside em exigir dos construtores algo que vinha sendo negligenciado, mesmo com as Normas de avaliação acústica brasileiras já vigentes há um longo período. As ações que estão sendo tomadas por parte dos sindicatos das construtoras indicam um cenário positivo e comprometido com as exigências da Norma. Agora o próximo passo está em futuramente analisar o desempenho das edificações, que tiveram seus projetos protocolados nos órgãos de aprovação municipais, para verificar se os sistemas construtivos implementados contemplam as exigências acústicas da Norma de Desempenho.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8572**: fixação de valores de redução de nível sonoro para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico – procedimento. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.152**: níveis de ruído para conforto acústico – procedimento. Rio de Janeiro, 1987 (incorpora errata de 30.06.1992).

\_\_\_\_\_. **NBR 12.179**: tratamento acústico em recintos fechados – procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro, 2000 (incorpora errata de 30.06.2003).

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-1**: edificações habitacionais – desempenho parte 1 – requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-2**: edificações habitacionais – desempenho parte 2 – requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-3**: edificações habitacionais – desempenho parte 3 – requisitos para os sistemas de piso. Rio de Janeiro, 2013c.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-4**: edificações habitacionais – desempenho parte 4 – requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013d.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-5**: edificações habitacionais – desempenho parte 5 – requisitos para os sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2013e.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-6**: acústica – desempenho parte 3 – requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013f.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. rev. (1. reimp.). São Paulo: Blucher, c2011 (reimp. 2012).

BORGES, C. A. de M. **O conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. 263f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25092008-094741/pt-br.php>><sup>17</sup>. Acesso em: 13 ago 2013.

---

<sup>17</sup> Entrando no site < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25092008-094741/pt-br.php>>, o arquivo está dividido em duas partes: Dissertacao\_CARLOS\_BORGES\_Parte\_1.pdf e Dissertacao\_CARLOS\_BORGES\_Parte\_2.pdf. Clicar acima dos respectivos nomes para acessar ao arquivo pdf de cada parte.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006.

CICHINELLI, G. C. Escassez de laboratórios. **Construção Mercado**: negócios de incorporação e construção. São Paulo, n. 112. nov. 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/112/artigo282443-1.aspx>>. Acesso em: 5 de out. 2013. Não paginado.

CORNACCHIA, G. M. M. **Investigação in situ do isolamento sonoro ao ruído de impacto em edifícios residenciais**. 2009. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92430/268349.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 1**, de 8 de março de 1990. Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Brasília, 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0190.html>>. Acesso em: 5 de out. 2013.

DESEMPENHO revisado. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 21, n. 192, p. 42-49, mar. 2013.

ESTÁ em vigor a NBR 15.575 – Norma de Desempenho. **PINIWeb**. São Paulo, 19 jul. 2013. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx>>. Acesso em: 5 out. 2013. Não paginado.

EVEREST, F. A. Fundamentals of Sound. In: BALLOU, G. (Ed.). **Handbook for Sound Engineers**: the new audio cyclopedia. 1st ed. (3rd printing). Indianapolis: Howard W. Sams & Company, c1987 (printing 1988). p. 3-21. Disponível em: <<http://depositfiles.org/files/fk9qt8zy0>><sup>18</sup> Acesso em: 20 maio 2013.

GERGES, S. N. Y. **Ruído**: fundamentos e controle. 2. ed. atual. e aum. Florianópolis: NR, 2000.

MEISSER, M. **Acustica de los edificios**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1973.

PEDROSO, M. A. T. **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto**. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/diss\\_miguel\\_angelo\\_teixeira\\_pedroso.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/diss_miguel_angelo_teixeira_pedroso.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2013.

<sup>18</sup> Entrando no site <<http://depositfiles.org/files/fk9qt8zy0>>, clique em download regulares, espere 60 segundos, siga a instrução de digitação de palavras e por fim clique em baixar arquivo no modo normal.

PEREYRON, D. **Estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tede\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2413](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tede_busca/arquivo.php?codArquivo=2413)>. Acesso em: 22 mar. 2013.

SANTOS, A. NBR 15575 vai precisar de constantes revisões. **Portal Itambé**. Curitiba, 23 fev. 2012. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/nbr-15575-vai-precisar-de-constantes-revisoes/>>. Acesso em: 5 de out. 2013. Não paginado.

SOUZA, L. C. L. de; ALMEIDA, M. G. de; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a Arquitetura. 1. ed. (2. reimp.). São Carlos: EdUFSCar, 2006 (reimp. 2009).

## APÊNDICE A – Entrevistas com grupo de laboratório

## **ENTREVISTA BERNARDO TUTIKIAN**

### **Quais são os serviços disponibilizados pelo laboratório de avaliação de desempenho, principalmente avaliação de desempenho acústico?**

Primeiramente, a ideia principal não é ser um laboratório, e sim um instituto tecnológico. O laboratório concentra-se somente nos ensaios, diferentemente disso, o instituto tecnológico ajuda a empresa a desenvolver os sistemas fazendo o PED (Pesquisa e Desenvolvimento). A intenção nossa é fazer todos os ensaios da Norma de Desempenho, sendo que já fazemos boa parte deles. Mais especificamente em relação aos de acústica, nós temos a análise acústica entre pisos através do ruído de impacto, uma sala acústica para testes de ruído aéreo no caso de desempenho acústico de fachadas ou de paredes entre unidades. Além disso, temos uma câmara de reverberação para das características acústicas de materiais e partes constituintes de sistemas para atenuação acústica.

### **Qual é a estrutura organizacional do laboratório, em relação aos seus colaboradores?**

Nós temos o coordenador do instituto, que atualmente sou eu. Os colaboradores são professores, engenheiros, técnicos, laboratoristas. O objetivo é estabilizar a estrutura entre umas 25 e 30 pessoas.

### **Existe um convênio com a universidade para que os alunos participem das atividades do laboratório?**

Sem dúvida, muitos fazem estágio ou trabalham no instituto. Apesar de o objetivo maior ser o atendimento às empresas, por ser uma instituição de ensino, o instituto é possibilita aos alunos trabalhar dentro da instituição. Importante colocar que o objetivo da instituição é o atendimento às empresas e não a produção de trabalhos acadêmicos.

### **A equipe é suficiente para suprir a demanda por esses serviços?**

Hoje a equipe é suficiente. A demanda vem crescendo e a equipe acompanha esse crescimento.

**Quais ensaios de desempenho acústico estão acreditados pela RBLE (rede brasileira de laboratórios de ensaios)? Quais ensaios estão em fase de desenvolvimento da acreditação?**

Estamos em fase de certificação da norma NBR/ISO 17025:2005. Ainda não temos nenhum certificado, mas até o final de 2013 acredito que teremos todos os ensaios citados com essa certificação. No primeiro momento essa certificação pela rede de laboratórios do rio grande do sul, e posteriormente pelo INMETRO.

**O laboratório segue a NBR 17025:2005 nas suas instalações?**

Apesar de não estar certificado, o laboratório já segue os padrões especificados pela norma, como controle de acesso, controle de documentação e as pessoas que trabalham no instituto não podem relatar os resultados obtidos dentro do instituto.

**Quais sistemas de atenuação de ruídos em sistemas de piso tem sido testados?**

Testamos mantas acústicas, contrapisos feitos em obra ou pré-fabricados, contrapisos autonivelantes. São testados desde sistemas mais tradicionais até os mais inovadores. No caso de sistemas inovadores, estamos testando alguns produtos interessantes que tem tido sucesso. Muitos tem seus prós e contras, sendo que alguns de bom desempenho acústico acabam sendo muito espessos e prejudicam na altura do pé-direito, além de existirem problemas de custo ou de carga na estrutura.

**Em São Leopoldo, tem algum sistema que tem sido utilizado predominantemente?**

O pessoal tem tentado viabilizar a utilização de resíduos de outras indústrias com potencial para contrapisos. Como por exemplo, a utilização do EVA como agregado de um concreto para contrapiso, sendo que esse material vem da indústria couro calçadista, ou propriamente como uma manta acústica. Isso vem sendo feito na região por ser um material em abundância e barato que tem um potencial muito bom de desempenho acústico.

**Em geral, quais sistemas de piso tem tido resultados satisfatórios em relação ao desempenho acústico?**

Temos visto que o piso deve ser isolado por completo, por exemplo, o rodapé deve ser isolado acusticamente pois é um ponto fraco, que se não for dado atenção, prejudica o desempenho

acústico do sistema como um todo. Independente do sistema, o isolamento deve subir pelo menos 15cm no rodapé. Em questão de espessura não pode se definir algo como espessura média de bom desempenho acústico, depende do sistema utilizado.

**Quais sistemas de piso, que tem sido usados usualmente, não tem atingido as exigências mínimas da norma de desempenho?**

É complicado falar em descartar. O que tem se definido como baixo desempenho acústico é a utilização de laje zero, que dependendo das características pode não atender às exigências da norma.

**O laboratório tem encontrado dificuldade na busca por fornecedores de qualidade para as instalações de avaliação de desempenho acústico?**

Os equipamentos são fáceis de conseguir. O que nota-se de bastante dificuldade no mercado são os projetistas e construtores que querem seguir a norma porém não sabem muito bem como fazer isso. Então a maior dificuldade está no conhecimento dos profissionais da área.

**Dentro do mercado de instrumentação para avaliação acústica, existem fornecedores nacionais?**

Existem fornecedores nacionais e internacionais, porém, os melhores equipamentos são internacionais. A nossa indústria ainda não atingiu um nível de excelência mas vem melhorando.

**Existe resistência, por parte das construtoras, no cumprimento das exigências da norma?**

Ainda tem. Essas construtoras estão perdendo tempo pois a norma de desempenho é uma realidade sendo obrigatório o seu cumprimento. A questão agora não é mais discutir a norma e sim como entender e cumpri-la. Existem tanto empresas que demonstram essa resistência como empresas que nunca ouviram falar da norma. Acredito que em um breve espaço de tempo ou essas empresas irão se adaptar ou serão descartadas pelo mercado.

**Quais preocupações tem sido demonstradas pela indústria da construção civil no que se refere a desempenho acústico? Em relação ao tamanho da empresa, quais tem tomado a frente no sentido de atender a norma? E em relação aos estados?**

A preocupação é atender a norma, mas como eu disse, não sabem muito nem como, nem quando, nem quanto para fazê-lo. Estão engatinhando nesse ponto e acabam comendo na mão dos fornecedores que se aproveitam da falta de conhecimento na área. O que pode ser um problema.

Obviamente a empresa maior tem mais gente, recursos e tem condições de fazer acontecer. Porém, acredito que a implementação das exigências da norma nas práticas da empresa estão muito mais ligadas a cultura da empresa.

É difícil dizer quais estão mais à frente. São Paulo é um estado que vem tendo um maior contato com a norma de desempenho, e portanto, pode se dizer que está na nossa frente. Na nossa região, Novo Hamburgo é a cidade que está se preocupando mais, fazendo projetos nessa linha. Porto Alegre e São Leopoldo o pessoal estão mais na fase de fazer cursos e aprendendo do que se trata a norma e ficam para trás em relação a Novo Hamburgo.

**As construtoras tem requerido serviços de desempenho acústico para sistemas de piso? Ou são os fornecedores de componentes de sistemas?**

O fornecedor tem que certificar o seu produto, não há dúvida nisso. Contudo, as construtoras também tem esse dever. Se uma construtora usar só produtos certificados de última geração, pode ser que nem assim o seu prédio atinja um bom desempenho, pois deve-se executar os sistemas de acordo com as práticas corretas. Ou seja, os fornecedores devem se qualificar mas as construtoras não podem achar que simplesmente usando um produto com ensaio o problema está resolvido. Ainda tem o papel da construtora a ser feito. Além dos projetistas que devem se qualificar muito mais.

**Existem investimentos, tanto de ordem pública quanto de ordem privada, para qualificação do laboratório?**

Está começando. O governo vem investindo, mas está sendo cobrado para que sejam aumentados os valores do programa MCMV (Minha Casa Minha Vida), pois as obras estão mais caras com a norma de desempenho. Ainda não se sabe quanto mais caro ficou ou não, a

própria iniciativa privada não sabe dizer muito bem qual é esse investimento a mais. Isso está no início ainda, CEBIC a CAIXA FEDERAL estão fazendo grupos de trabalho para tentar ter algumas respostas. Mas ainda estão na fase do vamos fazer, vamos iniciar, porém não está sendo feito nada.

**Você acredita que a norma tenha deixado lacunas? Quais foram as dificuldades na construção da norma?**

Muita coisa, se mexeu com muitos interesses de fornecedores fortes. Além disso, se tratam de requisitos que poucas pessoas estavam acostumadas a tratar e a projetar. Foi um passo importante para construção civil nacional, mas ainda está muito aquém do ideal. Ela vai ter que evoluir bastante, não só a parte acústica como a parte térmica tem definido requisitos muito baixos. Uma edificação pode estar atendendo todos os requisitos de norma e ainda não estar adequada para o usuário. Isso ainda vai evoluir nos próximos anos.

**A implementação da norma de desempenho garante maior qualidade para as novas edificações habitacionais? Que vantagens trará para as construtoras?**

Garante, claro. A pura e simples aplicação da norma deve melhorar bastante a qualidade das edificações, apesar de ainda haverem aspectos a serem melhorados.

**A norma é um problema ou solução para as construtoras? Existe consenso, entre construtoras e meio acadêmico, nos critérios estabelecidos pela norma de desempenho acústico para sistemas de piso?**

As construtoras podem tirar proveito da norma com estratégias de marketing, mostrando para o mercado que a construção dela atende a norma de desempenho definindo os níveis de desempenho da edificação, além de estabelecer a vida útil para a construção. As construtoras que não tiverem esses valores, nós esperamos, que o usuário enxergue isso e selecione de uma outra empresa que estabeleça esses níveis de desempenho.

A norma foi construída a partir de todos os agentes envolvidos na área. Pode se dizer que os requisitos ficaram muito aquém do que deveria ficar. Ainda vai ter que evoluir bastante, acredito que não se chegou num consenso, se chegou em um ponto que foi definido partir de um certo ponto e evoluir com o passar do tempo, por que se não nada será feito. Se chegou em um acordo e não em um consenso.

**Que tipo de comparação pode-se estabelecer em relação aos critério de desempenho acústico de sistemas de piso entre as normas nacionais e estrangeiras?**

Estão. Quando falamos em estrangeiras nos referimos às Americanas e Europeias, nessa comparação, estão bem baixas com certeza. Mas é bem mais alto do que não ter norma.

**Existe um esforço para a divulgação da norma de desempenho por parte da sua instituição?**

Temos tido essa preocupação, estamos divulgando. O mercado e a imprensa de uma forma leiga mas vem divulgando, cada um dá sua maneira. O conhecimento vem aumentando e eu diria que esse é um caminho sem volta.

**Como a instituição está contribuindo para formação de pessoal técnico qualificado na área de acústica arquitetônica?**

Temos tentado colocar essa preocupação em relação a norma de desempenho em todas as disciplinas do curso. Mais especificamente nas disciplinas de construção civil, orçamento, gerenciamento e planejamento, patologia, etc. Então, estamos conversando com os professores para colocar essas questões não só acústicas mas todos os requisitos colocados na norma de desempenho. Para definir como escolher melhor os materiais utilizados na construção, por exemplo, tijolo, uma impermeabilização, uma esquadria, hoje em dia é assim, com base nos requisitos de desempenho. É claro que isso é um processo, que não ocorre da noite para o dia, mas acredito que estamos evoluindo bastante nesse sentido. Os cursos que abordam são basicamente engenharia civil e arquitetura, sendo que arquitetura tem tido um envolvimento maior com o desempenho acústico. Em termos de especialização temos um curso de patologia das obras civis que trata das questões da norma de desempenho, além do mestrado tanto em engenharia quanto arquitetura que abordam essas questões.

**Se você fosse classificar o momento em que está a norma, qual seria?**

Eu diria que estamos em uma fase inicial, algo que se aproximaria aos 30% e 40% dos objetivos atingidos. Estamos engatinhando mas já avançou bastante, essa discussão já se estende de uma maneira mais sólida através dos últimos 10 anos, então já avançamos mas falta um bom caminho sem dúvida.

## **ENTREVISTA DANIEL PAGNUSSAT**

### **Quais são os serviços disponibilizados pelo laboratório de avaliação de desempenho, principalmente avaliação de desempenho acústico?**

O laboratório já tem o lastro de 5 anos trabalhando com ensaios de desempenho mecânico dos materiais. A aproximadamente 1 ano, entramos nessa parte de ensaios de desempenho acústico. Hoje, estamos trabalhando com o ensaio de ruído de impacto entre pisos, ensaio de ruído aéreo de fachada e ruído aéreo interno, sendo esses três certificados pela rede metrológica do Rio Grande do Sul.

O laboratório já era certificado pela NBR/ISO 17025 na parte dos ensaios mecânicos, mas na última auditoria externa, em agosto, obtivemos a certificação para os ensaios de desempenho acústico.

### **Qual é a estrutura organizacional do laboratório, em relação aos seus colaboradores?**

Meu cargo na instituição é de responsável técnico e gerente técnico do laboratório. Responsável técnico pois a ART do laboratório, pelo serviço de engenharia que é prestado, é assinada por mim. Além disso, sou o gerente técnico que responsabiliza-se pela administração do laboratório.

Acima de mim, está colocada a gerente de qualidade dos laboratórios no Rio Grande do Sul, portanto, coordena o sistema de gestão de qualidade como um todo.

Na estrutura do laboratório, temos uma professora formada em arquitetura e dr<sup>a</sup> na área de acústica que é a executora dos ensaios. Eu participo das análises dos resultados, mas a parte de execução fica exclusivamente de responsabilidade dela. Ainda, temos dois técnicos de edificações e um auxiliar, eles estão mais envolvidos com a parte dos ensaios mecânicos. Quem faz o suporte para os ensaios de campo ou de laboratório na parte de acústica são dois estagiários contratados especificamente para isso.

Temos um projeto de parceria com o sinduscon de Caxias, no qual foi doado um analisador sonoro e eles estão pagando a remuneração desses dois estagiários. Assim, as empresas que participaram dessa ação, além de terem pessoal para executar esses ensaios elas recebem um desconto do valor cobrado pelo serviço.

**Existe um convênio com a universidade para que os alunos participem das atividades do laboratório?**

Como coordenador do laboratório, um dos pontos que sempre fiz questão de destacar, é a de que o laboratório participasse do ensino, pesquisa e extensão. O laboratório dá suporte a aulas de graduação em engenharia e arquitetura.

Apesar do carro chefe do laboratório ser a prestação de serviços para empresas, nós temos a oportunidade de manter alunos produzindo trabalhos acadêmicos de pesquisa aplicada. Então, a professora responsável pela execução vem desenvolvendo projetos de pesquisa, como por exemplo, de contrapiso com agregado leve e avaliação de materiais alternativos para isolamento acústico, onde estão inseridos alunos de iniciação científica.

**A equipe é suficiente para suprir a demanda por esses serviços?**

Para o panorama atual de volume de trabalho temos verificado que a equipe consegue suprir a demanda. Em uma perspectiva de planejamento de longo prazo, tenho certeza que devemos incorporar uma outra pessoa. Acredito que seria complicado encontrar alguém da área com conhecimento técnico suficiente para aquilo que nos propomos fazer dentro do laboratório. Existe um lastro de pessoas que fizeram cursos de especialização, mestrado, doutorado em acústica, contudo, percebo que ainda são poucas as pessoas que dominam todas as condições de contorno envolvidas em uma análise de desempenho acústico.

Então muitas vezes, as pessoas executam o ensaio sem ter a exata noção de como controlar as variáveis que influenciam no resultado, ou até não conseguem identificar quais são essas variáveis. Por exemplo, a condição de isolamento da sala, a condição de fixação do contrapiso a estrutura. Sabe-se do resultado, mas esse resultado é relativo a aquelas condições propostas no local, agora, aquelas condições de contorno são quais? O que poderia ser alterado naquelas condições de contorno que modificaria o resultado? Então, poucas pessoas tem a qualificação técnica para identificar essas coisas.

Um exemplo de prática de campo, onde coloca-se bem essa questão de as pessoas entenderem os porquês do resultado obtido, uma das empresas para quem prestamos serviço solicitou um ensaio de desempenho acústico de um sistema de piso para ruído de impacto. Esse ensaio feito *in loco* era para uma obra de alto padrão de desempenho acústico, onde foi definido para o sistema de piso uma laje de 10 cm de espessura, uma manta de tratamento acústico, um

contrapiso de 4 cm e um piso laminado como acabamento. Portanto, esperava-se atingir o nível de desempenho superior definido pela Norma. Atingiu-se o nível intermediário. A frustração foi grande, pois tudo indicava que se alcançaria o desempenho superior. Na realidade a falha cometida ocorreu na fase de execução do sistema de piso. Quando é utilizada uma manta acústica, deve-se subir aproximadamente 15 cm no rodapé da parede, sem contato físico com o mesmo, no sentido de eliminar um ponto de fuga do ruído. Ao invés disso, a obra recortou a manta em uma altura muito menor e prejudicando o desempenho acústico do sistema.

**Quais ensaios de desempenho acústico estão acreditados pela RBLE (rede brasileira de laboratórios de ensaios)? Quais ensaios estão em fase de desenvolvimento da acreditação?**

Os ensaios são certificados pela rede metrológica. Além disso, o laboratório segue a NBR/ISO 17025. Porém, o laboratório não está dentro da RBLE. Como foi recente a certificação dos ensaios de desempenho acústico, ainda não estamos trabalhando no sentido de ampliar a certificação nessa área. A ideia inicial é consolidar esses ensaios para posteriormente ampliar a certificação.

O laboratório foi acreditado pela rede metrológica em 2008. De 2008 até agora, recebemos a certificação pela NBR/ISO 17025. Temos como objetivo ter esses ensaios certificados pelo INMETRO para termos uma abrangência nacional.

**Quais sistemas de atenuação de ruídos tem sido testados?**

Podemos separar em duas partes. A primeira é a prestação de serviço para fabricantes de mantas. Então, temos um conhecimento amplo referente as diversas mantas que estão no mercado, desde o método de fabricação até o desempenho acústico obtido.

Na outra parte, os projetos desenvolvidos pelos alunos de iniciação científica com concretos para contrapiso com agregados leves e teste de mantas com materiais alternativos tem sido uma das frentes de trabalho do laboratório. Temos trabalhado com resíduos de EVA e outros resíduos das mais variadas indústrias, como fibra de trituração de carcaças de ônibus.

**Em geral, quais sistemas de atenuação acústica tem tido resultados satisfatórios?**

Uma boa manta acústica utilizada para compor um sistema de piso tem se mostrado suficiente para atingir um nível de desempenho acústico adequado. Contudo, um fabricante que fornece mantas de alta qualidade, também tem mantas de média qualidade e mantas de baixa qualidade, ou seja, o desempenho está muito relacionado com a linha de produto que está sendo utilizada.

Existem mantas com diferentes materiais compósitos resultando em desempenhos acústicos diferentes. Existem fabricantes que atingem o desempenho acústico que é “vendido” para o cliente, porém, existem aqueles que vendem seu produto com um determinado desempenho que na verdade passa próximo do limite do mínimo.

Não pode-se pensar somente no desempenho acústico daqueles materiais que compõem o sistema de piso, mas deve-se tratar do desempenho acústico do sistema de piso como um todo.

**Dentro dessa ideia, o construtor não pode achar que apenas compondo um sistema com materiais de excelente atenuação de ruído atingirá um nível de desempenho acústico superior?**

Na realidade, a parte 1 da Norma de Desempenho é bem categórica em relação a isso. Nela estão relacionadas as responsabilidades do projetista, do construtor e do usuário, além de indiretamente colocar as responsabilidades dos fornecedores de materiais da construção. Então, dentro da responsabilidade do construtor ele deve garantir a execução para que se atinja o desempenho definido, sendo que o projeto é parte importante pois é nele onde deve estar calculado e definido o desempenho que o sistema que está se propondo vai ter.

**Vocês trabalham com simulação computacional de desempenho acústico?**

Somente na parte de desempenho térmico. Até por que, a grande demanda que temos de serviços de desempenho acústico é para realização de ensaios *in loco*. Uma das ações que estamos pretendendo tomar é começar a trabalhar somente com ensaios de avaliação de desempenho *in loco*, pois, como comentei anteriormente, trabalhamos com fornecedores de manta acústica e isso tem gerado algumas situações complicadas. Por exemplo, várias vezes já ocorreu de a professora responsável pela execução dos ensaios fazer uma análise e o resultado não atingir o esperado, e posteriormente, a construtora nos questiona no sentido de fornecer um trabalho de consultoria para determinar um sistema de piso que atingirá aquele desempenho requerido inicialmente. O problema é que, a partir do momento que temos

conhecimento técnico dos tipos de mantas que estão sendo testadas no laboratório, a equipe sabe quais são as mantas que devem ser utilizadas e quais não devem ser utilizadas. Por termos uma cláusula de confidencialidade de resultado, apesar de não estar divulgando o resultado de um ou outro fabricante, o laboratório está usufruindo de uma informação privilegiada. Além disso, os fabricantes podem me cobrar por que estou dando preferência para a manta de outro fabricante. Então isso envolve uma questão ética profissional que deve ser observada, por isso, ainda estamos definindo o processo de trabalho para que não fira o cerne do sistema de gestão de qualidade que é a confidencialidade de resultado.

### **O laboratório tem encontrado dificuldade na busca por fornecedores de qualidade para as instalações de avaliação de desempenho acústico?**

Grande parte dos equipamentos para avaliação acústica, nós já tínhamos no laboratório, por exemplo a fonte decaédrica e a máquina geradora de impacto padronizado. O único equipamento que tínhamos necessidade, foi adquirida através do convênio estabelecido com o sinduscon de Caxias, que é o analisador sonoro. Ele é importado, então a dificuldade para obtenção desses equipamentos é que poucos deles tem fabricação nacional.

### **Dentro do mercado de instrumentação para avaliação acústica, existem fornecedores nacionais? Em questão de qualidade, como se pode comparar os instrumentos nacionais com os instrumentos estrangeiros?**

Pelo conhecimento que tenho, eu acho que esses equipamentos bem específicos que importamos são importados justamente pela falta de disponibilidade de equipamentos com um padrão de calibração minimamente exigível aqui no Brasil.

Junto ao equipamento que importamos da Europa acompanha um certificado de calibração, que pelo fato de seguirmos as exigências da NBR/ISO 17025 onde devemos fazer calibrações periódicas, é importante que se tenha essa garantia de qualidade.

### **Na serra, tem se utilizado algum material predominantemente para atenuação de ruído?**

Temos que dividir em função do porte da empresa construtora. De uma maneira geral, se pegarmos construtoras de pequeno porte a grande maioria delas não tem tido a preocupação de cumprir as exigências de desempenho, não só de acústica, como todas as colocadas na

Norma de Desempenho, o que pode se transformar em um problema futuro tanto para os usuários como para os construtores.

Para empresas maiores, o que eu tenho observado é que a maior parte delas tem utilizado mantas de isolamento acústico. Visitei uma obra com alguns alunos, a um tempo atrás, de uma construtora que trabalhava com um sistema de piso com uma laje de 10 cm, um contrapiso de 4 cm, uma manta acústica, novamente uma camada de contrapiso de 4 cm, totalizando 18 cm sem o acabamento final o que esperasse definitivamente um sistema de nível superior.

Ainda, em outra situação, fizemos uma avaliação acústica em uns sobrados que estavam sendo construídos em Nova Petrópolis e Gramado de alto padrão. Ali, foi definido um sistema de piso com uma camada de concreto, uma parte com material leve, outra camada de concreto. Imaginando-se um desempenho bom e acabou passando no limite do mínimo.

A questão do ruído aéreo, as empresas tem trabalhando mais com os materiais que componentes. Por exemplo, o tijolo que está sendo utilizado.

Acredito que as construtoras ainda não tem a percepção de que o ruído aéreo é tão importante quanto o ruído de impacto. O que eles devem estar recebendo de reclamações maiores está relacionado diretamente ao ruído de impacto, mas evidentemente o ruído aéreo deve ser observado tanto quanto o ruído de impacto.

### **Vocês prestam serviços de avaliação de desempenho acústico para fornecedores de esquadrias?**

Essa demanda está começando aparecer agora. Tem uma empresa que está querendo testar alguns fornecedores de esquadrias deles, sendo assim, temos a possibilidade de montar um protótipo no laboratório, onde ensaiaremos essas esquadrias.

### **Existe resistência, por parte das construtoras, no cumprimento das exigências da norma?**

Eu acredito que não. Eu vejo que, pelo menos na realidade das empresas maiores com que trabalhamos do Sinduscon de Caxias, existe uma preocupação em garantir o cumprimento das exigências da Norma. Porém, claramente observa-se que elas não sabem o que elas devem fazer para se adequar a Norma. Nesse sentido, fizemos um curso sobre a Norma de

Desempenho a duas semanas atrás, onde buscou-se mostrar quais são as exigências que a Norma se refere, além de mostrar alguns ensaios envolvidos que temos no laboratório.

Outro aspecto é que as empresas construtoras também não sabem definir se o seu produto atual se enquadra ou não nas exigências de desempenho estabelecidos pela Norma.

**Quais preocupações tem sido demonstradas pela indústria da construção civil no que se refere a desempenho acústico?**

Principalmente o ruído de impacto, mas gradualmente estão dando atenção para o ruído aéreo.

**Existem investimentos, tanto de ordem pública quanto de ordem privada, para qualificação do laboratório?**

Em termos de investimento público, atualmente, não temos nada. Alguns dos instrumentos que conseguimos antigamente, foram obtidos através de projetos do CNPQ e CAPES.

O grande investimento que tivemos foi de ordem privada, na compra do analisador acústico e na perspectiva da montagem de uma câmara para avaliação de esquadrias.

Institucionalmente temos uma certa restrição de recursos, mas existe a preocupação de manter a qualidade dos serviços prestados.

**A implementação da norma de desempenho garante maior qualidade para as novas edificações habitacionais? Que vantagens trará para as construtoras?**

O grande mérito da Norma é que agora nós podemos trabalhar com um parâmetro. Antes da existência da Norma, o problema era definir o que é um desempenho satisfatório ou insatisfatório para os mais variados requisitos do usuário. O que se tinha eram algumas normas específicas para determinados componentes da construção, mas ainda faltando algo que estabelecesse um critério colocado, claramente, de desempenho. O mérito da Norma, portanto, é a criação de critérios. Podemos discutir, com o passar dos anos quando vermos o resultado do desenvolvimento desses projetos a luz da nova Norma, se ela está sendo eficiente ou não. Daqui a 2 ou 3 anos, quando os projetos que foram aprovados a partir do dia 19 de julho forem concluídos, poderemos então iniciar essa avaliação.

**Existe consenso, entre construtoras e meio acadêmico, nos critérios estabelecidos pela norma de desempenho acústico?**

Eu acho que não existe esse consenso, pois as empresas não conseguem perceber se elas precisam se adaptar muito ou pouco. Quando fazemos esse curso sobre a Norma, ou em outras oportunidades onde se aborda a questão do desempenho, verificamos que uma das preocupações é a de não ter a percepção real de quanto a Norma impactará na questão de custo para as obras. Acredito que as obras de alto padrão se adaptarão muito mais facilmente, por terem um padrão de acabamentos diferenciado. Para obras de baixo padrão talvez exista um problema com essa questão do custo. Eu já ouvi outras pessoas comentando, não sei se tirado de algum estudo técnico ou trabalho acadêmico, de que o custo das construções para construções de menor padrão pode ser incrementado em até 4% para adaptação total da Norma de Desempenho.

**Que tipo de comparação pode-se estabelecer em relação aos critério de desempenho acústico de sistemas de piso entre as normas nacionais e estrangeiras?**

De uma maneira geral, acredito que a Norma atenda às perspectivas de exigência que temos visto. Embora pontualmente em alguns casos, como de nível superior ou de nível pra uma determinada solução, pode-se criar uma discussão específica. Existem alguns pontos que a Norma se mostra permissiva, o nível mínimo para determinados tipos de ensaio define, realmente, um nível de conforto mínimo.

**Existe um esforço para a divulgação da norma de desempenho por parte da sua instituição?**

Institucionalmente, o laboratório é que tem tomado a frente em relação a divulgação da Norma. Temos procurado divulgar os ensaios feitos pelo laboratório. Pelo convênio estabelecido com o Sinduscon de Caxias, os cursos da Norma de Desempenho tem sido utilizados como meio de divulgação da Norma. Tivemos um contato com o pessoal do Sinduscon de Bento Gonçalves, nesse mesmo sentido.

Existem também programas setoriais, como o Guia da Norma de Desempenho desenvolvido pela CBIC. Que é um documento muito bom para quem quer ter um primeiro contato com a Norma. Eu acho que está aparecendo um esforço, preliminar, interessante de divulgação e consolidação como um instrumento, utilizado dentro da cadeia produtiva da construção civil.

**Em que estágio a Norma está, em relação a sua consolidação até o alcance dos objetivos de melhor desempenho como um todo?**

Se tu considerares que a consolidação da Norma é algo importante, acredito que tenhamos chegado em 50% relativos a ter uma Norma. Os outros 50% são, aquilo que comentei anteriormente, com o passar dos anos poderemos avaliar quanto a Norma nos ajudou ou não nas questões de exigências de habitabilidade nas edificações. Agora temos um campo vasto para laboratórios de pesquisa, grupos de pesquisa em acústica, trabalharemos os dados obtidos.

Algo que percebo, é de que, no momento que estamos executando serviços de análise acústica, estamos criando um banco de dados fantástico de desempenho de diversos tipos de materiais, de fabricantes, de sistemas dos mais variados. Todos esses dados, se bem interpretados e trabalhados, servirão de feedback para daqui a alguns anos entender como está o nível de qualidade da cadeia da construção civil.

**Como a instituição está contribuindo para formação de pessoal técnico qualificado na área de acústica arquitetônica?**

Além desses cursos de capacitação vinculados ao Sinduscon, temos duas frentes importantes. Uma é a perspectiva da criação do curso de mestrado em construção civil que certamente terá uma linha de pesquisa voltada para desempenho de edificações. Na parte de graduação, tanto no curso de engenharia civil quanto no curso de arquitetura da UCS, estão na grade curricular disciplinas voltadas para a parte de conforto nas edificações. Especificamente no curso de engenharia civil, onde participei da montagem da grade curricular, tivemos uma preocupação muito grande de colocar disciplinas de conforto nas edificações como disciplinas obrigatórias, algo que não é verificado em alguns cursos de engenharia civil.

## APÊNDICE B – Entrevistas com grupo de especialistas

## **ENTREVISTA JOÃO ROTT**

### **Quais são os serviços disponibilizados pela empresa para avaliação de desempenho acústico?**

Nossa empresa trabalha, a mais de 20 anos, na área de tratamento acústico, passando por residências, indústrias e comércio. Eu me encarrego da parte de projetos acústicos e, ainda, temos uma equipe para execução de projetos. Além disso, trabalhamos com medições acústicas para análises de impacto ambiental, mapeamentos de ruído tanto diurno quanto noturno.

No caso de projetos acústicos, coloco como exemplo, um cliente que tem uma máquina geradora de ruído e quer reduzir esse nível de ruído em ambientes adjacentes. O projeto pode estabelecer dois tipos de soluções, tratar o ambiente ou tratar a máquina, pode-se ter um sistema para clausura da máquina, com ou sem atenuador de ruído, com porta e visor, ou seja, tudo aquilo que precisarmos para atenuar o ruído até o nível desejado. No caso de um serviço para residência onde o ruído produzido por um vizinho se torna indesejável. Por exemplo, o vizinho do andar de cima toca bateria. Nesse caso, o ideal a ser executado é um sistema de piso flutuante, no andar do baterista, complementando com um forro acústico, no teto do andar inferior, para garantir que tanto o ruído de impacto quanto o ruído aéreo sejam atenuados a valores que não perturbem.

Aliás, a questão de percepção do som como algo que perturbe é algo muito particular de cada indivíduo. Nem todas as pessoas que estão perturbando, com algum tipo de ruído, acham que perturbam. Ainda, nem todas as pessoas sentem que estão sendo perturbadas por sons que a grande maioria considera um ruído insuportável.

### **Qual é a estrutura organizacional da empresa?**

Trabalhamos da seguinte maneira. No pavilhão, temos técnicos que fazem a preparação do material para fazer o beneficiamento, corte e dobra de chapas, montagem de painéis, fabricação de atenuadores, portas, clausuras, janelas, surdinas e barreiras. Em alguns casos, de obras maiores, terceirizamos a montagem dos sistemas. No escritório, temos a área de vendas e a área técnica de projetos.

**Em relação a parte técnica, a produção dos projetos é feita exclusivamente por você ou existem outros profissionais que também fazem projetos acústicos?**

A produção dos projetos acústicos é feita exclusivamente por mim. Vou ao local e faço uma avaliação das necessidades através de um diagnóstico preciso, com medições e levantamento das informações que caracterizam o problema acústico. Posteriormente, faço o projeto. Se executado por nós aí tem mais duas pessoas que fazem a interface entre o escritório e o pavilhão, que vão no local e tiram as medidas precisas para a fabricação.

**A equipe é suficiente para suprir a demanda por esses serviços?**

Em relação a demanda, não sei dizer quanto a outras empresas espalhadas pelo Brasil ou até aqui no Rio Grande do Sul, mas a nossa empresa sofre de uma sazonalidade de demanda bem determinada. Sabemos que dentro do período de um ano, teremos alguns meses de alta demanda, mas existem meses que a demanda é praticamente nula. Temos uma equipe com o mínimo necessário para funcionar. Se a demanda aumenta para a área de projeto, não temos o que fazer.

O projetista, depois que trabalha quase a vinte anos como eu. Com formação no Brasil e no exterior. Tive a possibilidade de vivenciar trabalhos prestados pelas maiores empresas do mundo. Já fiz curso, já visitei as melhores universidades de pesquisa do mundo. É difícil aparecerem coisas que eu não tenha visto que eu não seja capaz de dar uma solução, embora as situações que acontecem são dinâmicas. Não é difícil para mim, visualizar o problema, diagnosticá-lo e propor uma solução. O que é um pouco trabalhoso, é que eu tenho que fazer o detalhamento disso que está na minha cabeça. Eu tenho um desenhista que me ajuda nisso. Mas é tirar da minha ideia para que seja executado.

**Existe dificuldade para encontrar pessoal capacitado na área de acústica?**

Eu te direi que são poucos os profissionais, atualmente no Brasil, que atuam nessa área específica. Mas tem muita gente nova entrando no mercado. Então eu acredito que nos próximos 5 a 10 anos vai ter gente suficiente para fazer isso e desenvolver esse tipo de trabalho. Só que isso demanda um certo tempo, por que as pessoas tem que se especializar, se aprofundar e ter o conhecimento.

**Na hipótese de tu teres a necessidade de hoje contratar alguém para substituir o teu trabalho como projetista, tu entendes que existiria dificuldade para encontrar alguém capacitado para desempenhar esse papel?**

Eu acho que existem concorrentes no mercado que tem o mesmo nível que eu tenho, e que poderiam desempenhar essa função, porém, são concorrentes, e isso é um problema. Com relação a pessoas novas, como pessoas que estão saindo de cursos e se especializando, em um curto espaço de tempo, entre 5 a 10 anos, acredito que teremos maior disponibilidade de profissionais essa área.

Acredito que no Brasil sofremos com uma grave inversão de valores. Tomo como exemplo a seguinte situação, se procurarmos a existência de fissuras em alguns edifícios recém construído aqui na nossa região, acharemos inúmeras fissuras. Muitos construtores colocam que a causa dessas fissuras, é pelo fato de estarmos em uma região onde variação térmica é grande. Se fizermos a mesma busca, em Nova York (EUA), acredito que a ocorrência dessas fissuras será muito menor, apesar de terem uma variação térmica muito maior que a nossa. Isso ocorre por que lá, não se admite esse tipo de problema. Se ele ocorre, o construtor é passivo de ser processado judicialmente. No nosso caso, convivemos com o problema tratando-o como algo comum. Esse exemplo serve para ilustrar como são tratados os problemas aqui no país. Nós temos os recursos necessários para fazer acontecer, mas precisamos encarar os problemas com maior seriedade e comprometimento. Então, para melhorar a situação desse país, precisamos mudar a cultura com que os problemas são tratados.

Aquilo que ocorreu na boate Kiss em Santa Maria é um exemplo da nossa cultura de negligência frente aos problemas. Eu acreditava que a partir dessa tragédia, esse cenário pudesse se alterar mas, infelizmente, vejo que não é o que está acontecendo. Tenho convicção que grande parte das boates que estão abertas, atualmente, não respeitam os critérios acústicos estabelecidos pelas normas brasileiras. O grande problema é que faltam profissionais sérios. O que ocorre é que os proprietários dos estabelecimentos contratam pessoas despreparadas, ou até mesmo oportunistas, que acabam projetando soluções erradas com materiais impróprios. Isso acaba prejudicando os bons profissionais que atuam na área com responsabilidade e seriedade.

Eu acho que o conhecimento que tu constrói para atingir um alto nível de qualificação, exige muito esforço e investimento. Por isso, o valor cobrado pelos serviços prestados por um profissional qualificado deve ser proporcional a esse conhecimento acumulado. Existem pessoas despreparadas que atuam no ramo, cobrando valores menores atraindo grande parte dos clientes, que acabam ofuscando os bons profissionais da área.

A preocupação de contratar um profissional qualificado para prestar serviços de avaliação ou atenuação acústica é ainda muito baixa. Eu sempre coloco da seguinte maneira, imagine que uma pessoa quer construir uma casa. Quando se coloca em discussão a necessidade de desempenho acústico, a primeira reação dela é, “eu não gostaria que tivesse barulho mas, ah, se tiver barulho não tem problema”. O que as pessoas não sabem é que o ruído pode causar stress, infarto, hipertensão, e muitos outros problemas para saúde. Isso é comprovado cientificamente. Então, diferentemente de outras áreas, a área acústica ainda sofre muito com essa falta de preocupação do usuário, uma falta de preocupação com a sua própria saúde.

Acredito que a Norma de Desempenho serve para preencher essa falta de atenção com a acústica. Além de dar um suporte para, no caso de um desentendimento entre usuário e construtor, exista um parâmetro de engenharia que sirva de suporte para um que o juiz possa julgar corretamente esse desentendimento. Antes da Norma de Desempenho, tínhamos somente as normas NBR 10.151 e NBR 10.152.

Se fossem investidos mais recursos nas obras nessa área, isso poderia ser usado como uma vantagem comercial. Uma vez visitei uma construtora de Porto Alegre, e conversei com um dos diretores da época. Coloquei para ele, a importância do preenchimento de uma parede de gesso acartonado com a lã de vidro, vantagens de desempenho tanto acústico quanto térmico. O diretor falou que o preenchimento de lã de vidro acrescentaria quinze milhões de reais anuais nas obras. Então o questionei porque não mostrar ao cliente aquele acréscimo de qualidade e ganhar o mercado do concorrente. O diretor foi cético, dizendo que essa ideia não funcionava e que o mercado não funciona dessa maneira.

### **Quais normas são utilizadas como referência para a prestação dos serviços?**

As normas, NBR 10.151:2000 e NBR 10152:1987 para medições e avaliação de ruído.

### **Quais tipos de soluções de tratamento acústico a empresa tem trabalhado?**

Basicamente o grande problema das edificações residenciais são as lajes. Cada vez são menos espessas, mais leves e com menos massa o som se propaga mais. Então, temos trabalhado com forro de gesso preenchido com lã de vidro no apartamento de baixo. Essa medida já isola bastante. Se o nível de ruído não for tão grande, trabalhasse com uma ou duas camadas de forro de gesso. Se o problema é pior, utilizasse três a quatro camadas de forro de gesso, com a possibilidade de variar as distâncias entre os forros. É importante não deixar um grande espaço de ar entre a lã de rocha e a camada superior a fim de evitar o efeito de ressonância nesse espaço. O piso flutuante ainda é pouco utilizado, somente no caso de pessoas que trabalham com som, como bateristas ou pianistas.

### **Existe dificuldade em encontrar fornecedores desempenhar as atividades do escritório com qualidade?**

É fácil colocar em prática um projeto de alto desempenho acústico, mas obviamente depende da verba disponível pelo cliente para implementar a solução. Certa vez fui contratado para fazer o isolamento acústico de uma laje com piso aquecido, foi desafiador porém cheguei a uma solução três vezes mais cara que a convencional. Como o cliente tinha interesse em investir, o isolamento foi implementado e funcionou. Algumas vezes o desempenho que o cliente necessita não pode ser alcançado devido ao orçamento restrito desse cliente. Infelizmente estamos limitados na questão de materiais e até métodos construtivos que tem um certo custo, e que para alguns pode se tornar um problema.

### **Existem construtores que procuram os serviços de projetos acústicos para implementarem nos edifícios residenciais?**

Até hoje, somente uma construtora nos procurou para prestar uma consultoria de projetos acústicos. Em geral, as construtoras nos procuram depois de já terem problemas acústicos e precisam de uma solução. Espero que mude isso.

### **O escritório trabalha com softwares de simulação computacional?**

Sim. Trabalho com o equipamento da Bruel junto com os quais acompanham sistemas de simulação computacional que utilizamos no escritório. Os softwares tem sido mais utilizados na questão de interferência de máquinas em um ambiente industrial.

### **Deixo espaço para acrescentar algo.**

Eu acho que existe a necessidade de uma maior preocupação por parte do usuário, independente de classe social, para que o ambiente que ele escolher morar seja um local adequado e com um mínimo conforto. Acho que as indústrias devem tratar com mais seriedade as questões de ruído no ambiente de trabalho, elas têm um papel fundamental no desenvolvimento do país porém, são as grandes geradoras de problemas de saúde dos trabalhadores. Devemos desenvolver o país tendo a saúde e proteção do trabalhador junto disso. O Ministério do Trabalho está fazendo um trabalho louvável, de exigir não somente a utilização de EPI's pelos trabalhadores mas tirar o ruído na fonte. Deveria existir um maior esforço de divulgação dos problemas de ruídos que estamos enfrentando, e das normas que estabelecem as exigências que são de direito dos usuários e trabalhadores dos ambientes em que vivemos e convivemos. Engenheiros, arquitetos, técnicos, a sociedade como um todo devem se juntar para tentar mudar os problemas de desempenho acústico dos ambientes.

## **ENTREVISTA ESPECIALISTA 1**

### **Quais são os serviços disponibilizados pela empresa para avaliação de desempenho acústico?**

O escritório trabalha com duas vertentes principais. A primeira trata de projetos de isolamento acústico. A segunda trata de projetos de condicionamento acústico no qual estão inseridos os trabalhos de acústica geométrica, análise do tempo de reverberação e avaliação de inteligibilidade da fala.

Ainda, prestamos serviços de avaliação acústica relacionados com licenciamento ambiental. Por exemplo, execução de planos de monitoramento de ruído.

### **Qual é a estrutura organizacional da empresa? A equipe é suficiente para suprir a demanda por esses serviços? Existe dificuldade para encontrar pessoal capacitado na área de acústica?**

A produção técnica do escritório é de minha responsabilidade. Tenho dois estagiários de arquitetura que auxiliam na produção gráfica. Diria que poucas pessoas realmente dominam os conhecimentos de acústica arquitetônica, principalmente pelo fato de existirem poucos cursos que tratem sobre o assunto no nível de exigência que o mercado propõe. Pessoas que já trabalharam conosco, geralmente, precisam passar por um grande período de aprendizagem em termos de teoria acústica. Tanto os cursos de graduação em engenharia civil e arquitetura não tratam do assunto adequadamente.

A única referência, atualmente, em termos de formação de profissionais capacitados da área é o curso de graduação em engenharia acústica da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria).

### **Quais normas são utilizadas como referência para a prestação dos serviços?**

Os serviços prestados procuram respeitar, primeiramente, os decretos municipais, pela hierarquia jurídica relativas às normas NBR 10.151:2000 e NBR 10.152:1987. Caso o município em questão, não relacione exigências de poluição acústica mínimas, utiliza-se como parâmetro as Normas citadas anteriormente.

### **Nota-se a demanda de construtores questionando sobre a Norma de Desempenho?**

Tivemos alguns construtores que nos buscaram para desenvolver projetos acústicos que estivessem dentro das exigências da Norma de Desempenho. Vejo que poucos entendem quais são as exigências da Norma e, por isso, demonstram apreensão, por estarem sujeitos a sofrer um possível processo judicial caso não cumpram as exigências definidas.

As principais preocupações estão relacionadas ao isolamento de ruído de impacto em lajes e o isolamento ao ruído aéreo entre unidades habitacionais de diferentes proprietários, obviamente, por tratarem-se das principais reclamações que os proprietários das unidades apresentam.

Os critérios estabelecidos pela Norma de Desempenho, em relação ao desempenho acústico de lajes (sistemas de piso), restringem a utilização de, basicamente, um tipo de solução, a laje zero, ou seja, grande parte dos construtores já estão dentro das exigências mínimas estabelecidas pela Norma. Algo interessante, é que no momento em que isso fica esclarecido para o construtor, muitos deles, procuram algum tipo de solução construtiva que lhes dê um melhor desempenho acústico.

### **Quais soluções de atenuação de ruído tem sido utilizados mais frequentemente?**

Piso flutuante. Utiliza-se também mantas acústicas produzidas por diversos tipos de fabricantes e com diversas composições que são uma das soluções naturais para atenuação de ruído. Temos testes de diversos tipos de mantas solicitados por nossos clientes.

### **O escritório trabalha com softwares de simulação computacional? Existe dificuldade em encontrar fornecedores desempenhar as atividades do escritório com qualidade?**

Sim, trabalhamos com a comparação de, pelo menos, três resultados diferentes para uma mesma avaliação acústica. A primeira extraída a partir de um software estrangeiro. A segunda resultado de cálculos próprios baseados no referencial bibliográfico atual. Por último, dados obtidos através de testes de laboratório atendendo ao IPT

Os dados são comparados e determinam um resultado final para a análise acústica.

Em geral, os equipamentos que tem resultados em valores mais expansivos são confiáveis e são equipamentos estrangeiros.

**Existe resistência, por parte das construtoras, no cumprimento das exigências da norma?**

Toda mudança gera uma resistência, isso está relacionado a uma reação natural. Para que seja efetivada uma mudança, deve-se gastar energia, algo que geralmente não é bem-vindo.

**Existem investimentos de ordem pública ou privada dentro da área de acústica arquitetônica?**

Particpei da produção de um livro de iniciativa da UFRGS, com título Casa Autossustentável. A COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia) da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) tem desenvolvido pesquisas na área de acústica em aeroportos. e a UFSM desenvolve muitas pesquisas no campo laboratorial.

A Petrobras tem solicitados serviços dentro da área de licenciamento ambiental.

**Existe consenso, entre construtoras e meio acadêmico, nos critérios estabelecidos pela norma de desempenho acústico? Os critérios colocados são muito permissivos?**

A Norma de Desempenho, colocada como está, é definitiva nos seus critérios. A Norma já teve sua primeira versão sendo discutida a bastante tempo, portanto, os critérios colocados na Norma não são de aspecto flexível, e se manterão dessa maneira, creio.

**Algo a mais para acrescentar, além do abordado pelo questionário?**

Um ponto importante que não deve ser negligenciado é de que a NBR 10.151 e que recomendam níveis de pressão sonora para diferentes situações estipulam critérios que, ao meu ver, são falhos por desconsiderarem a influência do ruído de fundo. Por exemplo, no caso de uma boate que esteja produzindo um ruído que possa interferir num ambiente hospitalar.

Acredito que essa norma desconsidere fatores importantes da realidade do ambiente em que será feita a avaliação acústica. Diferentemente disso, a legislação de Porto Alegre, determina que o ruído de fundo seja levado em consideração na avaliação da poluição sonora