

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONFORTO ACÚSTICO DE RESIDÊNCIA EM CONCRETO AUTO-PORTANTE – ESTUDO DE CASO

LAUXEN, Fabiane¹
SOUSA, Renata Esser²

RESUMO

Durante muito tempo, as questões relacionadas ao desempenho acústico das edificações tiveram pouca importância. Devido a isto, muitas das edificações além de não proporcionar um conforto acústico aos seus usuários, comprometem sua saúde física e psicológica. Através de pesquisa, foi constatado que não houve em Cascavel-PR um estudo realizado para averiguar o conforto acústico de edificações feitas de concreto auto-portante. Neste sentido, para suprir essa deficiência existente, buscou-se fazer uma avaliação dos parâmetros de conforto acústico de residências em concreto auto-portante (estudo de caso). Assim, esse trabalho analisou o conforto acústico em uma edificação em concreto auto-portante na cidade de Cascavel, indicando também se esta edificação está de acordo com o que recomenda a norma NBR 10151/00. Essa avaliação compreendeu revisão de literatura, seleção da edificação, coleta de valores dos níveis de ruído internos e externos da edificação em estudo. Os dados obtidos foram confrontados com os valores estipulados pela norma, tendo como principais resultados o fato de que a verticalização da edificação influenciou no conforto acústico dos dormitórios da residência e que a edificação em questão apresentou resultados razoavelmente confortáveis para a fonte de ruído a qual está submetida.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto Acústico. Concreto Auto-Portante. NBR 10.151/00.

EVALUATION OF COMFORT ACOUSTIC PARAMETERS OF RESIDENCE IN CONCRETE SELF-SUPPORTING - CASE STUDY

ABSTRACT

For a long time, issues related to the acoustic performance of buildings had little importance. Because of this, besides many edifications don't provide an acoustic comfort for its users, they compromise their physical and psychological health. Gathering some resources and research it has been concluded that there wasn't in Cascavel - PR a study conducted to investigate the acoustic comfort in buildings made of self-supporting concrete. In this line of thinking, to supply this deficiency exists, we sought to evaluate the parameters of acoustic comfort of residences in self-supporting concrete (case study). Thus, this work analyzed the acoustic comfort in a building in self-supporting concrete in the city of Cascavel, also indicating if this building is in tune with what recommends the regulation NBR 10151/00. This evaluation included a literature review, selection of the building, collected the values of the levels of internal and external noise from the building under study. The data obtained were compared with the values stipulated by the regulation, the main results from the fact that the vertical integration of building influenced the acoustic comfort of the bedrooms of the residence and that the building in question had reasonably comfortable results for the noise source which is submitted.

KEYWORDS: Acoustic comfort. Self-supporting concrete. NBR 10.151/00.

1 INTRODUÇÃO

No passado, pouco se preocupava com os aspectos de conforto ambiental na hora de se projetar as edificações. Muitos projetos eram padronizados e em outros casos procurava-se adequar as edificações às condicionantes acústicas após o término da construção. Atualmente, os homens têm se tornado cada vez mais exigentes em relação à qualidade de vida, principalmente em relação ao conforto que os ambientes em que vivem lhes proporcionam.

Por outro lado, com o avanço das tecnologias surgem inúmeros materiais que são comumente utilizados nas construções civis destinadas, entre outros, ao uso residencial. A concepção correta de um sistema construtivo melhora a eficiência energética e o conforto ambiental de uma edificação.

Nesse contexto, percebe-se a prática de utilização de vários materiais no processo construtivo que se diferencia da alvenaria convencional, entre eles, o uso de concreto maciço, o chamado concreto auto-portante. Apesar desse sistema construtivo apresentar maior produtividade e menor desperdício, para a consolidação da utilização do mesmo ainda são necessários alguns estudos sobre as suas propriedades, principalmente para a sua utilização na cidade de Cascavel – PR, onde não houve ainda um estudo para se avaliar o conforto acústico que essas edificações proporcionam ao seu usuário.

Nesse sentido, há interesse em desenvolver um trabalho que contemplasse a verificação do desempenho acústico de apartamentos feitos de concreto auto-portante na cidade de Cascavel – PR, de maneira a possibilitar a orientação para o uso de referido material em novas construções de habitações.

O objetivo geral deste trabalho é realizar o estudo de caso, através de coleta de dados in loco, do conforto acústico em apartamentos feitos de concreto auto-portante, sendo os objetivos específicos:

- Realizar pesquisa bibliográfica para estudo da arte;
- Apresentar os diversos fatores que interferem no conforto acústico no que se refere às exigências de projeto;
- Avaliar o desempenho acústico da edificação a partir de metodologia descrita na NBR 10.151/000;

¹ Acadêmico de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Assis Gurgacz, formando em 2014. Aluno de PICV (Pesquisa de Iniciação Científica Voluntária) do Grupo de Pesquisa Guedau – Estudos e Discussão de Arquitetura e Urbanismo, em pesquisa que originou o presente artigo. E.mail: fafalauxen@hotmail.com.

² Professor orientador da presente pesquisa. Arquiteta Especialista em Projeto e Concepção do Espaço Construído e Mestranda no Programa Associado de Pós Graduação em Metodologia de Projeto de Arquitetura e Urbanismo (UEM-UEL). E.mail: re_esser@hotmail.com.

- Confrontar os níveis de ruído encontrados na edificação com os níveis de conforto acústico estipulados pela NBR 10.152/87.

A fundamentação teórica será dada, principalmente e não unicamente, por:

- ALMEIDA, M; SILVA, S; FERREIRA, T. Física das Construções: Acústica Ambiental e de Edifícios. Licenciatura em Engenharia Civil. Cidade de Braga, Portugal. 2007.
- 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.
- _____. NBR 10.152: Acústica – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

O trabalho trata de um estudo descritivo e observacional, onde foi realizada a avaliação do atendimento às normas de conforto acústico definidas na NBR 10.151/00. Essa avaliação compreendeu revisão de literatura, seleção da edificação, coletada de valores dos níveis de ruído internos e externos da edificação em estudo. Os dados obtidos foram confrontados com os valores estipulados pela norma, para então concluir-se a respeito do desempenho acústico de apartamentos feitos de concreto auto-portante na cidade de Cascavel – PR.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 NBR 15.575/13

Em 2008 foi aprovada a norma NBR 15.575 que trata de desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Em vigor desde maio de 2010, essa norma é de extrema importância, pois estabelece parâmetros de desempenho que até então não existiam e tem por finalidade a avaliação final do produto para que uma edificação seja entregue aos seus usuários com as condições mínimas de conforto, habitabilidade e uso. Um dos itens dessa norma está associada ao desempenho acústico, estabelecendo métodos e critérios em partições internas, bem como em pisos e fachadas de edifícios residenciais. (NETO E BERTOLI, 2008).

A NBR 15.575-4/13 nos diz que a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas. A mesma apresenta critérios para três níveis de desempenho acústico, sendo M – para nível mínimo; I – para nível intermediário e S – para nível superior.

A tabela 01 a seguir apresenta recomendações relativas a outros níveis de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, a 2 m da vedação externa, D2m,nT,w, para ensaios de campo, que é o objeto de estudo desse trabalho.

Tabela 01 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, D2m,nT,w, para ensaios de campo

Classe de Ruído	Localização da Habitação	D2m,nT,w [dB]	Nível de Desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20	M
		≥25	I
		≥30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25	M
		≥30	I
		≥35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥30	M
		≥35	I
		≥40	S

Fonte: NBR 15.575-4/13

2.2 PROJETOS DE ACÚSTICA ARQUITETÔNICA

Segundo Marco (1982), das muitas atividades nas quase ocorre a acústica, a acústica arquitetônica abrange duas áreas características:

Defesa contra o ruído: faz-se necessário abrandar e/ou eliminar os sons indesejáveis e/ou ruídos excessivos, situação essa que se refere tanto aos ruídos que sejam reproduzidos no interior dos ambientes quanto aos alheios ao ambiente.

Controle de sons no recinto: Faz-se imprescindível igualar o som a fim de preservar a sua qualidade e inteligibilidade (com o intuito de se conseguir uma comunicação sonora audível em ambientes como salas de aula, teatros e auditórios), esquivando-se dos habituais problemas acústicos: ecos, ressonâncias e reverberação excessiva.

Observa-se com muita frequência que os itens de conforto encontrem-se num plano secundário no que diz respeito ao projeto da edificação, comumente passando essa questão a ser mencionado (pelo usuário), após o edifício estar finalizado e entregue. Com isso, depois de terminadas as edificações, muitas vezes, torna-se impossível, dispendioso e/ou difíceis de executar as precisas adequações necessárias para se atingir as condições mínimas de conforto. (NETO E BERTOLI, 2008).

Visualizando os diversos tipos comuns de obras, o projeto acústico de uma edificação precisa obedecer a um roteiro relativamente idêntico. Segundo Silva (2002), existe um roteiro básico de qualquer projeto acústico. Vejamos os itens abaixo discriminados:

- 1) Levantamento dos ruídos locais: mapeamento das fontes de ruídos existentes;
- 2) Lançamento do projeto: isolamento dos sons; prognósticos de tratamento acústico de superfície; estudo das formas e superfícies interiores;
- 3) Cálculos: absorção; reverberação; isolamento acústico, etc;
- 4) Estudos de detalhes: fundações; pisos e lajes; tetos e forros; paredes e repartições; portas, janelas e outras aberturas;
- 5) Cuidado com as instalações especiais: condicionamento de ar e ventilação; iluminação e instalações elétricas; hidráulico-sanitárias, etc.

Sendo o tratamento acústico da fachada constantemente muito complexo, evidenciando-se às bases necessárias para o projeto acústico, torna-se recomendável furtar-se de disposições que possibilitem a reflexão do som (por exemplo.: superfícies côncavas voltadas para a rua, construções opostas, paralelas, frente a frente, etc.). Existem diversos recursos para se obter uma diminuição do nível de ruído: o afastamento de uma fachada numa rua movimentada; a implantação de jardins ou pátios e a plantação de árvores copadas (soluções essas que tem êxito garantido nos andares inferiores dos prédios).

Em se tratando da escolha da estrutura da edificação, as estruturas heterogêneas são favoráveis à não propagação de ruídos. Contudo, sendo a estrutura homogênea por custo do projeto, aplica-se uma separação dos elementos leves da ossatura do prédio, construindo-os de tal forma que não possuam frequências de ressonância.

A escolha dos revestimentos interiores, segundo o mesmo autor, é comumente influenciadora do tempo de reverberação, ou seja, da acústica interior, estando classificados em três categorias: muito refletores, ligeiramente absorventes e muito absorventes.

Especialmente para os ruídos de impacto, o revestimento do piso deve ser considerado tanto ao seu coeficiente refletor quanto ao ponto de vista do isolamento. Na ausência de piso flutuante, comumente todos os pisos rijos e delgados sobrepostos ao cimentado são muito vulneráveis aos sons de impacto, transmitindo-os totalmente, contudo o uso de carpete torna-se uma solução paliativa para essa ocorrência.

Comumente, o conforto acústico total só pode ser obtido devido a uma dedicação extrema do arquiteto, desde o plano geral até os revestimentos. Os resultados obtidos serão sempre aceitáveis graças à atenção do projetista e ao dispêndio prévio de algumas despesas, que na maioria das vezes são menosprezadas.

3 APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO

A pesquisa, segundo Gil (1991), pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos, sendo desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos.

De acordo com Mukai (2003), a classificação da pesquisa científica pode ser estabelecida de quatro maneiras: quanto aos objetivos; quanto à forma de abordagem; quanto à natureza e quanto aos procedimentos adotados.

Com base em seus objetivos, é usual a classificação das pesquisas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. O presente trabalho enquadra-se como Pesquisa Exploratória, no qual tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses (GIL, 1991).

Com relação à natureza da pesquisa, caracteriza-se como um estudo de caso, que busca analisar a unidade de forma profunda. Segundo Gil (1991), o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, possuindo sua maior utilidade verificada nas pesquisas exploratórias.

Quanto à forma de abordagem do problema a pesquisa caracteriza-se como uma Pesquisa Quantitativa.

Do ponto de vista dos procedimentos adotados, o presente trabalho consiste em um estudo descritivo e observacional, onde será realizada a avaliação do atendimento às normas de conforto acústico definidas na NBR 10151/00. Essa avaliação compreenderá revisão de literatura, seleção da edificação, coletada de valores dos níveis de

ruído internos e externos da edificação em estudo e cálculo dos tempos de reverberação. Os dados obtidos serão confrontados com os valores estipulados pela norma, para então concluir-se a respeito do desempenho acústico de apartamentos feitos de concreto auto-portante na cidade de Cascavel – PR.

As referências teóricas desse trabalho foram realizadas através de uma revisão bibliográfica que englobou vários aspectos relacionados ao conforto acústico, sendo que com esses dados, obteve-se as informações necessárias para realizar a comparação entre os aspectos considerados ideais do conforto acústico na edificação estudada.

3.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

3.1.1 Localização

O experimento está localizado na cidade de Cascavel, a qual situa-se no terceiro planalto do estado, na região oeste paranaense, com uma altitude média de 785 metros e uma área de 2.091 km². A cidade possui como limites geográficos ao norte: Toledo, Tupãssi, Cafelândia, Corbélia e Braganey; ao sul: Boa Vista da Aparecida e Três Barras do Paraná; ao leste: Campo Bonito e Catanduvas e ao oeste: Toledo, Lindoeste e Santa Tereza do Oeste (PORTAL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL, 2014). A Figura 01 a seguir nos mostra a localização de Cascavel no estado do Paraná.

Figura 01 – Localização de Cascavel

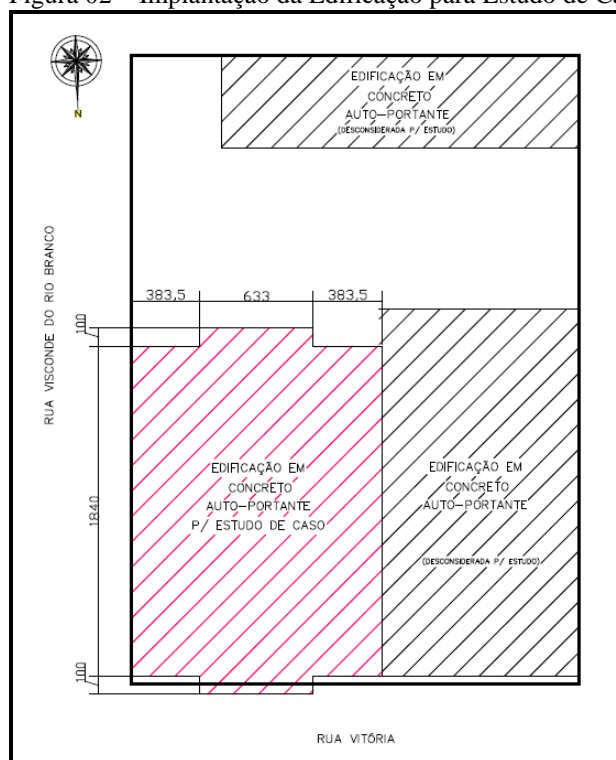


Fonte: Portal do Município de Cascavel (2014)

A edificação está localizada na latitude 24°57'51.07"S e longitude 53°28'19.65"O na Rua Vitória, esquina com Rua Visconde do Rio Branco, bairro Centro, sendo este o Edifício Seville, desenvolvido pela empresa E5 Projetos e Execuções.

A disposição da edificação no terreno ocorre de acordo com a “Figura 02” a seguir.

Figura 02 – Implantação da Edificação para Estudo de Caso.



3.1.2 Descrição das Características Físicas

O sistema construtivo baseia-se com o uso de painéis verticais de vedação com função estrutural, sendo executadas no local utilizando concreto armado. Nesse sistema construtivo, todos os painéis de uma edificação são produzidos de uma só vez e apresentam espessura de 10 cm de concreto maciço (SACHT, 2008).

O concreto utilizado é auto-adensável, com slump alto, grande trabalhabilidade e possui um aditivo de fibra de polipropileno, com a função de evitar a retração do concreto.

As esquadrias e parte dos sistemas elétrico e hidráulico, como tubulações, quadros, registros e caixas de passagem são posicionados no interior da forma nos locais previstos em projeto antes da concretagem. Assim, após o término da concretagem são obtidas todas as vedações da edificação com as esquadrias e parte dos sistemas elétrico e hidráulico já instalados.

Em relação ao revestimento de paredes, todas as paredes, exceto as azulejadas, possuem acabamento a base de gesso ou massa corrida, enquanto os banheiros possuem azulejos até o teto, a cozinha possui azulejo na parede hidráulica e a lavanderia possui azulejos na parede hidráulica até 1,5 m. A fachada externa possui acabamento à base de textura hidro-repelente enquanto a pintura interna é em tinta acrílica fosca Premium.

Todas as dependências dos apartamentos possuem piso cerâmico padrão “A” classificação PEI IV, enquanto os tetos tem acabamento à base de gesso ou massa corrida e pintura em tinta acrílica fosca, exceto os banheiros e lavanderias que possuem forro de gesso.

As portas internas são de madeira chapeada e as esquadrias das fachadas são de vidro temperado incolor 8mm, sendo as pingadeiras de janelas em granito cinza andorinha.

O pavimento tipo, constituído de 4 apartamentos, hall e escada, como será mostrado mais adiante, possui área total de 235,18 m², sendo que cada apartamento possui 54,45 m².

Todas as informações referentes às descrições das características físicas da edificação foram obtidas a partir do memorial descritivo do próprio residencial.

3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

A coleta de dados foi realizada nos dias 21 e 22 de setembro de 2014 e as medições foram realizadas de acordo com os procedimentos da NBR 10151/00. Foram realizadas medições externas e internas, sendo que internamente foram escolhidos 3 pontos em diferentes pavimentos (térreo, 1º pavimento e 2º pavimento), para, além da verificação do conforto acústico em residência de concreto auto-portante, podermos concluir a respeito da interferência acústica com relação ao aumento da altura do ponto coletado. Assim como, da mesma maneira, foram coletados os níveis de pressão sonora as 10 e as 22 horas, para concluirmos a respeito da interferência acústica em diferentes horários.

Os apartamentos escolhidos para as medições internas foram os apartamentos n. 14 e n. 24, do 1º e 2º pavimento respectivamente, e o ponto correspondente no pavimento térreo. Esses apartamentos foram escolhidos pela facilidade de acesso devido ao relacionamento com os moradores.

A coleta dos dados foi realizada através de um equipamento de simples operação manual, um decibelímetro portátil, cedido pela FAG (Faculdade Assis Gurgacz), da cidade de Cascavel – PR.

Para a avaliação acústica dos apartamentos, em um primeiro momento, foi formulado um roteiro, apresentado no apêndice A para realização das medições dos valores do nível de pressão sonora, que obedecesse a disponibilidade dos locais de coleta de dados.

No levantamento dos níveis de ruído externo, além do fato de que não foram efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza, como trovões, chuvas fortes, etc., assim como foram prevenidos o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de protetor, foram adotados os seguintes procedimentos:

- 1) Medições dos valores do nível de pressão sonora externos foram realizadas em pontos afastados aproximadamente 1,20 m do piso e 2 m de ambas as paredes da esquina da Rua Vitória com a Rua Visconde do Rio Branco, na calçada do térreo.

Para as medições no interior dos apartamentos selecionados, os procedimentos adotados foram os seguintes:

- 2) Medições foram realizadas a uma distância de 1,0 m do piso e de quaisquer paredes do quarto escolhido, com as janelas e portas do apartamento fechadas;
- 3) Foram realizadas três medições em cada pavimento (quarto), espaçadas entre si de 0,5 metros. Para auxiliar na medição, foi utilizado um tripé para manter o aparelho sempre na mesma posição e distância.
- 4) Em cada uma das três medições foram coletados três valores do nível de pressão sonora, onde para cada posição realizada, o valor de pressão sonora equivalente foi calculado conforme a equação a seguir:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

Onde:

L_i – nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído;
 n – número total de leituras.

O nível de pressão sonora no interior é o resultado da média aritmética dos valores de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) calculada para os três pontos distintos.

Lembrando ainda que o nível externo e o primeiro nível interno de cada pavimento foram medidos ao mesmo tempo, visto que o ruído de tráfego pode influenciar no desempenho acústico da edificação.

O ponto de medição externo e o ponto de medição interno no térreo, assim como os pontos de medição internos referentes aos apartamentos n. 14 e n. 24 estão indicados, respectivamente, na Figura 03 e Figura 04 a seguir.

Figura 03 – Pontos de Medições Externo e Interno no Térreo.

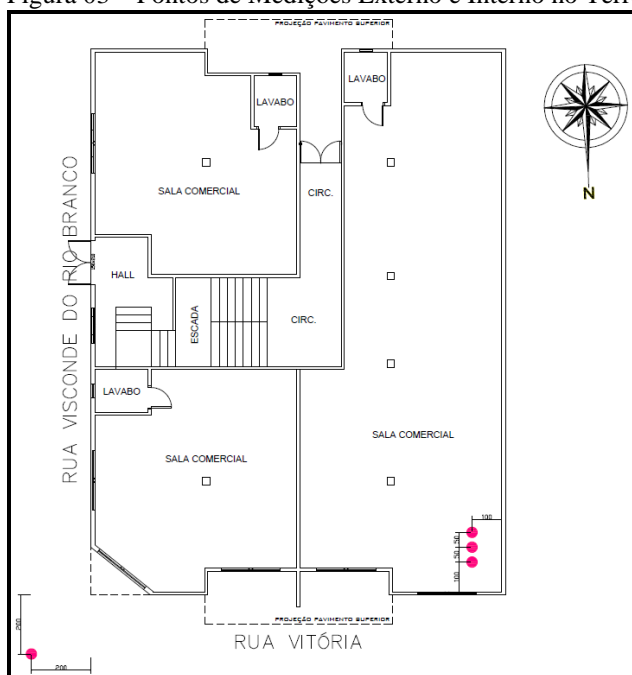
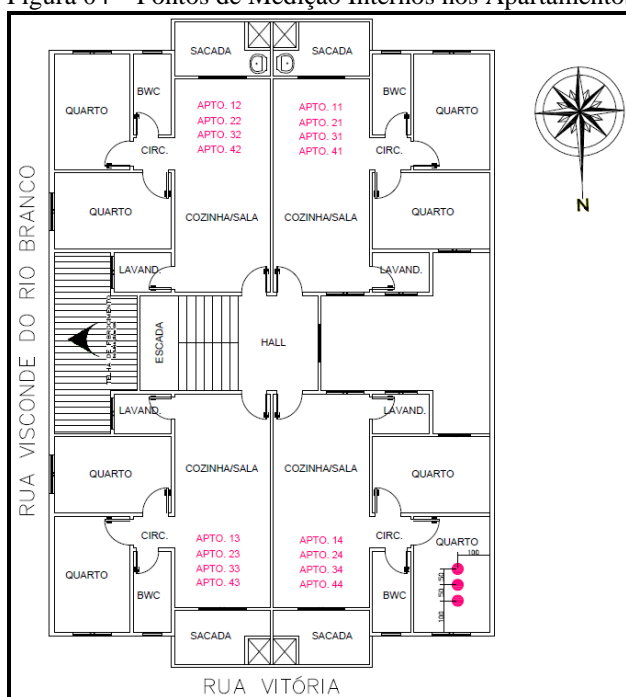


Figura 04 – Pontos de Medição Internos nos Apartamentos.



3.3 MÉTODO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO

O método de avaliação do ruído está de acordo com as prescrições da NBR 10151/00, e se baseia em uma comparação entre o nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, fixados pela tabela 02 da NBR 10.152/87 a seguir.

Tabela 02 – Níveis de Ruído Compatíveis com o Conforto Acústico

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos	35-45	30-40
Laboratórios, áreas para uso do público	40-50	35-45
Serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aula, laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, salas de estar	40-50	35-45
Portaria, recepção, circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concertos, teatros	30-40	25-30
Salas de conferências, cinemas, salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes	40-50	35-45
Escritórios		
Salas de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, salas de projetos e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e templos (cultos meditativos)	40-50	35-45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: NBR 10152:1987

4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

4.1 AVALIAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Com base nos dados coletados na edificação, foram elaboradas as Tabelas 03 e 04 a seguir, com os níveis de pressão sonora equivalentes, medidos nos pontos internos e externos da edificação, sendo a Tabela 03 referente aos pontos medidos no período da manhã (10 horas), e a Tabela 04 referente aos pontos medidos no período noturno (22 horas). Lembrando que, não foi possível medir os pontos internos referentes à sala comercial no período noturno, visto que o proprietário da sala não estava no momento.

Tabela 04 – Níveis de Pressão Sonora Equivalentes – Período Noturno.

Diurno					
Ponto	Externo (dB(A))	Interno			
		Ponto 1 (dB(A))	Ponto 2 (dB(A))	Ponto 3 (dB(A))	Média (dB(A))
Sala Comercial	69,99	51,39	53,25	51,52	52,05
Apto N. 14	73,73	50,93	42,28	44,23	45,81
Apto N. 24	76,35	44,22	51,88	42,70	46,26

Tabela 03 – Níveis de Pressão Sonora Equivalentes – Período Diurno. (Fonte: Dados da Pesquisa)

Noturno					
Ponto	Externo (dB(A))	Interno			
		Ponto 1 (dB(A))	Ponto 2 (dB(A))	Ponto 3 (dB(A))	Média (dB(A))
Apto N. 14	56,17	43,88	41,59	42,49	42,65
Apto N. 24	65,58	42,09	42,19	41,73	42,00

Fonte: Dados da Pesquisa

Pelas tabelas 03 e 04, pode-se observar que os menores níveis de pressão sonora equivalentes foram registrados no período noturno, enquanto os maiores níveis foram registrados no período diurno.

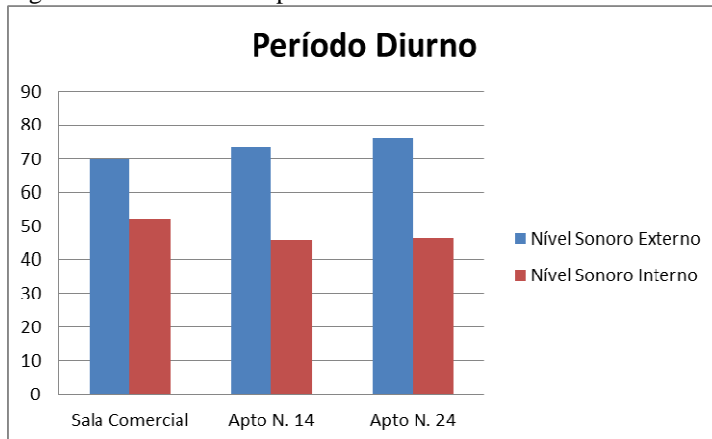
Os valores dos níveis de pressão sonora equivalentes encontrados, em medições externas foram de 73,35 dB(A), com desvio padrão de 3,19 dB(A), e média 60,87 dB(A), com desvio padrão de 6,65 dB(A), respectivamente aos períodos diurno e noturno. Tais valores estão muito acima do limite aceitável preconizado pela NBR 10151/00 que é de 55 dB(A) e de 50 dB(A), respectivamente diurno e noturno, para área mista, predominantemente residencial. Nota-se que, embora a área da edificação seja predominantemente residencial, trata-se de uma via rápida de ligação entre diferentes pontos da cidade, com alto tráfego de veículos, e por isso, os valores encontrados estão muito acima do limite aceitável.

Em se tratando das áreas internas observadas, o estudo mostrou que os valores dos níveis de pressão sonora equivalentes encontrados foram de 48,04 dB(A), com desvio padrão de 3,48 dB(A), e média 42,32 dB(A), com desvio padrão de 0,46 dB(A), respectivamente aos períodos diurno e noturno. Os valores referentes ao período noturno encontram-se dentro da faixa de conforto estipulada pela NBR 10152/87, que varia de 35 dB(A) a 45 dB(A) para dormitórios em residências, porém os valores referente ao período diurno encontram-se todos acima da faixa de conforto.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS QUANTO AOS NÍVEIS DE CONFORTO FIXADOS PELA NBR 10152/87

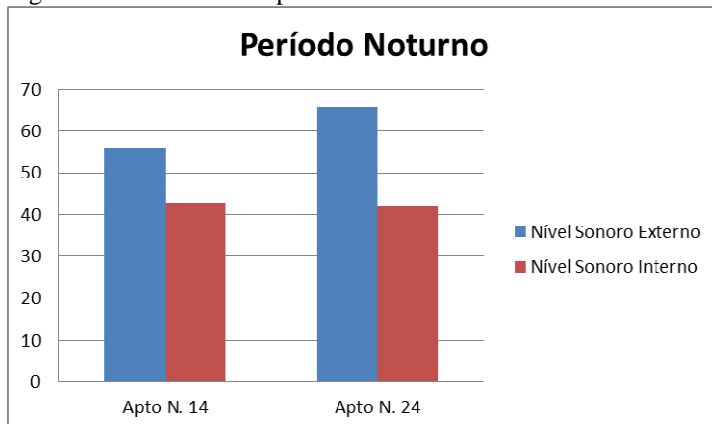
Para verificar o comportamento acústico da edificação considerando a coleta de dados nos diferentes períodos e nos diferentes pavimentos, foram correlacionados os valores coletados nas figuras 05 e 06 a seguir.

Figura 05 – Gráfico Comparativo Entre Níveis De Pressão Sonora Externo e Interno Referente Ao Período Diurno.



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 06 – Gráfico Comparativo Entre Níveis De Pressão Sonora Externo e Interno Referente Ao Período Noturno.



Fonte: Dados da Pesquisa

Observa-se que os valores externos coletados, em ambos os períodos, crescem de acordo com o pavimento da edificação, porém é importante salientar que trata-se de uma coincidência, visto que todos os valores externos foram coletados no mesmo ponto no pavimento térreo, conforme descrito no capítulo anterior.

Já com relação aos valores internos, observa-se que, de maneira geral, os valores decrescem na medida em que a altura do ponto coletado aumenta, com exceção do valor coletado no período diurno no apartamento n. 24. Isso ocorre devido ao fato de que a fonte de ruído, no caso os veículos, se encontra na rua, e a medida que a distância entre o ponto coletado e a fonte de ruído aumenta, o valor de nível sonoro interno diminui. Durante a medição do segundo ponto no apartamento n. 24, um carro de som passou na rua, aumentando o valor médio do ruído nesse apartamento, conforme mostrado na tabela 03 anteriormente. Porém, nota-se, que mesmo com esse valor decorrente de um motivo particular, se comparado o valor médio referente ao apartamento n. 14 (45,81 dB(A)) com o apartamento n. 24 (46,26 dB(A)), o acréscimo do ruído foi muito pequeno, na faixa de 0,45 dB(A), o que comprova a conclusão de que a medida que a altura do ponto coletado aumenta o nível de ruído diminui.

Conforme descrito anteriormente, verifica-se que a localização da edificação proporciona um ruído externo muito acima do limite aceitável preconizado pela NBR 10151/00, aumentando conseqüentemente o nível de ruído interno da edificação, o que deixa os dormitórios dessa edificação fora dos níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico, fixados pela NBR 10152/87.

Vale lembrar, porém, que essa característica é oriunda do fato da edificação estar localizada em uma área de muito tráfego, e não das características construtivas da edificação.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS DE ACORDO COM A NBR 15575-4/13

Para ser possível concluir a respeito do conforto acústico quanto às características construtivas da edificação, será utilizado como base a NBR 15.575-4/13, que fala a respeito da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, já exemplificado no capítulo 3.1.

As tabelas 05 e 06 a seguir apresentam o resumo dos dados coletados, e estabelece a diferença dos níveis sonoros internos e externos coletados.

Tabela 05 – Resumo dos Dados Coletados – Período Diurno

Diurno			
Ponto	Externo (dB(A))	Interno (dB(A))	Diferença (dB(A))
Sala Comercial	69,99	52,05	17,94
Apto N. 14	73,73	45,81	27,92
Apto N. 24	76,35	46,26	30,09

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 06 – Resumo dos Dados Coletados – Período Noturno.

Noturno			
Ponto	Externo (dB(A))	Interno (dB(A))	Diferença (dB(A))
Apto N. 14	56,17	42,65	13,52
Apto N. 24	65,58	42,00	23,58

Fonte: Dados da Pesquisa

Nas tabelas 05 e 06 pode-se observar que, tanto no período diurno quanto noturno, a medida em que a altura do ponto coletado aumenta com relação ao ponto de ruído, a diferença do nível de ruído externo e interno aumenta, o que favorece os pavimentos superiores quanto ao conforto acústico.

Com relação a análise dos dados de acordo com a NBR 15575-4/13, a tabela 01 descrita no capítulo 2.1, traz as diferenças padronizada de nível ponderada da vedação externa. A edificação em estudo se enquadra na Classe de Ruído I, pois está localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas, visto que ao seu redor não há nenhuma indústria ou fonte de ruído de grande magnitude, sendo que a única fonte de ruído é o tráfego.

De acordo com as tabelas 01, 05 e 06, verifica-se que, no período diurno, com exceção da sala comercial no pavimento térreo, ambos os apartamentos n. 14 e n. 24 obtiveram resultados satisfatórios quanto ao conforto acústico, visto que a diferença do nível de ruído foi maior que 20 dB(A), sendo que o apartamento n. 14 enquadrou-se no nível intermediário, enquanto o apartamento n. 24 no nível superior.

Já com relação ao período noturno, as diferenças de níveis de ruído externo e interno foram menores, o que enquadrou apenas o apartamento n. 24 no nível mínimo de diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a argumentação de DIAS et al apud Alberti (2013), a maioria dos sons (sejam eles agradáveis ou não), podem trazer vários efeitos sobre o corpo humano, tanto uma sensação de bem estar e alegria, quanto sensações desagradáveis, tais como: irritação, mal estar e desconforto físico. Seguindo ainda essa reflexão, os sons, quando muito elevados (irritantes), chegam a propiciar a dor física.

Característicos dos centros urbanos, onde os sons são mais frequentes e intensos, os problemas relacionados ao ruído urbano e a acústica de um modo geral têm se agravado ao longo dos últimos anos. Apesar de conhecedores desses problemas (e, por muitas vezes, vítimas dele), constata-se que os profissionais de arquitetura e engenharia têm se descuidado dos aspectos acústicos nos projetos de arquitetura, gerando uma série de transtornos e insatisfação em seus usuários, conforme argumentado por Oliveira et al (SEM DATA).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) está empenhada na elaboração de Normas Técnicas, que contemplem a Acústica nas Edificações. A legislação brasileira sobre níveis sonoros ambientais estabelece índices difíceis de serem conseguidos, tendo em vista que as vias urbanas, em geral, apresentam péssimas condições e a frota de veículos em circulação aumenta consideravelmente e possui idade avançada e manutenção precária.

A partir dos resultados descritos neste trabalho podemos chegar às seguintes conclusões:

- 1) Em se tratando de níveis de pressão sonora, a edificação escolhida para estudo se enquadra fora dos padrões exigidos pela NBR 10.151/00 para conforto no ambiente externo, devido à localização da edificação, que está construída em região com alto tráfego de veículos.
- 2) Com relação aos níveis internos, os valores referentes ao período noturno encontram-se dentro da faixa de conforto estipulada pela NBR 10.152/87, porém os valores referentes ao período diurno encontram-se todos acima da faixa de conforto. Vale lembrar, porém, que essa conclusão é oriunda da localização da edificação e não das características construtivas da mesma.
- 3) De acordo com a NBR 15.575-4/13, a edificação obteve resultados satisfatórios quanto à diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, principalmente no período diurno, em que há maior tráfego de veículos, em que quanto maior a altura do ponto coletado do nível de ruído, maior a diferença do nível quando comparado com o valor externo.

Sugere-se para futuras edificações de concreto auto-portante o estudo de diferentes materiais que utilizados em conjunto com o concreto, melhoraria o conforto acústico da residência, entre eles lâ de vidro, lâ de rocha e borracha sintética.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.

_____. **NBR 10.152: Acústica – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.

_____. **NBR 10.575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.

_____. **NBR 10.575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ALBERTI, A. V. **Avaliação do Conforto Acústico das Salas de Aula da Unioeste – Campus Cascavel**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013.

ALMEIDA, M.; SILVA, S.; FERREIRA, T. **Física das Construções: Acústica Ambiental e de Edifícios**. 2007. Monografia. (Licenciatura em Engenharia Civil) Escola de Engenharia – Universidade do Minho, 2007.

DÍAS, A. **Avaliação das Condições de Conforto Térmico e Acústico de Salas de Aula em Escola de Tempo Integral – Estudo de Caso da Escola Padre Josimo em Palmas (TO)**. 2009. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 1991.

MARCO, C. S. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Studio Nobel, 1982.

MUKAI, H. **Proposta de Modelo de Gestão Ambiental Baseado na Comunidade – Estudo de Caso no Lago Municipal de Cascavel - PR**. 2003. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

NETO, M. F. F.; BERTOLI, S. R. Conforto Acústico em Edifícios Residenciais. **V Congresso Ibérico de Acústica**. Coimbra, Portugal, 2008.

PORTAL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL. A Cidade – Localização. Disponível em:
<<http://www.cascavel.pr.gov.br/localizacao.php>>. Acesso em: 03 de agosto de 2014, às 09:35.

SACHT, H. M. **Painéis de Vedação de Concreto Moldados In Loco: Avaliação de Desempenho Térmico e Desenvolvimento de Concretos**. 2008. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

SEVILLE, RESIDENCIAL. **Memorial Descritivo**. Cascavel: E5 Projetos e Execução Ltda, 2010.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar**. 4ª Ed. Belo Horizonte: Editora Edtal, 2002.