AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO EM SALA DE AULA: PARÂMETROS E MEDIÇÕES

Evaluation of Acoustic Comfort in a Classroom: Parameters and Measurements

CARNEIRO ROSA, Adriana Aparecida
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

CAMPOS, Débora Tcheise da Silva
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

RESUMO: A busca constante no ensino e aprendizagem dos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo tem se tornado recorrente em práticas de sala de aula. Tendo visto que é de fundamental importância que este método traz ao aluno quando existe a participação efetiva do grupo. Com isso, o estudo da acústica na arquitetura traz grandes benefícios ao currículo do discente. Acredita-se que o estabelecimento de princípios e parâmetros fundamentados nos conteúdos teóricos que levem em conta as inter-relações meio-físico-espaço construído, contribui tangencialmente para a construção de espaços adequados às atividades do homem do ponto de vista de sua adequação audiovisual e salubridade ambiental. Experiências feitas com alunos do curso de arquitetura e urbanismo, como atividades práticas de sala de aula, pós aula teórica, tem sido amplamente relevante para detectar o desempenho do estudante no campo da acústica. Em salas de aula, quando existe a presença de outras fontes sonoras além da fala do professor e conversas paralelas de alunos, torna-se importante a requalificação desse ambiente, na forma de conjugar-se com o objetivo de satisfazer com as experiências do conforto acústico para as práticas sociais do homem. Essa análise das deficiências e conflitos sobre ambientes construídos, em especial as salas de aula, faz-se necessária, a fim de estudar uma forma de redução de ruído, bem como a forma de tratar o ambiente. A partir desses conceitos inerentes ao ambiente construído, o presente trabalho destaca a importância de áreas escolares bem concebidas ao controle de ruído e a presença de técnicas construtivas, como forma de integrar a qualidade de audibilidade à sala de aula, em especial, assegurando um cenário agradável, onde o meio supostamente interage com o homem.

Palavras-chave: Conforto acústico, Acústica arquitetônica, Ambiente construído.

ABSTRACT: The constant search in the teaching and learning of undergraduate courses in architecture and urbanism has become recurrent in classroom practices. Having seen that it is of fundamental importance that this method brings the student when there is effective participation of the group. With this, the study of acoustics in architecture brings great benefits to the student's curriculum. It is believed that the establishment of principles and parameters based on the theoretical contents that take into account the inter-relations between the physical and constructed space, contributes tangentially to the construction of spaces appropriate to the activities of man from the point of view of their audiovisual and environmental health. Experiences made with students of the architecture and urbanism course, such as practical classroom

activities, theoretical post-class, have been largely relevant to detect student performance in the field of acoustics. In classrooms, when there is presence of other sources of noise, in addition to the speaker's speech and parallel conversations of students, it is important to requalify this environment, in the form of conjugating with the objective of satisfying with the experiences of the acoustic comfort for the social practices of man. This analysis of deficiencies and conflicts about built environments, especially classrooms, is necessary in order to study a form of noise reduction and how to treat the environment. Based on these concepts inherent to the built environment, the present work highlights the importance of well-designed school areas to noise control and the presence of constructive techniques, as a way of integrating the quality of audibility into the classroom, in particular, assuring a scenario pleasant, where the medium supposedly interacts with the man.

Keywords: Acoustic comfort, Architectural acoustic, Built environment.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre o conforto do ambiente construído são importantes para a compreensão do espaço como forma de integrar-se a ele de maneira agradável.

Segundo Bertoli (2002), o conforto pode ser entendido como uma sensação de bem-estar, onde essa definição mostra o caráter subjetivo do que venha a ser conforto e da grande quantidade de variáveis que nele interfere. O conforto de um ambiente construído pode ser estudado sobre vários ângulos (BERTOLI, 2002).

Cada vez mais caminhar-se para um aprendizado abrangente e participativo, torna-se algo desafiador. Com isso, o estudo da acústica na arquitetura traz grandes benefícios ao currículo do discente. É com base nesse propósito que a disciplina de Conforto Ambiental II, do Centro Universitário de Jaguariúna, traz o alvitre de contribuir na observação, no estudo e na forma de como os estudantes ouvem a arquitetura.

A acústica só se torna um dado de projeto a partir do momento em que se entende o que é o fenômeno chamado som e como ele se propaga, pois este é um conhecimento elementar para promover a qualidade acústica do ambiente, (SOUZA; ALMEIDA e BRAGANÇA, 2013). Todo processo de observação é fundamental para a boa percepção da acústica, sendo dessa forma que o conteúdo do discente vai agregar maiores experiências e conhecimentos à sua vida acadêmica e profissional.

A experiência através de medições ajuda a fundamentar o conceito estudado em sala de aula, sobretudo a forma de trabalhar com os fatores preponderantes da acústica, do ponto de vista da observação, onde tem-se mostrado fundamental em certas percepções iniciais. A forma como os alunos olham o espaço urbano contribui para atingir parte da experiência num momento oportuno, o qual mais adiante irão ter maior embasamento de estudo sobre a acústica na arquitetura. A noção do tempo é fundamental. A sociedade é atual, mas a paisagem, pelas suas formas, é composta de atualidades de hoje e do passado, (SANTOS, 2012). A acústica está fundamentada em seu valor projetual desde a antiguidade, tendo em vista os exemplos dos teatros gregos e romanos, os quais trazem resultados que não podem ser esquecidos.

Acredita-se que o estabelecimento de princípios e parâmetros fundamentados nos conteúdos teóricos que levem em conta as inter-relações meio-físico-espaço construído, contribui tangencialmente para a construção de espaços adequados às atividades do homem do ponto de vista de sua adequação audiovisual e salubridade ambiental.

O objetivo deste trabalho é detectar o desempenho do estudante no campo da acústica, através da realização de aulas práticas com o intuito de fazer um estudo de medições do nível de pressão sonora, tendo como local da experiência a sala de aula. O fenômeno sonoro físico que é percebido pelos alunos no ambiente construído diretamente relacionado ao nível de pressão sonora, faz com que esses mesmos discentes constatam alguns conceitos acústicos através da percepção sem ainda terem uma fundamentação completa sobre conforto acústico, devido a fase do cronograma da disciplina. O fenômeno sonoro pode ser definido como uma onda mecânica e longitudinal que se propaga pelo ar ou qualquer outro fluído elástico, (BRANDÃO, 2016).

Segundo Nagem, (2004), o efeito do ruído no ser humano varia não apenas com a intensidade (altura do som), mas com a frequência (graves e agudos) e com o modo como ele varia no tempo. Embora a avaliação de percepção sonora tenha uma conotação bastante subjetiva, é possível através da aplicação correta dos conceitos da acústica arquitetônica a observação da finalidade ao qual o projeto se destina, criando projetos de edificações acusticamente adequados, (ROSA, 2003). O presente artigo traz uma experiência feita na disciplina de Conforto Ambiental II, com alunos do 7º

semestre de graduação em Arquitetura e Urbanismo, com o intuito de fazê-los entender os parâmetros e medições do conforto acústico na arquitetura.

CONFORTO ACÚSTICO EM SALA DE AULA

As salas de aula são ambientes onde a fonte sonora principal é a voz do professor, localizado na frente da sala com os ouvintes distribuídos ao longo do recinto, ou mesmo distribuídos em uma roda (BRANDÃO, 2016).

A turma do 7º semestre, formada por 11 grupos de 5 alunos em cada grupo, sob a orientação da professora, recebe as primeiras instruções para realização das medições. Os alunos realizaram algumas medições primordiais em campo sobre o ambiente construído e/ou espaços urbanos abertos, os quais estão diretamente relacionados ao nível de pressão sonora para aprimorar o uso do equipamento, contudo o foco deste artigo está na abordagem feita em sala de aula, onde parte desses discentes realizaram essas medidas supracitadas.

É notório que uma sala de aula cheia de alunos conversando todos ao mesmo tempo, pode de fato atrapalhar enquanto o professor está no centro aplicando sua matéria, porém, quando se potencializa o som em dias quentes por exemplo, com uso de ar-condicionado ou mesmo ventiladores, os ruídos desses equipamentos podem ocasionar ainda mais desconfortos aos alunos assim como aos professores, e fazer com que todos se forcem a falar mais alto dentro do ambiente.

Segundo Brandão (2016), um dos aspectos subjetivos e fundamentais sobre o som é que a maioria dos seres humanos são capazes de perceber a direção de chegada da onda sonora. Tal habilidade ocorre pelo fato de como o homem percebe o espaço acústico ao seu redor, tendo em vista a percepção de amplitude e tempo de chegada da onda sonora através do ouvido. Sabe-se que o ser humano possui um sistema auditivo capaz de distinguir a melhor direção de sons precedentes do plano lateral em relação as suas orelhas. Para os sons vindos do plano vertical, existe uma capacidade menor de distinção devido os níveis de audibilidade da audição humana.

MÉTODO DE AVALIAÇÃO

As primeiras medidas

Na primeira aula do semestre, sem ainda terem fundamentado os conceitos de acústica, os alunos saem à campo, no espaço do centro universitário em busca de um local, para realizarem o estudo de observação do entorno.

Em primeira instância, os alunos realizaram medições através de uma análise acústica em diferentes locais do campus, para observar os níveis de pressão sonora. Foi utilizado o decibelímetro digital, modelo DEC-416, da Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, com protetor de vento, para amenizar a interferência do ruído do vento no microfone, disposto a aproximadamente 1,5 m acima do solo, sobre as mãos do aluno, com o cuidado de mantê-lo a uma distância de, no mínimo, 1,5 m de qualquer superfície refletora, de acordo com os procedimentos recomendados pela NBR 10151.

A avaliação do conforto acústico foi feita com base nas normas brasileiras NBR 10151 e NBR 10152 que estabelecem recomendações de como medir e quais os níveis adequados de conforto para os diferentes tipos de ambientes.

É preciso pensar a respeito do que é uma boa formatação da resposta da configuração local de cada lugar avaliado, sobretudo que cada tipo de ambiente apresenta uma característica sonora proeminente. Então, uma boa análise traz a importância de começar a definir o que é necessário propor para equilibrar a resposta da configuração do ambiente local-fonte-receptor no tempo, espaço e frequência.

Através dessa experiência, apenas 2 grupos realizaram as medições em sala de aula, resultados esses que serviram de embasamento para este artigo.

Ficha de análise 01

A forma de análise e coleta dos dados de estudo foi através de uma planilha denominada de Ficha de análise 01, sobretudo para avaliação das medições em sala de aula. Nesta ficha foram anotadas as características

abordadas como: tipo de espaço (aberto ou fechado), se haviam barreiras acústicas, controle de ruído e quais os materiais de revestimento do piso, paredes e teto, e ainda como era a topografia local. É bom lembrar que a planilha utilizada serviu para análise de todos os locais estudados, entretanto apenas duas delas estão referenciadas neste trabalho, o qual leva em conta a sala de aula em questão.

Na ficha de análise havia também um espaço para elaboração de croquis, onde os alunos puderam contribuir com desenhos de observação para mostrar o espaço de propagação do som.

Figura 7: Croqui em perspectiva realizado por alunos em observação ao espaço analisado.



Fonte: arquivo pessoal.

O barulho excessivo prejudica o nível de concentração, fazendo com que alguns alunos na sala de aula se dispersem da matéria que está sendo aplicada a sua frente, por não entenderem bem o que o professor diz. O mais importante é a clareza da fala do professor-aluno e aluno-aluno, de forma natural, sem que nenhum deles tenham a necessidade de aumentar o tom de voz.

Fichas de análise 03 e 04

Nos fundamentos dos conceitos de acústica das aulas teóricas, todavia pressão sonora, faixa de pressão audível, as características do movimento de propagação do som, onde este depende de um meio para se propagar, a diferença entre algumas qualidades que podem ser identificadas no som, como altura, timbre e intensidade, bem como quando o som incide em superfícies,

provocando uma distribuição de energia, refletida, transmitida e absorvida, os alunos puderam perceber alguns desses conceitos ao realizarem as medições das aulas práticas.

As propriedades dos sons e a integração acústica trazidas nas aulas para diferenciarem pressão sonora de potência sonora, fez-se através de prática de exercícios elaborados em classe sobre os níveis de pressão sonora, níveis de potência sonora, níveis de intensidade sonora, estabelecendo algumas relações entre tais níveis como forma de fundamentar o entendimento dos assuntos abordados.

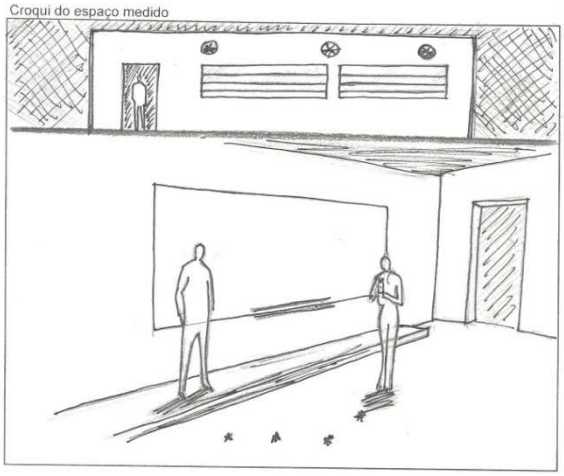
O estudo das curvas de ponderação dB(A) ajustadas para corrigir a sensibilidade do ouvido humano a diferentes frequências integradas ao circuito de medição dos medidores de pressão sonora também foi essencial para os alunos perceberem que existe diferença na chegada do som ao ouvido humano. Estudaram também sobre as Curvas NC (noise criterion curves) onde um ambiente pode ser classificado acusticamente por um número único obtido através dessas curvas, e ainda conheceram a tabela de conversão – dB em dB(A). A diferença entre dB e dB(A) é que esta faz a ponderação dos sons aos ouvidos humanos nas diferentes frequências, considerando os ruídos do meio urbano e aquela são os níveis de ruído sem ponderação ou sem considerar as diferentes frequências do som, contudo em 1.000Hz, não há diferenças entre os níveis.

É importante destacar que no segundo momento de estudo foi utilizada a Ficha de análise 02[1], no entanto a mesma não está sendo referenciada neste artigo. No terceiro momento do estudo, os alunos realizaram novas medições, munidos das planilhas denominadas de Ficha de análise 03 e Ficha de análise 04, levando o equipamento decibelímetro digital, modelo DEC-416, da Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, disposto a aproximadamente 1,5 m acima do piso, sobre as mãos do aluno, com o cuidado de mantê-lo a uma distância de, no mínimo, 1,5 m de qualquer superfície refletora, de acordo com os procedimentos recomendados pela NBR 10151 (ABNT, 2000), uma trena e um roteiro para realização das medidas.

[1] *A Ficha de análise 02 está referenciada no artigo enviado ao XXVIII Encontro da SOBRAC, a ser realizado nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2018, na cidade de Porto Alegre, RS.*

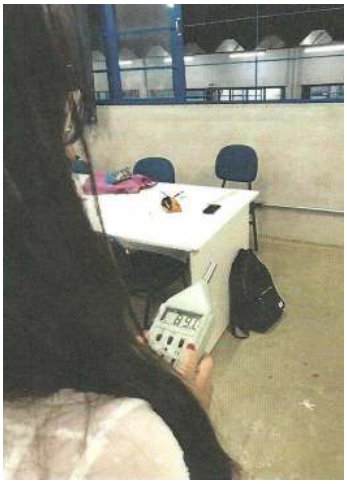
Em sala de aula, onde 2 dos 11 grupos de estudantes realizaram a observação das Fichas de análise 03 e 04, tais grupos realizaram seis medidas para cada análise considerada, conforme Anexos I e II. A Figura 2 mostra a elevação de uma das paredes onde estão posicionados três ventiladores, os quais representam os principais vilões de fonte sonora do local da medição e na Figura 3, pode-se observar o posicionamento para realização das medições. Para tanto, posteriormente calcularam a soma dos níveis de ruído de cada ponto para obtenção do nível de pressão sonora equivalente.

Figura 2: Croquis de elevação e perspectiva do local das medições.



Fonte: arquivo pessoal

Figura 3: Fotografia de um dos pontos de medição.



Fonte: arquivo pessoal

Através do levantamento, os alunos puderam comparar os níveis de pressão sonora obtidos na sala de aula avaliada, considerando o seguinte construção de tipologia nas medições:

1. Sala de aula cheia (com alunos e professora) e ventiladores desligados;
2. Sala de aula cheia (com alunos e professora) e ventiladores ligados;
3. Sala de aula vazia (somente 1 aluno e professora) e ventiladores desligados;
4. Sala de aula vazia (somente 1 aluno e professora) e ventiladores ligados.

Além da obtenção dos níveis de ruído, os grupos realizaram um levantamento fotográfico, como forma de firmar o trabalho realizado.

Medições realizadas

O aparelho utilizado para as medições foi o decibelímetro digital, modelo DEC-416, da Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, o qual já registrou os níveis de pressão sonora em dB(A). É bom lembrar que em sala de aula a fonte sonora principal é a voz do professor, no entanto existem ruídos de fundo, os quais são os murmurinhos dos alunos, as conversas dos corredores e principalmente os ventiladores que quando ligados são tidos como os grandes vilões da pesquisa. Para realizar as medições acústicas foi considera a sala de aula cheia, vazia, com e sem ventiladores em funcionamento, conforme já supracitado, para obtenção dos níveis de pressão sonora.

As medidas acústicas realizadas nos três primeiros pontos foram posicionados a um diâmetro mínimo de 1,3 m de distância entre eles e um raio m de 1,0 m, sendo que os outros três pontos mais distantes ficaram posicionados a um diâmetro mínimo de 1,7 m.

Essa experiência reforça a sensibilidade do ouvinte humano, onde a potência da(s) fonte(s) no meio ambiente fechado mostra a quantidade de energia acústica que ela coloca no campo acústico. Segundo Beranek (1988), para análise e avaliação da qualidade acústica de um ambiente devem ser considerados: os níveis sonoros máximos recomendados para a atividade, níveis de ruídos internos e externos observados, levantamento das fontes de ruído (níveis, espectro, tempo de duração), isolamento e absorção.

Graças a estudos anteriores, pode-se identificar se uma sala apresenta o tempo de reverberação próximo aquele indicado como ótimo, e mesmo hoje, é válida a fórmula desenvolvida por Sabine. Foi fundamental apresentar aos alunos o conhecimento de Wallace Clement Sabine (1868-1919), o qual foi um físico norte-americano que recebeu um desafio de resolver a acústica do Museu de Arte Fogg (1895). E como na época ainda não havia equipamentos de medição precisos como o decibelímetro, para suas medições em sala, foram utilizados instrumentos como seus próprios ouvidos, de seus assistentes e um cronômetro. É bom lembrar que os fundamentos e conceitos do tempo de reverberação visto em sala de aula, não faz parte deste estudo.

Sabe-se que uma maior potência sonora implica em maiores níveis de pressão sonora. De acordo com Brandão (2013), é importante ter em mente que a potência sonora da fonte independe do local onde ela está instalada, enquanto que a pressão sonora produzida em um receptor dependerá tanto da potência da fonte quanto das características do recinto. Existe ainda um outro aspecto importante onde a potência sonora da fonte pode variar com a frequência. Tendo em vista que essa observação também pode ser levada em conta pelos softwares de modelagem no campo da acústica.

Fontes sonoras

As características das fontes sonoras na sala de aula estão mais representadas pela fala e pelos três ventiladores fixados em uma das paredes da sala.

Em termos gerais, pode-se afirmar que o som é produzido por vibrações mecânicas. Qualquer que seja a fonte emissora, entretanto, para ser percebida, ela precisa de um meio de propagação e de um meio receptor, (ROSA 2003). O meio de propagação é o ar, enquanto o receptor é o ouvido humano. Portanto as pessoas dentro da sala de aula podem perceber nitidamente a influência do nível de ruído proveniente dos ventiladores, quando estes estão ligados.

Segundo Nagem (2004), quando possível, deve-se identificar a origem do ruído para que seja possível, então, reduzi-lo ou eliminá-lo. De acordo com Souza; Almeida e Bragança (2013), uma vez identificadas as possíveis fontes de ruído e suas formas de propagação, podem ser tomadas medidas para garantir a qualidade acústica dos projetos, a partir da estipulação de critérios acústicos para sua implantação.

Diferentes pontos medidos

Segundo Brandão (2016), o fenômeno sonoro pode ser definido como uma onda mecânica e longitudinal que se propaga pelo ar ou qualquer outro fluído elástico. Para constatar a observação realizada pelos alunos mediu-se também 24 pontos conforme supracitados, onde a propagação do som acontece com mais intensidade.

Em análise das medidas feitas dentro da sala de aula, onde existem 3 ventiladores posicionados numa mesma parede, cuja tipologia contém 2 janelas em fita em paredes opostas, proporcionando uma ventilação cruzada, além de 1 porta em um dos lados, na mesma parede das janelas e dos ventiladores, conforme mostra Figura 2. Neste local foram feitas 24 medições no centro da sala, considerando esta ora cheia, ora vazia, com e sem ventiladores em funcionamento.

Níveis de pressão sonora

As medidas de conforto acústico coletadas pelos alunos foram específicas sobre o nível de pressão sonora. Segundo Brandão (2016), o nível de pressão sonora é uma grandeza logarítmica que leva em conta o valor médio quadrático da pressão sonora e o limiar da audição em 1000 Hz, que é utilizado como pressão de referência

$$P_{ref} = P_0 = 20 \cdot 10^{-5}\text{N/m}^2. \qquad (1)$$

A equação do nível de pressão sonora é dada por

$$NPS = 10\log(\frac{P}{P_{ref}})^2 \ (dB) \ , \qquad (2)$$

em que P é pressão sonora.

Para obter a equação do nível de pressão sonora equivalente referente aos resultados dos níveis de ruído entre os três pontos medidos por etapa é dada por:

$$\boldsymbol{L_{pT}} = 10\log(\mathbf{10}^{\boldsymbol{L_1}/10} + \mathbf{10}^{\boldsymbol{L_2}/10} + \mathbf{10}^{\boldsymbol{L_3}/10}) \ , \qquad (3)$$

Enquanto as medições eram realizadas, um dos integrantes do grupo fazia as anotações, outro segurava o equipamento, e os demais os registros fotográficos. No momento de medição com a sala vazia, apenas um aluno fez as anotações e a professora fez a leitura das medidas obtidas pelo equipamento.

Para obter um parâmetro dos níveis de pressão sonora equivalente (3) encontrados e relacioná-los à sensações médias do ser humano, pode-se comparar aos níveis sonoros da Tabela 1, onde dados os valores de cada faixa da tabela pode-se perceber o quão ruidoso é ou não um ambiente ou objeto da descrição referenciada.

Tabela 1: Exemplos de níveis sonoros e correspondência com impressões médias qualitativas (sensações) (ABNT, 2015).

Nível sonoro	Descrição	Sensações médias
130 - 140 dB	Perigo de ruptura do tímpano - Avião a jato a 1m - Fogo de artilharia	Insuportável (por longo tempo)
100 - 120 dB	- Avião a pistão a 3m - Broca pneumática - Indústria muito barulhenta	Muito ruidoso (desagradável)
80 - 90 dB	- Orquestra sinfônica - Rua barulhenta - Aspirador	Ruidoso (barulhento)
60 - 70 dB	- Rua de ruído médio - Pessoa falando a 1m - Rádio com volume médio - Escritório de ruído médio	Moderado (música e ruídos comuns)
40 - 50 dB	- Restaurante calmo - Sala de aula (ideal) - Escritório privado - Conversa	Calmo
10 - 30 dB	- Quarto de dormir - Movimento da folhagem - Estúdio de rádio	Silencioso (muito quieto)
0 - 10 dB	- Deserto ou região polar sem vento - Respiração normal	Muito silencioso (silêncio anormal)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados e a análise das avaliações de conforto acústico feita pelos grupos de alunos da disciplina de Conforto Ambiental II, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UniFAJ.

As características abordadas em sala de aula foram feitas pelos grupos 3 e 5 e estão apresentadas na Tabela 2, enquanto que os níveis de pressão sonora das medições estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 2: Resumo dos resultados da Ficha de análise 01, observação acústica.

		Grupo nº:	3	5
		Definição do local:	sala de aula	sala de aula
Características abordadas:		espaço aberto ou fechado	fechado	fechado
		barreiras acústicas	circulação de pessoas	paredes, janelas, cortinas
		controle de ruído	vedação parede portas fechadas	não tem
	materiais de revestiment	piso	concreto liso	cimento queimado
		paredes	concreto armado	placas de concreto
		teto	forro PVC, telha fibro-cimento	forro PVC
		topografia	plana, segundo pavimento	plana

É importante observar que os dados da Tabela 1 são exatamente as respostas dos alunos, sendo feita a transcrição das planilhas analisadas. Dessa forma, percebem-se situações contraditórias quando comparados os dados do mesmo local avaliado, neste caso a sala de aula, sendo atividades feitas pelos grupos 3 e 5. Comparando as respostas desses grupos, nos itens referentes a 'barreiras acústicas' e 'controle de ruído' apesentam respostas diferentes.

Tabela 3: Resumo dos resultados da avaliação acústica de cada grupo estudado, das Fichas de análise 03 e 04.

Medidas	L_p		L_{pT}
Sala cheia, ventiladores desligados	ponto 1	67,5 dB(A)	73,1 dB(A)
	ponto 2	64,0 dB(A)	
	ponto 3	70,9 dB(A)	
	ponto 4	58,9 dB(A)	65,5 dB(A)
	ponto 5	60,8 dB(A)	
	ponto 6	61,9 dB(A)	
Sala cheia, ventiladores ligados	ponto 1	78,0 dB(A)	80,4 dB(A)
	ponto 2	71,7 dB(A)	
	ponto 3	75,1 db(A)	
	ponto 4	70,0 db(A)	73,8 dB(A)
	ponto 5	65,5 dB(A)	
	ponto 6	70,3 dB(A)	

Medidas	L_p		L_{pT}
Sala vazia, ventiladores desligados	ponto 1	66,1dB(A)	67,7 dB(A)
	ponto 2	58,8 dB(A)	
	ponto 3	60,1dB(A)	
	ponto 4	58,7 dB(A)	63,9 dB(A)
	ponto 5	58,1 dB(A)	
	ponto 6	60,2 dB(A)	
Sala vazia, ventiladores ligados	ponto 1	72,3 dB(A)	74,0 dB(A)
	ponto 2	66,5 dB(A)	
	ponto 3	65,6 dB(A)	
	ponto 4	65,7 dB(A)	71,2 dB(A)
	ponto 5	66,7 dB(A)	
	ponto 6	66,7 dB(A)	

Como mostra a Tabela 3, os níveis de pressão sonora total apresentam situações muito diferenciadas. Quando a sala de aula está cheia, porém com os ventiladores desligados, constata-se um elevado nível de pressão sonora equivalente, advindos dos 3 primeiros pontos, ao passo que nos outros 3 pontos medidos posteriormente, num raio maior, ocorre um valor bem menor. A diferença entre esses níveis equivalentes ocorre devido a distância onde os mesmos foram medidos. Será sempre maior o nível equivalente dos três primeiros pontos devido a proximidade entre eles.

É fato que quando a sala está cheia ou vazia, porém com os ventiladores ligados, os resultados do nível de pressão sonora equivalente correspondem as impressões de sensações médias iguais a um ambiente ruidoso ou barulhento.

Os professores precisam falar mais alto quase sempre, quando há um ruído externo ou mesmo interno, como, por exemplo o ruído dos ventiladores ligados. Com base nos estudos feitos em sala pelos grupos 3 e 5 pode-se perceber o quanto esses agentes, somados dentro de ambientes com pessoas emitindo som, mistura-se ruidosamente com o ar, fazendo um professor, aluno ou palestrante a forçar suas

cordas vocais podendo com o passar de os anos, causar um risco a sua saúde vocal.

Ao desligar os ventiladores da sala de aula constata-se que os níveis sonoros se encontram dentro dos aceitáveis, caracterizando um ambiente moderado, salvos algumas exceções. No entanto, o nível sonoro ideal para uma sala de aula deveria estar entre 40 e 50 dB, e ainda, segundo a NBR 10152 os valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso, neste caso uma sala de aula, que não ultrapassem 40 dB.

Durante as aulas, constatou-se que com os ventiladores ligados os níveis sonoros representam um ruído extremamente alto.

As medições em sala foram essenciais para a compreensão prática dos alunos, e como estudantes de arquitetura e urbanismo, e futuros profissionais, é importante frisar que a acústica de um ambiente influencia no projeto como um todo, e não pode deixá-la de lado. Entender como os revestimentos, e cada material tem sua capacidade própria de absorção sonora, e quais são os vilões dos ruídos externos e internos, também influencia na reverberação de uma sala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da medição dos níveis de ruído, os alunos constataram que os níveis de pressão sonora estão diretamente ligados aos tipos de fontes sonoras emitidas, bem como as barreiras acústicas e o controle do ruído no espaço avaliado.

O que se percebe na sala de aula, muitas vezes constituída de sistemas de condicionamento mecânico do ar (ventiladores) é o ruído de fundo muito elevado, podendo levar o professor a exaustão.

É fato que além do professor, o estudante também pode sentir o efeito causado pelos ruídos, principalmente quando estes potencializam o estresse e cansaço de um dia de trabalho ou uma dor de cabeça. Devido a isso é necessário que a sala de aula não estimule ainda mais este cansaço físico e mental, proporcionando um ambiente mais confortável de maneira geral.

A boa qualidade acústica da sala de aula está correlacionada em obter uma boa inteligibilidade. Existem estudos que relacionam essa qualidade à performance vocal do professor, demonstrando que a má qualidade acústica pode levá-lo a

exaustão. Constatado que existe uma grande diferença dos níveis sonoros quando os ventiladores da sala de aula avaliada estão ligados, explica-se o porquê da grande dificuldade de entendimento ao ministrar uma aula, tendo o professor que aumentar excessivamente seu nível de voz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10151 - **Avaliação de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10152 - **Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**, 2015.
BERANEK, L. L. **Acoustical Measurements**, ASA, AIP, Cambridge, 1988.

BERTOLI, S. R. Quanto custa o conforto ambiental? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p. 485-494.

BRANDÃO, E. **Acústica de Salas: Projeto e Modelagem**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. São Carlos: EdUSCar, 2013.

SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem**. 5 ed. São Paulo: EdUSP, 2012.

ROSA, A. A. C. **Avaliação do conforto acústico de consultórios odontológicos**. 2002. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOBRE OS AUTORES:

Adriana Aparecida Carneiro Rosa é Arquiteta e Urbanista formada pela Universidade de Alfenas, MG em 1997. Mestre em Engenharia Civil pela FEC-UNICAMP, em 2003. Integrante do Grupo de Estudos de Planejamento Urbano de Cidades Saudáveis (GEPUCS), Grupo de Estudos Desenvolvimento Sustentável através das Águas (DES-AGUA), Grupo de Estudos Tecnologias de Fabricação e Design Digital para Arquitetura e Urbanismo (TecDAU) e Professora do Centro Universitário de Jaguariúna (UniFAJ) e do Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa (IPEP).
e-mail: professoraadrianac@hotmail.com

Debora Tcheise da Silva Campos é Aluna do 7º semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo, do Centro Universitário de Jaguariúna (UniFAJ).
e-mail: dtcheise@gmail.com

ANEXO 1

CONFORTO AMBIENTAL II - ARQUITETURA E URBANISMO - 1s - 2018

Ficha de análise 03 - 04/04/2018

Sala de aula:	cheia sem fonte	cheia com fonte	com ventiladores

Medidas dos três primeiros pontos, dist 1,3m:

ponto 1		dB(A)
ponto 2		dB(A)
ponto 3		dB(A)

soma dos pontos:

$$L_{pT} = 10.log\left(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10}\right)$$

Medidas dos três pontos mais distantes, dist 1,7m:

ponto 4		dB(A)
ponto 5		dB(A)
ponto 6		dB(A)

soma dos pontos:

$$L_{pT} = 10.log\left(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10}\right)$$

ANEXO 2

CONFORTO AMBIENTAL II - ARQUITETURA E URBANISMO - 1s - 2018

Ficha de análise 04 - 04/04/2018

Sala de aula:	vazia sem fonte	vazia com fonte	com ventiladores

Medidas dos três primeiros pontos, dist 1,3m:

ponto 1		dB(A)
ponto 2		dB(A)
ponto 3		dB(A)

soma dos pontos:

$$L_{pT} = 10.log\left(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10}\right)$$

Medidas dos três pontos mais distantes, dist 1,7m:

ponto 4		dB(A)
ponto 5		dB(A)
ponto 6		dB(A)

soma dos pontos:

$$L_{pT} = 10.log\left(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10}\right)$$