

**Fabiano Eloy Atílio Batista**  
**Sandro Ferreira de Souza**  
(Organizadores)

**Pesquisas, processos e práticas em**  
**arquitetura**  
**e urbanismo**

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Fabiano Eloy Atílio Batista**  
**Sandro Ferreira de Souza**  
(Organizadores)

**Pesquisas, processos e práticas em**  
**arquitetura**  
**e urbanismo**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



## Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Fabiano Eloy Atílio Batista  
Sandro Ferreira de Souza

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo  
/ Organizadores Fabiano Eloy Atílio Batista, Sandro  
Ferreira de Souza. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0392-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.920222408>

1. Arquitetura. 2. Urbanismo. I. Batista, Fabiano Eloy  
Atílio (Organizador). II. Souza, Sandro Ferreira de  
(Organizador). III. Título.

CDD 720

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Caros leitores e leitoras;

A coletânea '**Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo**' reúne textos de autoria nacional e internacional, que propõem discussões atuais e críticas sobre a importância e contribuições dos estudos na área da Arquitetura e do Urbanismo para a sociedade e o meio ambiente.

A reunião dos textos desta coletânea busca corroborar, cada qual a sua maneira, com ações intrínsecas à Arquitetura e ao Urbanismo, tais como o ato de pesquisar, projetar, planejar e intervir.

Portanto, a obra reúne estudos sobre o ambiente construído e sobre a cidade, considerando alguns de seus desdobramentos e apropriações, por meio de uma multiplicidade dimensional da paisagem, do território, do edifício, do interior, passando por temas como conforto térmico e acústico, eficiência energética, acessibilidade, planejamento de cidade, dentre outros.

Assim, ao longo dos doze artigos podemos vislumbrar uma série de reflexões que constroem saberes para que possamos entender e ampliar nosso repertório de conhecimento sobre as pesquisas, os processos e as práticas que vêm sendo construídas por pesquisadores nacionais e internacionais, ampliando, por finalidade, um espaço propício para os mais distintos debates.

Por fim, enfatiza-se que as discussões acerca do universo da Arquitetura e Urbanismo é extensa e frutífera e, por isso, esperamos que a coletânea '**Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo**' possa auxiliar e se mostrar como uma possibilidade discursiva para novas pesquisas e novos olhares sobre as contribuições da área da Arquitetura e do Urbanismo para a sociedade e meio ambiente, buscando, cada vez mais, uma ampliação do conhecimento em diversos níveis.

Esperamos que você goste do conteúdo e que tenha uma agradável e produtiva leitura!

Fabiano Eloy Atílio Batista  
Sandro Ferreira de Souza




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ESTUDO COMPARATIVO DE CIDADES PEQUENAS E MÉDIAS DA REGIÃO ADMINISTRATIVA CENTRAL DO ESTADO DE SÃO PAULO: PROCESSOS DE CRESCIMENTO PERIFÉRICO RECENTES E SEUS DESDOBRAMENTOS TERRITORIAIS

Murilo da Silva Camargo


Camila Moreno de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224081>

### **CAPÍTULO 2..... 19**

ANÁLISE COMPARATIVA DAS ALTERAÇÕES REALIZADAS NOS PLANOS DIRETORES DA CIDADE DE RONDONÓPOLIS-MT: ENTRE OS ANOS DE 1994-2021

Silvio Moises Negri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224082>

### **CAPÍTULO 3..... 37**

PROPOSTA DE REVITALIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA NA CIDADE DE MATA VERDE, MINAS GERAIS – BRASIL

Carlos Andrés Hernández Arriagada

Mariana Chaves Moura

Giovana Leticia Hernández Arriagada

Edgar Eduardo Roa Castillo

Bruna Leticia de Fraga

Beatriz Duarte Silva

Paola Serafim Filócomo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224083>


### **CAPÍTULO 4..... 56**

OS DESAFIOS NA ADAPTAÇÃO DE NORMATIVAS QUANTO À ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE URBANA DIANTE DAS PREEXISTÊNCIAS ARQUITETÔNICAS - O CENTRO HISTÓRICO TOMBADO DE LAGUNA/SC

Claudione Fernandes de Medeiros

Liriane Baungratz

Raphael Py Pires

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224084>

### **CAPÍTULO 5..... 72**

ACCESIBILIDAD EN CENTROS HISTÓRICOS PATRIMONIALES, PROPUESTAS DE DISEÑO EN CUESTIONES DE MOVILIDAD. CASOS DE ESTUDIO: GUANAJUATO, GTO. MÉXICO, TUNJA Y BOGOTÁ COLOMBIA

Lyda Maritza Gamboa Leguizamón

Fabiola Colmenero Fonseca

Diana María Blanco Ramírez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224085>


<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>95</b>
IMPACTO DO CONSUMO DE ENERGIA FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA	
Emeli Lalesca Aparecida da Guarda Renata Mansuelo Alves Domingos Luciane Cleonice Durante Ivan Julio Apolonio Callejas	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224086">https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224086</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>109</b>
AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO DE PROJETOS EDUCACIONAIS PADRONIZADOS DO FNDE	
Camila Correia Teles Thiago Montenegro Góes Adriano Felipe Oliveira Lopes Júlia Teixeira Fernandes Cláudia Naves David Amorim Caio Frederico e Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224087">https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224087</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>125</b>
PROPRIEDADE TÉRMICA DA CERÂMICA: UM MODELO DIDÁTICO PARA FINS DE ENSINO-APRENDIZAGEM	
Samuel Dal Piccol Gualtier	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224088">https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224088</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>137</b>
AVALIAÇÃO DE INTELIGIBILIDADE EM SALA DE AULA DO ENSINO FUNDAMENTAL VISANDO A IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES ACÚSTICAS DE ESCOLAS PÚBLICAS EM SANTA MARIA – RS	
Viviane Suzey Gomes de Melo Roberto Aizik Tenenbaum Yuri da Silva Missio Pinheiro João Vitor Gutkoski Paes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224089">https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224089</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>151</b>
EDIFÍCIOS DE APARTAMENTOS DE EMIL BERED	
Silvio Belmonte de Abreu Filho Angela C. Fagundes Maitê T. Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240810">https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240810</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>168</b>
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE SISTEMA DE VEDAÇÃO EXTERNA	

CONSTITUÍDO POR PAINÉIS ESTRUTURAIS LEVES E PERFIS METÁLICOS

Kamila Soares do Nascimento

Edna Alves Oliveira

Otávio Luiz do Nascimento


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240811>

**CAPÍTULO 12..... 178**

**PROCESSO DE PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES COM ALTURA SUPERIOR A 12 METROS**

Helena Reginato Gabriel

Fabiane Vieira Romano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240812>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 197**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 198**

## AVALIAÇÃO DE INTELIGIBILIDADE EM SALA DE AULA DO ENSINO FUNDAMENTAL VISANDO A IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES ACÚSTICAS DE ESCOLAS PÚBLICAS EM SANTA MARIA – RS

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 07/06/2022*

### **Viviane Suzey Gomes de Melo**

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Estruturas e Construção Civil,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/5640661336499240>

### **Roberto Aizik Tenenbaum**

Universidade Federal de Santa Maria,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/1161317972489632>

### **Yuri da Silva Missio Pinheiro**

Universidade Federal de Santa Maria, Curso de  
graduação em Engenharia Acústica  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/4499496567895155>

### **João Vitor Gutkoski Paes**

Universidade Federal de Santa Maria, Curso de  
graduação em Engenharia Acústica  
Santa Maria, RS  
<http://lattes.cnpq.br/0960522129845674>

**RESUMO:** Esta pesquisa reporta um estudo, utilizando testes de articulação, para a avaliação de inteligibilidade da fala em salas de aula a fim de avaliar as condições acústicas em salas de aula de escolas públicas sediadas no município de Santa Maria. O tema desenvolvido envolve

a qualidade acústica de salas de aula e o desenvolvimento de novas metodologias em ensaios de acústica para o ajuste adequado dos ambientes de ensino. Propõe-se a avaliação da inteligibilidade a partir do levantamento das respostas impulsivas biauriculares nas salas. O sinal sonoro adotado é a varredura em frequência. Para a emissão do sinal sonoro, é utilizada uma fonte onidirecional e, como receptor, uma cabeça artificial, responsável pela gravação dos sinais biauriculares. A partir dos sinais obtidos nas medições, são calculados os parâmetros acústicos das salas de aula e realizado um procedimento de processamento de sinais para a geração de aurilizações. Essas aurilizações são, em seguida, testadas em crianças por meio de fones de ouvido. De acordo com os resultados, a maioria das salas possui um tempo de reverberação próximo do adequado para a fala, mas apresenta isolamento insuficiente para o conjunto de paredes e esquadrias, possibilitando a interferência do ruído de oriundo do ambiente externo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inteligibilidade, acústica de salas, qualidade acústica de salas de aula, aurilização.

### INTELLIGIBILITY ASSESSMENT IN ELEMENTARY CLASSROOM LOOKING FOR IDENTIFICATION OF ACOUSTIC CONDITIONS OF PUBLIC SCHOOLS IN SANTA MARIA - RS

**ABSTRACT:** This research reports a study, using articulation tests, to evaluate the word intelligibility in classrooms to evaluate the acoustic conditions in classrooms of public schools located in the city

of Santa Maria. The theme involves the acoustic quality of classrooms and the development of new methodologies in acoustic tests for the adequate adjustment of teaching environments. It is proposed the evaluation of intelligibility from the measurement of impulse binaural responses in the rooms. The adopted sound signal is the sweep sine. For the emission of the sound signal an omnidirectional source is used and as receiver a dummy head is responsible for recording the binaural signals. From the signals obtained in the measurements, the classrooms' acoustic parameters are calculated and a procedure of signal processing for the generation of auralizations is carried out. These auralizations are then tested on children by means of headphones. According to the results, most rooms have a reverberation time close to that suitable for speech, but it presents insufficient insulation due to walls, doors, and windows, allowing the interference of the background noise.

**KEYWORDS:** Intelligibility, room acoustics, acoustic quality of classrooms, auralization.

## 1 | INTRODUÇÃO

A saúde é um componente fundamental da qualidade de vida do ser humano, que se reflete na sua capacidade produtiva e de aprendizado. Um ambiente ruidoso dá lugar à fadiga, perda de concentração, nervosismo, reações de estresse, ansiedade, falta de memória, baixa produtividade, cansaço, irritação, problemas com as relações humanas, dificuldade de aprendizagem etc. (COSTA e QUERIDO, 2009).

As salas de aula das escolas brasileiras — em particular as das escolas públicas —, sabidamente não proporcionam as condições ideais para o ensino, no que toca às suas condições acústicas. O principal fator de qualidade acústica em uma sala de aula é a inteligibilidade da fala que, grosso modo, traduz a maior ou menor facilidade com que os estudantes podem ouvir e entender o que diz o professor em aula.

A capacidade de ouvir é um componente fundamental da qualidade de vida do ser humano, que se reflete na sua capacidade produtiva e de aprendizado. É bem conhecido o fato de que a inteligibilidade da fala em salas de aula, principalmente naquelas utilizadas para o ensino fundamental, é fator preponderante na qualidade e eficácia do aprendizado. Alguns autores consideram que a acústica da sala de aula seria o principal fator de caráter global responsável pelo assim chamado analfabetismo funcional, que se caracteriza pela inabilidade do aluno em ler e interpretar adequadamente um texto de seu nível escolar (ENIZA e GARAVELLIA, 2003).

Diversos autores têm se debruçado sobre essa questão (BRADLEY, 1986, 1996, 1999). Contudo, os estudos realizados sobre o tema nos países do primeiro mundo concentram-se mais nos aspectos da acústica interna da sala, uma vez que em países de clima temperado ou frio, a influência do ruído externo sobre a acústica da sala é pequena, dadas as condições climáticas adversas desses países. No Brasil, a tradição arquitetônica é de construções de janelas amplas e adoção de ventilação natural, o que propicia a forte influência do ruído externo em seu interior (MÜLLER, 2004).

A inteligibilidade da fala que, como mencionado, é o fator fundamental para o entendimento do que o professor diz em sala de aula e, em consequência, para o aprendizado, requer, para sua avaliação, de um demorado e oneroso ensaio, com a participação dos alunos, denominado teste de articulação, criado por French e Steinberg (1947). Um teste de articulação, de forma bastante resumida, consiste em se apresentar um ditado, podendo ser formado por palavras monossilábicas não correlacionadas, que deverá ser anotado pelos presentes. A correção desse ditado, após um adequado tratamento estatístico, fornecerá um valor médio percentual de acertos que constituirá a inteligibilidade da fala na sala em estudo (um número entre 0 e 100%).

## **2 | OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa de extensão, tendo como meta principal a melhoria das condições acústicas das salas de aula de escolas públicas do município de Santa Maria a partir de apoio técnico da área de acústica e vibrações da UFSM. A pesquisa tem, como aspecto relevante, a importância de um projeto de extensão no aprimoramento da eficácia do ensino fundamental, uma vez que salas de aula acusticamente inadequadas são um dos maiores responsáveis pela eventual ineficácia na aprendizagem.

## **3 | MÉTODO**

Foram medidas as respostas impulsivas mono e biauriculares para quatro posições de microfone e cabeça artificial em cada uma de três salas de aula do ensino fundamental. Em seguida, foi avaliada a inteligibilidade da fala em uma dessas salas, por meio de testes de articulação, onde participaram os alunos. O método adotado para o levantamento da inteligibilidade da fala foi a aplicação de testes de articulação a partir de três listas anecoicas contendo 20 monossílabos cada uma. Finalmente, foi feita a aurilização de cada uma das listas, a partir da convolução dos sinais anecoicos com a resposta impulsiva biauricular levantada na sala. As aurilizações foram, então, aplicadas, por meio de fones de ouvido, a alunos da mesma turma, obtendo-se, assim, testes de articulação virtual.

### **3.1 Avaliação da inteligibilidade**

Quando se faz a análise acústica de um ambiente é necessário que a destinação da sala seja conhecida. Salas de aula têm como principal fonte sonora a voz humana. Dessa maneira, é necessário que parâmetros relacionados à inteligibilidade da fala, tais como tempo de reverberação, definição, fator de clareza, fator de ganho e STI sejam avaliados.

O projeto acústico de salas depende diretamente de sua utilização. Em salas para música, uma das necessidades básicas é que a sala promova boa espacialidade (TENENBAUM et. al., 2007; BERANEK, 1996), enquanto em plantas industriais a questão

que se impõe é o nível sonoro a que o trabalhador estará exposto (HARRIS, 1998). No que se refere a salas de aula, o propósito essencial é a boa inteligibilidade da fala, de modo que a comunicação entre professor e estudantes se faça sem esforço, facilitando ao máximo a compreensão e, conseqüentemente, o aprendizado.

Na caracterização da qualidade acústica de salas, os principais parâmetros objetivos a serem considerados são:  $T_{30}$  (tempo de reverberação), EDT (tempo de decaimento inicial),  $C_{50}$  (fator de clareza, para a palavra),  $T_s$  (tempo central),  $D_{50}$  (definição), BR (razão de baixos) e IACC (correlação cruzada interauricular), tal como definidas na norma NBR ISO 3382 (ABNT, 2017).

Os ensaios para o levantamento das respostas impulsivas para distintos pares fonte/receptor, utilizaram sinais de varredura em frequência (*sweep sine*) (MÜLLER and MASSARANI, 2001), excitando e adquirindo os sinais de resposta via um programa de processamento digital de sinais implantado em microcomputador.

A Figura 1 ilustra um esquema de testes de articulação (MELO, 2012). No intervalo dos testes de articulação, conduzidos a partir de ditado com listas de palavras monossilábicas, a fonte sonora, à direita, emite o sinal sonoro, contendo a varredura em frequência e a cabeça artificial registra a gravação da resposta impulsiva da sala, enviando os sinais ao computador.

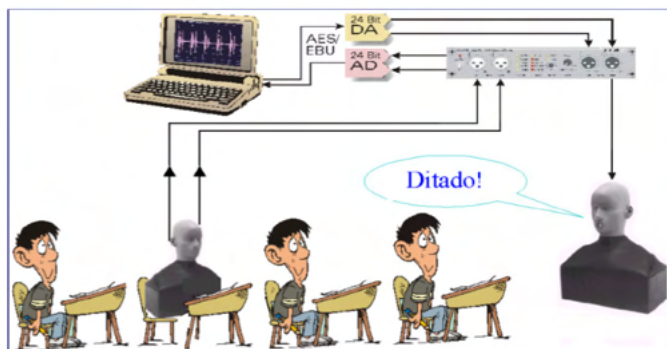


Figura 1 – Ilustração dos testes de articulação conduzidos em sala de aula com emissão e gravação simultâneas (MÜLLER, 2004).

Para o levantamento da inteligibilidade da fala em salas de aula foram executados testes de articulação, segundo as etapas a seguir.

1. Preparação de um conjunto de listas de palavras monossilábicas, a partir de um banco de dados contendo gravações de 226 monossílabos registradas em câmara anecoica.
2. Condução de testes de articulação em salas de aula do ensino fundamental e médio, onde listas anecoicas são apresentadas aos alunos de cada turma, todas emitidas pela fonte sonora.

3. Emissão de varreduras em frequência, com a presença dos alunos, para o levantamento das respostas impulsivas para algumas posições na sala de aula. São emitidas cinco varreduras, de modo a se extrair uma resposta impulsiva média, para cada posição em cada sala ensaiada.
4. É registrado o nível de ruído residual presente em cada uma das salas ensaiadas, bem como a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.
5. A partir dos resultados obtidos para a inteligibilidade da fala nas salas de aula avaliadas, foi produzido um relatório sobre as condições acústicas encontradas nas escolas participantes do Projeto. Alguns principais parâmetros de qualidade acústica de salas, especialmente  $T_{30}$ ,  $D_{50}$ ,  $C_{50}$ , IACC e STI são calculados.

### 3.1.1 Metodologia de medição das respostas impulsivas mono e biauricular

Para cada sala de aula avaliada, realizou-se a medição da resposta impulsiva com auxílio do *software* MatLab. Gerou-se um *sweep* de seis segundos de duração e gravaram-se os sinais de resposta com os microfones dispostos em quatro pontos de cada sala de aula. A posição da fonte sonora foi centralizada junto ao quadro negro, enquanto os microfones e a cabeça artificial foram posicionados no lugar de algumas cadeiras ocupadas normalmente pelos alunos. A Figura 2 apresenta a configuração do posicionamento do conjunto fonte sonora, microfones e cabeça artificial utilizada em uma das salas de aula ensaiada.



Figura 2 – Configuração com o posicionamento da fonte sonora, cabeça artificial – indicada pelo retângulo vermelho – e microfones distribuídos na sala de aula – indicados pelos círculos vermelhos. (Os autores, 2018).

Ao todo, foram avaliadas neste estudo três salas de aula (Salas 1, 2, e 8). As Salas 1 e 2, são adjacentes, separadas por uma parede lateral removível, em madeira e com alta



transmissão sonora. A Sala 8 foi escolhida por ser a mais próxima da rua, estando mais suscetível ao ruído de tráfego. Na Figura 3 é possível observar a parede de madeira que divide as duas salas (seta vermelha). A Figura 4 ilustra a configuração e layout da Sala 8.



Figura 3 – Salas de aula 1 e 2 com indicação da parede lateral por meio de setas vermelhas. (Os autores, 2018).



Figura 4 – Sala 8 da Escola Municipal Padre Nóbrega. (Os autores, 2018).

### 3.1.2 Diagramas e conexões

O sinal utilizado para a medição é uma varredura exponencial de senos, conforme sugere a norma NBR ISO 3382 – 2 (ABNT, 2017), projetada para excitar todas as frequências dentro da faixa audível (20 Hz a 20 kHz) por um tempo suficientemente grande para excitar

a sala até seu estado estacionário em cada frequência. Esse sinal foi gerado no computador utilizando o pacote ITA Toolbox, no MatLab. O sinal, então, é enviado para a interface de áudio, responsável pela conversão digital/analógico (DA) que, por sua vez, o transmite para o amplificador de potência. Finalmente, completando a cadeia de excitação da sala, o sinal amplificado é enviado para a fonte dodecaédrica. Os microfones posicionados no interior da sala captam o sinal e o enviam à interface de áudio, que realiza a conversão analógico/digital (AD), para gravação do sinal captado, na forma de um vetor temporal, no MatLab.

A cadeia de medição adotada neste estudo consistiu, de um modo geral, no uso dos microfones conectados à *medusa*, e esta, por sua vez, conectada à interface de áudio, conforme mostra a Figura 5.

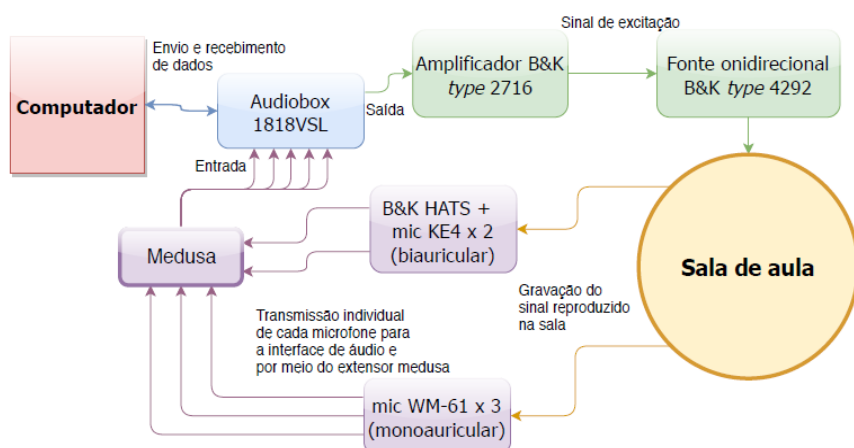


Figura 5 – Diagrama de blocos do fluxo de sinais para obtenção das respostas impulsivas das salas de aula. (Os autores, 2018).

É importante observar que, mesmo o sinal sendo projetado de 20 Hz a 20 kHz, a reprodução do mesmo fica limitada devido à função resposta em frequência (FRF) da fonte sonora, assim como o espectro gravado pelos microfones fica limitado pela FRF destes, impondo desse modo uma coloração imposta pelo sistema de reprodução-gravação no sinal de interesse. Foram utilizados dois conjuntos de microfones para captação do sinal na sala. Um par de microfones KE4 marca *Sennheiser* e um trio de microfones WM-61 marca *Panasonic*. O trio WM-61 foi utilizado como microfone onidirecional, monoauricular, para obtenção da resposta impulsiva da sala; já o par KE4 foi utilizado para obtenção da resposta impulsiva biauricular da sala. Os microfones KE4 foram posicionados na entrada do conduto auditivo da cabeça artificial, para possibilitar a aquisição de sinais biauriculares com a interface de áudio, levando à medição da resposta impulsiva biauricular da sala.

### 3.1.3 Realização das medições

Mediu-se uma posição de fonte por sala para quatro posições de receptores (três microfones e uma cabeça). As Figuras 6 e 7 mostram as plantas baixas das salas avaliadas, assim como o posicionamento da fonte sonora e dos receptores.

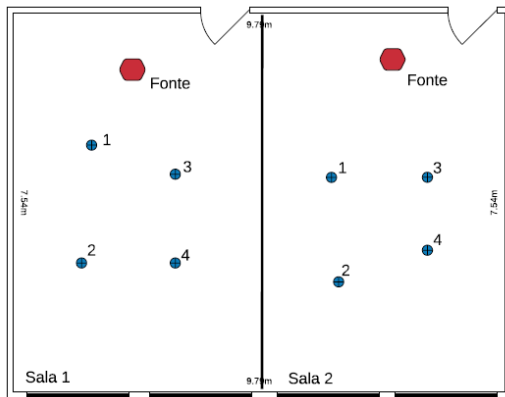


Figura 6 – Planta baixa, com indicação do posicionamento da fonte e receptores, das Salas 1 e 2, separadas por uma parede lateral removível. (Os autores, 2018).

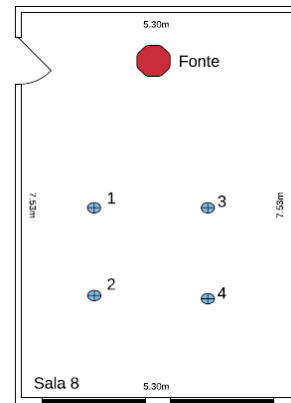


Figura 7 – Planta baixa, com indicação do posicionamento da fonte e receptores, da Sala 8. (Os autores, 2018).

Escolheu-se utilizar a fonte sonora centralizada à frente do quadro negro, já que esta é a região normalmente ocupada pelo(a) professor(a). A fim de melhor caracterizar as salas, foram escolhidas quatro posições de microfone de maneira que estes estivessem o mais distante possível cada um dos outros, levando em consideração a limitação de comprimento dos cabos utilizados nas ligações.

Em um primeiro momento, uma cabeça artificial foi colocada na Posição 1 e os demais microfones nas Posições 2, 3 e 4. Realizaram-se três medições seguidas, objetivando a obtenção de uma média, para, então, haver a troca de posição. A cabeça artificial ocupa a Posição 2, e o microfone que então ocupava esta posição foi colocado na Posição 1, realizando-se novamente três medições. Dessa forma, muda-se a cabeça artificial de posição até que se faça a medida em todos os quatro pontos. Ao todo, a medição de cada sala de aula durou, em média, 40 minutos e a medição completa demandou 3 horas e meia para sua realização.

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 Tempo de reverberação

A Figura 8 mostra a comparação entre os valores dos tempos de reverberação (TRs) encontrados para as três salas medidas. Nota-se que o TR da Sala 8 difere notavelmente

dos demais. Já os TRs das Salas 1 e 2 se aproximam, na maioria das bandas de frequência. Isso deve-se ao fato do layout da Sala 8 ser bem diferente daquele das Salas 1 e 2. De acordo com a norma ANSI/ASA S12.60-2010 o tempo de reverberação em sala de aula com volume menor que 283 m<sup>3</sup> (10.000 ft<sup>3</sup>) não deve ser superior a 0,6 s nas bandas de 500 Hz, 1 kHz e 2 kHz. Se faz necessário, portanto, o controle do TR em todas as salas examinadas, já que o valor encontrado é superior ao recomendado. As Figuras 9, 10 e 11 mostram os TRs obtidos em cada uma das quatro posições das Salas 1, 2 e 8, respectivamente.

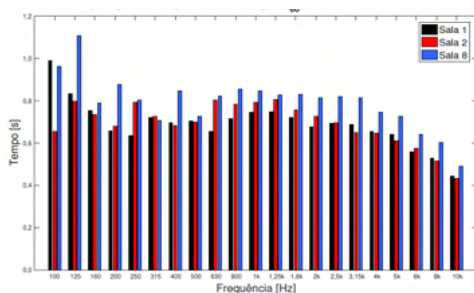


Figura 8 – Comparação dos tempos de reverberação (T30) médios entre as salas avaliadas. (Os autores, 2018).

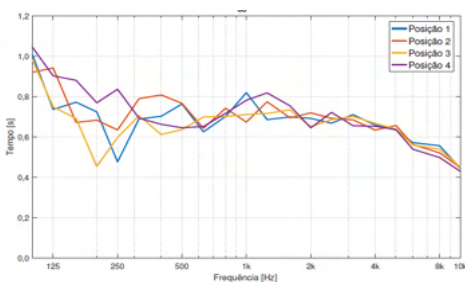


Figura 9 – Comparação do tempo de reverberação (T30) nas quatro posições de medição da Sala 1. (Os autores, 2018).

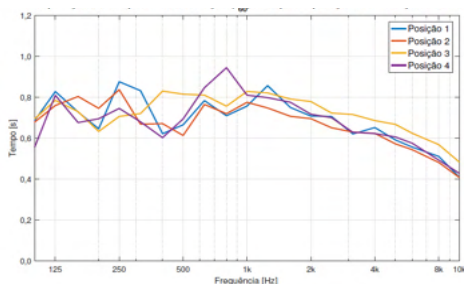


Figura 10 – Comparação do tempo de reverberação (T30) nas quatro posições de medição da Sala 2. (Os autores, 2018).

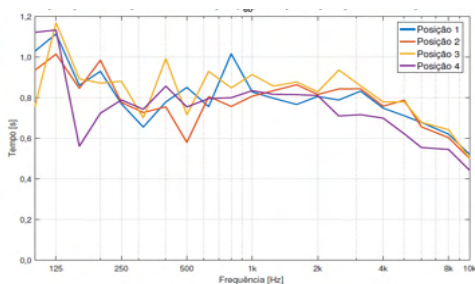


Figura 11 – Comparação do tempo de reverberação (T30) nas quatro posições de medição da Sala 8. (Os autores, 2018).

## 4.2 Ganho

Ganho é um parâmetro que mede a influência da sala no *loudness*, ou seja, a sua amplificação. Em outras palavras, está associado ao suporte que a sala oferece ao orador. A presença de um campo reverberante ajuda o orador, no caso da escola, o(a) professor(a), a falar por mais tempo sem se fatigar. Porém, deve-se levar em conta que aumentar o ganho aumentando o campo reverberante leva a um decréscimo da inteligibilidade, portanto é necessário que haja um bom compromisso entre esses fatores (BRANDÃO, 2018).

A Figura 12 mostra a comparação entre os ganhos calculados para cada sala de

aula medida.

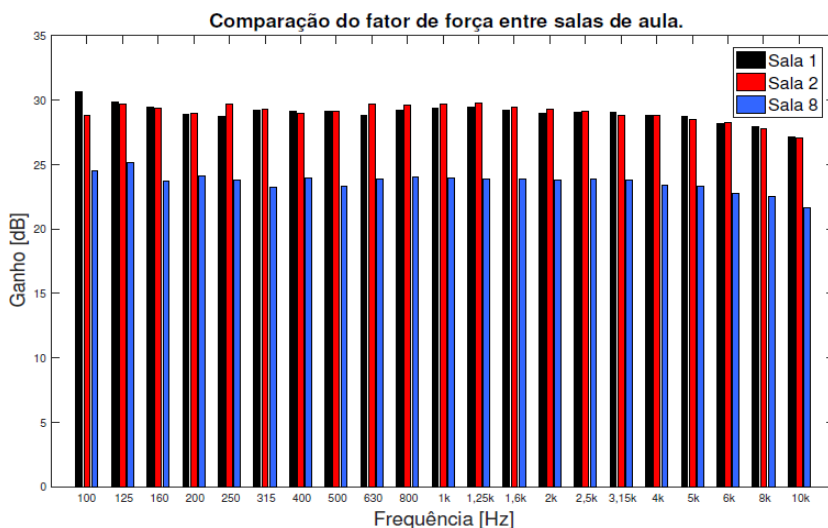


Figura 12 – Comparação do ganho entre as salas de aula avaliadas. (Os autores, 2018).

Nota-se que o ganho da Sala 8 é relativamente menor (aproximadamente 5 dB) ao encontrado nas Salas 1 e 2, mesmo aquela tendo maior tempo de reverberação médio. Isso se deve ao fato de a sala possuir maior volume em relação às outras duas. Já que todas elas possuem absorção parecida (materiais e mobiliário similares compõem todas as salas), as paredes mais distantes do orador na Sala 8 influenciam na queda do ganho.

### 4.3 Construção dos ditados de monossílabos

O segundo passo do experimento realizado foi a aplicação de três ditados, contendo 20 monossílabos cada, a fim de avaliar a inteligibilidade da fala. A construção dos ditados foi feita a partir da escolha de 60 monossílabos, gravados em câmara anecoica, distribuídos em três listas diferentes de forma que existissem sons contendo a maior variedade de sílabas e vogais possível.

### 4.4 Metodologia de aplicação dos ditados

Adotando a mesma fonte onidirecional utilizada na medição da resposta impulsiva, aplicou-se o sinal do ditado com a fonte sonora posicionada em frente à turma da Sala 2. Foram distribuídas aos alunos folhas com instruções e canetas, além de ser feito um breve treinamento com uma lista teste contendo três monossílabos. Também foram dadas algumas explicações pertinentes sobre acústica, tais como, ruído residual, problemas relacionados ao ruído e inteligibilidade.

Durante a aplicação dos ditados, foi posicionado um microfone para gravação do ruído residual. No intervalo dos testes de articulação foi efetuado o levantamento da

resposta impulsiva biauricular, na presença dos alunos.

Os alunos participantes dos testes de articulação tinham entre 11 e 13 anos de idade. A dificuldade por parte do corpo docente da escola em liberar os alunos impossibilitou a aplicação dos testes de articulação nas três salas de aula consideradas.

### 4.5 Resultados de inteligibilidade

Esta seção irá mostrar os resultados dos ditados, assim como a média de acertos por aluno e a média de acertos por palavra. As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resultados dos testes de articulação realizados na Sala 2.

Turma 1 Lista 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Méda
Diz	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0,80
Fé	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,20
Au	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Ei	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Léo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Lha	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0,33
Dom	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,93
Bis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Mão	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,93
Nha	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,87
Oi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Flu	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0,67
Foi	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,33
Crau	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,93
Pão	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,87
Boi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Bras	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0,87
Al	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Fla	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,53
Col	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0,53
Acertos	15	10	16	18	17	17	15	16	15	18	18	16	17	15	14	15	
Méda	0,75	0,5	0,8	0,9	0,85	0,85	0,75	0,8	0,75	0,9	0,9	0,8	0,85	0,75	0,7	0,75	

Tabela 1 – Resultados da Lista 1 para a turma da Sala 2. (Os autores, 2018).

Turma 1 Lista 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Méda
Clá	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,81
Cós	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,81
Dó	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Mel	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Nu	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Quem	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Rei	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0,75
Tom	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88
Chão	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88
Ca	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0,75
Sem	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,88
Tal	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0,75
Véu	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88
Fá	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
Fós	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,81
Se	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,81
Bla	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0,63
Cão	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0,81
Aos	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,81
Má	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Acertos	18	0	14	16	18	18	18	19	19	17	16	19	17	18	11	18	18
Méda	0,9	0	0,7	0,8	0,9	0,9	0,95	0,95	0,85	0,8	0,95	0,85	0,9	0,55	0,9	0,9	

Tabela 2 – Resultados da Lista 2 para a turma da Sala 2. (Os autores, 2018).

Como se observa nos resultados das três listas aplicadas à turma da Sala 2, as médias de acertos para palavras começadas em F, tais como *Fé*, *Foi*, *Fá* e *Fim* foi muito baixa. A partir de uma breve análise do espectro destas palavras, em comparação com o espectro de palavras com alta taxa de acerto, foi constatada a proeminência de componentes de 1 kHz a 2 kHz, mostrando que falta absorção acústica nessas bandas de frequência na Sala 2, primordiais para o bom entendimento da voz, e consequentemente, o bom desempenho em sala de aula.

Turma 1 Lista 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Méda
Céu	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Jó	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,88
Mal	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,88
Pé	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Tem	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Val	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Teu	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Fra	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88
Rim	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0,56
Vé	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Sol	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Fim	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0,50
Caos	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Em	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88
No	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Pré	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Mim	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Na	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88
Cruz	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,94
Gril	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,88
Acertos	19	0	19	20	19	17	19	19	20	18	19	18	20	17	18	19	
Méda	0,95	0	0,95	1	0,95	0,85	0,95	0,95	1	0,9	0,95	0,9	1	0,85	0,9	0,95	

Tabela 3 – Resultados da Lista 3 para a turma da Sala 2. (Os autores, 2018).

## 4.6 Aurilização

Aurilização, segundo Vorländer (2008), é o processo de criar sons audíveis através de dados simulados, medidos ou sintetizados. Dessa forma, foi feita a aurilização da Sala 2, por meio da convolução da resposta impulsiva biauricular, gravada no dia da aplicação dos ditados, com as mesmas listas utilizadas nos ditados, além da adição do ruído residual gravado também durante a aplicação dos testes. Assim, os mesmos ditados foram novamente aplicados aos alunos, através de fones de ouvido, a fim de comparar os seus resultados. Foi utilizado o fone de ouvido *Bose QC25* com controle ativo de ruído, com intuito de diminuir o ruído residual, presente no local durante a realização do teste virtual, e melhorar a relação sinal-ruído do teste.

Como mostram as Tabelas 4, 5 e 6, os resultados dos testes virtuais se mostraram piores, com índices de acerto inferiores. Dois fatores podem justificar esse resultado. O primeiro fator deve-se ao fato de uma escolha não muito feliz quanto à localização da cabeça artificial na Sala 2, onde ela foi posicionada próximo à parede removível, região onde os resultados dos testes de articulação foram piores devido à interferência dessa parede. O segundo fator deve-se ao fato de que a cabeça artificial utilizada possuía dimensões antropométricas de adulto, ao passo que os alunos, como já mencionado, eram crianças de 11 a 13 anos, portanto, com funções de transferência associadas à cabeça bem distintas (FELS, 2008).

## 5 | CONCLUSÕES

Apesar de a acústica de um ambiente como uma sala de aula ser tão importante quanto a cadeira na qual a criança está sentada, não lhe é dada a devida importância em nosso país. Os resultados dos testes refletem exatamente isto. Com a exclusão da criança de número 2, que comprovadamente sofre de dislexia, todos os outros alunos se mostraram aptos à realização do teste, porém como é visto, a taxa de acertos em determinadas palavras é baixíssima, enquanto em outras muito alta.

Turma 1 Lista 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Diz	X	X	X	1	1	X	1	0	1	1	1	0	1	X	1	X	0,8
Fé	X	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0	X	0,0
Au	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	1	X	1,0
Ei	X	X	X	1	1	X	1	0	1	1	1	1	1	X	1	X	0,9
Léo	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	1	X	1,0
Lha	X	X	X	1	0	X	0	0	0	1	0	1	0	X	0	X	0,3
Dom	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	1	X	1,0
Bis	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	0	1	X	1	X	0,9	
Mão	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	1	X	1,0
Nha	X	X	X	1	1	X	0	1	1	1	1	1	1	X	1	X	0,9
Oi	X	X	X	1	1	X	1	1	0	1	1	1	1	X	1	X	0,9
Flu	X	X	X	1	1	X	0	0	0	0	0	0	0	X	1	X	0,3
Foi	X	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0	X	0,0
Grau	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	1	X	1,0
Flo	X	X	X	1	1	X	0	1	1	1	1	1	1	X	1	X	0,9
Boi	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	0	X	0,9
Bras	X	X	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	X	1	X	1,0
Ai	X	X	X	1	1	X	1	0	1	1	1	1	0	X	1	X	0,8
Fla	X	X	X	0	0	X	0	0	1	0	0	0	0	X	0	X	0,1
Gol	X	X	X	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0	X	0,1
Acertos	0	0	0	16	16	0	12	11	14	14	15	12	14	0	14	0	
Média	X	X	X	0,8	0,8	X	0,6	0,55	0,7	0,7	0,75	0,6	0,7	X	0,7	X	

Tabela 4 – Resultados da Lista 1 aurilizada para a turma da Sala 2. (Os autores, 2018).

Turma 1 Lista 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Clá	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Cós	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Dó	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Mel	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Nu	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	0	X	0,8		
Quem	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Rel	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	0	1	X	0,9
Tom	X	X	X	0	1	X	0	1	1	X	1	1	1	X	1	X	0,8		
Chão	X	X	X	0	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Ca	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Sem	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Tal	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Veu	X	X	X	1	0	X	1	1	1	X	0	1	1	X	1	X	0,8		
Fa	X	X	X	0	1	X	0	0	0	X	0	1	1	X	0	X	0,3		
Pos	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Se	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Bla	X	X	X	0	1	X	1	0	1	X	1	0	0	X	0	X	0,4		
Cao	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Aos	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Má	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0		
Acertos	0	0	0	17	19	0	18	18	19	0	18	18	18	0	17	0			
Média	X	X	X	0,85	0,95	X	0,9	0,9	0,95	X	0,9	0,9	0,9	X	0,85	X			

Tabela 5 – Resultados da Lista 2 aurilizada para a turma da Sala 2. (Os autores, 2018).

Turma 1 Lista 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Céu	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Jó	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Mal	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Pe	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Tem	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Vai	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Teu	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Pra	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Rim	X	X	X	1	0	X	0	0	1	X	0	0	1	X	0	X	0,3
Vê	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Sol	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Fim	X	X	X	1	0	X	0	0	0	X	0	0	1	X	1	X	0,3
Caos	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Em	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
No	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Pré	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Mim	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Na	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Cruz	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	X	1	X	1,0
Gril	X	X	X	1	1	X	1	1	1	X	1	0	1	X	1	X	0,9
Acertos	0	0	0	20	18	0	18	18	19	0	18	17	20	0	19	0	
Média	X	X	X	1	0,9	X	0,9	0,9	0,95	X	0,9	0,85	1	X	0,95	X	

Tabela 6 – Resultados da Lista 3 aurilizada para a turma da Sala 2. (Os autores, 2018).

Dessa forma, comprova-se a necessidade de condicionamento acústico adequado para que a aprendizagem não seja prejudicada, melhorando dessa maneira a qualidade de ensino e criando um ambiente mais saudável.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 3382-2. **Acústica – Medição de parâmetros de acústica de salas – Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns**, Rio de Janeiro, 2017.

ANSI Standard ANSI. **Asa s12. 60-2010/part 1** American national standard acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools, part 1: Permanent schools. USA: Acoustical Society of America, 2010.

BERANEK, L. **Concert and Opera Houses: How They Sound**. Acoustical Society of America, Woodbury, 1996.

BRADLEY, J.S. **Predictors of speech intelligibility in rooms**. J. Acoust. Soc. Am., 80:837-845, 1986.



BRADLEY, J.S. **Optimizing the decay range in room acoustics measurements using maximum-length sequences techniques.** J. AES, 44:266–273, 1996.

BRADLEY, J.S., REICH, R.D. and NORCROSS, S.G. **On the combined effects of signal-to-noise ratio in room acoustics on speech intelligibility.** J. Acoust. Soc. Am., 106:1820–1828, 1999.

BRANDÃO, E. **Acústica de salas: projeto e modelagem.** Editora Blucher, 2018.

COSTA, R. e QUERIDO, J.G. **A qualidade acústica ambiental nas salas de aula das escolas públicas, sua influência no processo ensino-aprendizado e na qualidade de vida do professor.** Acústica e Vibrações, 40: 10–20, 2009.

ENIZA, A. e GARAVELLIA, S.L. **Acústica de salas de aula: estudo de caso em duas escolas da rede privada do DF.** Revista da Sociedade Brasileira de Acústica, 31:2-12, 2003.

FELS, J. **From children to adults: How binaural cues and ear canal impedances grow.** Ph.D. Thesis, Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen University, Aachen, Germany, 2008.

FRENCH, N.R. and STEINBERG, J.C. **Factors governing the intelligibility of speech sounds.** J. Acoust. Soc. Am., 19:90-119, 1947.

HARRIS, C.M. **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control.** 3rd Ed. Acoustical Society of America, Woodbury, 1998.

MELO, V.S.G. **Avaliação de inteligibilidade de salas de aula de ensino fundamental a partir de respostas impulsivas biauriculares obtidas com cabeça artificial de dimensões infantis.** Tese de D.Sc. PEM/COPPE/UFRJ, 2012.

MÜLLER, S. **Metrologia aplicada a qualidade acústica de salas de aula — Testes de inteligibilidade e medições bi-auriculares em escolas públicas.** Relatório técnico, INMETRO, 2004.

MÜLLER, S. and MASSARANI, P. **Transfer-function measurement with sweeps.** J. Audio Eng. Soc., 49(6):443-471, 2001.

TENENBAUM, R.A., CAMILO T.S., TORRES, J.C.B. **Hybrid method for numerical simulation of room acoustics with auralization: Part 1 – Theoretical and numerical aspects.** J. Bras. Soc. Mech. Sci. and Eng., 29(2):211-221, 2007.

VORLÄNDER, Michael. **Auralization: fundamentals of acoustics, modelling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality.** Springer Science & Business Media, 2007.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 23, 27, 28, 47, 52, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71

Acessibilidade no espaço público 57

Acústica de salas 137, 140, 141, 149, 150

Análise comparativa 19, 20, 21, 25, 33

Aquecimento global 95, 96, 97, 98, 100, 102, 106, 107, 127

Arquitetura 2, 36, 37, 55, 95, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 134, 135, 136, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 160, 161, 164, 165, 166, 167, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 195, 196, 197

Arquitetura moderna gaúcha 151, 152, 166

Aurilização 137, 139, 148

Avaliação 18, 23, 96, 106, 109, 113, 115, 121, 124, 135, 137, 139, 150, 168, 171, 175

### B

Bioclimatização 125, 135

Brasil 2, 17, 23, 24, 35, 36, 37, 41, 42, 44, 55, 59, 60, 70, 74, 107, 110, 111, 123, 138, 176

### C

Centro histórico 56, 57, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 72, 73, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92

Centros históricos 56, 57, 59, 70, 71, 72, 77, 85, 94

Centro tombado 57

Cerâmica 99, 100, 125, 126, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 155, 166, 169

Cidade 6, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 70, 95, 97, 98, 102, 117, 151, 153, 166

Cidades medias 1

Conforto térmico 102, 104, 106, 109, 111, 116, 119, 121, 122, 127, 128, 135

Conservação 27, 64, 123

Construção 1, 4, 7, 19, 21, 27, 28, 41, 61, 110, 111, 123, 130, 137, 146, 152, 153, 169, 176, 178, 179, 194, 195

Construção Civil 110, 137, 176, 178, 179

Consumo 21, 73, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 102, 104, 105, 106, 107, 110, 115

Consumo energético 95, 97, 98, 99, 102, 104, 105, 106, 107

### D

Desempenho estrutural 168, 170, 171, 175, 176

## **E**

Edifícios de apartamento 151

Educação 12, 23, 52, 55, 64, 109, 111, 123, 134, 135, 196, 197

Eficiência energética 97, 101, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 118, 121, 122, 123, 135

Eixo verde 37, 38, 47, 50

Ensino 52, 109, 111, 112, 113, 121, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 149, 150, 196, 197

Escola 48, 114, 120, 131, 135, 142, 145, 147, 165, 196

## **I**

Impacto 23, 24, 32, 40, 73, 74, 95, 96, 97, 110, 127, 128, 129, 168, 171, 172, 173, 175

Infraestrutura 3, 4, 5, 10, 11, 16, 27, 28, 31, 33, 37, 38, 40, 43, 44, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 63, 64, 66, 109, 111, 112

Infraestrutura urbana 3, 10, 11, 33, 37, 38, 44, 47, 52, 54, 63, 66

Inteligibilidade 137, 138, 139, 140, 141, 145, 146, 147, 150

## **L**

Legislação 1, 5, 6, 7, 8, 17, 23, 63, 110, 151, 152, 154, 156, 161, 164, 165, 185, 188, 189, 193, 195

Legislação urbana 1, 6, 17

## **M**

Mapeamento 18, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 190, 195

Mobilidade urbana 1, 2, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 27, 28, 34, 36, 39, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 70

Multidisciplinaridade 125

## **P**

Painéis leves 168, 169, 175, 176, 177

Paisagem urbana 57

Patrimônio 52, 56, 57, 59, 60, 62, 66, 70, 71

Pesquisa 1, 2, 4, 6, 7, 8, 16, 17, 19, 21, 27, 33, 34, 40, 41, 42, 52, 54, 57, 101, 112, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 151, 152, 179, 180, 181, 182, 194, 195, 196

Planejamento 3, 5, 6, 7, 8, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 39, 58, 70, 98, 106, 128, 130, 194

Planos 1, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29, 33, 35, 53, 62, 155, 157, 160, 166

Praças 37, 38, 39, 41, 42, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 54

Praças públicas 37, 38

Prática 32, 33, 59, 125, 130, 132, 178, 179, 180, 182, 195

Processo de projeto 123, 178, 179, 180, 181, 183, 194, 195, 196

Processos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 17, 23, 24, 25, 34, 35, 61, 66, 169, 170, 178, 179, 180, 181, 182, 195

Produção habitacional 1, 4, 6, 7, 8, 16, 17

## **Q**

Qualidade acústica de salas de aula 137, 150

## **R**

Reconfiguração territorial 1, 6, 7, 17

Revitalização 37, 50, 52

## **S**

Savana Brasileira 95

Segurança 26, 48, 52, 59, 60, 61, 170, 172, 173, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196

Segurança contra incêndio 170, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196

Sociedade 19, 20, 22, 24, 34, 37, 39, 60, 123, 128, 150

## **T**

Território 4, 16, 20, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 52, 54, 55

## **U**

Urbanismo 2, 36, 37, 55, 73, 94, 95, 128, 129, 135, 136, 197

## **V**

Vedações verticais externas 168, 172, 173

Pesquisas, processos e práticas em

# arquitetura e urbanismo

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

Pesquisas, processos e práticas em

# arquitetura e urbanismo



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)