

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



Milson dos Santos Barbosa  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



Milson dos Santos Barbosa  
(Organizador)

**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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Milson dos Santos Barbosa

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem / Organizador Milson dos Santos Barbosa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0422-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.224220408>

1. Ciências exatas - Estudo e ensino. I. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). II. Título.

CDD 507

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



## 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

A coleção “Ciências exatas e da terra: Conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem” é um e-book que tem o intuito de fornecer *insights* sobre metodologias educacionais e aplicações tecnológicas para fomentar e desenvolver processos e produtos inovadores. O volume reúne estudos teóricos e práticos (revisões bibliográficas, relatos de casos, pesquisas científicas, entre outros) envolvendo cálculos matemáticos e afins para solucionar problemas e beneficiar diretamente a sociedade.

Neste contexto, a obra apresenta de maneira objetiva e didática estudos desenvolvidos por docentes e discentes de diferentes instituições de ensino e pesquisa do país. Os artigos englobam desenvolvimentos recentes no campo das tecnologias, energias renováveis, modelagens e simulações computacionais, algoritmos e softwares, bem como máquinas e equipamentos. Outra direção importante fomentada no e-book é abordagem utilizada para difundir os conhecimentos pedagógicos e o ensino científico nas ciências exatas e da terra.

Questões relevantes para a sociedade moderna são, portanto, debatidas a partir de uma perspectiva crítica, trazendo discussões de temáticas da área e propiciando um conhecimento específico e aprofundado para discentes, docentes e pesquisadores. Deste modo, a obra composta por capítulos que abordam múltiplos temas e com conceitos interdisciplinares da área de ciências exatas e da terra. Diante dessa oportunidade de aprendizagem, convido todos os leitores para usufruírem das produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Milson dos Santos Barbosa

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS) E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA

Micheline Soares Costa Oliveira

Letícia Martins Nunes

Letícia de Araújo Rodrigues

Hemilly Sales Alburquerque

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204081>

### **CAPÍTULO 2..... 6**

#### DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE COMO AÇÃO DE EXTENSÃO: RELATO DE EXPERIÊNCIA

Luis Fernando Meneghel Benatto

Daniela de Freitas Guilhermino Trindade

Carlos Eduardo Ribeiro

Renata Alfredo

José Reinaldo Merlin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204082>

### **CAPÍTULO 3..... 13**

#### A CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES DE QUÍMICA EM RELAÇÃO À CONTRIBUIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS ALUNOS

Tatiana Medeiros Ibiapina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204083>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### O ENSINO DE QUÍMICA E CULTURA: CONCEPÇÕES PRESENTES NA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Rafael Martins Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204084>

### **CAPÍTULO 5..... 48**

#### CLASSROOM COMO RECURSO TECNOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM MATEMÁTICA

Mauricio da Silva Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204085>

### **CAPÍTULO 6..... 74**

#### PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SOBRE POLUIÇÃO SONORA

Maria Lúcia Grillo

Luiz Roberto Perez Lisboa Baptista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204086>

**CAPÍTULO 7..... 83**

**ANÁLISE DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA APLICADOS À CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ**

Igor Garcia Lube

Gustavo Maia de Almeida

Fidelis Zanetti de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204087>

**CAPÍTULO 8..... 94**

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS ORGÂNICOS E FLEXÍVEIS MECANICAMENTE**

Ana Carolina da Silva Mota

Cleber Lourenço Izidoro

Vagner da Silva Rodrigues

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Oswaldo Hideo Ando Junior

Marco Roberto Cavallari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204088>

**CAPÍTULO 9..... 106**

**SIMULAÇÃO DE ALGORITMOS DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA APLICADOS A PAINÉIS FOTOVOLTAICOS ORGÂNICOS COM CONVERSOR CC-CC SOB SOMBREAMENTO PARCIAL**

Ana Carolina da Silva Mota

Vagner da Silva Rodrigues

Cleber Lourenço Izidoro

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Oswaldo Hideo Ando Junior

Marco Roberto Cavallari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204089>

**CAPÍTULO 10..... 120**

**IDENTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE PLUMAS GASOSAS NA COLUNA D'ÁGUA ATRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ALTA RESOLUÇÃO**

Jorge Fiori Fernandes Sobreira

Carlos Eduardo Borges de Salles Abreu

Esmeraldino Aleluia Oliveira Júnior

Marcelo Rocha Peres

Marco Ianniruberto

Luciano Emídio da Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040810>

**CAPÍTULO 11..... 135**

**NUMERICAL SIMULATION OF A CONNECTED-PIPE TEST RAMJET MOTOR**

Douglas Carvalho Cerbino

Olexiy Shynkarenko

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040811>

**CAPÍTULO 12..... 149**

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E O CAMPO CONCEITUAL DAS ESTRUTURAS ADITIVAS

Grazielle Jenske

Verônica Gesser

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040812>

**CAPÍTULO 13..... 162**

INFLUENCE OF NON-LINEAR DAMPING ON NON-LINEAR STRUCTURES VIBRATIONS

Thiago R. Carvalho

Zénon J. Guzman N. Del Prado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040813>

**CAPÍTULO 14..... 168**

ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE

José Batista Siqueira

Edson Magalhães Bastos Júnior

José Antônio Pacheco Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040814>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 182**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 183**

## PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SOBRE POLUIÇÃO SONORA

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 14/06/2022*

### **Maria Lúcia Grillo**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Dep.de Eletrônica Quântica  
Rio de Janeiro — RJ  
<http://lattes.cnpq.br/7215315486080415>

### **Luiz Roberto Perez Lisbôa Baptista**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Dep. de Eletrônica Quântica  
Rio de Janeiro — RJ  
<http://lattes.cnpq.br/8661318521659395>

**RESUMO:** As ondas sonoras estão presentes no nosso cotidiano permanentemente, de várias formas, provenientes de diferentes tipos de fontes. O som é importante, por exemplo, na comunicação através da fala, também na música e como sinal de alerta. Porém, além de ocorrerem sons não desejados, seu uso deve ser sempre bem controlado, para que não prejudique a saúde de quem gera o som, bem como dos demais ouvintes. O nível de pressão sonora recebido e sua duração devem ser observados, conforme as normas acústicas, bem como a qualidade acústica das salas utilizadas, a fim de prevenir inúmeros problemas de saúde e comunicação. A poluição sonora está presente quando as condições acústicas não são adequadas. Neste trabalho sugerimos alguns experimentos, em nível universitário, mas que podem ser adaptados para o nível médio, onde são medidos e avaliados

parâmetros acústicos em ambientes acadêmicos. Foi utilizado um sonômetro digital com  $L_{eq}$  (nível equivalente) ITDEC 4020 e os softwares Praat e Audacity, para a obtenção dos parâmetros acústicos e sua avaliação. Os ambientes estudados foram em uma universidade e alguns instrumentos musicais serviram como fontes sonoras. A poluição sonora ficou evidenciada através dos resultados experimentais, bem como a necessidade de um melhor controle da qualidade acústica dos ambientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acústica ambiental, acústica de salas, poluição sonora.

### EXPERIMENTAL PRACTICES ON NOISE POLLUTION

**ABSTRACT:** Sound waves are present in our daily lives permanently, in various ways, coming from different types of sources. Sound is important, for example, in communication through speech, also in music and as a warning signal. However, in addition to unwanted sounds, their use must always be well controlled, so that they do not harm the health of those who generate the sound, as well as other listeners. The received sound pressure level and its duration must be observed, according to the acoustic standards, as well as the acoustic quality of the rooms used, in order to prevent numerous health and communication problems. Noise pollution is present when acoustic conditions are not adequate. In this work we suggest some experiments, at the university level, but which can be adapted to the high school level, where acoustic parameters are measured and evaluated in academic environments. A digital sound level meter with  $L_{eq}$  (equivalent

level) ITDEC 4020 and the Praat and Audacity software were used to obtain the acoustic parameters and their evaluation. The environments studied were in one university and some musical instruments served as sound sources. The noise pollution was evidenced through the experimental results, as well as the need for a better control of the acoustic quality of the environments.

**KEYWORDS:** Environmental acoustics, room acoustics, noise pollution.

## 1 | INTRODUÇÃO

A poluição sonora é uma das formas de poluição ambiental que atinge praticamente toda a humanidade. Não se trata de um tema novo, uma vez que há dados históricos que nos levam até a Antiguidade (Bistafa, 2011). Com o desenvolvimento da tecnologia são criadas cada vez mais fontes sonoras e de maiores intensidades. A literatura científica tem hoje grande variedade de trabalhos, abordando o tema sob vários aspectos.

Segundo Zajarkiewicz (2010) a poluição sonora é “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente lancem energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”. Além disso: prejudica a saúde e bem-estar da população, afeta as relações sociais entre os indivíduos, bem como pode causar desvalorização de imóveis e afetar a comunicação entre os animais, além de provocar estresse e outros efeitos orgânicos (ZAJARKIEWICZ, 2010).

O ruído é associado à poluição sonora, e é definido na norma ABNT NBR 16.313 como todo som que pode causar incômodo, ser indesejável ou não inteligível. Porém, conforme a duração e o nível de intensidade, um som pode ser prejudicial à saúde, mesmo que seja agradável, como um som musical. A qualidade acústica da sala também influencia na forma com que ouvimos um som: ambientes com tempos de reverberação muito alto, como uma câmara reverberante, são inadequados para usos como aulas ou apresentações musicais; por outro lado, a câmara anecoica, com tempos de reverberação muito baixo, é um ambiente também inadequado para os fins citados. Os ambientes acadêmicos normalmente não chegam a esses extremos, mas seus parâmetros acústicos devem também ser considerados, a fim de não prejudicar a saúde nem a comunicação.

Trata-se de um tema muito relevante, para quaisquer ambientes, não apenas acadêmicos, que contribui para a formação de estudantes, principalmente de Física. A Acústica é uma área muito ampla, cujos conceitos abrangem diversos aspectos, tanto teóricos quanto experimentais, e que pode ser abordada em vários níveis, usada como recurso para motivação ao ensino de Física, já que é algo do dia a dia, e também em divulgação científica.

## 2 | OBJETIVOS

Neste trabalho temos por objetivo avaliar acusticamente alguns ambientes de uma

universidade em termos de nível de intensidade sonora e tempos de reverberação, a fim de verificar a adequabilidade desses ambientes usados especialmente para aulas. Estes devem ter qualidade acústica, permitindo a permanência de alunos e professores por várias horas e também proporcionando a boa inteligibilidade da fala.

Alguns instrumentos musicais também foram analisados quanto ao nível de intensidade sonora, visando avaliar a situação de músicos e ouvintes, incluindo professores de música.

Além disso, visamos à educação acústica de estudantes de graduação de Física, alertando para problemas ambientais que nem sempre são considerados, mas nos quais estamos imersos, e devem ser controlados. Os estudantes, que em breve poderão ser professores, serão multiplicadores desses cuidados ambientais.

Por fim pretendemos divulgar esses resultados, que poderão contribuir para algumas mudanças nos ambientes, tornando-os mais adequados para o fim ao qual foram criados.

### **3 | BASE TEÓRICA**

Para o desenvolvimento desse trabalho consideramos modelos teóricos pedagógicos e físicos. Os modelos da Aprendizagem Significativa e das Metodologias Ativas são utilizados e alguns fundamentos da Física, como as noções de ondas sonoras, nível de intensidade sonora (ou de pressão sonora) e tempos de reverberação. As normas acústicas precisam também ser conhecidas para a realização dos experimentos propostos.

#### **3.1 A Aprendizagem Significativa e as Metodologias Ativas**

Em Grillo e Freitas (2021) há um resumo dessas duas teorias pedagógicas, direcionadas para o ensino de acústica e poluição sonora. São teorias hoje muito conhecidas e utilizadas, e que têm contribuído de forma positiva para a melhoria do ensino de Física em vários níveis.

Todo professor deseja que seus alunos aprendam os conteúdos ensinados, e que o façam com prazer, ou seja, que a aprendizagem seja significativa, segundo Ausubel (Pelizzari et al, 2001-2002). Para isso é importante conhecer os conhecimentos prévios dos alunos e a partir desses, que serão os subsunçores, desenvolver o novo conteúdo a ser ensinado. No tema aqui desenvolvido essa estratégia não é difícil de ser utilizada, já que os alunos já chegam na universidade, ou mesmo no colégio, com experiências de som, ruído, eco, reverberação, poluição sonora e música.

Oliveira et al. (2016) nos lembram que o estudante de hoje não é igual ao estudante que nós, professores, fomos. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel deve hoje ser adaptada e complementada com teorias que respondem aos estudantes atuais, de qualquer nível. Por isso a teoria da aula invertida, dentro das chamadas pedagogias ativas, é hoje muito conveniente, o que não impede que o professor tenha um tempo para

introduzir o tema. O aluno poderá ser incentivado à instrução por pares ou pelos colegas (peer instruction), teoria desenvolvida por Mazur (2015) ou ainda à aprendizagem baseada em equipes (MICHAELSEN, KNIGHT, FINK, 2004). Cabe sempre ao professor conhecer essas possibilidades a fim de adequar suas aulas, de forma a alcançar seus objetivos.

### 3.2 Alguns fundamentos da Acústica

O estudo das ondas é utilizado em muitas disciplinas do curso de Física, como Óptica e Acústica, dentre outras. A base matemática é comum, porém cada onda possui suas particularidades. As ondas sonoras, conforme Resnick, Halliday e Krane (2007), podem ser expressas por 4 parâmetros: variação de pressão, deslocamento de moléculas em relação às suas posições de equilíbrio, variação da massa específica do meio e velocidade de pequenos elementos do meio. As unidades ficam então conhecidas, como o Pascal (Pa), medida da pressão sonora.

O nível de pressão sonora, expresso em decibel (dB) muitas vezes é confundido com a pressão sonora. Essa distinção pode ser feita, antes mesmo da apresentação das relações matemáticas, através de um teste audiométrico, disponível em <http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/hearing.html>. Facilmente o aluno perceberá a variação da sensibilidade do ouvido com a frequência e poderá construir seu gráfico. Mantendo o volume do aparelho constante, a cada frequência marcará a mínima intensidade ouvida. O teste deve ser feito em um lugar silencioso e de preferência com fones de ouvido.

Em Bistafa (2011), no capítulo 3, há uma boa descrição da representação matemática da sensação provocada pelo som, incluindo uma introdução histórica da origem do Bel e do deciBel (dB). Através de equações como:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

que expressa o nível de intensidade sonora ( $L_I$ ) em função da intensidade sonora ( $I$ ), sendo  $I_0$  o valor de referência  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ , ou ainda:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (2)$$

do nível de pressão sonora ( $L_p$ ) em função da pressão sonora ( $p$ ), sendo  $p_0$  o valor de referência  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ , as ondas sonoras vão sendo mais conhecidas.

A manipulação matemática dos logaritmos é importante a fim de poder expressar as diversas equações de várias formas e a relação entre as grandezas. O decibel não é uma unidade, mas uma relação entre as unidades.

É interessante abordar a soma de decibels, que, devido às equações logarítmicas, não é como a soma normal. Essas equações expressam a forma com que ouvimos os sons, o que significa que, se ouvirmos duas fontes iguais, não teremos a sensação de ouvirmos o dobro da intensidade, embora a intensidade dobre, mas ouviremos o som de uma fonte

acrescido apenas de 3 dB. Análises de salas podem ser feitas, considerando várias fontes ao mesmo tempo, cujos níveis de intensidade sonora podem ser somados ou subtraídos.

As medidas de nível de pressão sonora, ou nível de intensidade sonora, são feitas com um sonômetro, que deverá ser apresentado antes dos experimentos. É útil a realização da medida do nível equivalente ( $L_{peq}$  ou  $L_{leq}$ ), que medirá um valor médio, durante um tempo escolhido previamente. As normas acústicas (ABNT NBR 16.313, ABNT NBR 10.152 e NR 15) devem também ser consideradas, assim apresentando respectivamente, a nomenclatura de Acústica correta, os níveis apropriados para cada ambiente (bem como a forma de realizar medidas com sonômetro em salas) e os limites de tempo suportáveis para cada nível de pressão sonora (norma que regulamenta as condições adequadas de trabalho).

Com esses e alguns outros fundamentos físicos podem ser realizados alguns experimentos que esclarecem o tema da poluição sonora.

#### 4 | EXPERIMENTOS, RESULTADOS E CONCLUSÃO

Propomos aqui 3 experimentos dentro do tema “Poluição Sonora”. Foi utilizado um sonômetro digital com  $L_{eq}$  (nível equivalente) ITDEC 4020 e os softwares Praat e Audacity, para a obtenção dos parâmetros acústicos e sua avaliação. Os ambientes estudados foram em uma universidade e alguns instrumentos musicais serviram como fontes sonoras. Os alunos receberam textos para serem estudados antes das aulas (aula invertida) e fizeram os trabalhos de grupo (aprendizagem baseada em equipes).

**1º Experimento:** Medida de níveis sonoros ambientais

- 1) Estudar as instruções para o uso do sonômetro (ver manual do aparelho).
- 2) Estudar a norma ABNT NBR 10.152
- 3) Fazer algumas medidas em alguns ambientes internos da universidade, conforme a norma ABNT NBR 10.152. Usar  $L_{eq}$  em 1min e ponderação A.

Obs: A ponderação A fornecerá um valor equivalente ao ouvido humano (é interessante fazer uma apresentação dos tipos de ponderação do sonômetro – para isso ver: <https://www.concepcaoacustica.com/post/o-sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>).

Descrever o ambiente, horário, condições de uso, características das fontes sonoras (ver item 11 da norma citada).

- 4) Avaliar os resultados obtidos, conforme valores de referência da tabela 3, do item 10, pag. 12, da norma citada.

Neste experimento os alunos tomaram a iniciativa de escolher os ambientes e fizeram as medidas. Em seguida fizeram as avaliações.

Na tabela 1 apresentamos alguns valores obtidos.

Todos os valores medidos foram bem elevados, o que evidencia como os ambientes são poluídos acusticamente, embora nem sempre essa poluição seja observada.

Local	$L_{eq}$ (dB)	Valor de referência (dB)
sala de aula vazia	59,7	35
lanchonete	68,5	50
hall	70,5	50
biblioteca	61,5	40
sala de aula c/ ar refrigerado ligado vazia	63,1	35

Tabela 1 – Níveis de intensidade sonora medidos em alguns ambientes e valores de referência (NBR 10.152)

## 2º Experimento: Medida de níveis sonoros de instrumentos musicais

1) Fazer algumas medidas do  $L_{eq}$  em 1min, ponderação A, próximo a alguns instrumentos musicais. Medir em duas posições para cada instrumento. Anotar a posição da medida e qual nota foi usada em cada instrumento.

2) Comparar os resultados obtidos. Considere o instrumento mais intenso e avalie quantos dos instrumentos menos intensos são necessários para igualar o  $L_{eq}$  do mais intenso.

3) Considerando a NR 15, avalie quantas horas por dia um professor poderia dar aula de cada instrumento sem prejudicar sua saúde.

4) Qual o  $L_{eq}$  total de 3 instrumentos medidos na posição em frente ao músico?

Para esse experimento contamos com a participação de um músico (co-autor desse trabalho). As medidas foram feitas em uma sala relativamente silenciosa, a cerca de 1 m do instrumento, na posição frente e costas do músico. É interessante a medida em pelo menos 2 posições para evidenciar a variação da radiação sonora em torno dos instrumentos. As notas foram emitidas em forte.

Na tabela 2 vemos alguns dos resultados obtidos.

Por esses valores pode ser constatado que a radiação sonora não é uniforme em torno do instrumento. Há instrumentos muito intensos, como a trompa, e outros nem tanto, como o violino e as flautas doces. Conforme o objetivo do compositor, um maior número de instrumentos pode ser utilizado, como em uma orquestra, que normalmente usa muitos violinos e poucos aerofones metais, como a trompa.

Considerando a equação 1, do nível de intensidade sonora, pode-se calcular, por exemplo, quantos oboés seriam necessários para igualar o nível de intensidade sonora de uma trompa (GRILLO e PEREZ, 2016).

instrumento	nota	$L_{eq}$ (dB) frente	$L_{eq}$ (dB) costas
Trompa em sib	Sib 2	91,6	91,4
Oboé	Sol3	84,6	73,9
Clarinete	Lá3	87,4	85,8
Violino	Mi4	69,3	66,6
Flauta doce sopranino	Fá 5	75,1	74,2
Flauta doce soprano	Dó5	81,8	77,6
Viola	Dó3	78,1	75,5
Violão	Mi3	76,0	68,5

Tabela 2 – Níveis de intensidade sonora medidos a 1 m dos instrumentos musicais, na frente e nas costas do músico, em diferentes notas musicais

Podemos escrever que o nível de intensidade sonora de  $n$  instrumentos é:

$$L_{eq1}(n) = 10 \log n I_1 / I_0 \quad (3)$$

O nível de intensidade sonora do instrumento mais intenso será:

$$L_{eq2} = 10 \log I_2 / I_0 \quad (4)$$

Considerando a trompa e substituindo o valor de  $L_{eq}$  na equação 4:

$$91,6 = 10 \log I_2 / I_0 \quad (5)$$

Queremos saber o número  $n$  de oboés que geram esse  $L_{eq}$ . Da equação 3:

$$L_{eq1}(n) = 10 \log n + 10 \log I_1 / I_0 = 10 \log n + 84,6 = 91,6 \quad (6)$$

Continuando as contas, na equação 6, encontraremos  $n = 5$ .

Considerando a NR15 encontramos que um professor de música poderia ensinar trompa por apenas 3 horas e 30 min por dia, no caso do clarinete seriam cerca de 6 horas e para o violão não está determinado, por ser considerado baixo, da mesma forma para o violino e a NR 15 considera apenas níveis acima de 85 dB.

Considerando-se 3 dos instrumentos, por exemplo, trompa, clarinete e oboé, o  $L_{eq}$  total seria 93,6 dB (ver Bistafa, 2011).

### 3º Experimento – Medida de tempos de reverberação

1) Escolher pelo menos duas salas para depois fazer a comparação dos tempos de reverberação. É interessante que sejam escolhidas salas com características diferentes.

2) Com o material para o experimento (algo que gere um som intenso e rápido – pode ser uma bola de gás ou um instrumento de percussão intenso), escolher uma posição próxima ao centro da sala.

3) Ligar o Audacity ou o Praat e gravar o som de impacto em WAV na sala (ver Grillo

e Perez, 2016, p.28).

4) No Audacity normalize o sinal de áudio com a ferramenta normalizar (clique em efeitos depois em normalizar).

5) Clique em áudio e modo de visualização: forma de onda (dB).

6) Selecione o sinal desde o início até o decaimento de 60 dB. Meça esse tempo usando a barra de seleção.

### **Perguntas**

1) Quais os valores obtidos para os tempos de reverberação em cada sala?

2) Avalie se a sala é adequada para o uso ao qual foi destinada.

Fonte: <http://melhoracustica.com.br/app-tempo-de-reverberacao/>

Foram medidos os tempos de reverberação de 3 salas de aula, sendo duas equivalentes em tamanho (cerca de 128 m<sup>3</sup>) e uma bem maior. Foram encontrados os tempos de reverberação 0,6 s em uma das salas menores, 1,2s na sala maior e 1,5 s na outra sala pequena. Para uma análise detalhada desses valores seria necessário pesquisar na literatura e comparar com salas semelhantes e para o mesmo uso. De forma aproximada podemos usar a referência citada e veremos que apenas o valor 0,6 s é aproximadamente adequado. A sala maior é um pouco reverberante e a outra sala pequena é muito reverberante. As medidas foram feitas com as janelas e portas fechadas e foi usado um tarol, instrumento de percussão de bandas, que é muito intenso.

Dos experimentos constatamos a necessidade de melhorar os ambientes, em termos de qualidade sonora de salas e em níveis de intensidade sonora. Mesmo sons que nos parecem agradáveis, como sons musicais, podem ser prejudiciais para a saúde do ouvinte, do professor de música e mais ainda do músico.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16.313. **Acústica** – Terminologia, Rio de Janeiro, 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.152. **Acústica** — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL NR 15, anexo 1, **Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente**, disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-01.pdf>, acessado em 30/3/2022.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**, São Paulo: Blucher, 2011.

GRILLO, M. L. N. e FREITAS, F. S. A poluição sonora e o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, e20210302, 2021.

GRILLO, M. L. e PEREZ, L. R. **Física e Música**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

<http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/hearing.html>, Hearing test on-line: sensitivity, equal loudness contours and audiometry, acessado em 30/3/2022.

MARSHALL, L. **Architectural acoustics**. Elsevier, 2005, <https://www.concepcaoacustica.com/post/sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>, acessado em 30/3/2022.

<http://melhoracustica.com.br/app-tempo-de-reverberacao/>, Tempo ótimo de reverberação, acessado em 30/3/2022.

OLIVEIRA, T. E., ARAÚJO, I. S. e VEIT, E. A. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de Física. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016.

PELIZZARI, A. *at al.* Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, vol. 2, n. 1, p. 37-42, 2001-2002.

RESNICK, R., HALLIDAY, D. e KRANE, K. S. **Física 2**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ZAJARKIEWICCH, D.F.B. **Poluição sonora urbana**: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Algoritmos 83, 106, 154

Ambientes acadêmicos 74, 75

Aprendizagem 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 71, 72, 76, 77, 78, 82, 150, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160

### C

Café 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Campo conceitual aditivo 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Ciência da computação 6, 7

Ciências exatas 22, 158

Comunidade 6, 11

Covid-19 1

### D

Desenvolvimento 6, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 62, 64, 75, 76, 95, 104, 107, 119, 150, 151, 160, 168, 169, 182

Docente 17, 18, 19, 23, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 44, 47, 49, 63, 156, 159, 182

### E

Ecologia 41, 42, 45, 47

Educação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 61, 63, 64, 71, 72, 76, 156, 157, 158, 159, 182

Educação científica 4, 19

Energia solar 94, 95, 96, 107

Ensino 1, 3, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 63, 64, 75, 76, 81, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Estruturas aditivas 149, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 161

Experimentação no ensino 13, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 26, 31, 32, 33

Extensão 6, 7, 11, 12, 168, 172, 179

### F

Fluidodinâmica computacional 136

### M

Máquina 83, 85

Matemática 18, 19, 29, 30, 31, 32, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 72, 77, 120, 121, 149, 151, 152, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Meio ambiente 6, 7, 11, 23, 29, 94, 95

Métodos geofísicos 120, 121

Modelagem 22, 30, 94, 96, 105, 107, 108, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 133, 160, 175, 177

Motor ramjet 135

## **N**

Non-linear damping 162, 163, 166

## **P**

Painéis fotovoltaicos 94, 106, 107

Poluição ambiental 75

Poluição sonora 74, 75, 76, 78, 81, 82

Professor 14, 18, 19, 38, 49, 50, 51, 53, 54, 62, 64, 65, 68, 76, 77, 79, 80, 81, 149, 151, 152, 155, 159, 160, 182

## **Q**

Química 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 135

## **R**

Recurso tecnológico 48, 51, 71, 72

Relato de experiência 6, 24, 32

## **S**

Simulação 24, 32, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 118, 133, 135, 136, 146

Software 2, 6, 7, 8, 9, 11, 75, 89, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 110, 139, 140, 141, 158

Structures vibrations 162

Sustentabilidade 104, 119

## **T**

Tecnologia 1, 2, 5, 17, 30, 31, 32, 33, 35, 49, 50, 75, 96, 104, 107, 158

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



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

  
Ano 2022

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



 [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)

  
Ano 2022