

**Anna Paula Lombardi
(Organizadora)**



Ergonomia e Acessibilidade

Anna Paula Lombardi
(Organizadora)

Ergonomia e Acessibilidade

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E67 Ergonomia e acessibilidade [recurso eletrônico] / Organizadora Anna Paula Lombardi. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-147-3

DOI 10.22533/at.ed.473191902

1. Acessibilidade. 2. Ergonomia. 3. Inclusão social. I. Lombardi, Anna Paula.

CDD 620.82

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Ergonomia e Acessibilidade” apresenta estudos de grande relevância que envolve os aspectos metodológicos para contribuir na inclusão de Pessoas com Deficiência pelo ponto de vista de autores das diferentes áreas de conhecimento, publicados pela editora Atena. O volume, exhibe 19 capítulos que tem como temática: os ambientes construídos e a importância da Ergonomia, rota acessível nas cidades, acessibilidade em equipamentos públicos, o mercado de trabalho e acessibilidade, os aspectos da ergonômica em habitações de interesse social e a avaliação ergonômica de espaços comerciais.

Com o enfoque de contribuir no bem estar do coletivo e a integração desses no âmbito da sociedade são as principais preocupações expostas nos capítulos. A obra contribui na ampla relevância dos aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos e através da complexidade dos fatos reais, tem como característica dar visibilidade a importância desses estudos para que se tornem temas centrais de investigação na academia.

A seriedade desses estudos, estão evidenciados na formação em nível de graduação e pós-graduação de acadêmicos registrando um salto quantitativo e qualitativo nas últimas décadas corroborando com a relevância do tema abordado.

Aos leitores desta obra, que ela possa inspirar a criação de novos e sublimes estudos em questão, proporcionando discussões e propostas para um conhecimento significativo.

Anna Paula Lombardi

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESEMPENHO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COM TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: A TAIPA DE MÃO	
Ingrid Gomes Braga Izabel Cristina Melo de Oliveira Nascimento Andrea Cristina Soares Cordeiro Duailibe	
DOI 10.22533/at.ed.4731919021	
CAPÍTULO 2	14
A IMPORTÂNCIA DA ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS – O CASO DOS DEFICIENTES AUDITIVOS	
Renata de Assunção Neves Aline da Silva Oliveira Neves	
DOI 10.22533/at.ed.4731919022	
CAPÍTULO 3	23
A RELAÇÃO ENTRE O AMBIENTE E O USUÁRIO – O MAPA COMPORTAMENTAL COMO INSTRUMENTO DE DEFINIÇÃO DE ROTA ACESSÍVEL	
Marcella Viana Portela de Oliveira Cunha Emmily Gersica Santos Gomes Júlio César Félix de Alencar Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.4731919023	
CAPÍTULO 4	33
O CEGO E A ARQUITETURA DA CIDADE	
Deborah Macêdo dos Santos Thiago Bessa Pontes Camila Bandeira Pinheiro Landim	
DOI 10.22533/at.ed.4731919024	
CAPÍTULO 5	45
A MOBILIDADE NO CONTEXTO DAS DINÂMICAS CIDADINAS: UMA ABORDAGEM DIALÉTICA COMO FERRAMENTA DE COMPREENSÃO	
Marluce Wall de Carvalho Venancio Andrea Cristina Soares Cordeiro Duailibe	
DOI 10.22533/at.ed.4731919025	
CAPÍTULO 6	58
ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DA ESCOLA ESTADUAL RIO BRANCO NA CIDADE DE PATOS-PB	
Andreza de Medeiros Batista Ane Francisca Lima de Oliveira Joyce Dantas Rodrigues Júlio César Félix de Alencar Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.4731919026	

CAPÍTULO 7 72

O WALKTHROUGH NA AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE ESPACIAL EM UM CENTRO DE SAÚDE EM FLORIANÓPOLIS

Carlos Fernando Machado Pinto
Vanessa Goulart Dorneles

DOI 10.22533/at.ed.4731919027

CAPÍTULO 8 87

PERCEPÇÕES SOBRE A INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NO MERCADO DE TRABALHO E AS PERSPECTIVAS DE ACESSIBILIDADE

Aline Vieira Borges
Willians Cassiano Longen

DOI 10.22533/at.ed.4731919028

CAPÍTULO 9 97

ESTUDO SOBRE ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO: SALA DE DESENHO TÉCNICO DO CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS- UFRSA

Wiriany Kátia Ferreira Silva
Liz Gabrielle Barbosa Sousa
Eduardo Raimundo Dias Nunes
Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.4731919029

CAPÍTULO 10 107

ANÁLISE ACÚSTICA DO AUDITÓRIO PAULO BONAVIDES NAS FACULDADES INTEGRADAS DE PATOS/PB

Emmily Gersica Santos Gomes
Pedro Gomes de Lucena
Marcella Viana Portela de Oliveira Cunha
Anderson Ramon Lopes Alves

DOI 10.22533/at.ed.47319190210

CAPÍTULO 11 120

AVALIAÇÃO ERGONÔMICA APLICADO A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Valéria Costa de Oliveira
Emílio Gabriel Freire dos Santos
Rafael Alves de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.47319190211

CAPÍTULO 12 133

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E DO CONFORTO AMBIENTAL EM HABITAÇÃO UNIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL

Isabelle Mendonça de Carvalho
Samuel Bertrand Melo Nazareth
João Victor Ramos de Menezes

DOI 10.22533/at.ed.47319190212

CAPÍTULO 13 146

APLICAÇÃO DA ERGONOMIA NO ENSINO DO DESIGN: METODOLOGIA REFLEXIVA NO ESTUDO DA ANTROPOMETRIA E DO POSTO DE TRABALHO

Anna Lúcia dos Santos Vieira e Silva
Zilsa Maria Pinto Santiago

DOI 10.22533/at.ed.47319190213

CAPÍTULO 14	157
ABRIGO, CASA OU LAR? NOTAS TEÓRICAS SOBRE A AMBIÊNCIA DO HABITAR EM INSTITUIÇÕES PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES	
Aline Eyng Savi Marta Dischinger	
DOI 10.22533/at.ed.47319190214	
CAPÍTULO 15	173
DIRETRIZES PARA O USO DE CORES EM UM PROJETO RESIDENCIAL DEDICADO A PACIENTES COM DOENÇA DE ALZHEIMER	
Danyel Magnus de Oliveira Diniz Marisha Mcauliffe	
DOI 10.22533/at.ed.47319190215	
CAPÍTULO 16	187
O EFEITO DA AGRADABILIDADE: UM ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL PERCEBIDA DE MOBILIÁRIOS URBANOS	
Leonardo Castilho Lorena Gomes Torres de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.47319190216	
CAPÍTULO 17	196
UMA PROPOSTA DE ABRIGO DE ÔNIBUS DE NATAL-RN A PARTIR DO MÉTODO DA GRADE DE ATRIBUTOS E DO DESIGN PARTICIPATIVO	
Lorena Gomes Torres de Oliveira Olavo Fontes Magalhães Bessa	
DOI 10.22533/at.ed.47319190217	
CAPÍTULO 18	209
A ACESSIBILIDADE NO PROCESSO DE INCLUSÃO NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE FORTALEZA	
Thaynara Mayra Maciel Belisario Milena Scur Wagner Ana Caroline Dias Alves Patrícia Barreira Angelim Zilsa Maria Pinto Santiago	
DOI 10.22533/at.ed.47319190218	
CAPÍTULO 19	223
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE ESPAÇOS COMERCIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA LOJA DE CALÇADOS	
Vinicius Albuquerque Fulgêncio Ana Rosa de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.47319190219	
SOBRE A ORGANIZADORA	238

ANÁLISE ACÚSTICA DO AUDITÓRIO PAULO BONAVIDES NAS FACULDADES INTEGRADAS DE PATOS/PB

Emmily Gersica Santos Gomes

Faculdades Integradas de Patos
Patos – Paraíba

Pedro Gomes de Lucena

Faculdades Integradas de Patos
Patos – Paraíba

Marcella Viana Portela de Oliveira Cunha

Faculdades Integradas de Patos
Patos – Paraíba

Anderson Ramon Lopes Alves

Faculdades Integradas de Patos
Patos – Paraíba

ABSTRACT: This article deals with the analysis of the acoustics of Paul Bonavides auditorium on the Integrated Faculties of Patos where the survey found that that audience is with inadequate conditions of sound, caused by a misbehaving sound because the site does not have enough absorptive materials. Acoustic correction proposed was based simulations involving the change of materials present on site, in order to favor an approach to optimal reverberation time calculated.

KEYWORDS: *Acoustics, Reverberation, Auditorium.*

RESUMO: Este artigo trata da análise das condições acústicas do auditório Paulo Bonavides nas Faculdades Integradas de Patos, onde a pesquisa constatou que o referido auditório se encontra com condições inadequadas de audibilidade, provocado por um comportamento inadequado do som, pois o local não conta com suficientes materiais absorptivos. Foi realizada proposta de correção acústica a partir de simulações que envolveram a mudança de materiais presentes no local, de modo a favorecer uma aproximação ao tempo ótimo de reverberação calculado.

PALAVRAS-CHAVE: Acústica, Reverberação, Auditório.

1 | INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos tem sido recorrente a necessidade de pesquisar e levar em consideração os conceitos e a contribuição técnica da acústica arquitetônica para o espaço edificado. O Controle das condicionantes acústicas a partir da análise e interpretação dos níveis de ruído, absorção sonora, da reverberação e do isolamento sonoro possibilitam o desenvolvimento de ambientes que garantam a qualidade do som conforme o uso e tipologia necessária.

Quando nos referimos à qualidade do som de um espaço versamos estes conceitos a uma série de condicionantes que refletem

diretamente nas experiências auditivas do indivíduo, principalmente ao se fazer uso de ambientes sintetizados acusticamente.

Nesta perspectiva, constatou-se que o objeto de estudo desta pesquisa, o auditório Paulo Bonavides das Faculdades Integradas de Patos, na cidade de Patos/PB, possui a necessidade de verificação da situação atual do ambiente, tanto nos aspectos físicos, quanto acústicos. Foi possível observar que durante o processo de projeto foram adotadas algumas medidas, que visassem o conforto acústico, tais como: piso e forro escalonados, carpetes em partes do piso, entre outros. A partir do levantamento arquitetônico e do conhecimento da área em questão, tem-se o intuito de estudar o comportamento sonoro no recinto, para que assim, possamos propor uma intervenção que vise a melhoria da acústica no ambiente.

Por se tratar de estabelecimento de ensino, a função principal do espaço é a realização de palestras, cursos, seminários e outras atividades que dão suporte a vida acadêmica, portanto, a acessibilidade sonora é essencial para que as pessoas possam se comunicar de forma adequada, tornando-se possível a inteligibilidade das comunicações. De tal modo, para se obter a qualidade da função desejada deve-se detalhar os materiais, objetos e elementos, além dos fenômenos que envolvem os caminhos do som dentro do ambiente estudado, evidenciando o nível acústico e as necessidades de modificação do espaço, e assim propor materiais necessários para a correção acústica do local.

Com base no exposto, o estudo ganha importância ao colaborar com a disseminação do conhecimento a respeito do conforto acústico, levando em consideração seus princípios e finalidades, contribuindo para nortear os projetos que buscam melhorias de promoção da qualidade do ambiente edificado, ratificando a necessidade de se propor condições favoráveis para a realização de atividades nos diversos espaços da sociedade, além de evidenciar a importância da elaboração de projetos comprometidos com o conforto acústico, sendo necessário o conhecimento e embasamento técnico para que tal proposição se torne realidade.

2 | OBJETO DE ESTUDO

O auditório Paulo Bonavides fica localizado no primeiro andar do bloco B da unidade II das Faculdades Integradas de Patos, em Patos-PB, ocupando uma área de 107.29m², com dimensões de 7.53m de largura por 14.34m de comprimento e pés-direitos variáveis com uma altura média de 3,00m (figura 01). O espaço é destinado a realização de atividades educativas da Instituição, onde a principal função desenvolvida no seu interior, é a palavra falada. Possui no seu entorno, salas de aula, sendo necessário o condicionamento acústico, para a interrupção de fluxos de ruídos.

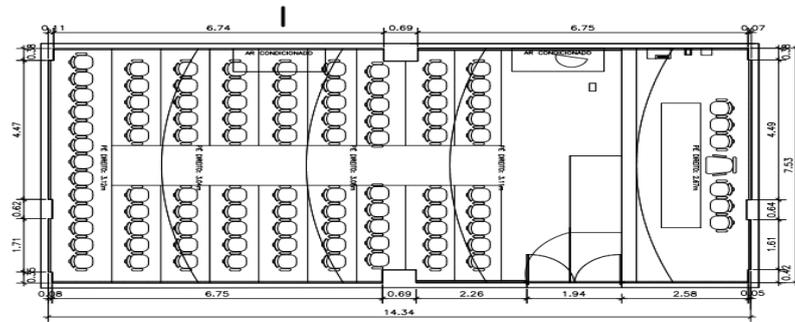


Figura 1: Planta baixa do auditório Paulo Bonavides

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

O acesso a sala é feito por meio de uma porta de madeira compensada envernizada com dimensões de 1.90m x 2.10m. As paredes do ambiente são constituídas de tijolo cerâmico, reboco e tinta acrílica, além disso, há a presença de uma moldura de madeira de aproximadamente 15cm disposta horizontalmente no centro das paredes, dividindo-as em dois seguimentos, um revestido com tinta acrílica e outro com revestimento texturizado.

O piso apresenta diferenças de níveis, com um segmento escalonado na parte dos assentos e o palco com elevação de 30cm. O revestimento do piso na parte da rampa central que dá acesso aos assentos é de carpete, já a parte escalonada que compreende a plateia e a parte do palco, é em cerâmica. O material do teto é gesso, e possui uma forma escalonada (figura 02), favorecendo uma melhor distribuição das ondas sonoras em todo o espaço (figura 03).



Figura 2: Visão do auditório

Fonte: Acervo pessoal

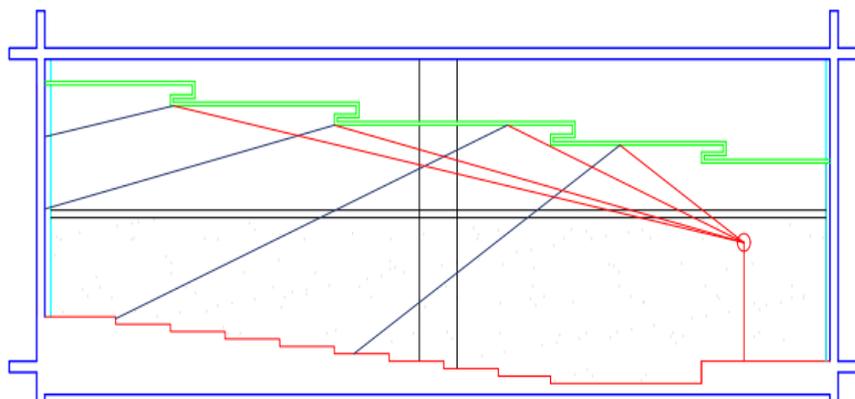


Figura 3: Esquema de distribuição das ondas sonoras em função da geometria do teto

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Observa-se na tabela 01 a seguir, o levantamento das superfícies aparentes no interior do auditório.

Material	Área
Forro de gesso	105,2m ²
Piso cerâmico:	77.72m ²
Piso mármore:	1,8m ²
Piso e rampas em carpete simples:	29.02m ²
Porta de acesso em madeira compensada pintada:	3.99m ²
Parede lateral direita em alvenaria pintada:	21.7m ²
Parede lateral direita com textura:	25.88m ²
Detalhe em madeira parede lateral direita:	1,50m ²
Parede lateral esquerda em alvenaria pintada	21.7m ²
Parede lateral esquerda com textura	25.88m ²
Detalhe em madeira parede lateral direita:	1,31m ²
Parede fundo em alvenaria pintada:	15.78m ²
Parede fundo em alvenaria com textura:	9,45m ²
Detalhe em madeira parede de fundo:	0,78m ²
Parede frontal(palco) em alvenaria pintada:	23.01m ²

Tabela 1: Características do Ambiente Existente com capacidade para 98 lugares, e com volume aproximado de 323,94m³

Na tabela 02 a seguir, temos o quantitativo de mobiliário presente no auditório.

Item	Quantidade	Área
Poltrona estofada (poliéster)	98	45,0m ² (total)
Mesa (madeira)	01	3,2m ²
Auto falante embutido (plástico)	10	0,031m ² (cada)
Spot lamp. fluorescente (vidro)	20	0,0176m ² (cada)
Spot lamp. halogênica (vidro)	15	0,078m ² (cada)

Central de ar (plástico)	02	1,42m ² (cada)
--------------------------	----	---------------------------

Tabela 2: Material, quantidade e área do mobiliário presente no auditório

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

A acústica é o ramo da Física que estuda e analisa as ondas sonoras, a sua propagação em meios elásticos, tanto fluidos como sólidos, e as suas inter-relações com o ser humano. Estas distinguem-se consoante, possuam ou não carácter de agradabilidade e significado, correspondendo a som ou a ruído, respetivamente. (PINTO, 2012)

Segundo De Marco (1982 apud SILVA, 2012), o projeto de auditórios é um dos mais complexos dentro da acústica arquitetônica e um dos principais problemas a serem enfrentados é a redução do ruído a níveis muito baixos, tanto os ruídos externos quanto internos. O projeto de auditórios exige um cálculo preciso das características absorventes e refletoras dos materiais de acabamento para um uso específico. Em uma intervenção de um auditório existente a tarefa torna-se ainda mais árdua.

De acordo com o artigo 2º do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios - RRAE (Portugal, 2008), o tempo de reverberação, em termos energéticos é o intervalo de tempo necessário para que a energia volumétrica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial (60dB), depois da fonte ter parado. Ou seja, é o tempo de permanência do som no ambiente, e esse fenômeno está diretamente ligado à capacidade que os materiais presentes no recinto tem de refletir o sinal sonoro.

Conforme Bastos (2012), o tempo de reverberação está intimamente ligado à caracterização da acústica do ambiente pois seu valor pode ser favorável ou não para a qualidade da palavra, visto que esse fenômeno pode aumentar o nível sonoro ou mascarar o som direto, classificando as salas como “vivas” quando têm tempos de reverberação mais significativos e “mortas” quando quase não existe reverberação. Essa é inversamente proporcional a capacidade de absorção sonora dos materiais, pois quanto maior for essa capacidade no ambiente, menor o tempo de reverberação. A absorção corresponde ao quociente entre a quantidade de energia sonora absorvida por um certo material e a quantidade de energia que sobre ele incide e esse quociente varia de 0 a 1.

De acordo com a NBR 12179/90, o cálculo dos coeficientes de absorção e o tempo de reverberação se dá a partir da equação de Sabine (conforme eq. 01):

$$TR = 0,161.V / (S_{n1} + S_{n2} + \dots) \quad [Eq. 01]$$

Onde:

TR= tempo de reverberação do recinto,

V= volume do recinto,

S_{nan} = área das superfícies e seu respectivo coeficiente de absorção.

A absorção e reverberação estão intimamente relacionadas ao tipo de frequência do som, portanto, é imprescindível que sejam isoladas seis frequências distintas, e analisados os comportamentos desses fenômenos nas mesmas, assim, será possível observar a situação atual do comportamento do som em diferentes situações e a partir disto, propor a correção acústica ao ambiente.

O tempo ótimo de reverberação é determinado em função do volume do ambiente e seu uso, bem como pela frequência dos sons em relação à atividade desempenhada no espaço. A seguir pode-se ver na tabela 03, os tempos de reverberação em função do volume/uso e na tabela 04, os tempos de reverberação em função da frequência/uso, aconselháveis conforme previsto por Costa (2003).

TIPO DE SOM	V: 1000	V: 2500	V: 5000
Música (reproduzida)	0,95	1,10	1,25
Música (direta)	1,25	1,45	1,65
Linguagem	0,83	0,93	1,02

Tabela 3: Tempo de reverberação (s) aconselhável em função do volume (m³)

TIPO DE SOM	F: 125Hz	F:500Hz	F:2000Hz
Música	2,0	1,0	1,1
Linguagem	1,3	1,0	1,1

Tabela 4: Tempo de reverberação (s) aconselhável em função da frequência (Hz)

De acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), em recintos cuja principal valência corresponda a atividades assentes na oratória, nomeadamente auditórios, o tempo de reverberação, T, correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava, centradas nas frequências de 500 Hz, 1000Hz e 2000Hz. Porém, como no auditório em questão a principal atividade centra na oratória, faz-se necessário o uso das frequências da fala: 125, 500 e 2000 Hz, onde, o tempo de reverberação da situação em questão deverá corresponder, seguindo a lógica do RRAE, à média aritmética das frequências supracitadas.

4 | METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa, dividiu-se o processo em três partes: A primeira, constituiu o levantamento de dados, onde foram colhidas informações a respeito das técnicas e dos materiais de construção, bem como o mobiliário presente no ambiente. Para isso, foram realizadas visitas in loco para obtenção de registros fotográficos utilizando máquina fotográfica Sony Cybershort, bem como para realização da contagem do mobiliário existente, e dimensionamento do espaço.

A segunda parte compreendeu o cálculo do tempo de reverberação do ambiente,

utilizando como ferramenta planilha do Excel configurada para realizar o cálculo a partir da equação de Sabine (eq. 01), nesta etapa foi consultado o índice de absorção dos materiais na ABNT NBR 12179 e calculado o tempo ótimo de reverberação com base no método de De Marco (1982).

Na terceira parte da pesquisa, foram realizadas avaliações comparativas entre o tempo reverberação no local e o tempo ótimo de reverberação obtido, e a partir dessas foram propostas simulações de novos materiais no ambiente para ser obtida a correção da acústica do auditório, chegando à obtenção do tempo de reverberação ideal no caso da sua função principal que é a palavra falada.

5 | RESULTADOS

Como o ambiente em questão destina-se à palavra falada, é exigido um tempo de reverberação menor que o de ambiente para grandes concertos ou peças teatrais. Com o auxílio do ábaco (figura 04) a seguir, presente na metodologia de De Marco (1982), obtém-se o Tempo Ótimo de Reverberação (TOR) em função do volume do ambiente estudado, cujo valor é de 0,72s.

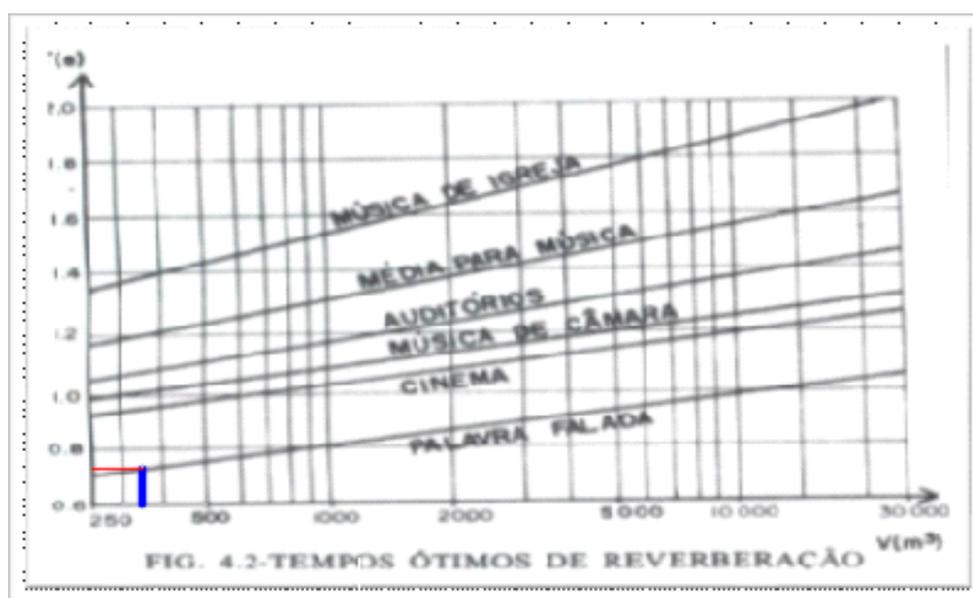


Figura 04: Ábaco utilizado para o cálculo do TOR

Fonte: De Marco (1982)

Depois de encontrado o TOR tomando como base a metodologia de De Marco (1982) e após serem obtidos, os valores dos coeficientes de cada material presente no auditório, na NBR 12179/92 e em bibliografias especializadas, calculamos o tempo de reverberação da sala para as três frequências da fala, fazendo uso de uma planilha no Excel formata com a equação de Sabine. Os resultados são mostrados na tabela 05 a seguir.

PLANILHA GERAL DE CÁLCULO DE TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Amb.: Auditório do Bloco de Direito das FIP			Larg.	Comp.				Volume	Ocup.	V/Ocup.	Tor
	7,53				323,94			98	3,31	0,72	
	FREQÜÊNCIA										
Item- Especificação		Si	500Hz		125Hz		2000Hz				
			ai	Si x ai	ai	Si x ai	ai	Si x ai			
1	Piso cerâmico	77,72	0,010	0,777	0,010	0,777	0,020	1,554			
2	Piso carpete simples	29,02	0,250	7,255	0,010	0,290	0,400	11,608			
3	Porta de madeira compensada fechadas	3,99	0,060	0,239	0,140	0,559	0,100	0,399			
4	Paredes frontal em alvenaria pintada	21,01	0,02	0,420	0,010	0,210	0,020	0,420			
5	Paredes lateral direita alvenaria pintada	21,07	0,020	0,421	0,010	0,211	0,020	0,421			
5	Paredes lateral direita com textura	25,88	0,060	1,553	0,040	1,035	0,040	1,035			
5	Paredes lateral esquerda de alvenaria pintada	20,68	0,020	0,414	0,010	0,207	0,020	0,414			
5	Paredes lateral esquerda com textura	25,88	0,060	1,553	0,040	1,035	0,040	1,035			
5	Paredes fundo de alvenaria pintada	15,78	0,020	0,316	0,010	0,158	0,020	0,316			
5	Paredes fundo com textura	9,45	0,060	0,567	0,040	0,378	0,040	0,378			
6	Madeira envernizada	3,35	0,140	0,469	0,240	0,804	0,130	0,436			
7	Poltrona estofada, vazia, revestida com tecido	45,00	0,280	12,600	0,280	12,600	0,340	15,300			
8	Púlpito de Madeira	1,49	0,140	0,209	0,600	0,894	0,100	0,149			
9	Forro de gesso	105,20	0,020	2,104	0,030	3,156	0,050	5,260			
Tempo ótimo de reverberação (s)			0,72			1,06			0,72		
Absorção total calculada			28,90			22,31			38,73		
Absorção ideal			72,44			49,28			72,44		

Tempo de reverberação calculado (tr)		1,80	2,34	1,35
--------------------------------------	--	------	------	------

Tabela 05: Cálculo do Tempo de Reverberação do recinto

De Marco (1982) recomenda que a diferença entre o tempo de ótimo de reverberação e o tempo de reverberação encontrado não pode ser maior que 0,2s. Pode-se perceber ao analisar os tempos de reverberação que a diferença entre eles é maior que o recomendado em todas a frequências, estando fora dos padrões recomendados, sendo necessária uma correção acústica nas superfícies do auditório, com a utilização de materiais com maior absorção das ondas sonoras.

Para o tratamento acústico foram simuladas correções com a escolha de materiais que realizassem a absorção ideal do som, para se chegar ou aproximar, aos valores dos TOR das frequências de 125hz, 500hz e 200hz. Na primeira simulação optou-se pela aplicação de material absorvente nas paredes laterais, o Eucatex Acústico Ranhurado 19mm. Os resultados são demonstrados na tabela 06.

PLANILHA GERAL DE CÁLCULO DE TEMPO DE REVERBERAÇÃO								
Amb.: Auditório do Bloco de Direito das FIP		Larg.	Comp.	Alt.	Volume	Ocup.	V/Ocup.	Tor
		7,53	14,34	3	323,94	98	3,31	0,72
Item- Especificação		Si	500Hz		125Hz		2000Hz	
			ai	Si x ai	ai	Si x ai	ai	Si x ai
1	Piso cerâmico	77,72	0,010	0,777	0,010	0,777	0,020	1,554
2	Piso carpete simples	29,02	0,250	7,255	0,010	0,290	0,400	11,608
3	Porta de madeira compensada fechada	3,99	0,060	0,239	0,140	0,559	0,100	0,399
4	Paredes frontal em alvenaria pintada	21,01	0,02	0,420	0,010	0,210	0,020	0,420
5	Paredes lateral EUC. ACUS. RANHURADO 19MM	21,07	0,500	10,535	0,100	2,107	0,500	10,535
5	Paredes lateral EUC. ACUS. RANHURADO 19MM	25,88	0,500	12,940	0,100	2,588	0,500	12,940

5	Paredes lateral esquerda EUC. ACUS. RANHURADO 19MM	20,68	0,500	10,340	0,100	2,068	0,500	10,340
5	Paredes lateral esquerda EUC. ACUS. RANHURADO 19MM	25,88	0,500	12,940	0,100	2,588	0,500	12,940
5	Paredes fundo de alvenaria pintada	15,78	0,020	0,316	0,010	0,158	0,020	0,316
5	Paredes fundo com textura	9,45	0,060	0,567	0,040	0,378	0,040	0,378
6	Madeira envernizada	3,35	0,140	0,469	0,240	0,804	0,130	0,436
7	Poltrona estofada, vazia, revestida com tecido	45,00	0,280	12,600	0,280	12,600	0,340	15,300
8	Púlpito de Madeira	1,49	0,140	0,209	0,600	0,894	0,100	0,149
9	Forro de gesso	105,2	0,020	2,104	0,030	3,156	0,050	5,260
Tempo ótimo de reverberação (s)		0,72			1,06		0,72	
Absorção total calculada		71,71			29,18		82,57	
Absorção ideal		72,44			49,28		72,44	
Tempo de reverberação calculado (tr)		0,73			1,79		0,63	

Tabela 06: Primeira simulação de correção acústica com utilização de Eucatex acústico ranhurado 19mm nas paredes laterais

Da comparação entres os resultados das tabelas 05 e 06, é possível verificar que foi obtido um resultado ótimo para a frequência de 500hz (média) cuja absorção de som chega 71.71%, com porcentual de 1.01% de diferença entre o tempo de reverberação calculado e o tempo ótimo de reverberação. Porém o material não ofereceu absorção adequada, para das frequências de 125hz e 2000hz, onde o material acabou oferecendo um porcentual de absorção de 29.18% para 125hz onde sua absorção ideal é de 49.28%, e para a frequência de 2000hz a absorção garantida pelo material foi de 82,57%, onde a sua absorção ideal é de 72.44%.

Na segunda simulação, foi realizada a aplicação Reboco Vermiculite Acústico 3cm na parede lateral esquerda e na parede de fundo, bem como inserção de piso de madeira compensada de 2,5 mm feltro mi 50 mm 40 kg/m³ no perímetro do piso que compreende a arquibancada e o palco. Esses materiais garantem uma absorção de 70,49% na frequência de 500hz, 52,59% para 125hz e 71,04% para 2000hz. Os resultados obtidos estão na tabela 07.

PLANILHA GERAL DE CÁLCULO DE TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Amb.: Auditório do Bloco de Odontologia das FIP		Larg.	Comp.	Alt.	Volume	Ocup.	V/Ocup.	
		7,53	14,34	3	323,94	98	3,31	
Item- Especificação		Si	500Hz		125Hz		2000Hz	
			ai	Si x ai	ai	Si x ai	ai	Si x ai
1	Piso MADEIRA COMP. 2,5 mm FELTRO MI 50 mm 40 KG/m³	77,72	0,240	18,653	0,210	16,321	0,020	1,554
2	Piso carpete simples	29,02	0,250	7,255	0,010	0,290	0,400	11,608
3	Porta de madeira compensada fechadas	3,99	0,060	0,239	0,140	0,559	0,100	0,399
4	Paredes frontal em alvenaria pintada	21,01	0,02	0,420	0,010	0,210	0,020	0,420
5	Paredes lateral direita alvenaria pintada	21,07	0,020	0,421	0,010	0,211	0,020	0,421
5	Paredes lateral direita com textura	25,88	0,060	1,553	0,040	1,035	0,040	1,035
5	Paredes lateral esquerda de REB. VERMICULITE ACUS. 3CM	20,68	0,370	7,652	0,230	4,756	0,480	9,926
5	Paredes lateral esquerda com REB. VERMICULITE ACUS. 3CM	25,88	0,370	9,576	0,230	5,952	0,480	12,422
5	Paredes fundo de REB. VERMICULITE ACUS. 3CM	15,78	0,370	5,839	0,230	3,629	0,480	7,574
5	Paredes fundo com REB. VERMICULITE ACUS. 3CM	9,45	0,370	3,497	0,230	2,174	0,480	4,536
6	Madeira envernizada	3,35	0,140	0,469	0,240	0,804	0,130	0,436
7	Poltrona estofada, vazia, revestida com tecido	45,00	0,280	12,600	0,280	12,600	0,340	15,300
8	Púlpito de Madeira	1,49	0,140	0,209	0,600	0,894	0,100	0,149
9	Forro de gesso	105,2	0,020	2,104	0,030	3,156	0,050	5,260
Tempo ótimo de reverberação (s)		0,72		1,06		0,72		
Absorção total calculada		70,49		52,59		71,04		
Absorção ideal		72,44		49,28		72,44		

Tempo de reverberação calculado (tr)	0,74	0,99	0,73
--------------------------------------	------	------	------

Tabela 07: Segunda simulação de correção acústica com utilização de madeira no piso e reboco vermiculite

Pode-se perceber a correção acústica para as frequências de 500hz e 2000hz com diferença de 0,2s aproximadamente entre o Tempo de Reverberação Calculado e o Tempo Ótimo de Reverberação após a substituição dos materiais, além de uma acentuada aproximação ao TOR da frequência de 125hz, sendo esta simulação, a que melhor resolve os problemas de propagação do som no recinto, garantindo condições adequadas de audibilidade aos usuários do espaço.

6 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados os resultados dos cálculos realizados para medição da qualidade acústica de um auditório com capacidade de 98 pessoas e propostas simulações de correções, após ter sido detectado que o mesmo necessita de trato acústico. O potencial de qualidade acústica no objeto de estudo em questão foi evidenciado a partir da comparação do tempo de reverberação calculado com os tempos ótimos de reverberação contemplados em metodologias específicas.

Foi visto que as possibilidades de correção para uma mesma situação são diversas, tendo em vista a grande quantidade de materiais existente com variados índices de absorção. A maioria dos problemas observados em avaliações pós-ocupacionais, que dizem respeito à acústica dos lugares, podem ser evitados ainda mesmo na fase de concepção do projeto com o planejamento e escolha das tecnologias e materiais conforme as necessidades de uso destes espaços.

A realização desta pesquisa, possibilitou a análise dos fatores que influenciam o condicionamento acústico de auditórios que desempenham atividades acadêmicas, além disso foi possível observar a influência das características arquitetônicas nos fenômenos acústicos, gerando uma fonte de pesquisa que garantirá o conhecimento prévio acerca dos elementos que devem ser avaliados e estudados durante o processo de projeção de tais edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179: Tratamento Acústico em Recintos Fechados**. Rio de Janeiro, 1992.

BASTOS, Leonardo. **Qualidade Acústica de Auditórios. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil** – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Coimbra, 2010.

DE MARCO, Conrado Silva. **Elementos da acústica arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

PINTO, Monica. **CHARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DE GRANDES AUDITÓRIOS: O caso do**

auditório da FEUP. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.

PORTUGAL. Decreto nº 96, de 9 de junho de 2008. **Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.**

SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar.** 3. ed. Belo Horizonte: Edtal, 1997. 277 p. 3 v.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da. **PROPOSTA DE CORREÇÃO ACÚSTICA DO AUDITÓRIO CENTRAL DO CAMPUS PALMAS DO IFTO.** 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/296/2098>>. Acesso em: 20 set. 2015.

SOBRE A ORGANIZADORA

ANNA PAULA LOMBARDI Possui graduação em Bacharelado em Geografia (2011) e Licenciatura em Geografia (2014) pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR. Mestre em Gestão do Território (2014) pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR. Doutora em Geografia (2018) pela mesma Instituição. Bolsista Capes pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior realizado na Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/Chihuahua/México pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo no Doutorado em Estudios Urbanos (2017). Conhecimento na área de Geografia e Ensino de Geografia. Atua principalmente nas áreas de espaço urbano, Planejamento Urbano, sociedade; práticas sociais, grupos de minorias, políticas públicas e os estudos da Geografia da Deficiência (the Geography of Disability). Trabalhou como Professora/formadora na UAB no curso de Licenciatura em Geografia pela disciplina de (OTCC) Orientações de trabalho de conclusão de curso pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR. Atualmente é Docente pela Faculdades CESCAGE e realiza Orientações e supervisões no curso de Especialização em História, Arte e Cultura a distância pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-147-3

