

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUIA PRÁTICO PARA CONSULTA DE NORMAS ABNT RELACIONADAS À
ACÚSTICA.

por

Lilian Samira da Rocha Alle

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheira Mecânica.

Porto Alegre, Maio de 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Alle, Lilian Samira da Rocha
Guia Prático para Consulta de Normas ABNT
Relacionadas à Acústica / Lilian Samira da Rocha Alle.
-- 2020.
31 f.
Orientador: Juan Pablo Raggio Quintas.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2020.

1. ABNT. 2. Acústica. 3. Guia Prático. 4. NBR . 5.
Nível de Pressão Sonora. I. Raggio Quintas, Juan
Pablo, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lilian Samira da Rocha Alle

GUIA PRÁTICO PARA CONSULTA DE NORMAS ABNT RELACIONADAS À
ACÚSTICA

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRA MECÂNICA
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Mário Roland Sobczyk Sobrinho
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientador: Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Comissão de Avaliação:

Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Prof^a. Letícia Fleck Fadel Miguel

Prof. Walter Jesus Paucar Casas

Porto Alegre, Maio de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Selodia Prux da Rocha, que sempre me incentivou a não desistir, nem nos piores momentos. Que moveu o mundo para que nunca me faltasse nada. Que prezou pelos meus estudos, me apoiou em todas as decisões, e permanece sendo uma guerreira, da qual eu tenho muito orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino proporcionado de forma gratuita e com excelência. Aos professores que me passaram o seu conhecimento e que se dedicam a ensinar.

Ao meu namorado, Michel Orth, por todo apoio, paciência e, principalmente, por não ter me deixado surtar nas últimas semanas de cada semestre. Com certeza o companheirismo foi fundamental para que tudo se concretizasse.

À minha amiga irmã, Suzane Tausend, por estar presente sempre, principalmente nas horas ruins.

À minha grande amiga, Lara Cassol Zimmermann, que com certeza merece muito a minha gratidão. Agradeço por estarmos juntas nos momentos de alegria, de tristeza, e principalmente por estar ao meu lado nos momentos de raiva. No final sempre dá certo.

A todos os amigos que fiz nessa jornada. Saber que não estamos sozinhos nos torna mais fortes.

Ao Professor Juan Pablo Raggio Quintas, por toda sabedoria passada, por toda sua paciência e disponibilidade; o seu apoio foi fundamental para que tudo corresse bem.

*Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você,
menos o seu conhecimento.*

Albert Einstein

Alle, Lilian Samira da Rocha. **Guia Prático para Consulta de Normas ABNT relacionadas à Acústica**. 2021. 31 páginas. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

RESUMO

Quando se trata de problemas relacionados à poluição sonora, percebe-se que os mesmos estão cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas, e vêm influenciando de maneira severa em sua qualidade de vida. Pensando nisso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu índices que definem o nível de ruído, bem como a pressão sonora aceitável em diferentes ambientes. São diversas as Normas Acústicas, e as mesmas são essenciais para a solução ou prevenção de problemas relacionados a ruídos, porém compreendê-las e utilizá-las nem sempre é uma tarefa fácil. Sendo assim, elaborou-se um Guia Prático de Normas Acústicas na plataforma Moodle Colaboração, onde as informações contidas nas Normas ABNT NBR 10151:2019, ABNT NBR 10152:2017, ABNT NBR 3382-2:2017, ABNT NBR 12179:1992 e ABNT NBR 16313:2014 são expressas em tópicos que se interligam, e facilitam a busca pelo item de interesse, direcionando o usuário para o assunto desejado. Além dos tópicos, estão disponíveis sumários e exemplos de uso, que visam proporcionar ao usuário um melhor entendimento prático. Através do uso deste Guia é possível reduzir os erros relacionados à aplicação destas Normas, proporcionando uma busca mais rápida, efetiva, e menos complexa por informações, o que torna seu uso mais atrativo.

PALAVRAS-CHAVE: ABNT, Acústica, Guia Prático, NBR, Nível de Pressão Sonora.

Alle, Lilian Samira da Rocha. **Practical Guide to Consultation of ABNT Standards related to Acoustics**. 2021. 31 páginas. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

ABSTRACT

When it comes to problems related to noise pollution, it is noticed that they are increasingly present in people's daily lives, severely influencing the quality of their lives. Thinking about it, the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) developed indexes that define the noise level, as well the acceptable sound pressure in different environments. There are several acoustic standards, and they are essential to solution or prevention of noise level problems, but understanding and making the correct use of that is not always an easy task. Therefore, a Practical Guide for Acoustic Standards was developed on the Moodle Collaboration platform, where the information contained in the Standards ABNT NBR 10151:2019, ABNT NBR 10152:2017, ABNT NBR 3382-2:2017, ABNT NBR 12179:1992 and ABNT NBR 16313:2014 are expressed in topics that are interconnected, and facilitate the search for the item of interest, directing the user to the desired one. In addition to topics, summaries and examples of use are available, which aim to provide the user with a better practical understanding. Through the use of this Guide it is possible to reduce errors related to the application of these Standards, providing a faster, more effective, and less complex search for information, which makes its use more attractive.

KEYWORDS: ABNT, Acoustics, Practical Guide, NBR, Sound Pressure Level.

NOMENCLATURA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	
dB	Decibel	
ISO	Organização Internacional de Normalização	
L_{Aeq}	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A	[dB]
L_R	Nível corrigido	[dB]
NBR	Normas Técnicas Brasileiras	
NPS	Nível de Pressão Sonora	[dB]
OMS	Organização Mundial da Saúde	
RL_{Aeq}	Limites de níveis de pressão sonora	[dB]

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Glossário ABNT NBR 16313 - Terminologia: Tempo de Reverberação	6
Figura 2 - Localização dos pontos 01 e 02 - Exemplo de medição em um Canil.....	7
Figura 3 - (a) Decaimento médio do nível de pressão sonora em 500 Hz da sala 21; (b) Tempos de reverberação t_{20} médios em função da frequência na sala 21.....	12
Figura A.1 - Fluxograma para a definição da Instrumentação	17
Figura A.2 - Sequência do fluxograma contendo os passos 1, 2, 3 e 4.....	17
Figura A.3 - Sequência do fluxograma contendo os passos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.....	17
Figura A.4 - Fluxograma com todas as etapas principais até a elaboração do Relatório de Medição e Avaliação.....	18
Figura B.1 - Fluxograma contendo o passo 1 para uso da Norma ABNT NBR 3382-2:2017 e os Níveis de exatidão da mesma.....	18
Figura B.2 - Fluxograma contendo os passos 1, 2 e 3 para uso da Norma ABNT NBR 3382-2:2017	19
Figura B.3 - Fluxograma contendo os passos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 para uso da Norma ABNT NBR 3382-2:2017.....	19
Figura C.1 - Fluxograma das etapas a serem seguidas para a Norma ABNT NBR 12179:1992	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO	1
1.2. OBJETIVO	1
1.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1. DECIBEL	3
2.2. NÍVEL DE PRESSÃO SONORA	3
2.3. TEMPO DE REVERBERAÇÃO	3
2.4. ABNT NBR 16313:2014	3
2.5. ABNT NBR 10151:2019	4
2.6. ABNT NBR ISO 3382-2:2017	4
2.7. ABNT NBR 12179:1992	4
2.8. ABNT NBR 10152:2017	4
3. METODOLOGIA	5
3.1. MOODLE COLABORAÇÃO	5
3.2. MÉTODO DE USO	5
3.2.1. ABNT NBR 16313:2014 - Acústica - Terminologia.	5
3.2.3. ABNT NBR 10151:2019 - Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral.	6
3.2.4. ABNT NBR ISO 3382-2:2017 - Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas. Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns.	10
3.2.5. ABNT NBR 12179:1992 - Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento.	14
3.2.6. ABNT NBR 10152:2017 - Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.	15
4. CONCLUSÃO	15
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
APÊNDICE A - FLUXOGRAMAS RELACIONADOS AO USO DA NORMA ABNT NBR 10151:2019	17
APÊNDICE B - FLUXOGRAMAS RELACIONADOS AO USO DA NORMA ABNT NBR ISO 3382-2:2017	19
APÊNDICE C - FLUXOGRAMAS RELACIONADOS AO USO DA NORMA ABNT NBR 12179:1992	20

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO

Compreender uma Norma nem sempre é uma tarefa fácil. É possível que, durante alguma avaliação, ocorra de etapas de um procedimento não serem seguidas de maneira correta, pelo simples fato de o usuário não ter o conhecimento necessário do uso de uma Norma específica, ou por achá-la de difícil entendimento.

Diversas são as Normas Acústicas existentes, e fazer bom uso das mesmas tem grande importância, principalmente quando se trata de análise e solução de problemas.

Quando se trata de problemas relacionados à poluição sonora, percebe-se que os mesmos estão cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas, e que isso vem influenciando de maneira severa na qualidade de vida.

A poluição sonora é uma questão de saúde pública, e as consequências do barulho alto são tão graves que a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece o problema, e estipula recomendações de níveis máximos de ruídos suportáveis em lugares públicos, visando o combate às doenças que podem ser desencadeadas pelo estresse sonoro.

Esse ruído em excesso pode ser justificado pelo avanço tecnológico, pelo crescimento das cidades, pelo intenso trânsito urbano, por construções, entre tantos outros ruídos existentes.

Sendo assim, é necessário que ocorra a regulamentação e definição dos métodos para medição e análise dos níveis de pressão sonora. Pensando nisso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu índices que definem o nível de ruído, bem como a pressão sonora aceitável em diferentes ambientes.

Uma das normas, que apresenta grande importância nesse processo de medição e análise, é a ABNT NBR 10151, que teve sua nova versão publicada no ano de 2019, e passou por alterações no ano de 2020. A sua versão anterior, ABNT NBR 10151:2000, apresentava 4 páginas, e hoje conta com 25 páginas, demonstrando uma elevada expansão em seu conteúdo.

Tal mudança busca estabelecer novos procedimentos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora, em ambientes internos e externos. Além disso, estes novos procedimentos para medição permitem a melhor definição para a classificação de ruído.

Considerando a ampliação no seu conteúdo, é pertinente o seu estudo mais aprofundado, com demonstrações de seu uso, combinado à outras Normas Acústicas, que possuem total relevância neste tema.

1.2. OBJETIVO

Considerando o vasto conteúdo apresentado nas Normas ABNT NBR 10151:2019, ABNT NBR 10152:2017, ABNT NBR 16313:2014, ABNT NBR 12179:1992 e ABNT NBR ISO 3382-2:2017, e a importância que as mesmas apresentam dentro do ramo da Acústica, se faz necessária a criação de um guia, onde estas Normas sejam apresentadas de forma simples e didática.

Desta forma, este trabalho consiste em desenvolver um guia prático onde as informações contidas nas Normas são expressas em tópicos, que facilitarão a busca, e o direcionarão para o assunto que se procura.

Através do uso deste guia será possível reduzir os erros relacionados à aplicação destas Normas, e tornar o seu uso mais atrativo, proporcionando uma busca mais rápida, efetiva, e menos complexa por informações. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é fornecer aos usuários acesso à informações importantes relacionadas à Acústica, através de um Guia

Prático montado na plataforma Moodle Colaboração, e que permitirá ao usuário um melhor entendimento sobre a análise e procedimentos de medições acústicas.

1.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A poluição sonora tornou-se um desafio para a legislação ambiental brasileira, indo desde empreendimentos que não respeitam os limites diurnos e noturnos, até grandes avenidas que interferem de forma direta na qualidade de vida da população, o que vai contra a ideia de conforto acústico.

Pode-se definir conforto como uma sensação de bem estar, e essa definição demonstra que são diversas as variáveis que podem interferir no seu julgamento. Portanto, o conforto acústico nada mais é que uma sensação de bem estar relacionada a níveis sonoros.

É necessário que exista uma preocupação acerca dos impactos gerados por altos níveis de pressão sonora, visto que o crescente aumento das cidades e o desenvolvimento industrial trazem consigo alguns efeitos agressivos ao meio ambiente.

A acústica é a ciência que através da física estuda as ondas sonoras - vibrações mecânicas que se propagam em um meio elástico podendo ser sólido, líquido ou gasoso - bem como sua produção, propagação e recepção (FERREIRA, 2010).

A ABNT é a responsável pela regularização das normas acústicas no território nacional, e essas são importantíssimas para um projeto acústico eficaz. Os níveis aceitáveis de ruído são estabelecidos pela norma da ABNT NBR 10151, e os níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações são definidos pela ABNT NBR 10152.

As consequências do barulho alto são tão graves que a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece o problema e estipula recomendações de níveis máximos suportáveis em lugares públicos, visando o combate às doenças que podem ser desencadeadas pelo estresse sonoro.¹

Uma pesquisa apresentada no XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção, em 2015, onde fez-se a Análise de Ruído em um escritório com o uso de um dosímetro, citou que, de acordo com a Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho, “a perda de audição induzida pelo ruído é causada, normalmente, pela exposição prolongada a níveis de ruído elevados e seu primeiro sintoma costuma ser a incapacidade de ouvir sons agudos”.

A ocorrência da perda auditiva advém de fatores ligados à fonte sonora, a propagação e ao receptor. Os termos relacionados à acústica são apresentados pela Norma ABNT NBR 16313 e auxiliam o entendimento das outras Normas relacionadas à acústica.

O ruído pode afetar os indivíduos a nível físico, psicológico e mental, esta última definida como “percepção do indivíduo sobre a sua posição na vida, no contexto da cultura e dos sistemas de valores nos quais ele vive, e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações” (OMS, 1998), comprometendo, assim, a sua qualidade de vida.

Pode-se considerar como poluição sonora, a emissão de ruídos indesejáveis de forma continuada, e em desrespeito aos níveis legais que, dentro de um determinado período de tempo, ameaçam a saúde humana e o bem estar da coletividade.²

Sendo assim, se faz necessário o uso de medidas rígidas de controle, que são estabelecidas através de Normas.

¹ <https://www.bbc.com/portuguese/geral-46040219>

² https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942012000200011

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DECIBEL

O termo *decibel* é usado mundialmente para medir o nível de som. Ele corresponde a uma escala logarítmica, que se aproxima da percepção do ouvido às flutuações da pressão sonora. O Bel é uma escala relativa (sem dimensão), que compara o quanto de uma quantidade é superior ou inferior a um valor de referência.

Um valor de divisão adequado a esta escala seria \log_{10} . Logo, um decibel corresponde a $10^{0,1} = 1,26$, o que representa uma variação de intensidade de 1,26 vezes. Se em uma dada situação ocorrer uma mudança de 3dB no nível de pressão sonora, isso corresponderá a $10^{0,3} = 2$, ou seja, ao acrescentar 3 dB, dobra-se a intensidade sonora.

2.2. NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

O nível de pressão sonora é uma relação logarítmica entre a pressão sonora no ambiente e uma pressão sonora de referência, e é expresso em *decibel* [dB].

É uma grandeza física relacionada com a sensação subjetiva de intensidade do Som, ou seja o quão intenso é determinado som. É a flutuação de pressão criada por uma onda acústica sobre a pressão estática, que é captada pela orelha, transformada em sinais elétricos e interpretada pelo cérebro.

O nível de pressão sonora de um som de pressão p é definido pela equação 1:

$$NPS = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (1)$$

Onde p é a pressão sonora em Pa e p_0 é a pressão sonora de referência, $20 \mu\text{Pa}$ ($20 \times 10^{-6} \text{N/m}^2$), que corresponde ao limiar da audição na frequência de 1kHz.

2.3. TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Tempo de reverberação é o tempo que a energia sonora permanece no ambiente depois que a fonte cessa sua emissão. Experimentalmente, o tempo de reverberação é determinado medindo-se o tempo necessário para que o nível de pressão sonora reduza-se um milhão de vezes do valor inicial, significando uma redução de 60 dB.

Portanto, o tempo de reverberação é também definido como tempo necessário para que um som em um ambiente seja atenuado em 60 dB.

O tempo de reverberação é um dos dados mais importantes para o projeto acústico, e pode ser medido ou calculado empiricamente com certa aproximação a partir das expressões de Sabine, Eyring e Millington.

2.4. ABNT NBR 16313:2014

A ABNT NBR 16313:2014 é uma das Normas mais importantes dentro do ramo da acústica, visto que a mesma apresenta a terminologia acústica. Esta Norma foi elaborada com o propósito de harmonizar termos e definições a serem adotados em normas brasileiras de acústica.

2.5. ABNT NBR 10151:2019

A norma ABNT NBR 10151 teve sua segunda edição publicada no ano de 2019, porém foi corrigida no ano de 2020.

Dentre as diversas alterações e implementações apresentadas, pode-se começar pelo próprio título da mesma, que anteriormente era “Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento” e agora passou a ser “Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral”. Além disso, foram inseridos novos métodos de medição, os quais permitem uma melhor definição para a classificação de ruído.

As mudanças realizadas visam proteger a população em relação à poluição sonora, uma vez que a qualidade acústica interna e externa afeta não só o bem estar, mas também a saúde pública.

Esta Norma estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos e externos às edificações, bem como procedimentos para avaliação de diferentes tipos de sons e os limites para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso e ocupação do solo.

2.6. ABNT NBR ISO 3382-2:2017

A ABNT NBR ISO 3382-2 especifica os métodos para medição do tempo de reverberação em salas comuns, descrevendo os procedimentos de medição, os dispositivos necessários, os número de posições de medição que são requeridos, bem como o método para avaliar os dados e apresentá-los no relatório de ensaio.

Os resultados obtidos através desta Norma podem ser utilizados para correção de outras medições acústicas, e para a comparação com requisitos de tempo de reverberação para salas.

2.7. ABNT NBR 12179:1992

Esta Norma fixa os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados. O tratamento acústico consiste na aplicação de materiais para tratar ruídos dentro de um determinado local, bem como as reverberações, ou seja, o objetivo é administrar os sons de um ambiente fechado.

Nesta Norma consta um roteiro para o desenvolvimento do tratamento acústico, que compreende determinações para o isolamento acústico e condicionamento acústico, além do cálculo do tempo de reverberação.

O isolamento acústico se refere ao potencial que algo tem de impedir que o som transpasse o próprio elemento, seja uma parede, uma laje, uma porta, um vidro. Quanto maior o Isolamento, menos som chegará ao outro lado do elemento.

Já o condicionamento acústico refere-se a como o som emitido dentro do ambiente se comporta no mesmo. Este som emitido pode ser a música produzida por um instrumento, a própria fala e o som emitido por alto-falantes. Quanto melhor o condicionamento, mais o ambiente estará adequado para seu objetivo de uso.

2.8. ABNT NBR 10152:2017

A norma ABNT NBR 10152:2017 tem como objetivo estabelecer as condições mínimas para a aceitabilidade do ruído ou intensidade sonora, realizando a regulamentação dos níveis de ruído para o conforto acústico em um determinado ambiente. Sendo assim, além de especificar regulamentações, a norma também aplica ajustes nos níveis medidos para casos de ruídos apresentando características especiais.

Sua aplicação não se restringe à edifícios residenciais, abrangendo também instalações e empreendimentos comerciais, escolas, aeroportos, entre outras edificações.

Com a ABNT NBR 10152:2017, as atividades sonoras devem permanecer dentro de um padrão saudável para a saúde física e mental de todos e também para um melhor convívio social.

3. METODOLOGIA

Com base nas informações fornecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, acerca das Normas Acústicas, criaram-se atividades através da plataforma Moodle Colaboração, onde cada Norma foi abordada individualmente.

3.1. MOODLE COLABORAÇÃO

O Moodle Colaboração é um ambiente virtual de apoio às capacitações, treinamentos, grupos de pesquisa e atividades de gestão administrativas da UFRGS.

Possui como público-alvo a comunidade universitária e pessoas sem vínculo com a Universidade (usuários externos que estejam vinculados a qualquer atividade oferecida neste ambiente).

Esta plataforma reúne diversas atividades e recursos, que permitem aos seus usuários explorar de maneiras distintas os conteúdos abordados, e por esse motivo foi selecionada para a criação do Guia Prático de consulta das Normas da ABNT relacionadas à Acústica.

Para a realização do Guia optou-se pelo uso de atividades Wiki, disponibilizadas na plataforma, onde as Normas foram inseridas em formato de tópicos, que funcionam como *links*. Os mesmos direcionam o usuário para páginas dentro da própria plataforma, onde este conseguirá acessar informações sobre o item desejado.

Além das atividades Wiki, são disponibilizados sumários, onde os itens abordados nas Normas estão dispostos na sequência em que são encontrados na Wiki em uso.

A construção do sumário facilita a procura por um item específico, pois o usuário poderá clicar diretamente no item que busca, ou poderá analisar os tópicos envolvidos em cada assunto principal.

Os anexos de cada Norma são disponibilizados em um arquivo no ícone da Norma à que o mesmo está relacionado, além de ter seu *link* dentro da própria Wiki.

3.2. MÉTODO DE USO

Dentre as diversas Normas existentes, define-se as Normas: ABNT NBR 10151:2019, ABNT NBR 10152:2017, ABNT NBR 16313:2014, NBR ISO 3382-2:2017 e ABNT NBR 12179:1992 para fazerem parte deste Guia Prático. Cada uma destas Normas foi disponibilizada seguindo uma sequência de fácil compreensão e uso.

Para demonstrar a aplicação destas Normas através do Guia Prático serão apresentados exemplos, que visam expor algumas situações de análise.

3.2.1. ABNT NBR 16313:2014 - Acústica - Terminologia.

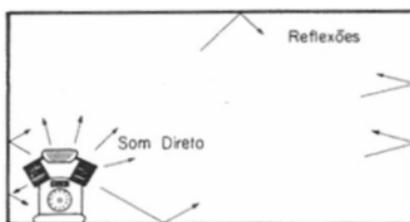
A Norma ABNT NBR 16313:2014 trata da Terminologia, e por esse motivo foi disponibilizada na forma de glossário, onde, além da especificação contida na norma, também acrescenta-se imagens e informações complementares, com o intuito de tornar a experiência do usuário enriquecedora, conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Glossário ABNT NBR 16313 - Terminologia: Campo Sonoro. Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/45137/1/images/18/Campo+Sonoro+em+Salas.jpg>

Campo Sonoro

Região na qual ocorre a propagação da onda sonora.

- A característica do som refletivo ou reverberante é afetada pela forma, tamanho e material da construção, e todos esses sons juntos são o que nos dão a sensação auditiva de estar em um lugar específico. Esta característica acústica singular de um espaço específico é o que nós chamamos de "campo sonoro".



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/45137/1/images/18/Campo+Sonoro+em+Salas.jpg>

» ABNT NBR 16313 - Acústica - Terminologia.

3.2.3. ABNT NBR 10151:2019 - Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral.

A Norma ABNT NBR 10151:2019 é uma Norma de grande importância, principalmente, quando se trata de qualidade acústica de ambientes externos e internos.

Para o exemplo que será demonstrado nesse tópico serão utilizadas informações relacionadas à avaliação acústica em um canil, realizada pelo Professor Juan Pablo Quintas. Alguns valores foram alterados, visto que existe um sigilo quanto às informações originais.

Vale ressaltar que as informações consideradas estão expostas de forma sucinta, pois o intuito deste exemplo é demonstrar o uso do Guia Prático.

- Passo 1 - Instrumentação e Calibração

Neste passo é definido que tipo de instrumento de medição será utilizado, considerando os requisitos apresentados na Norma, conforme Figura A.1, disponível no Apêndice A.

—> Neste exemplo foram utilizados dois sonômetros, ambos da marca Brüel & Kjaer - Type 2250 G4. A única diferença entre os dois está no número de série, sendo estes: 3002572 e 3002843. Estes sonômetros atendem às especificações determinadas na Norma ABNT NBR 10151:2019.

No tópico Requisitos para uso, encontram-se as informações necessárias para cada tipo de equipamento.

Os equipamentos utilizados neste experimento estavam munidos com um para-vento e um tripé.

—> O calibrador utilizado também é da marca Brüel & Kjaer - Type 4231, número de série 2583581. O mesmo atende aos itens presentes no tópico Requisitos para Uso.

—> Os equipamentos passaram pelos devidos ajustes e atendiam as informações apresentadas na Norma. As calibrações foram devidamente realizadas por um laboratório creditado, o LABELO, localizado na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

As informações acerca das calibrações realizadas precisam constar no relatório de medição e avaliação.

- Passo 2 - Condições Ambientais

As condições ambientais no dia das medições foram as seguintes:

- Temperatura mínima: 17°C
- Temperatura máxima: 27°C
- Umidade relativa: 70%
- Chuva: 0mm

De acordo com a Norma, não são permitidas medições durante precipitações pluviométricas, trovoadas ou sob condições ambientais de vento, temperatura e umidade relativa do ar em desacordo com as especificações das condições de operação dos instrumentos de medição estabelecidas pelos fabricantes. Sendo assim, as condições climáticas estão de acordo com a Norma.

- Passo 3 - Tempo de Medição e Tempo de Integração

Os tempos de medição e de integração seguem as definições apresentadas na ABNT NBR 16313 - Acústica - Terminologia.

—> Neste exemplo, tanto o tempo de medição, quanto o tempo de integração foram de 30 minutos.

- Passo 4 - Locais e Pontos de Medição

Esta é uma etapa de suma importância, pois define o posicionamento para medições, apresentando distinção de um ambiente para outro. Este passo é incluído no fluxograma, como pode ser visto na Figura A.2, disponível no Apêndice A.

—> Neste trabalho foram realizadas medidas do nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} em dois pontos, definidos como pontos 01 e 02.

Estes pontos se localizam entre as instalações do canil, e endereços residenciais da vizinhança mais próxima, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Localização dos pontos 01 e 02 - Exemplo de medição em um Canil. Fonte:

<https://google-maps.gosur.com/>



As informações específicas em relação a esse tipo de local são encontradas em Locais externos aos empreendimentos, instalações, eventos e edificações.

—> Seguindo as informações apresentadas na Norma, os sonômetros foram posicionados a 1,5 metros do piso, e a 2 metros do limite da propriedade.

- Passo 5 - Métodos de Medição

Antes de definir o método, é necessário avaliar se as fontes sonoras objetos de medição apresentam características de sons tonais ou impulsivos. As definições destes itens podem ser encontradas em ABNT NBR 16313 - Acústica - Terminologia.

Caso apresentem tais características, não será possível utilizar o Método Simplificado, e deverá ser utilizado o Método Detalhado.

Outra informação que se deve ter é se as medições estão sendo realizadas para fins de planejamento urbano e monitoramento por 24 horas. Caso seja esse o propósito, o método a ser utilizado será o Método de Monitoramento de Longa Duração.

—> Neste exemplo será utilizado o Método Detalhado. Esse método pode ser utilizado para caracterização de sons contínuos, intermitentes, impulsivos e tonais. Assim como citado anteriormente, a definição destes itens é encontrada em ABNT NBR 16313 - Acústica - Terminologia.

- Passo 6 - Avaliação Sonora

Esta etapa envolve diversos tópicos específicos. Nela é levado em conta os limites dos níveis de pressão sonora em função do período/horário, onde estes limites são apresentados em uma tabela, em função do tipo de área habitada.

Nesta etapa também é realizada a determinação de nível de pressão sonora de sons contínuos e intermitentes, através da determinação do nível de pressão sonora total, residual e de um som específico.

Além das determinações citadas anteriormente, nesta etapa são caracterizados os sons impulsivo e tonal.

A avaliação sonora é realizada em função do ambiente analisado, e pelo método de medição escolhido, conforme apresentado na Figura A.3, disponível no Apêndice A.

—> Os valores encontrados nas medições são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados referentes aos Níveis de Pressão Sonora encontrados em cada ponto.

Local	Horário de início	Horário de fim	Duração (minutos)	$L_{Aeq,T}$ em dB
Ponto 1	11:00	11:30	30	68,3
Ponto 1	13:00	13:30	30	67,5
Ponto 2	11:00	11:30	30	63,0
Ponto 2	13:00	13:30	30	65,6

—> De acordo com os valores apresentados na tabela anterior, tem-se que o valor médio para o $L_{Aeq,T}$ dos pontos 1 e 2 são 67,9 dB e 64,3 dB, respectivamente.

—> O nível de pressão sonora residual medido é apresentado na Tabela 2, e informações específicas desse tópico são encontradas em Determinação do nível de pressão sonora residual.

Tabela 2 - Nível de pressão sonora residual.

Horário de início	Horário de fim	Duração (minutos)	$L_{Aeq,T(total)}$ (dB)
12:00	12:10	10	50,1

Conforme já citado, o método detalhado envolve a caracterização dos sons tonais e impulsivos.

Som Impulsivo: A Caracterização de som impulsivo, decorrente da fonte sonora objeto de medição, se dá quando o resultado da subtração aritmética entre L_{AFmax} e o $L_{Aeq,T}$ medido durante a ocorrência do som impulsivo, for igual ou superior a 6 dB ($L_{AFmax} - L_{Aeq,T} \geq 6$ dB).

Onde L_{AFmax} é o nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F no espectro global, e $L_{Aeq,T}$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A no espectro global, ambos em dB.

—> Neste caso, considera-se que o som gerado pelos latidos de um cão é um som impulsivo, ou seja, impulsos de pressão sonora de duração inferior a um segundo. Na Tabela 3 estão disponíveis os dados referentes à essa caracterização.

Tabela 3 - Caracterização do som impulsivo.

Local	Horário de início	Horário de fim	Duração (min)	Tempo de integração (min)	L_{AFmax} (dB)	$L_{Aeq,T}$ (dB)	$L_{AFmax} - L_{Aeq,T}$ (dB)
Ponto 1	11:00	11:30	30	30	88,1	68,3	19,8
Ponto 1	13:30	14:00	30	30	87,6	67,5	20,1
Ponto 2	11:00	11:30	30	30	87,6	67,5	20,1
Ponto 2	13:30	14:00	30	30	82,8	65,6	17,2

O resultado da subtração aritmética entre L_{AFmax} e o $L_{Aeq,T}$ foi superior a 6 dB, sendo assim, o som gerado pelo canil é considerado impulsivo.

Som Tonal: A Caracterização de som tonal se dá quando o nível de pressão sonora contínuo equivalente na banda de 1/3 de oitava de interesse na medida analisada exceder os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes em ambas as bandas de 1/3 de oitava adjacentes, conforme a tabela 4, a seguir:

Tabela 4 - Caracterização de som tonal. Fonte: ABNT NBR 10151:2019

Banda de 1/3 de oitava de interesse	Diferença aritmética entre o $L_{Zeq,T,fHz(1/3)}$ da banda de interesse e o $L_{Zeq,T,fHz(1/3)}$ de cada banda adjacente
25 Hz a 125 Hz	≥ 15 dB
160 Hz a 400 Hz	≥ 8 dB
500 Hz a 10 000 Hz	≥ 5 dB

—> A avaliação foi realizada com um espectro de frequência das bandas de 1/3 de oitava desde 25 Hz até 10.000 Hz do Nível de pressão sonora contínuo equivalente em bandas proporcionais de 1/3 de oitava de um registro de 10 minutos da fonte sonora (cães latindo).

O som gerado pelo canil não foi considerado tonal.

—> Neste exemplo, utilizou-se como parâmetro de área o seguinte tipo: área mista predominantemente residencial, cujo limite de nível de pressão sonora RL_{Aeq} , para período diurno é igual a 55 dB. O resultado é considerado aceitável se for menor ou igual a este valor.

—> A avaliação foi realizada pela comparação do nível corrigido L_R calculado a partir do nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, e integrado no intervalo de tempo T ($L_{Aeq,T(total)}$) medido, com os limites de níveis de pressão sonora RL_{Aeq} , conforme apresentado na Tabela 5.

—> KI será igual a 5 quando for caracterizado som impulsivo, conforme Caracterização de som impulsivo.

—> KT será igual a 5 quando for caracterizado som tonal, conforme Caracterização de som tonal.

Tabela 5 - Nível corrigido L_R para cada ponto.

Local	L_{Aeq}	K_I (impulsivo)	K_T (tonal)	$L_R = L_{Aeq} + K_I + K_T$
Ponto 1	67,9 dB	5	0	72,9 dB
Ponto 2	64,5 dB	5	0	69,5 dB

De acordo com os valores apresentados na tabela anterior, percebe-se que ambos os pontos analisados estão acima dos 55 dB estipulados pela Norma.

- Passo 7 - Relatório de Medição e Avaliação

Após a avaliação sonora, preenche-se o relatório de medição e avaliação. O mesmo contém informações obrigatórias, que são obtidas através da realização dos passos anteriores. Na Figura A.4, disponível no Apêndice A, é apresentado o fluxograma contendo todas as etapas dessa avaliação.

Percebe-se que são apresentados os passos para esta situação específica. Conforme mencionado anteriormente, o caminho a ser seguido depende das características do local onde será realizada a medição e avaliação sonora. Por esse motivo, é necessário que sejam seguidos os passos informados.

É importante ressaltar que não se pode excluir etapas, pois as mesmas são de suma importância para a análise dos resultados.

3.2.4. ABNT NBR ISO 3382-2:2017 - Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas. Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns.

Como exemplo de uso desta Norma, será utilizado o trabalho de conclusão de curso apresentado por Alexandre Borges Ferreira da Costa, aluno do curso de Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e que possui como título: "Metodologia de Aplicação da NBR ISO 3382-2 e Análise dos Tempos de Reverberação das Salas de Aula do Prédio 11209 do Campus Centro da UFRGS".

- No trabalho base são avaliadas 3 salas, porém nesse exemplo leva-se em conta apenas os dados da sala 21. A seguir são apresentadas as informações contidas no trabalho que se relacionam a este ambiente.
 - Área da sala analisada: 69,05m²
 - Altura do pé direito 3,4 metros
 - Volume da sala 234,77m³

- Tempo de reverberação estimado em 2 segundos
- Método de inspeção
- Microfones omnidirecionais

A norma estabelece pontos de grande importância, que devem ser levados em conta. Sendo assim, a apresentação deste exemplo se dará através de passos que devem ser seguidos.

Vale ressaltar que as informações consideradas estão expostas de forma sucinta, pois o intuito é demonstrar o uso do Guia Prático, e não solucionar o problema acústico encontrado no trabalho de conclusão de curso, anteriormente citado.

Passo 1: Condições de medição

Nesta etapa, informações importantes sobre como as medições devem ocorrer são exploradas. Além disso, informações acerca dos equipamentos utilizados para a medição, fonte sonora, e posições de medição também são abordadas.

—> Em relação aos equipamentos utilizados, tem-se um sonômetro da marca Brüel & Kjaer, classe 1, Type 2250, devidamente calibrado. Este equipamento foi utilizado como microfone/receptor do som emitido pela fonte, sendo responsável pela mensuração dos valores de tempo de reverberação, e para a elevação e fixação do sonômetro utilizou-se um tripé. Para produzir excitação impulsiva foram utilizados balões.

A Norma indica que, para faixas usuais de frequência, as posições de microfone estejam, preferencialmente, afastadas pela distância de, pelo menos, metade do comprimento de onda, ou seja, a uma distância mínima de 2 metros. Ainda, a distância entre qualquer posição de microfone e a superfície refletora mais próxima deve ser de, pelo menos, 1 metro. A Norma também informa que posições simétricas devem ser evitadas.

—> As posições da fonte foram escolhidas como as posições consideradas normais para o uso da sala, portanto as posições de fonte foram colocadas centralizadas e próximas ao quadro em todas as salas. Desta forma as fontes representam a posição aproximada de um professor na sala durante a aula.

Na etapa de posições de medição, a Norma apresenta uma equação, equação 2, para a determinação da distância mínima dos microfones, a fim de evitar uma influência muito forte do som direto. A equação utilizada para este cálculo é a seguinte:

$$d_{min} = 2\sqrt{\frac{V}{cT}} \quad (2)$$

Onde:

V é o volume, em metros cúbicos;

c é a velocidade do som, em metros por segundo;

T é uma estimativa do tempo de reverberação esperado, em segundos.

—> Considerando um tempo de reverberação estimado de $T = 2s$, e a velocidade do som no ar, aproximadamente, $c = 343 m/s$, obtém-se o valor de d_{min} de 1,17 metros.

—> Em relação à posição de medição, a Norma discrimina três métodos de exatidão. Como neste caso o intuito é avaliar a quantidade de absorção da sala para fins de controle de ruído, o método indicado é o Método de inspeção. A norma afirma que, para esse método, é assumida uma exatidão nominal melhor que 10% para bandas de oitava.

Na Figura B.1, disponível no Apêndice B, é possível verificar as etapas do Passo 1.

- Passo 2: Procedimentos de medição

Após definidas as condições de medição, na segunda etapa são definidos os procedimentos de medição. São dois os métodos que podem ser utilizados: o Método do ruído interrompido, e o Método da resposta impulsiva integrada, conforme apresentados na Figura B.2, disponível no Apêndice B.

A faixa de frequência depende do propósito das medições.

Onde não há qualquer requisito para bandas de frequência específicas, para o método de inspeção convém que a faixa de frequência cubra pelo menos de 250 Hz a 2000 Hz.

—> Neste exemplo será utilizado o Método da resposta impulsiva integrada, visto que os equipamentos necessários para o uso do outro método não estavam disponíveis. Esse consiste em um método em que o som inicial é produzido por uma fonte impulsiva, como o estouro de balão. Após a excitação impulsiva, o aparelho de medição detecta a ultrapassagem do nível de pressão sonora definido como gatilho do procedimento e começa a medir o decaimento do som. A medição é interrompida quando o sonômetro detecta o ruído de fundo do local novamente, o que é feito automaticamente.

De acordo com a norma, convém que, para a obtenção de t_{20} e t_{30} (tempos de reverberação avaliados a partir do decaimento de 20 e 30 dB, respectivamente), os valores do nível de pressão sonora da excitação impulsiva estejam, respectivamente, 35 dB e 45 dB acima do nível de pressão sonora do som residual. Além disso, a norma dá preferência a utilização de t_{20} já que a avaliação subjetiva da reverberação está relacionada à parte inicial do decaimento.

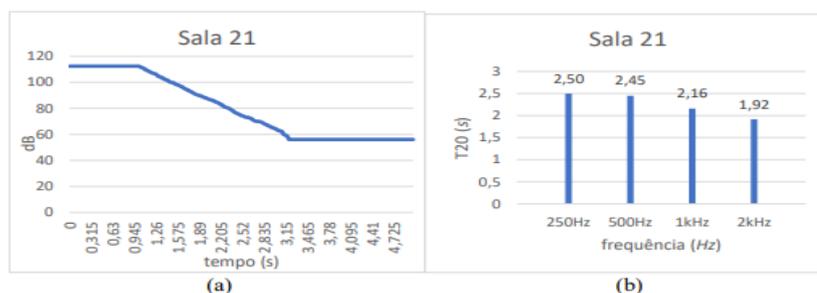
- Passo 3: Avaliação de curvas de decaimento

Nesta etapa, é feita a avaliação da curva de decaimento.

A fim de especificar o tempo de reverberação, as curvas de decaimento devem seguir aproximadamente uma linha reta. Se as curvas não forem lineares, isto pode ser indício da ocorrência de uma sobreposição de modos com diferentes tempos de reverberação, e, nestas condições, o resultado pode não ser confiável.

—> Obtidos a partir das medições, as curvas de decaimento médio do nível de pressão sonora, em função do tempo, para a frequência de 500 Hz, e os gráficos dos tempos de reverberação médios, em função da frequência, são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - (a) Decaimento médio do nível de pressão sonora em 500 Hz da sala 21; (b) Tempos de reverberação t_{20} médios, em função da frequência na sala 21. Fonte: Alexandre Borges Ferreira da Costa.



—> Percebe-se que a curva mostra que o decaimento apresenta um comportamento linear, sendo o comportamento almejado.

Os tempos de reverberação apresentaram valores que diminuem com o aumento da frequência, sendo significativamente mais altos em frequências mais baixas.

—> Para que se pudesse avaliar a magnitude dos resultados das medições, os tempos de reverberação foram comparados com valores limites estabelecidos para ambientes de ensino (Tabela 6). Para isso, utilizou-se a Norma Internacional ANSI S12.60 – Critérios de Performance Acústica, Requerimentos de Projeto e Orientações para Escolas, onde são encontrados os valores de tempo de reverberação recomendados para salas de aula, em função de seus volumes.

Tabela 6 - Valores máximos do tempo de reverberação de salas de aula em função de seu volume. Fonte: ANSI S12.60 – Critérios de Performance Acústica, Requerimentos de Projeto e Orientações para Escolas.

Espaço de aprendizagem	Tempo de reverberação máximo permitido para níveis de pressão sonora nas bandas de oitava com frequências de banda média de 500, 1000 e 2000 Hz (s)
Núcleo do espaço de aprendizagem com volume fechado $\leq 283\text{m}^3$ ($\leq 10.000\text{ft}^3$)	0,6 s
Núcleo do espaço de aprendizagem com volume fechado $> 283\text{m}^3$ e $\leq 566\text{m}^3$ ($> 10.000\text{ft}^3$ e $\leq 20.000\text{ft}^3$)	0,7 s
Núcleo dos espaços de aprendizagem com volumes $> 566\text{m}^3$ ($> 20.000\text{ft}^3$)	Sem requisitos

De acordo com os dados da tabela anterior, o tempo de reverberação máximo é de 0,6 segundos, visto que a sala possui menos que 283m^3 . Logo, percebe-se que o valor encontrado para o tempo de reverberação, conforme Tabela 6, não está adequado.

- Passo 4: Incerteza de medição

Nesta etapa, é realizada a Incerteza de Medição em função do tipo de método selecionado. No caso de tempos de reverberação muito curtos, a curva de decaimento pode ser influenciada pelo filtro, e pelo detector.

- Passo 5: Média espacial

Os resultados medidos para a faixa de posições de fonte e microfones podem ser combinados, tanto para áreas identificadas separadas, quanto para a sala como um todo. Tais resultados visam fornecer valores médios espaciais.

A Norma apresenta duas formas de se obter essa Média espacial: i) através da média aritmética dos tempos de reverberação; ou, ii) através da média de conjunto das curvas de decaimento.

—> Neste exemplo, foi realizada a média aritmética dos tempos de reverberação, através de uma configuração no sonômetro, que permitiu que esse resultado fosse obtido de forma automática.

- Passo 6: Apresentação de resultados

Nesta etapa, são definidas as formas como os resultados devem ser apresentados.

A Norma cita que os resultados precisam ser apresentados através de uma tabela, mas também pode ser plotado em gráfico.

A Norma também apresenta informações mínimas necessárias que devem constar no relatório de ensaio.

Na Figura B.3, disponível no Apêndice B, é apresentado o fluxograma com todos os passos necessários.

—> Neste exemplo, os tempos de reverberação encontrados estavam acima do indicado, sendo que para resolver este problema se faz necessária a realização de um tratamento acústico, e uma nova avaliação para verificar se o novo tempo de reverberação se enquadra no indicado.

3.2.5. ABNT NBR 12179:1992 - Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento.

A Norma ABNT NBR 12179:1992 aborda o procedimento para tratamento acústico em recintos fechados. Esta Norma apresenta ainda definições de termos de grande relevância na área acústica. Percebe-se que os termos apresentados nas definições da Norma ABNT NBR 12179:1992 também são encontrados na Norma ABNT NBR 16313:2014.

Esta Norma apresenta um roteiro para o desenvolvimento do tratamento acústico, onde é apresentado o método de cálculo do tempo de reverberação.

Os passos que devem ser seguidos são apresentados através de um fluxograma na Figura C.1, disponível no Apêndice C.

A seguir será apresentado um exemplo de avaliação de um ambiente utilizando a Norma ABNT NBR 12179:1992 através do Guia Prático.

Neste exemplo será analisado o tempo de reverberação de uma sala de conferência, através da Fórmula de Sabine, porém a Norma também apresenta o cálculo do tempo de reverberação através da Fórmula de Eyring.

Dados do problema: a sala possui as seguintes dimensões: 13 metros de comprimento, 10 metros de largura e 3 metros de altura. A sala de conferência possui 15m² de cortinas que se encontram em uma das paredes maiores.

As informações relacionadas à superfícies presentes, suas dimensões e quantidade de objetos são apresentadas na Tabela C.1.1, disponível no Apêndice C.

De acordo com a Norma ABNT NBR 12179:1992, a equação de Sabine para o cálculo do tempo de reverberação é representada pela equação 3.

$$t_r = \frac{0,161 V}{S_1 \times \alpha_1 + S_2 \times \alpha_2 + \dots + S_n \times \alpha_n} \quad (3)$$

Onde:

t_r = tempo de reverberação do recinto, em segundos;

V = volume do recinto em m³;

S_1, S_2, \dots, S_n = áreas das superfícies interiores do recinto em m², afetadas pelos coeficientes de absorção $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ respectivamente;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ = coeficientes de absorção sonora das várias superfícies interiores e demais elementos absorventes do recinto, do tipo espectadores, cadeiras, mesas, etc. (Disponível no tópico ANEXOS do Guia Prático).

Para resolver a equação, é necessário calcular as incógnitas nela presentes.

Para o cálculo do tempo de reverberação, leva-se em conta a absorção tanto das superfícies quanto dos objetos. A absorção total será o somatório de ambas.

Os coeficientes de absorção (α) de cada item serão apresentados na tabela C.1.2, disponível no Apêndice C, bem como o cálculo da absorção total, que é obtido multiplicando-se os valores definidos na tabela anterior pelo coeficiente de absorção respectivo.

Para o cálculo do volume, leva-se em consideração as medidas de altura, comprimento e largura. Multiplicando-se os três valores temos $V=390\text{m}^3$.

Em posse dos valores de volume e do coeficiente de absorção total, é possível calcular o tempo de reverberação, substituindo esses valores na equação 3. Sendo assim, o valor obtido para o tempo de reverberação é de 1 segundo, conforme apresentado na equação 4 a seguir.

$$t_r = \frac{0,161 \times 390}{62,4} = 1 \text{ s} \quad (4)$$

Em posse deste resultado, é realizada a consulta no gráfico disponível Guia em ANEXOS ABNT NBR 12179:1992. Para esta análise, utiliza-se o volume do recinto e o local de estudo, para encontrar o tempo de reverberação indicado.

Neste exemplo, o tempo de reverberação indicado é de 0,61 segundos, estando o valor encontrado acima do indicado.

Para solucionar este problema, criou-se um tópico no Guia Prático com uma possibilidade de tratamento acústico. Cabe salientar que a sugestão de tratamento acústico apresentada não é única, pois vários fatores podem influenciar nessa decisão.

Após a realização do tratamento acústico, é feita uma nova avaliação para verificar se o valor está dentro do estabelecido na Norma. No tópico Aceitação, tem-se que a tolerância para o valor encontrado é de 10%, logo se o resultado obtido após o tratamento acústico estiver dentro da tolerância, ele pode ser considerado satisfatório e será aceito.

3.2.6. ABNT NBR 10152:2017 - Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.

Não será apresentado exemplo de uso da Norma ABNT NBR 10152:2017, mas a mesma segue o mesmo padrão de análise da Norma ABNT NBR 10151:2019, apesar de não possuir um conteúdo tão vasto.

4. CONCLUSÃO

Através do Guia Prático para Consulta de Normas ABNT relacionadas à Acústica foi possível obter um melhor entendimento sobre o uso de Normas Acústicas, o que permitiu a redução de possíveis erros na aplicação destas Normas.

O Guia Prático permitiu também uma redução no tempo dispendido ao consultar uma Norma, pois o usuário consegue, através do Sumário da Norma específica, encontrar o item desejado, e nele se direcionar para os tópicos relacionados.

Foram disponibilizados exemplos de uso do Guia Prático, o que proporcionou uma maior compreensão de como utilizar este Guia Prático, além de demonstrar como é simples realizar a consulta.

Pelo fato de o Moodle Colaboração ter a possibilidade de apresentar o conteúdo de forma mais objetiva, a leitura de cada tópico das Normas se tornou menos maçante, o que trouxe um estímulo para a aprendizagem e uso das Normas de forma acertada.

Na página do Moodle Colaboração, foi incluída a Norma ABNT NBR 15575-1, porém a mesma não foi abordada neste trabalho. Sugere-se que, em trabalhos futuros, sejam adicionadas outras Normas Acústicas, a fim de ampliar o acesso às informações pertinentes a este ramo.

Por fim, ter acesso ao conhecimento por si não basta, é necessário que o acesso se dê de forma simples e efetiva. Este era o principal objetivo deste trabalho, e o mesmo foi alcançado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10151:2019, **Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral**. 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10152:2017, **Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12179:1992, **Tratamento acústico em recintos fechados**. 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 16313:2017, **Acústica - Terminologia**. 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 3382-2:2017, **Acústica – Medição de parâmetros de acústica de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns**. 2017.

ANÁLISE DE RUÍDO UTILIZANDO DOSÍMETRO DOS 500 EM UM AMBIENTE DE ESCRITÓRIO. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015. **Scielo**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/44516321-Analise-de-ruído-utilizando-dosímetro-dos-500-em-um-ambiente-de-escritório.html>>. Acesso em: fevereiro de 2021.

Bertotti, Diego José. AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO SONORO DOS QUARTOS DO PRÉDIO DE INTERNAÇÃO DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE. 2019. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/206388>>. Acesso em: janeiro de 2021.

Borges Ferreira da Costa, Alexandre. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA NBR ISO 3382-2 E ANÁLISE DOS TEMPOS DE REVERBERAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO PRÉDIO 11209 DO CAMPUS CENTRO DA UFRGS. 2020. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/217364>>. Acesso em: fevereiro de 2021.

COMO A POLUIÇÃO SONORA INFLUENCIA ATÉ NA OBESIDADE. **BBC**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46040219>>. Acesso em: março de 2021.

FERREIRA, L. F. Acústica de ambientes e salas de aula. Ji-Paraná, Rondônia, 2010.

MEDIDA DO NÍVEL DE RUÍDO HOSPITALAR E SEUS EFEITOS EM FUNCIONÁRIOS A PARTIR DO RELATO DE QUEIXAS. **Scielo**. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942012000200011>

O IMPACTO DO RUÍDO NA QUALIDADE DE VIDA DOS ENFERMEIROS DE CUIDADOS INTENSIVOS. **IPL**. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2665/1/O%20impacto%20do%20ru%C3%ADdo%20na%20qualidade%20de%20vida%20dos%20enfermeiros.pdf>>.

APÊNDICE A - FLUXOGRAMAS RELACIONADOS AO USO DA NORMA ABNT NBR 10151:2019

Figura A.1 - Fluxograma para a definição da Instrumentação. Fonte: Próprio Autor.

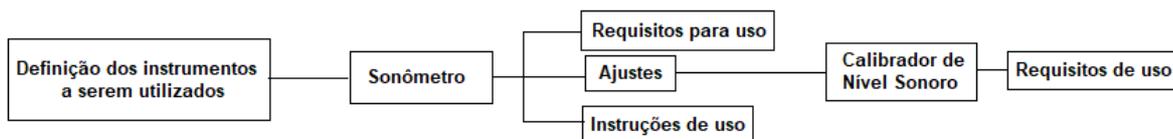


Figura A.2 - Sequência do fluxograma contendo os passos 1, 2, 3 e 4. Fonte: Próprio Autor.

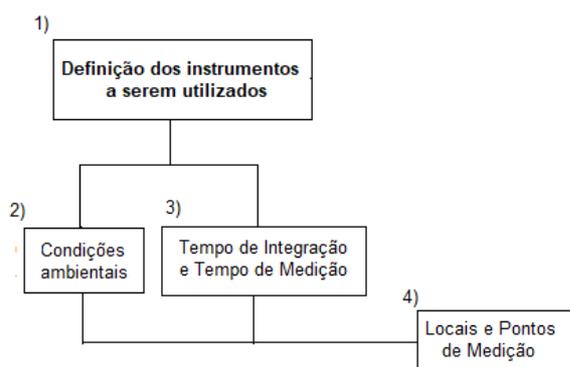


Figura A.3 - Sequência do fluxograma contendo os passos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Fonte: Próprio Autor.

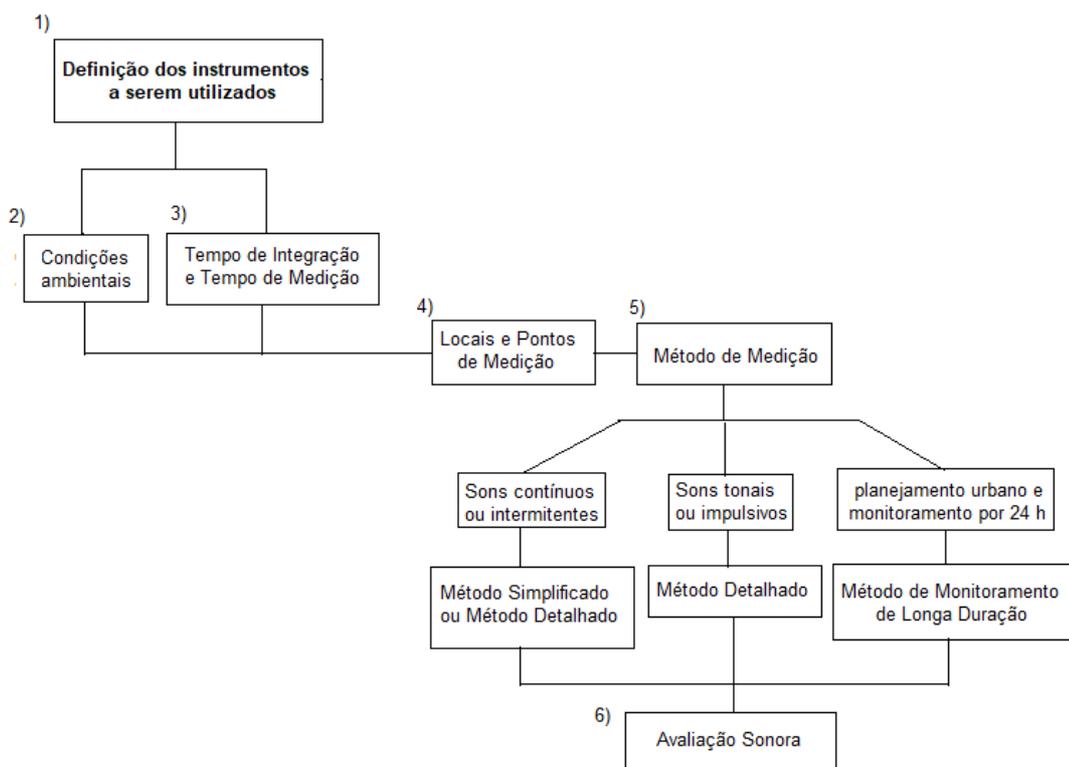
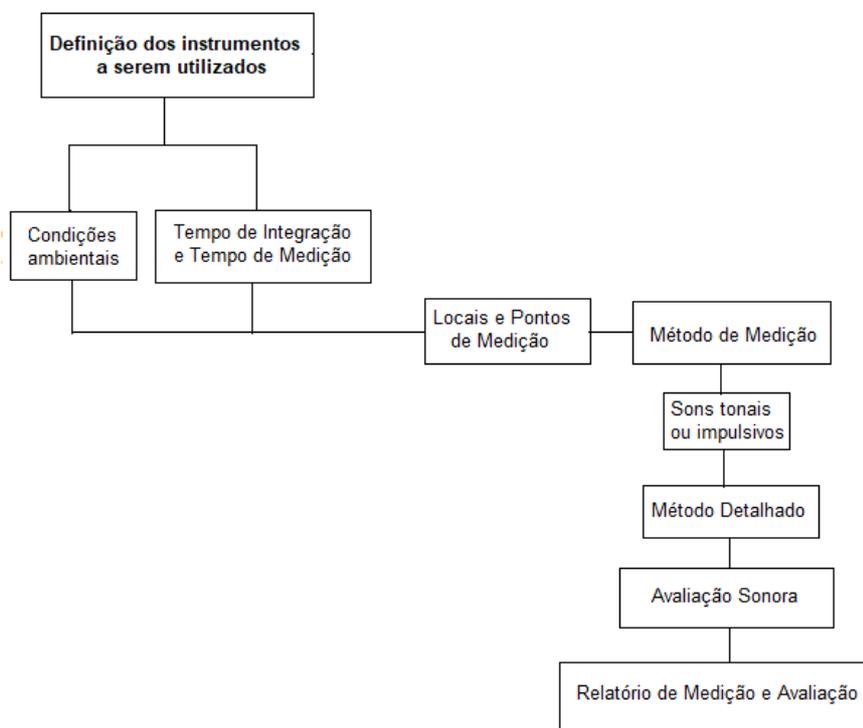


Figura A.4 - Fluxograma com todas as etapas principais até a elaboração do Relatório de Medição e Avaliação. Fonte: Próprio Autor.



APÊNDICE B - FLUXOGRAMAS RELACIONADOS AO USO DA NORMA ABNT NBR ISO 3382-2:2017

Figura B.1 - Fluxograma contendo o passo 1 para uso da Norma ABNT NBR 3382-2:2017 e os Níveis de exatidão da mesma. Fonte: Próprio Autor.

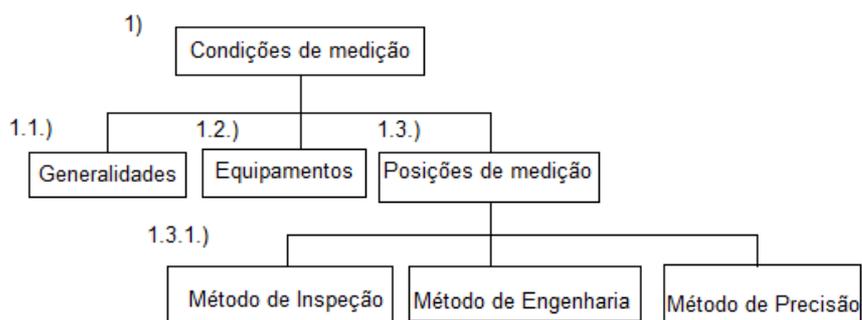


Figura B.2 - Fluxograma contendo os passos 1, 2 e 3 para uso da Norma ABNT NBR 3382-2:2017. Fonte: Próprio Autor.

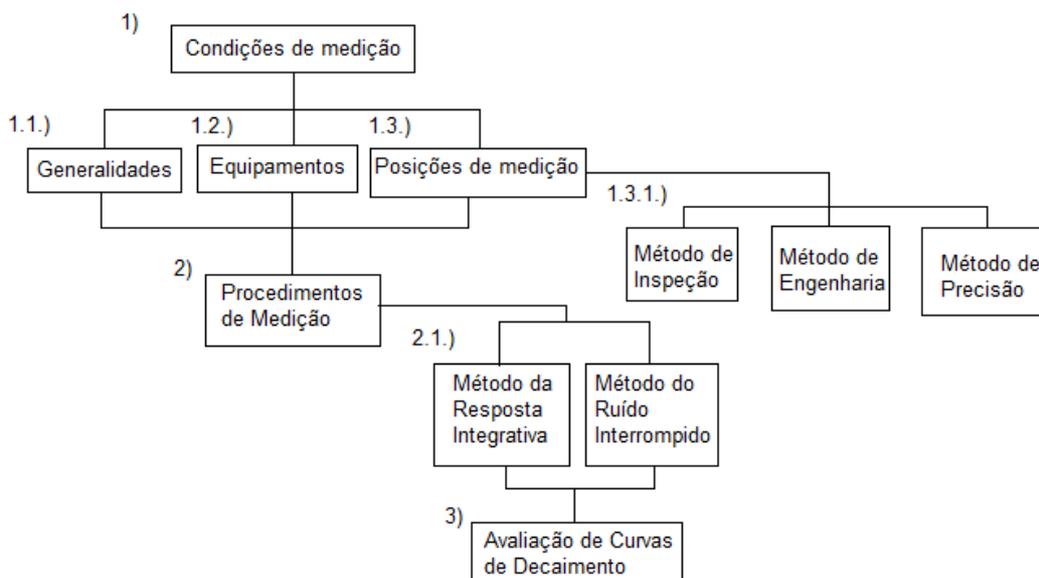
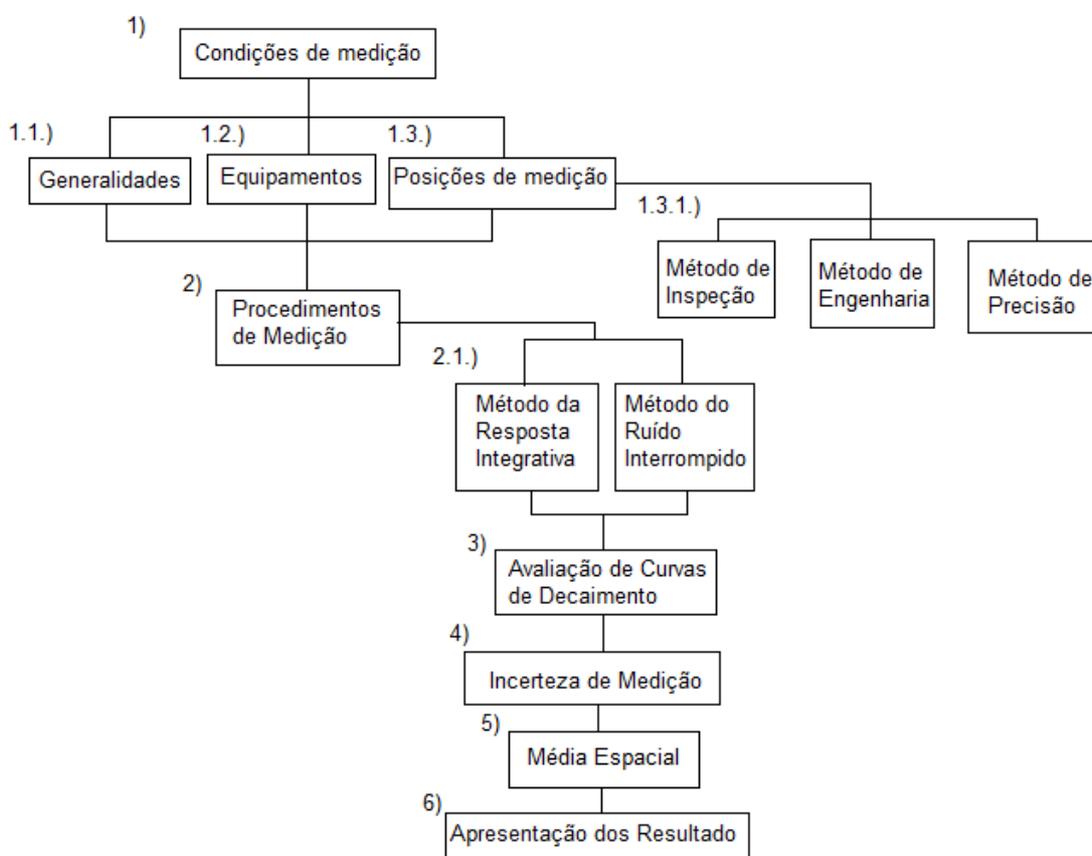


Figura B.3 - Fluxograma contendo os passos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 para uso da Norma ABNT NBR 3382-2:2017. Fonte: Próprio Autor.



APÊNDICE C - FLUXOGRAMAS RELACIONADOS AO USO DA NORMA ABNT

NBR 12179:1992

Figura C.1 - Fluxograma das etapas a serem seguidas para a Norma ABNT NBR 12179:1992. Fonte: Próprio Autor.



Tabela C.1.1 - Dimensões e quantidade relativas a cada elemento considerado no cálculo.

Superfície	S	
Cortina de algodão	15	m ²
Janela de vidro	12	m ²
Porta de madeira	2,5	m ²
Parede maior	39	m ²
Parede menor	30	m ²
Piso de pedra	130	m ²
Teto de fibra sintética	130	m ²
Parede com cortina	24	m ²
Parede com janela	18	m ²
Parede com porta	27,5	m ²
Parede maior	39	m ²
Área total da parede	108,5	m ²
Área (paredes + teto + piso)	398	m ²
Área (cortina + janela + porta + piso + teto + paredes)	398	m ²

Objeto	n
Cadeiras estofadas	62

Tabela C.1.2 - Determinação do coeficiente de absorção de cada elemento considerado no cálculo, bem como o coeficiente de absorção total.

	$S_i(m^2)$	$\alpha_i(1000 Hz)$	Absorção	
Cortina de algodão	15	0,8	12	m ² Sabine
Janela de vidro	12	0,1	1,2	m ² Sabine
Porta de madeira	2,5	0,02	0,05	m ² Sabine
Piso de pedra	130	0,01	1,3	m ² Sabine
Teto de fibra sintética	130	0,2	26	m ² Sabine
Área total da parede	108,5	0,03	3,26	m ² Sabine
	n_i	$\alpha_i(1000 Hz)$	Absorção	
Cadeiras estofadas	62	0,3	18,6	m ² Sabine
Absorção Total		62,4 m ² Sabine		