



Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral

APRESENTAÇÃO

1) Este 2º Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Desempenho Acústico de Edificações (CE-002:135.001) do Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-002), nas reuniões de:

13.06.2012	12.07.2012	13.07.2012
02.08.2012	03.08.2012	13.08.2012
14.08.2012	30.08.2012	31.08.2012
17.09.2012	18.09.2012	19-12-2012
20.12.2012	05.02.2013	06.02.2013
19.03.2013	20.03.2013	09.05.2013
10.05.2013	20.02.2014	01.04.2014
02.04.2014	19.05.2014	20.05.2014
04.08.2014	05.08.2014	25.08.2014
26.08.2014	24.10.2014	11.12.2014
12.12.2014	15.01.2016	10.05.2016
11.05.2016	07.06.2016	08.06.2016
13.07.2016	14.07.2016	28.09.2016
29.09.2016	08.12.2016	

- a) é previsto para cancelar e substituir a edição anterior (ABNT NBR 10151:2000 Versão corrigida:2003), quando aprovado, sendo que nesse ínterim a referida norma continua em vigor;
- b) não tem valor normativo.

© ABNT 2017

Todos os direitos reservados. Salvo disposição em contrário, nenhuma parte desta publicação pode ser modificada ou utilizada de outra forma que altere seu conteúdo. Esta publicação não é um documento normativo e tem apenas a incumbência de permitir uma consulta prévia ao assunto tratado. Não é autorizado postar na internet ou intranet sem prévia permissão por escrito. A permissão pode ser solicitada aos meios de comunicação da ABNT.



2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante	Representante
ABCR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS	Fabio A. Amaral Filho
ABCR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS	Nilo Horn
ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS	Paulo Eduardo Fonseca de Campos
ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS	Rose de Lima
ABRAVIDRO	Clelia E. Bassetto
ACITAL ACÚSTICA	Victor Zimmermann Junior
ACOEM	Kevin Jacques Yves Cormier
ACÚSTICA ENGENHARIA	Schaia Akkerman
AFEAÇO – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE AÇO	Robson Campos de Souza
ALL – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA	Evandro Abreu de Souza
ANTF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO	Ellen Regina G. Martins
ANTF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO	Mário Machado Barcellos
AUDIUM	Débora Miranda Barretto
AUTÔNOMA	Maria de Fátima F. Neto
AUTÔNOMA	Ranny L. X. N. Michalski
AUTÔNOMO	Leonardo Cardoso
CEBRACE	Carolina Antonucci Pimenta
CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS	Witer Augusto de Paula
CETESB	Adilson Antônio Rangel
CETESB	João Luiz do Nascimento



CETESB	Jozemar Barreto Oliveira
CETESB	Maria Cristina Poli
CETESB	Renata Souto Vieira
CETESB	Ricardo Colucci
CIA AMBIENTAL	Giacomo Gustavo Wosniacki
CLB ENGENHARIA	Maria Luiza R. Belderrain
CPTM – COMPANHIA PAULISTA DE TRANSPORTE METROPOLITANO	Raul Merino Vicentini
CSN – COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL	João Luiz Rodrigues do Nascimento
DB LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ACÚSTICA ME	Saulo de Freitas Gonçalves
DB LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ACÚSTICA ME / SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA – SOBRAC	Krisdany Vinícius S. M. Cavalcante
DOCOL	Plinio Grisolia
EZTEC	Samuel Gosch
FCA – FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA	Bárbara Moreno
FHAIDAR ENGENHARIA	Fernando Henrique Aidar
FIEP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ	Rosaine Falleiro
FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO	Gabriel Assef Fernandes
FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	Gerson Ferreira Silva
GINER	José Carlos Giner
GROM	Gilberto Fuchs de Jesus
GYP SUM DRYWALL	Rosangela Ciarcia
HARMONIA	Davi Akkerman
IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE / SUPERINTENDÊNCIA DO RIO DE JANEIRO	Silvania M. Gonsalves
INFRAERO – EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA	Ivone N. Silva



INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA	Marco Nabuco
INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA	Paulo Massarani
INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA	Ricardo Luis D’avila Villela
INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA	Zemar M. D. Soares
IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA/SP	Peter Joseph Barry
ISOVER	Fernando Neves Caffaro
ITEC	Michele Gleice da Silva
J. S DE ALMEIDA ASSESSORIA CONSULTORIA EM PROJETOS AMBIENTAIS	Jorge Soares de Almeida
JUNSEAL ESP.	Francisco Stribl
KNAUF AMF	Paula Epíscopo Onizzolo
METRÔ – SP	Helder José Ribeiro Soares
METRÔ – SP	Luiz Augusto Santos Taqueda
MEXICHEM	Claudilene Carvalho
MINISTÉRIO PÚBLICO DO RIO DE JANEIRO	Robson Spinelli Gomes
MRS LOGÍSTICA	Rosana P. Rezende
PMSA-SEMASA – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE SANTO ANDRÉ	Luiz Fernando Belettato
PREFEITURA MUNICIPAL DE BETIM	Anderson Aguilar
PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO	Miriam Fontana
PROACÚSTICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA	Juan Frias
SECOVI/SP – SINDICATO DA HABITAÇÃO DE SÃO PAULO	Ronaldo Sá



SINDUSCON-PR – SINDICATO DA CONSTRUÇÃO/PR	Ivanor Fantin Jr.
SINDUSCON-SP – SINDICATO DA CONSTRUÇÃO/SP	Alexandre Scola
SOBRAC – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA / UFMS – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	Dinara Xavier da Paixão
SUZANO PAPEL E CELULOSE	Jorge Paulo Domingues
TECNISA	Luiz H. LUIZ
TKCSA	Marcelo Gomes de Carvalho
TOTAL SAFETY	Daniel F. Bondarenco Zajarkiewicz
TOTAL SAFETY	Enrique Bondarenco
UFMG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	Marco Antônio M. Vecci
UFPA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	Elcione M. Lobato de Moraes
UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	Ricardo E. Musafir
UNICAMP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	Stelamaris R. Bertoli
USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	Eliseu de Souza Genari
USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	João Gualberto de A. Baring
VALE S.A.	Claudio Zillig Godtsfriedt
VALLOUREC TUBOS NO BRASIL	Paula França



Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral

Acoustics — Measurement and evaluation of sound pressure levels in inhabited environments — Application for general use

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma.

A ABNT NBR 10151 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Desempenho Acústico de Edificações (CE-002:135.001). O seu 1º Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 10, de 11.10.2012 a 10.12.2012. O seu 2º Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de DD.MM.AAAA a DD.MM.AAAA.

Esta segunda edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 10151:2000 Versão corrigida:2003), a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo em inglês desta Norma Brasileira é o seguinte:

Scope

This Standard establishes:

- *procedure for measure and evaluate of outdoor sound pressure levels, as a function of land occupation and use;*
- *procedure for measure and evaluate of sound pressure levels inside buildings arising from airborne and structural transmission from sound sources;*
- *procedure for evaluating of total, specific and residual sound;*



- *procedure for evaluating of tonal, impulsive, intermittent and continuous sounds;*
- *limits for outdoor sound pressure levels in areas destined for human occupation, as a function of land use category.*

This Standard does not apply to:

- *assessment of occupational noise exposure;*
- *building systems (machinery, hydraulic installations etc.). In these cases, specific Brazilian Standards apply;*
- *measurement and evaluation of environmental impact arising from the use of explosive at mining sites in urban areas. In these case, which are performed according to ABNT NBR 9653;*
- *measurement and evaluation of sound due to transportation systems (air transportation, railway, subway and road). In these case, which are performed according to ABNT NBR 16425.*



Introdução

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 e limites para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso e ocupação do solo.

Os limites de avaliação e planejamento apresentados nesta Norma são estabelecidos de acordo com a finalidade de uso e ocupação do solo no local onde a medição for executada, visando à saúde humana e ao sossego público.

Recomenda-se ao poder público a adoção destes limites de níveis sonoros para a regulamentação do parcelamento e uso do solo, de modo a caracterizar os ambientes sonoros em áreas habitadas, compatíveis com as diferentes atividades e a sadia qualidade de vida da população.

Até que sejam publicadas Normas Brasileiras específicas, recomenda-se ao poder público municipal a aplicação dos procedimentos de medição de níveis de pressão sonora estabelecidos nesta Norma para fins de medição e monitoramento sonoro de ruídos de obras de construção civil, bem como o estabelecimento de um regulamento municipal e os limites de horários e de avaliação dos níveis de pressão sonora de acordo com as etapas e prazos de construção de cada obra.

Essa revisão foi motivada pela necessidade de harmonizar os procedimentos técnicos a serem adotados nas seguintes aplicações:

- medições dos níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, independentemente das fontes sonoras contribuintes;
- medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações decorrentes de reclamações de fontes sonoras, independentemente da localização da fonte;
- avaliação sonora ambiental de empreendimentos, instalações e eventos em áreas habitadas, independentemente da existência de reclamações;
- apoio ao poder público no processo de gestão e fiscalização de poluição sonora;
- elaboração de estudo e projeto acústico de empreendimento, instalação e evento a ser implantado em uma delimitada área, compatibilizando sua inserção na paisagem sonora do local;
- orientação ao planejamento urbano de uso e ocupação do solo para efeito de controle da poluição sonora;
- orientação para classificação sonora de áreas destinadas a empreendimentos residenciais face aos requisitos da ABNT NBR 15575-4.

A Constituição Federal de 1988 atribui competência aos municípios para promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. No planejamento e ordenamento de uso e ocupação do solo urbano, recomenda-se que não sejam estabelecidas áreas industriais contíguas a áreas residenciais, de modo a assegurar a saúde, o bem-estar e a sadia qualidade de vida da população (ver, Bibliografia [7]).

Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral

1 Escopo

Esta Norma estabelece:

- procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em função da finalidade de uso e ocupação do solo;
- procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações provenientes de transmissão sonora aérea e de vibração da estrutura de uma edificação;
- procedimento para avaliação de som total, específico e residual;
- procedimento para avaliação de som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo;
- limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em áreas destinadas a à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo.

Esta Norma não se aplica a:

- avaliação do nível de exposição ocupacional;
- equipamentos prediais e hidrossanitários de uma edificação. Nestes casos, devem ser aplicadas Normas Brasileiras específicas;
- medição e avaliação de impacto ambiental decorrente do uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas, as quais são executadas conforme a ABNT NBR 9653;
- medição e avaliação de níveis de pressão sonora decorrentes de sistemas de transporte (aeroviário, aquaviário, ferroviário, metroviário e rodoviário), as quais são executadas conforme a ABNT NBR 16425 (todas as partes).

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 9653, *Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas*

ABNT NBR 16313, *Acústica – Terminologia*

ABNT NBR 16425-1, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 1: Aspectos gerais*



IEC 60942, *Electroacoustics – Sound calibrators*

IEC 61094-4, *Measurement microphones – Part 4: Specification for working standard microphones*

IEC 61094-5, *Electroacoustics – Measurement microphones – Part 5: Methods for pressure calibration of working standard microphones by comparison*

IEC 61094-6, *Measurement microphones – Part 6: Electrostatic actuators for determination of frequency response*

IEC 61260-1, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 1: Specifications*

IEC 61260-2, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 2: Pattern-evaluation tests*

IEC 61260-3, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 3: Periodic tests*

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

IEC 61672-2, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests*

IEC 61672-3, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 3: Periodic tests*

NOTA Sonômetros fabricados antes de 2002 são atendidos pelas IEC 60651 e IEC 60804, embora estas Normas tenham sido canceladas na IEC e substituídas pelas IEC 61672-1, IEC 61672-2 e IEC 61672-3.

ISO 1996-2, *Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels*

ISO 10052:2004, *Acoustics – Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound – Survey method*

ISO 16032:2004, *Acoustics – Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings – Engineering method*

OIML International Recommendation R 58:1998, *Sound level meters*

OIML International Recommendation R 88:1998, *Integrating-averaging sound level meters*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR 16313 e os seguintes.

3.1

ajuste

conjunto de operações efetuadas no sistema de medição, de modo que ele forneça indicações prescritas correspondentes aos valores da grandeza a ser medida



3.2

verificação

confirmação de que as propriedades relativas ao desempenho ou aos requisitos legais são satisfeitas pelo sistema de medição

NOTA 1 Não confundir a calibração com o ajuste de um sistema de medição nem com a verificação da calibração.

NOTA 2 Definições adaptadas do vocabulário internacional de metrologia (ver, Bibliografia [2]).

4 Símbolos

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os símbolos da Tabela 1.

O nível de pressão sonora é expresso em dB.

NOTA 1 Segundo a ISO 80000-8:2007, o acréscimo de um pós-escrito após o dB para indicar a ponderação em frequência, por exemplo, dB(A), é incorreto. Esta informação está incluída no símbolo de grandeza, por exemplo, L_{Aeq} e o seu resultado expresso em decibels (dB) (ver, Bibliografia [12]).

NOTA 2 Esta representação está conforme o Quadro Geral de Unidades (ver, Bibliografia [9]).

Tabela 1 – Símbolos para níveis de pressão sonora

Grandeza	Símbolo
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A e integrado em um intervalo de tempo T	$L_{Aeq,T}$
Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F	L_{AFmax}
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em Z, em banda proporcional de frequência nominal f Hz, de oitava e integrado em um intervalo de tempo T	$L_{Zeq,T,f Hz(1/1)}$
Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em Z, em banda proporcional de frequência nominal f Hz, de 1/3 de oitava e integrado em um intervalo de tempo T	$L_{Zeq,T,f Hz(1/3)}$
EXEMPLOS	
$L_{Aeq,30s} = 45,6$ dB, onde $T = 30$ s.	
$L_{AFmax} = 45,6$ dB.	
$L_{Zeq,30s,8 kHz(1/1)} = 45,6$ dB, 45,6 dB, onde $f = 8$ kHz em banda de 1/1 de oitava, onde $T = 30$ s.	
$L_{Zeq,30s,8 kHz(1/3)} = 45,6$ dB, onde $f = 8$ kHz em banda de 1/3 de oitava, onde $T = 30$ s.	



5 Instrumentação

5.1 Sonômetro (medidor integrador de nível sonoro)

Para aplicação desta Norma, o sonômetro (medidor integrador de nível sonoro ou sistema de medição de nível de pressão sonora) deve atender aos critérios da IEC 61672 (Partes 1 e 2), para a classe 1 ou classe 2.

Para medição e caracterização de som tonal, o sonômetro deve possuir filtros de 1/3 de oitava.

Os filtros de 1/1 de oitava e de 1/3 de oitava devem atender à IEC 61260 (todas as partes), para a classe 1 ou classe 2.

Os filtros de 1/1 de oitava devem abranger pelo menos as bandas de 63 Hz a 8 kHz.

Os filtros de 1/3 de oitava devem abranger pelo menos as bandas de 50 Hz a 10 kHz.

Em medições em ambientes externos, ao ar livre, é obrigatório o uso do protetor de vento acoplado ao microfone.

Deve ser executada a correção da influência dos efeitos do protetor de vento na resposta em frequência do microfone, conforme instrução do fabricante para o modelo do protetor de vento utilizado.

Resultados de medição com valores de nível de pressão sonora fora da faixa dinâmica útil do sonômetro devem ser descartados.

Especificações do sonômetro apresentadas no manual do fabricante e resultados da calibração do instrumento de medição devem ser utilizados para determinação dos níveis mínimo e máximo que podem ser medidos.

O ruído autogerado, a linearidade de nível e o nível de sobrecarga devem ser particularmente verificados no manual e no certificado de calibração para determinação da faixa dinâmica útil do sonômetro.

NOTA A IEC 61672 denomina o instrumento como *Sound Level Meter*, na língua inglesa, e *Sonomètre*, na língua francesa. A NP ISO 1996 (Todas as partes) utiliza a denominação *Sonómetro* (ver, Bibliografia [13] e [14]).

5.2 Calibrador sonoro

O calibrador sonoro deve atender à IEC 60942, para a classe 1.

Quando o sonômetro utilizado for de classe 2, o calibrador sonoro pode ser de classe 2.

5.3 Microfone

O microfone de medição deve ser especificado para atender à IEC 61672-1 ou à IEC 61094-4.

6 Calibração

O conjunto de instrumentos referidos em 5.1, 5.2 e 5.3 deve ser calibrado por laboratório acreditado, membro da Rede Brasileira de Calibração – RBC, ou pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro, ou por laboratório de calibração, em outros países, acreditado em rede reconhecida por acordo oficial brasileiro de reconhecimento mútuo.



A calibração deve ser realizada de acordo com a edição da IEC declarada pelo fabricante.

O sonômetro e o microfone devem ser calibrados para operação em campo livre.

As informações que devem constar nos certificados de calibração são apresentadas no Anexo A.

A periodicidade de calibração deve ser estabelecida com base na especificação do fabricante. A extensão do prazo especificado pelo fabricante pode ser efetuada desde que justificada pela análise do histórico de resultados de calibrações anteriores e dos resultados de verificações intermediárias realizadas. O prazo entre duas calibrações consecutivas não pode ultrapassar 24 meses.

Calibrações devem ser realizadas após qualquer evento que possa produzir dano aos instrumentos, sempre que o instrumento sofrer manutenção corretiva e sempre que a variação entre ajustes indicar instabilidade.

Quando o resultado de algum parâmetro, apresentado no certificado de calibração, não atender aos requisitos da respectiva IEC, o instrumento não pode ser utilizado. Caso seja realizada manutenção corretiva, o instrumento pode ser novamente utilizado, desde que comprovada sua eficiência após nova calibração de todos os parâmetros.

NOTA Recomenda-se consultar a ABNT NBR ISO 10012 (ver, Bibliografia [3]).

7 Procedimento de medição

7.1 Ajuste em campo

O sonômetro deve ser ajustado, com o calibrador sonoro acoplado ao microfone, imediatamente antes de cada série de medições.

NOTA O sistema de calibração elétrica interno do sonômetro, disponível em alguns modelos, não substitui o uso do calibrador sonoro.

O ajuste do sonômetro deve ser realizado com o valor indicado no certificado de calibração mais recente do calibrador sonoro, aplicando-se a devida correção do tipo de microfone, conforme orientações do fabricante.

O ajuste do sonômetro deve ser realizado nas condições ambientais do local da medição, desde que isento de interferências sonoras que possam influenciar o ajuste.

Ao final de uma série de medições, no ambiente avaliado, deve ser lido o nível de pressão sonora com o calibrador sonoro ligado e acoplado ao microfone. Se a diferença entre a leitura e o valor ajustado inicialmente for superior a 0,5 dB ou inferior a - 0,5 dB, os resultados devem ser descartados e novas medições devem ser realizadas.

NOTA Dependendo do conjunto de instrumentos utilizado e do tempo de medição, recomenda-se realizar ajustes intermediários, por exemplo, a cada 1 h.

Em monitoramento de período completo ou de longa duração, verificações elétricas podem ser utilizadas para extensão do intervalo entre ajustes com o uso do calibrador sonoro, desde que essa tecnologia esteja incorporada no sonômetro ou sistema de medição e as orientações do fabricante sejam atendidas.



As verificações elétricas devem ser realizadas pelo menos duas vezes ao dia em intervalos regulares.

As verificações elétricas e sua contribuição na incerteza do resultado da medição sonora devem ser validadas por meio do ajuste com calibrador sonoro e do monitoramento da pressão atmosférica e temperatura ambiente.

NOTA Recomenda-se que, no monitoramento de período completo ou de longa duração, o ajuste com o calibrador sonoro acoplado ao microfone seja realizado no máximo a cada 30 dias.

7.2 Requisitos ambientais

As medições não podem ser realizadas sob condições ambientais adversas de vento, temperatura, umidade relativa do ar, precipitações pluviométricas ou trovoadas, ou quando não forem atendidas as especificações das condições de operação dos instrumentos de medição estabelecidas pelos fabricantes.

Caso seja necessário executar as medições sob condições ambientais adversas, devem constar no relatório os parâmetros ambientais registrados durante a medição.

Medições e monitoramentos sob condições ambientais adversas (ventos, temperatura, umidade relativa do ar e precipitações pluviométricas) devem ser realizados com instrumentação e acessórios apropriados, especificados pelo fabricante do sonômetro.

Para monitoramento sonoro de período completo ou de longa duração, as condições ambientais (temperatura, umidade relativa do ar, ventos e precipitação pluviométrica) devem ser monitoradas e consideradas na análise e tratamento dos resultados. Devem ser descartados os resultados medidos sob precipitação pluviométrica, ventos acima de 5 m/s, temperatura ou umidade relativa do ar fora das faixas das condições de operação da instrumentação especificadas pelo fabricante.

NOTA 1 A influência do vento sobre o microfone, mesmo com o uso do protetor de vento, é significativa quando a velocidade for superior a 5 m/s.

NOTA 2 A IEC 61672-1:2002 especifica que sonômetros de classe 2 devem ser operados na faixa de temperatura entre 0 °C e 40 °C.

7.3 Tempo de medição e tempo de integração

O tempo de medição em cada ponto deve ser definido de modo a abranger as variações sonoras no ambiente avaliado.

Quando o objetivo for avaliar um conjunto de eventos sonoros da fonte sonora objeto de avaliação, o tempo de medição deve ser representativo de seu funcionamento e deve abranger as variações das condições de emissão e de propagação sonora.

Caso não seja possível medir o conjunto de eventos, devem ser efetuadas medições parciais que o represente.

Devem ser descartados resultados de medição de nível sonoro afetados por sons intrusivos.

O tempo de medição e o tempo de integração devem ser informados no relatório.

7.4 Descritores de níveis sonoros

7.4.1 Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A – $L_{Aeq,T}$

Este descritor é necessário para a avaliação de sons contínuos e intermitentes, conforme descrito em 9.2, de som impulsivo, conforme descrito em 9.3 e para a avaliação sonora ambiental em ambientes externos e internos a edificações, conforme descrito em 9.5 e 9.6, respectivamente.

O nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A no espectro global, obtido por integração no tempo T ($L_{Aeq,T}$), deve ser medido diretamente ou calculado pela média logarítmica ponderada no tempo de resultados integrados em intervalos de tempo parciais, sendo o resultado expresso por meio do descritor $L_{Aeq,T}$, em decibels (dB).

7.4.2 Nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F – L_{AFmax}

O nível máximo de pressão sonora ponderado em A e em F no espectro global, obtido durante a medição do $L_{Aeq,T}$, deve ser expresso pelo descritor L_{AFmax} , em decibels.

Este descritor é necessário para a avaliação de som impulsivo, conforme descrito em 9.3.

7.4.3 Nível de pressão sonora contínuo equivalente em bandas proporcionais de 1/1 de oitava – $L_{Zeq,T,f Hz(1/1)}$

Os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes nas bandas proporcionais de 1/1 de oitava devem ser medidos na ponderação em frequência Z , conforme a IEC 61672-1, pelo menos nas bandas de frequências centrais nominais de: 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz e 8 kHz.

Estes descritores são necessários para a avaliação em ambientes internos às edificações, quando a propagação sonora se dá pela estrutura da edificação, conforme 9.6

7.4.4 Nível de pressão sonora contínuo equivalente em bandas proporcionais de 1/3 de oitava – $L_{Zeq,T,f Hz(1/3)}$

Os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes nas bandas proporcionais de 1/3 de oitava devem ser medidos na ponderação em frequência Z , conforme a IEC 61672-1, pelo menos nas bandas de frequências centrais nominais de: 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1 kHz, 1,25 kHz, 1,6 kHz, 2 kHz, 2,5 kHz, 3,15 kHz, 4 kHz, 5 kHz, 6,3 kHz, 8 kHz e 10 kHz.

Estes descritores são necessários à avaliação de som tonal, conforme descrito em 10.4.

7.4.5 Níveis de pressão sonora representativos de períodos completos – L_{Ad} , L_{An} e L_{Adn}

O L_{Ad} caracteriza o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, no espectro global, (L_{Aeq}) para o período diurno.

O L_{An} caracteriza o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, no espectro global, (L_{Aeq}) para o período noturno.

O L_{Adn} caracteriza o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, no espectro global, (L_{Aeq}) para um período de 24 h.

O L_{Ad} e o L_{An} são determinados pelos resultados de medições do $L_{Aeq,T}$ medido ao longo dos períodos diurno e noturno, respectivamente, ou medido em intervalos de tempo em condições sonoras representativas desses períodos.

O L_{Adn} é determinado pelo resultado da média logarítmica ponderada dos resultados de L_{Ad} e L_{An} , conforme Equação 1:

$$L_{Adn} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Ad}}{10}} + \frac{n}{24} \cdot 10^{\frac{L_{An}+k}{10}} \right) \quad (1)$$

onde

d é o número de horas do período diurno;

n é o número de horas do período noturno;

$d + n = 24$ h;

k é a diferença aritmética entre o RL_{Aeq} diurno e o RL_{Aeq} noturno descritos na Tabela 3.

Estes descritores são necessários para a avaliação pelo método de monitoramento de longa duração, conforme descrito em 9.5.3.

7.5 Locais e pontos de medição

Esta Norma estabelece procedimento para medição em diferentes localizações de pontos de medição, conforme 7.5.1, 7.5.2 e 7.5.3.

7.5.1 Medições em locais externos aos empreendimentos, instalações, eventos e edificações

Nas medições executadas no nível do solo, o microfone deve ser posicionado preferencialmente entre 1,2 m e 1,5 m do solo.

Nas medições executadas em alturas superiores a 1,5 m do solo, a altura ou o pavimento de uma edificação onde a medição for executada deve ser declarada no relatório.

O microfone deve ser posicionado distante pelo menos 2 m de paredes, muros, veículos ou outros objetos que possam refletir as ondas sonoras.

No monitoramento sonoro de longa duração ou de período completo e nas medições para fins de planejamento de controle da poluição sonora urbana, com o uso de estações de monitoramento sonoro, recomenda-se que o microfone seja posicionado a pelo menos 4 m do solo.

Quando não for possível assegurar as distâncias mínimas previstas nesta Norma, deve-se informar no relatório as condições de execução das medições.

7.5.2 Medições em locais externos às fachadas de edificações

A distância de referência para medição externa à fachada de uma edificação é de pelo menos 0,5 m.

A execução de medição na posição externa à fachada da edificação pode ser realizada com uma haste acessória ou um dispositivo de fixação ou com o braço estendido. Deve-se assegurar que o microfone não sofra vibrações durante a medição para não influenciar os resultados.

A medição com uso do cabo de extensão entre o microfone e o sonômetro somente pode ser realizada quando, no certificado de calibração do sonômetro, constar que ele atende à IEC 61672-1 para esta condição de uso. Neste caso, o ajuste do sonômetro deve ser realizado com o cabo de extensão.

Se a edificação for térrea, ou a medição for realizada no pavimento térreo, a medição deve ser realizada conforme 7.5.1.

Quando o objetivo for medir o nível de pressão sonora no campo sonoro incidente, não sendo possível realizar a medição a uma distância superior a 0,5 m, devem ser adotados os procedimentos da ISO 1996-2.

NOTA Em condições ideais onde não existam outros elementos verticais refletoras que possam influenciar a propagação do som para o receptor em estudo, a diferença entre o nível de pressão sonora com o microfone distante a menos de 2 m em frente à fachada e o microfone colocado em campo livre, é de cerca de - 3 dB. Em situações complexas, por exemplo, a existência de uma elevada densidade de edifícios no local, rua em "U" etc., esta diferença pode ser maior. Mesmo em condições ideais pode haver algumas restrições. Para estas situações, ver ISO 1996-2.

7.5.3 Medições em ambientes internos a edificações

As medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações devem ser realizadas para o descritor $L_{Aeq,T}$ ou para o descritor $L_{eq,f}$ Hz(1/1) em bandas de 1/1 de oitavas, ou para ambos, em função do meio de transmissão sonora, conforme descrito em 9.6.

Os pontos de medição devem ser distribuídos de modo a possibilitar a representação do campo sonoro do ambiente em avaliação.

Os pontos de medição devem se situar a pelo menos 0,5 m de paredes, teto e piso, e a pelo menos 1 m de elementos com significativa transmissão sonora, como janelas, portas ou entradas de ar.

A distância entre os pontos deve ser de pelo menos 0,7 m.

As medições devem ser executadas em pelo menos três pontos de medição distribuídos pelo ambiente interno a ser avaliado, preferencialmente em alturas diferentes.

Quando a área do ambiente a ser avaliado for superior a 30 m², deve-se acrescentar um ponto de medição a cada 30 m² adicionais da área do ambiente.

Nos casos de transmissão sonora aérea, os resultados de medições em ambientes internos dependem das características acústicas da fachada e do ambiente interno. Correções devem ser aplicadas conforme 9.6.2.

8 Métodos de medição

Para fins de avaliação sonora ambiental de empreendimentos, instalações e eventos, independentemente da existência de reclamações, as medições devem ser realizadas obrigatoriamente em áreas habitadas vizinhas ao empreendimento. Quando não houver áreas habitadas, as medições podem ser realizadas apenas nas áreas mais próximas ao empreendimento, conforme 7.3.1.

Para fins de planejamento urbano, as medições devem ser realizadas preferencialmente em áreas e vias públicas, como praças, calçadas e margem dos sistemas viários, conforme 7.3.1.

Para fins de avaliação de incidência sonora na fachada de edificações, as medições devem ser realizadas conforme 7.3.2.

NOTA 1 Não havendo edificação existente no local, não é possível executar medição conforme 7.3.2.



NOTA 2 Até o momento da elaboração desta Norma não existe Norma Brasileira que oriente na elaboração de cálculos ou mapa acústico ambiental. Até que sejam publicadas normas específicas, recomenda-se adoção da ISO 9613 (Partes 1 e 2) (ver [10] e [11]).

Para fins de avaliação de incidência sonora no interior de edificações, as medições devem ser realizadas preferencialmente conforme 7.3.2. Caso não seja possível executar conforme 7.3.2, deve-se realizar as medições conforme 7.3.3.

Na ocorrência de som intrusivo, os níveis de pressão sonora decorrentes de sua contribuição devem ser excluídos.

8.1 Método simplificado

O método simplificado é utilizado para medição do nível de pressão sonora global, em ambientes externos ou internos às edificações, para identificação e caracterização de sons contínuos ou intermitentes, conforme descrito em 9.2.

O ajuste do sonômetro deve ser realizado conforme 7.1.

As condições ambientais devem atender ao descrito em 7.2.

O tempo de medição deve ser definido conforme descrito em 7.3.

As medições de níveis de pressão sonora devem ser realizadas para o descritor $L_{Aeq,T}$, previsto em 7.4.1.

Observadas as características do local a ser avaliado, os pontos de medição devem ser distribuídos conforme descrito em 7.5.

NOTA 1 As medições por integração direta podem ser realizadas com o recurso da tecla de pausa do sonômetro de modo a assegurar que não ocorra contribuição de sons intrusivos no resultado da medição.

NOTA 2 As medições com registro do $L_{Aeq,1s}$ na memória do sonômetro possibilitam o posterior tratamento dos dados, de modo a assegurar que não ocorra contribuição de sons intrusivos no resultado da medição.

8.2 Método detalhado

O método detalhado é utilizado na medição do nível de pressão sonora global e espectral em ambientes externos ou internos às edificações, para identificação e caracterização de sons contínuos, intermitentes, tonais e impulsivos, conforme descrito em 9.2, 9.3 e 9.4.

O método detalhado pode ser aplicado também com o registro da variação dos níveis de pressão sonora ao longo do tempo de medição. Neste caso, recomenda-se o tempo de integração de 1 s para registro ao longo da medição.

O ajuste do sonômetro deve ser realizado conforme 7.1.

As condições ambientais devem atender ao descrito em 7.2.

O tempo de medição deve ser definido conforme descrito em 7.3.

As medições de níveis de pressão sonora devem ser realizadas para os descritores especificados em 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3 e 7.4.4.

Observadas as características do local a ser avaliado, os pontos de medição devem ser distribuídos conforme descrito em 7.5.



8.3 Método de monitoramento de longa duração

Este método é aplicável ao monitoramento sonoro de longa duração ou de período completo, recomendável para fins de planejamento urbano e monitoramento por 24 h.

O ajuste deve ser realizado conforme 7.1.

As condições ambientais devem atender ao descrito em 7.2.

Os descritores L_{Ad} , L_{An} ou L_{Adn} previstos em 7.4.5 devem ser considerados.

Podem ser registrados, em intervalos regulares de tempo, os resultados dos níveis de pressão sonora para outros descritores, como os previstos em 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3 e 7.4.4.

A instalação do microfone no ponto de monitoramento deve ser realizada conforme descrito em 7.5.

Recomenda-se a gravação de áudio para a identificação, durante análise dos dados, de sons específicos e sons intrusivos que se destacarem do som residual e no som total.

9 Avaliação sonora

A avaliação sonora é realizada pela comparação dos níveis de pressão sonora medidos ou calculados, com os respectivos limites de avaliação apresentados nesta Seção.

9.1 Períodos/horários

Nesta Norma são estabelecidos os períodos/horários diurno e noturno.

Os limites de horário para o período diurno e noturno da Tabela 3 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

9.2 Avaliação de sons contínuos ou intermitentes

Para som contínuo ou intermitente, a avaliação é realizada por meio da determinação do L_{Aeq} do som proveniente da fonte-objeto de avaliação, conforme a seguir.

9.2.1 Determinação do nível de pressão sonora total

A medição do nível de pressão sonora de um som total deve ser realizada considerando todas as fontes sonoras contribuintes.

Na ocorrência de som intrusivo, os níveis de pressão sonora decorrentes de sua contribuição devem ser excluídos.

9.2.2 Determinação do nível de pressão sonora residual

A medição do nível de pressão sonora de um som residual deve ser realizada assegurando que não ocorram contribuições das fontes sonoras específicas do objeto da avaliação.

Quando não for possível cessar a fonte sonora objeto de medição, desde que seja possível demonstrar que outro ambiente apresenta características sonoras semelhantes, o nível sonoro residual pode ser medido neste outro ambiente. Esta condição deve ser justificada no relatório.

Na ocorrência de som intrusivo, os níveis de pressão sonora decorrentes de sua contribuição devem ser excluídos.

9.2.3 Determinação de um som específico

O nível de pressão sonora de um som específico pode ser medido diretamente, quando este for predominante sobre as fontes sonoras residuais ou calculado indiretamente, subtraindo-se do som total a influência do som residual, conforme Equação 2:

$$L_{\text{esp}} = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{L_{\text{tot}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{res}}}{10}} \right) \quad (2)$$

onde

L_{esp} é o nível de pressão sonora do som específico;

L_{tot} é o nível de pressão sonora do som total;

L_{res} é o nível de pressão sonora do som residual.

NOTA 1 Quando a diferença aritmética entre o nível de pressão sonora do som total e o nível de pressão sonora do som residual for superior a 15 dB, o nível de pressão sonora do som específico tende a ser igual ao nível de pressão sonora do som total. Neste caso, considera-se que o som específico é predominante.

NOTA 2 Quando a diferença aritmética entre o nível de pressão sonora do som total e o nível de pressão sonora do som residual for inferior a 3 dB, pode não ser possível determinar o nível de pressão sonora do som específico proveniente da fonte objeto de avaliação. Recomenda-se informar no relatório a faixa de valores do nível de pressão sonora do som específico no qual se presume que esteja contido. Neste caso, considera-se que o som específico não é predominante ou pode ser indeterminável.

9.3 Caracterização de som impulsivo

Nesta Norma, adota-se a definição de som impulsivo estabelecida na ABNT NBR 16313.

A caracterização de som impulsivo se dá quando o resultado da subtração aritmética entre $L_{AF\text{max}}$ e o $L_{Aeq,T}$, medido durante a ocorrência do som impulsivo, for igual ou superior a 6 dB ($L_{AF\text{max}} - L_{Aeq,T} \geq 6$ dB). Deve constar no relatório o tempo de integração T e a justificativa de sua escolha.

NOTA 1 A determinação desta diferença requer que o sonômetro possibilite a medição simultânea destes descritores.

NOTA 2 O Anexo B apresenta considerações e exemplos para a escolha do tempo T .

9.4 Caracterização de 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 exceder os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes em ambas as bandas de 1/3 de oitava adjacentes, conforme a Tabela 2.

Nesta Norma, adota-se a definição de som tonal estabelecida na ABNT NBR 16313.

Tabela 2 – Caracterização de som tonal

Banda de 1/3 de oitava de interesse	Diferença aritmética entre o $L_{Zeq,T,f Hz,T (1/3)}$ da banda de interesse e o $L_{Zeq,T,f Hz(1/3)}$ de cada banda adjacente
25 Hz a 125 Hz	≥ 15 dB
160 Hz a 400 Hz	≥ 8 dB
500 Hz a 10000 Hz	≥ 5 dB

Este método pode não ser suficiente para identificar o som tonal quando este situar-se entre duas bandas adjacentes ou quando houver som tonal em mais de uma banda adjacente. Nestes casos, recomenda-se utilizar o método descrito no Anexo C da ISO 1996-2.

9.5 Avaliação sonora em ambientes externos

A avaliação sonora ambiental, em ambientes externos às edificações, para fins de estudo ou fiscalização de poluição sonora de empreendimentos, instalações e eventos em áreas habitadas, independentemente da existência de reclamações, deve ser realizada de acordo com a característica da fonte sonora objeto de avaliação.

9.5.1 Avaliação pelo método simplificado

A avaliação pelo método simplificado é aplicada apenas para avaliação sonora decorrente de fontes de sons contínuos e intermitentes.

A avaliação é realizada pela comparação do $L_{Aeq,T}$ medido com a contribuição do som proveniente da fonte sonora objeto de avaliação, no respectivo período/horário, com os limites de RL_{Aeq} em função do uso e ocupação do solo no local da medição. Considera-se aceitável o resultado quando este for menor ou igual ao estabelecido na Tabela 3.

Quando o resultado for superior ao estabelecido na Tabela 3, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico da fonte sonora objeto de avaliação, conforme 9.2.3. Considera-se aceitável o resultado do $L_{Aeq(especifico)}$ quando este for menor ou igual ao estabelecido na Tabela 3. Deve constar no relatório as fontes de ruído consideradas como fonte sonora objeto de avaliação na determinação do nível de pressão sonora específico.

Havendo diferentes fontes sonoras contribuintes, recomenda-se ao poder público que estabeleça medidas de controle de emissões sonoras das diferentes fontes a fim de assegurar que os níveis de pressão sonora do conjunto destas fontes não ultrapassem o estabelecido na Tabela 3.

Para fins de planejamento urbano, recomenda-se aos municípios a adoção de políticas que assegurem que os níveis de pressão sonora não ultrapassem o estabelecido na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

Tipos de áreas habitadas	RL_{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

NOTA Para aplicação desta Norma, entende-se por área mista aquelas ocupadas por dois ou mais tipos de uso, sejam eles residencial, comercial, de lazer, de turismo, industrial e outros.

9.5.2 Avaliação pelo método detalhado

Avaliação pelo método detalhado é aplicada para avaliação sonora decorrente de fontes de sons contínuos, intermitentes, impulsivos ou tonais.

A avaliação é realizada pela comparação do L_R do som proveniente da fonte objeto de avaliação, no respectivo período/horário, com os limites de RL_{Aeq} em função do uso e ocupação do solo no local da medição. Considera-se aceitável o resultado quando o L_R for menor ou igual aos limites estabelecidos na Tabela 3.

O L_R é calculado conforme Equação 3:

$$L_R = L_{Aeq,T} + K_I + K_T \quad (3)$$

onde

$L_{Aeq,T}$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A associado à fonte sonora objeto de avaliação de sons contínuos ou intermitentes, conforme descrito em 9.2;

K_I é igual a 5 quando houver caracterização de som impulsivo, conforme descrito em 9.3;

K_T é igual a 5 quando houver caracterização de som tonal, conforme descrito em 9.4.

9.5.3 Avaliação pelo método de monitoramento de longa duração

Pelo método de monitoramento de longa duração, a avaliação é realizada pela comparação dos resultados de L_{Ad} e L_{An} com os limites de RL_{Aeq} correspondentes aos períodos apresentados na Tabela 3 desta Norma.

A avaliação pelo método de monitoramento de longa duração é recomendada para fins de planejamento urbano.

9.6 Avaliação sonora em ambientes internos às edificações

A avaliação sonora em ambientes internos a edificações deve ser realizada em função dos resultados obtidos pelos descritores $L_{Aeq,T}$ ou $L_{Zeq,T,f}$ Hz(1/1), representativos do ambiente interno à edificação.

Situações de transmissão sonora por via aérea, as medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos à edificação devem ser realizadas, com as esquadrias abertas, para o descritor $L_{Aeq,T}$, conforme descrito em 7.4.1. Os resultados devem ser avaliados conforme 9.6.1, 9.6.2 e 9.6.4.

Situações de transmissão sonora por vibrações, via estrutura de uma mesma edificação ou entre edificações vizinhas, as medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações devem ser realizadas, com as esquadrias fechadas, para os descritores $L_{Zeq,T,f}$ Hz(1/1), conforme descrito em 7.4.3. Os resultados devem ser avaliados conforme 9.6.3 e 9.6.4.

NOTA A transmissão sonora via estrutura pode ser dar, por exemplo, nos casos de vibrações de máquinas e equipamentos, uso de *pilotis* para fins comerciais ou de serviços em edificação com torres de apartamentos ou salas comerciais, execução de música amplificada em imóvel geminado, dentre outros exemplos.

9.6.1 Determinação do nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno – L_{int}

O nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno (L_{int}) é obtido pela média logarítmica dos níveis de pressão sonora contínuos equivalentes ponderados em A, no espectro global, ($L_{Aeq,T}$), medidos no ambiente interno, em uma mesma condição, conforme 8.1 ou 8.2.

O L_{int} é calculado conforme Equação 4:

$$L_{int} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{n} \times \left(10^{\frac{L_{Aeq,T1,p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,T2,p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{Aeq,Tn,pn}}{10}} \right) \right] \text{ dB} \quad (4)$$

onde

n é o número de pontos de medição distribuídos no ambiente;

T é o tempo de integração;

p representa o ponto de medição.

Ao utilizar o descritor $L_{Aeq,T,pn}$ o termo “pn” deve ser substituído por letras e/ou números que identifiquem inequivocamente o ponto de medição a que se refere esta representação.

9.6.2 Determinação do nível de pressão sonora global corrigido para o ambiente externo – L_{ext}

O nível de pressão sonora global corrigido para o ambiente externo (L_{ext}) é calculado a partir do nível de pressão sonora global, representativo de um ambiente interno (L_{int}), corrigido pelas características do ambiente, conforme Equação 5:

$$L_{ext} = L_{int} - k + 10 \text{ dB} \quad (5)$$

onde

L_{int} é o nível de pressão sonora global, representativo de um ambiente interno (L_{int}), expresso em decibels (dB);

k é o índice de reverberação, expresso em decibels (dB);

O L_{int} deve ser determinado conforme 9.6.1.

Quando aplicado o método de medição simplificado, conforme 8.1, pode ser adotado $k = 0$ quando o ambiente interno estiver mobiliado e $k = 3$ quando não estiver mobiliado.

Quando aplicado o método de medição detalhado, conforme 8.2, recomenda-se que o índice de reverberação k seja calculado conforme ISO 10052 ou ISO 16032.

NOTA 1 Os valores de $k = 0$ e $k = 3$ foram extraídos das Tabelas 2 e 3 da ISO 10052:2004 e ajustados para a condição de janela aberta.

NOTA 2 Pesquisas demonstram que a correção de 10 dB na Equação 5 corresponde ao valor médio medido para as características típicas, na construção civil brasileira, de fachadas com esquadrias abertas (ver [6], [15] e [16]).

9.6.3 Determinação dos níveis de pressão sonora equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitavas representativos de um ambiente interno – $L_{Zeq,f Hz(1/1)}$

Para determinação dos níveis de pressão sonora equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitavas, deve-se efetuar as medições conforme 7.4.3 e 7.5.3.

Os níveis de pressão sonora equivalentes ponderados em Z em bandas proporcionais de 1/1 de oitava, representativos de um ambiente interno de uma edificação, são obtidos pelas médias logarítmicas dos níveis de pressão sonora contínuos equivalentes a cada banda de 1/1 de oitava, em diferentes pontos do ambiente, em uma mesma condição.

O cálculo do $L_{Zeq,f Hz(1/1)}$ para cada banda de 1/1 oitava deve ser calculado conforme exemplificado para a banda de 1kHz no seguinte exemplo:

Exemplo

$$L_{Zeq,1kHz(1/1)} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{3} \times \left(10^{L_{Zeq,30s,1kHz(1/1),p1}/10} + 10^{L_{Zeq,30s,1kHz(1/1),p2}/10} + 10^{L_{Zeq,30s,1kHz(1/1),p3}/10} \right) \right] \text{dB}$$

onde

$$f = 1 \text{ kHz};$$

$$T = 30 \text{ s};$$

n é igual a três pontos de medição distribuídos no ambiente interno.

NOTA O nível de pressão sonora equivalente, em uma banda proporcional de 1/1 de oitava, pode ser obtido por medição direta do nível de pressão sonora na banda de 1/1 de oitava correspondente ou pela soma logarítmica dos níveis de pressão sonora medidos nas três bandas de 1/3 de oitava que compõem a banda de 1/1 de oitava em questão. Esta transposição é necessária para a comparação com os limites de avaliação das curvas NC, estabelecidos para cada banda de 1/1 de oitava.

O nível NC representativo de um ambiente interno de uma edificação é determinado pela comparação, para cada banda de 1/1 de oitava, dos níveis sonoros em bandas de 1/1 de oitava representativos de um ambiente – $L_{eq,T,f Hz(1/1)}$, com os níveis de pressão sonora correspondentes às curvas NC apresentados na Tabela 4.

O nível NC representativo de um ambiente (L_{NC}) é o menor valor da curva NC cujos níveis de pressão sonora correspondentes não são ultrapassados pelos valores dos níveis sonoros em bandas de 1/1 de oitava representativos do ambiente, $L_{eq,T,f Hz(1/1)}$, para as bandas de 1/1 de oitava com frequências centrais de 63 Hz a 8 kHz.

9.6.4 Avaliação sonora em ambientes internos às edificações

A avaliação sonora em ambientes internos às edificações deve ser realizada em função do meio de propagação sonora.

Nos casos de transmissão sonora aérea, a avaliação sonora deve ser realizada pela comparação do L_{ext} , calculado conforme 9.5.1, 9.5.2 e 9.6.2 e comparado com os limites de RL_{Aeq} da Tabela 3, em função do uso e ocupação do solo no local da edificação que contém o ambiente interno da medição, com o correspondente período/horário da medição.

Considera-se aceitável para um ambiente interno de uma edificação quando o L_{ext} for maior que os limites estabelecidos na Tabela 3.

Nos casos de transmissão sonora pelas vibrações na estrutura da edificação, deve-se avaliar os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes, nas bandas proporcionais de 1/1 de oitavas, representativos do ambiente interno e identificar a curva NC correspondente ao som residual e a curva NC correspondente ao som específico associado à fonte sonora objeto de avaliação, conforme 9.6.3.

Considera-se aceitável para um ambiente interno de uma edificação, quando a curva NC correspondente ao som específico for igual ou inferior à curva NC correspondente ao som residual.

As curvas NC estão especificadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Níveis de pressão sonora contínuos equivalentes correspondentes às curvas NC por bandas proporcionais de 1/1 de oitava, em decibels

Curva NC	Frequências centrais das bandas de oitava decibels									
	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
70	90	90	84	79	75	72	71	70	68	68
65	90	88	80	75	71	68	65	64	63	62
60	90	85	77	71	66	63	60	59	58	57
55	89	82	74	67	62	58	56	54	53	52
50	87	79	71	64	58	54	51	49	48	47
45	85	76	67	60	54	49	46	44	43	42
40	84	74	64	56	50	44	41	39	38	37
35	82	71	60	52	45	40	36	34	33	32
30	81	68	57	48	41	35	32	29	28	27
25	80	65	54	44	37	31	27	24	22	22
20	79	63	50	40	33	26	22	20	17	16
15	78	61	47	36	28	22	18	14	12	11

NOTA 1 Os valores apresentados nesta Tabela correspondem aos valores da ANSI/ASA S12.2-2008, Tabela 1 (ver Bibliografia, [5]).

NOTA 2 Os níveis apresentados para as bandas de 16 Hz e 31,5 Hz são apenas de caráter informativo.



10 Relatório de medição e avaliação

O relatório de medição e avaliação deve conter no mínimo as seguintes informações:

- a) características das fontes sonoras e o seu funcionamento durante as medições;
- b) ilustração, imagem ou descrição detalhada do ambiente de medição e posição dos pontos de medição, salvo nos casos de exigência legal que assegura o sigilo na identificação do denunciante;
- c) informações sobre a instrumentação e respectiva calibração:
 - i- fabricante e modelo;
 - ii- identificação unívoca com número de série;
 - iii- IEC atendidas;
 - iv- número e data dos certificados de calibração;
- d) limites de avaliação dos resultados;
- e) local, data e horário das medições;
- f) método de medição utilizado;
- g) objetivo da medição;
- h) parâmetros ambientais registrados quando em condições ambientais adversas;
- i) referência a esta Norma;
- j) resultados das medições e correções (quando aplicáveis);
- k) tempo das medições e integrações.



Anexo A (normativo)

Certificados de calibração

As informações mínimas que devem constar nos certificados de calibração de cada instrumento são as descritas em A.1 a A.4.

A.1 Sonômetro (ver IEC 61672-3):

- a) calibração das ponderações em frequência utilizando-se sinais elétricos;
- b) indicação de sobrecarga;
- c) linearidade de nível na faixa de níveis de referência (8 kHz);
- d) linearidade de nível incluindo o controle da faixa de níveis (se aplicável);
- e) nível de pressão sonora de pico na ponderação C (se aplicável);
- f) ponderações no tempo e na frequência em 1 kHz;
- g) resposta a trens tonais;
- h) ruído autogerado (elétrico e acústico);
- i) teste acústico da resposta em frequência do medidor com o microfone;
- j) ensaio de estabilidade.

A.2 Analisadores de 1/1 e de 1/3 de oitava (ver IEC 61260):

- a) atenuação das frequências centrais relativa à frequência central do filtro de referência;
- b) curva de atenuação relativa à frequência central para cada um dos filtros necessários ao atendimento ao escopo desta Norma.

A.3 Microfone (ver IEC 61094-4, IEC 61094-5 e IEC 61094-6):

Sensibilidade absoluta em toda a faixa de frequências da aplicação desta Norma.

NOTA Pela IEC 61672-3, a calibração do microfone fica implícita no teste acústico. Nestes casos, a calibração do microfone pode ser considerada válida apenas para o seu uso com o sonômetro para o qual foi calibrado.

A.4 Calibrador de nível sonoro (ver IEC 60942):

- a) amplitude em decibels (Ref. 20 μ Pa);
- b) frequência em Hertz;
- c) distorção harmônica.

NOTA Na presente data de elaboração desta Norma, não há acreditação de calibração da medida da distorção harmônica, porém convém que seja incluída esta informação para a avaliação da qualidade do sinal acústico fornecido pelo calibrador de nível sonoro.

Anexo B (informativo)

Exemplos de localização de pontos de medição

No caso de avaliação ambiental de fonte sonora específica objeto de avaliação, recomenda-se realizar as medições no limite do terreno do receptor sonoro ou no perímetro da fachada da edificação onde se localiza o receptor sonoro, conforme Figura B.1.

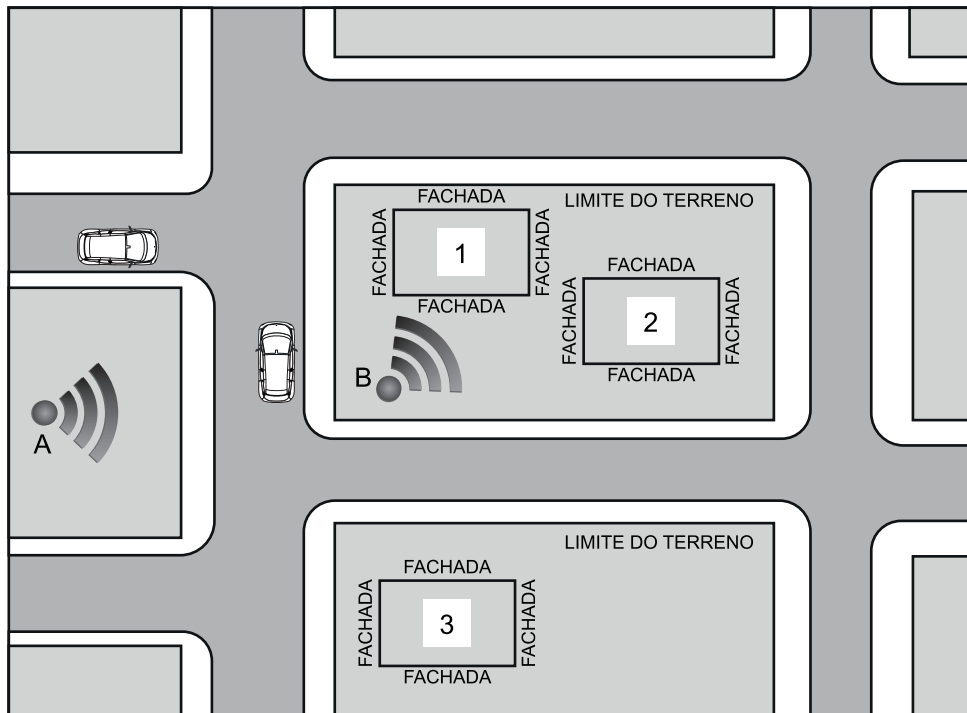


Figura B.1 – Exemplos de localização de pontos de medição

Caso 1 – Fonte sonora A e receptor 1, 2 e 3:

Medir no limite do terreno do receptor ou na fachada dos receptores 1, 2 ou 3.

Caso 2 – Fonte sonora B e receptor 1 e 2:

Medir na fachada do receptor 1 ou 2.

Caso 3 – Fonte sonora B e receptor 3:

Medir no limite do terreno do receptor ou na fachada do receptor 3.

Anexo C (informativo)

Cálculo do $L_{A\text{den}}$

Quando a legislação local prever um período intermediário, normalmente denominado vespertino ou entardecer, o descritor de 24 h adotado pode ser o $L_{A\text{den}}$ em substituição ao $L_{A\text{dn}}$. Neste caso, o L_{den} deve ser calculado conforme a Equação C1:

$$L_{A\text{den}} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{24} \cdot 10^{\frac{L_{A\text{d}}}{10}} + \frac{e}{24} \cdot 10^{\frac{L_{A\text{e}} + K_e}{10}} + \frac{n}{24} \cdot 10^{\frac{L_{A\text{n}} + K_n}{10}} \right) \text{dB} \quad (\text{C1})$$

onde

d é o número de horas do período diurno;

e é o número de horas do período vespertino (ou entardecer);

n é o número de horas do período noturno;

$d + e + n = 24$ h;

$L_{A\text{d}}$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A ($L_{A\text{eq}}$) para o período diurno;

$L_{A\text{e}}$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A ($L_{A\text{eq}}$) para o período vespertino (ou entardecer);

$L_{A\text{n}}$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A ($L_{A\text{eq}}$) para o período noturno;

K_e é a constante de ponderação para o período vespertino (ou entardecer), normalmente fixada em 5 dB;

K_n é a constante de ponderação para o período noturno, normalmente fixada em 10 dB.



Bibliografia

- [1] ABNT ISO/IEC GUIA 98-3:2014, *Incerteza de medição – Parte 3: Guia para a expressão de incerteza de medição (GUM:1995)*
- [2] ABNT ISO/IEC GUIA 99:2014, *Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados*
- [3] ABNT NBR ISO 10012, *Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição*
- [4] ABNT NBR ISO/IEC 17025, *Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*
- [5] ANSI/ASA S12.2:2008 *Criteria for evaluating room noise*
- [6] Barry, P. J., Ikeda, C. Y. K. – *Desempenho acústico em edificações: análise comparativa dos resultados das normas ISO 140 e ISO 10052 – Anais XXIV Encontro de SOBRAC, Belém, 2012.*
- [7] BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988.
- [8] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO, *Portaria nº 590, de 02 de dezembro de 2013.*
- [9] ISO 389-7, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment v Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions*
- [10] ISO 9613-1 *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*
- [11] ISO 9613-2 *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation*
- [12] ISO 80000-8:2007, *Quantities and units – Part 8: Acoustics*
- [13] NP ISO 1996-1:2011, *Acústica – Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação*
- [14] NP ISO 1996-2:2011, *Acústica – Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente – Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente*
- [15] Ryan, M., Lanchester, M. Pugh, S. – *Noise Reduction through Facades with Open Windows – Proceedings of ACOUSTICS, Gold Coast, 2011.*
- [16] Vecci, M. A., Ferraz, R. M., Horta, F. S. – *Considerações sobre correções dos níveis critérios de avaliação (NCA) para ambientes internos, de acordo com a NBR 10151:2000 – Anais XXV Encontro de SOBRAC, Campinas, 2014.*