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), com número de Texto-base ABNT NBR 10151, 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 |  |  |

1. É previsto para cancelar e substituir a edição anterior (ABNT NBR 10151:2000), quando aprovado, sendo que nesse ínterim a referida norma continua em vigor;
2. Não tem valor normativo;
3. Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;
4. Tomaram parte na sua elaboração:

|  |  |
| --- | --- |
| 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 |
| 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 / SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA – SOBRAC | Krisdany Vinícius S. M. Cavalcante |
| dB LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ACÚSTICA ME | Saulo de Freitas Gonçalves |
| DOCOL | Plinio Grisolia |
| EZTEC | Samuel Gosch |
| FCA – FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA | Bárbara Moreno |
| FIEP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ | Rosaine Falleiro |
| FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO | Gabriel Assef Fernandes |
| FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO | Gerson Ferreira Silva |
| FHAIDAR ENGENHARIA | Fernando Henrique Aidar |
| GINER | José Carlos Giner |
| GROM | Gilberto Fuchs de Jesus |
| GYPSUM 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 |
| JUNSEAL ESP. | Francisco Stribl |
| J. S DE ALMEIDA ASSESSORIA CONSULTORIA EM PROJETOS AMBIENTAIS | Jorge Soares de Almeida |
| KNAUF AMF | Paula Epíscopo Onizzolo |
| MEXICHEM | Claudilene Carvalho |
| METRÔ – SP | Helder José Ribeiro Soares |
| METRÔ – SP | Luiz Augusto Santos Taqueda |
| MINISTÉRIO PÚBLICO DO RIO DE JANEIRO | Robson Spinelli Gomes |
| MRS LOGÍSTICA | Rosana P. Rezende |
| PARTICULAR/AUTÔNOMA | Maria de Fátima F. Neto |
| PARTICULAR/AUTÔNOMA | Ranny L. X. N. Michalski |
| PARTICULAR/AUTÔNOMO | Leonardo Cardoso |
| PMSA-SEMASA – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE SANTO ANDRÉ | Luiz Fernando Belettato |
| PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO | Miriam Fontana |
| PREFEITURA MUNICIPAL DE BETIM | Anderson Aguilar |
| 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 / UFSM – 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 Zajarkiewicch |
| TOTAL SAFETY | Enrique Bondarenco |
| UFMG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAL | 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 |

Sumário

[1 Escopo 10](#_Toc465869575)

[2 Referências normativas 10](#_Toc465869576)

[3 Termos e definições 11](#_Toc465869577)

[4 Símbolos 11](#_Toc465869578)

[5 Instrumentação 12](#_Toc465869579)

[5.1 Sonômetro (medidor integrador de nível sonoro) 12](#_Toc465869580)

[5.2 Calibrador sonoro 13](#_Toc465869581)

[5.3 Microfone 13](#_Toc465869582)

[6 Calibração 13](#_Toc465869583)

[7 Procedimento de medição 13](#_Toc465869584)

[7.1 Ajuste em campo 13](#_Toc465869585)

[7.2 Condições ambientais 14](#_Toc465869586)

[7.3 Locais e pontos de medição 14](#_Toc465869587)

[7.3.1 Medições em locais externos aos empreendimentos, instalações, eventos e edificações 15](#_Toc465869588)

[7.3.2 Medições em locais externos às fachadas de edificações 15](#_Toc465869589)

[7.3.3 Medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações (Peter) 15](#_Toc465869590)

[7.4 Tempo de medição e tempo de integração 16](#_Toc465869591)

[7.5 Descritores de níveis sonoros 16](#_Toc465869592)

[7.5.1 Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A (LAeq,T) 16](#_Toc465869593)

[7.5.2 Nível máximo de pressão sonora ponderação em A e em F (LAFmax) 16](#_Toc465869594)

[7.5.3 Nível de pressão sonora equivalente em bandas proporcionais de 1/1 de oitava 16](#_Toc465869595)

[7.5.4 Nível de pressão sonora equivalente em bandas proporcionais de 1/3 de oitava 16](#_Toc465869596)

[7.5.5 Níveis de pressão sonora representativos de períodos completos – Ld, Ln e Ldn 17](#_Toc465869597)

[8 Métodos de medição 17](#_Toc465869598)

[8.1 Método simplificado 18](#_Toc465869599)

[8.2 Método detalhado 18](#_Toc465869600)

[8.3 Método de monitoramento de longa duração 18](#_Toc465869601)

[9 Incerteza de medição 19](#_Toc465869602)

[10 Avaliação sonora 19](#_Toc465869603)

[10.1 Períodos/horários 19](#_Toc465869604)

[10.2 Avaliação de sons contínuos ou intermitentes 19](#_Toc465869605)

[10.2.1 Determinação do nível de pressão sonora total 19](#_Toc465869606)

[10.2.2 Determinação do nível de pressão sonora residual 19](#_Toc465869607)

[10.2.3 Determinação de um som específico 19](#_Toc465869608)

[10.3 Caracterização de som impulsivo 20](#_Toc465869609)

[10.4 Caracterização de som tonal 20](#_Toc465869610)

[10.5 Avaliação sonora de impacto ambiental em ambientes externos 20](#_Toc465869611)

[10.5.1 Avaliação pelo método simplificado 21](#_Toc465869612)

[10.5.2 Avaliação pelo método detalhado 22](#_Toc465869613)

[10.5.3 Avaliação pelo método de monitoramento de longa duração 22](#_Toc465869614)

[10.6 Avaliação sonora de impacto sonoro em ambientes internos a edificações 22](#_Toc465869615)

[10.6.1 Determinação do nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno (Lint) 23](#_Toc465869616)

[10.6.2 Determinação do nível de pressão sonora global corrigido para o ambiente externo (Lext) 23](#_Toc465869617)

[10.6.3 Determinação dos níveis de pressão sonora equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitavas representativos de um ambiente interno (Leq(f Hz)) 24](#_Toc465869618)

[10.6.4 Avaliação sonora em ambientes internos a edificações (Tratar após 10h40 29-09-16) 24](#_Toc465869619)

[11 Relatório de medição e avaliação 25](#_Toc465869620)

[Anexo A 27](#_Toc465869621)

[Certificados de calibração 27](#_Toc465869622)

[Anexo B 28](#_Toc465869623)

[Cálculo da incerteza expandida de medição 28](#_Toc465869624)

[Anexo C Baring e Peter 29](#_Toc465869625)

[Método-objetivo para a avaliação da audibilidade de som tonal 29](#_Toc465869626)

[Anexo D 38](#_Toc465869627)

[Exemplos de localização de pontos de medição 38](#_Toc465869628)

[Anexo E 39](#_Toc465869629)

[Cálculo do Lden 39](#_Toc465869630)

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

Acoustics – Measurement and evaluation of sound pressure levels 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 Diretiva ABNT, Parte 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante 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, independente de sua data de entrada em vigor.

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 Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de 11.10.2012 a 10.12.2012, e seu segundo projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de dd.mm.2015 a dd.mm.2015, com o número de 2º Projeto ABNT NBR 10151.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope (tradução a ser confirmada e revisada após aprovação do 2º projeto para CN)

This Standard establishes:

─ procedure for measuring and evaluation of outdoor sound pressure levels, as a function of land occupation and use;

─ procedure for measuring and evaluation 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 a 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 técnicas 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 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 de impacto 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.

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

# 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 a edificações, em áreas destinadas a 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 Norma 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).

# 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 ISO/IEC GUIA 98-3:2014*, Incerteza de medição - Parte 3: Guia para a expressão de incerteza de medição* (GUM:1995)

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*

ABNT NBR 16425-2, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 2: Sistema aeroviário*

ABNT NBR 16425-3, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 3: Sistema aquaviário*

ABNT NBR 16425-4, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 4: Sistema ferroviário*

ABNT NBR 16425-5, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 5: Sistema metroviário*

ABNT NBR 16425-6, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 6: Sistema rodoviário*

IEC 60942, *Sound calibrators*

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

IEC 61094-5, *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, *Electroacoustics – Octave-band and fractional octave-band filters*

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*

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*

# 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 Convém 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 [1]

# 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 (8-22a)., o acréscimo de um pós-escrito após o dB para indicar a ponderação em frequência, por exemplo, dB(A), é incorreto. Esta informação deve ser incluída no símbolo de grandeza, por exemplo *L*Aeq e o seu resultado expresso em decibels (dB).

NOTA 2 Esta representação está conforme o Quadro Geral de Unidades – QGU (ver [6]).

**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 em banda proporcional de frequência nominal *f* Hz e integrado em um intervalo de tempo T  | *L*eq,f Hz(1/3),T |
| EXEMPLOS*L*Aeq,30s = 45,6 dB, onde T = 30 s.*L*AFmax = 45,6 dB.*L*eq,8 kHz(1/3),30s = 45,6 dB, onde f = 8 kHz em banda de 1/3 de oitava, onde T = 30 s |

# Instrumentação

* 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 das IEC 61672 (todas as partes), para a classe 1 ou classe 2.

Pode ser utilizado o sonômetro integrador cujo modelo tenha sido aprovado pela IEC 60651 e IEC 60804, para Tipo 0 ou Tipo 1.

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, 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.

Resultados de medição com valores de nível sonoro 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.

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.

NOTA A IEC 61672 denomina o instrumento como *Sound Level Meter*, na língua inglesa, e *Sonomètre*, na língua francesa. A NP ISO 1996 utiliza a denominação *Sonómetro* (ver [7] e [8])*.*

* 1. 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.

* 1. Microfone

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

# 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.

Quando utilizado o sonômetro cujo modelo tenha sido aprovado pela IEC 60651 e IEC 60804, para Tipo 0 ou Tipo 1, a calibração do microfone deve demonstrar atendimento ao OIML R 58 de 1998 ou atendimento à IEC 61094.

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

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

As informações mínimas 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 a 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 deve ser utilizado. Caso seja realizada manutenção corretiva, o instrumento poderá 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 [2])

# Procedimento de medição

* 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, aplicada à 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 A depender do conjunto de instrumentos a ser utilizado e do tempo de medição, recomenda-se a realização de ajustes intermediários, como por exemplo, a cada uma hora.

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.

* 1. Condições ambientais

As medições não podem ser realizadas sob condições ambientais adversas de vento, temperatura, umidade relativa do ar, precipitações pluviométricas ou trovoadas, ou não atenderem às 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 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.

Sonômetros de classe 2, conforme a IEC 61672-1:2002, devem ser operados na faixa de temperatura entre 0 ºC e 40 ºC.

* 1. Locais e pontos de medição

Esta norma estabelece procedimento para medição em diferentes localizações de pontos de medição, conforme 7.3.1, 7.3.2 e 7.3.3.

### 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 mesmo.

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.

### Medições em locais externos às fachadas de edificações

A distância de referência para medição externa à fachada de uma edificação é de pelo menos 2 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 a IEC 61672­ 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 7.3.1.

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 2 m, devem ser adotados os procedimentos da ISO 1996-2.

NOTA Em condições ideais onde não existam outros elementos verticais refletores 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, como 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. Orientações para estas situações, ver ISO 1996-2. (Ricardo Villela e Peter)

### Medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações (Peter)

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 10.6.

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 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.

* 1. 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 propagaçãosonora.

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

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.

* 1. Descritores de níveis sonoros

### Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A (*L*Aeq,*T*)

Este descritor é necessário à avaliação de sons contínuos e intermitentes, conforme descrito em 10.2, de som impulsivo conforme descrito em 10.3 e à avaliação sonora de impacto ambiental em ambientes externos e internos a edificações, conforme descrito em 10.5 e 10.6, 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 dB.

### Nível máximo de pressão sonora ponderação 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 à avaliação de som impulsivo, conforme descrito em 10.3.

### Nível de pressão sonora equivalente em bandas proporcionais de 1/1 de oitava

Os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes nas bandas proporcionais de 1/1 de oitava, devem ser medidos na ponderação em frequência Z, conforme 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 à avaliação em ambientes internos a edificações, quando a propagação sonora se dá pela estrutura da edificação, conforme 10.6

### Nível de pressão sonora equivalente em bandas proporcionais de 1/3 de oitava

Os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes nas bandas proporcionais de 1/3 de oitava, devem ser medidos na ponderação em frequência Z, conforme 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.

### Níveis de pressão sonora representativos de períodos completos – *L*d, *L*n e *L*dn

O *L*d caracteriza o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, no espectro global, (*L*Aeq) para o período diurno.

O *L*n caracteriza o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, no espectro global, (*L*Aeq) para o período noturno.

O *L*dn caracteriza o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, no espectro global, (*L*Aeq) para um período de 24 h.

O *L*d e o *L*n 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*dn é determinado pelo resultado da média logarítmica ponderada dos resultados de *L*d e *L*n, conforme Equação 1:

|  |
| --- |
| $$L\_{dn}=10∙log\_{10}\left(\frac{d}{24}∙10^{\frac{L\_{d}}{10}} + \frac{n}{24}∙10^{\frac{L\_{n}+k}{10}}\right)$$ |

(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 R*L*Aeq diurno e o R*L*Aeq noturno descritos na tabela 3.

Estes descritores são necessários à avaliação pelo método de monitoramento de longa duração, conforme descrito em 10.5.3.

# Métodos de medição

Para fins de avaliação sonora de impacto 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 há norma técnica brasileira que oriente a elaboração de cálculos ou mapa acústico ambiental. Até que sejam publicadas normas brasileiras específicas, recomenda-se adoção da ISO 9613.

Para fins de avaliação de incidência sonora no interior de edificações, as medições devem ser realizadas conforme 7.3.3.

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

* 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 10.2.

O ajuste do sonômetro deve ser realizado conforme 7.1.

As condições ambientais devem atender ao descrito em 7.2.

Observadas as características do local a ser avaliado, os pontos de medição devem ser distribuídos conforme descrito em 7.3.

O tempo de medição deve ser definido conforme descrito em 7.4.

As medições de níveis de pressão sonora devem ser realizadas para o descritor *L*Aeq,T, previsto em 7.5.1.

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.

* 1. 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 10.2, 10.3 e 10.4.

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.

Observadas as características do local a ser avaliado, os pontos de medição devem ser distribuídos conforme descrito em 7.3.

O tempo de medição deve ser definido conforme descrito em 7.4.

As medições de níveis de pressão sonora devem ser realizadas para os descritoresespecificados em 7.5.1, 7.5.2, 7.5.3 e 7.5.4.

* 1. 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.

A instalação do microfone no ponto de monitoramento deve ser realizada conforme descrito em 7.3.

Os descritores *L*d, *L*n ou *L*dn previstos em 7.5.5 devem ser considerados.

Podem ser registrados, em intervalos regulares de tempo, os resultados dos níveis de pressão sonora para outros descritores, tais como os previstos em 7.5.1, 7.5.2, 7.5.3 e 7.5.4.

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.

# Incerteza de medição

Para aplicação desta Norma, a incerteza de medição deve ser expressa conforme ABNT ISO/IEC GUIA 98-3:2014.

A incerteza expandida de medição ($U) $deve ser expressa para cada descritor de resultado.

O Anexo B apresenta um método simplificado para a expressão da incerteza expandida de medição.

# 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.

* 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.

* 1. 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.

### 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.

### 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.

### 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:

|  |  |
| --- | --- |
| $$L\_{esp}=10∙log\_{10}(10^{\frac{L\_{tot}}{10}}- 10^{\frac{L\_{res}}{10}} )$$ | (1) |

onde

 *Lesp.* é o nível de pressão sonora do som específico;

 *Ltot* é o nível de pressão sonora do som total;

 *Lres.* 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 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.

* 1. 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*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 ≥ 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 A Anexo XX apresenta considerações e exemplos para a escolha do tempo T.

* 1. 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*eq da banda de interesse e o *L*eq 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.

* 1. Avaliação sonora de impacto ambiental em ambientes externos

A avaliação sonora de impacto 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 sonora do objeto de avaliação.

### 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 medidocom a contribuição do som proveniente da fonte(s)-objeto de avaliação, no respectivo período/horário, com os limites de R*L*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(s) fonte(s)-objeto de avaliação, conforme 10.2.3. Considera-se aceitável o resultado do *L*Aeq(específico) quando este for pelo menos 3 dB inferior ao estabelecido na Tabela 3. Deve constar no relatório as fontes sonoras consideradas como fonte(s)-objeto de avaliação na determinação do nível de pressão sonora específico. (Este parágrafo reflete o entendimento proposto pela Cetesb e ProAcústica e debatido na reunião de julho de 2016)

(OU)

**Quando o resultado for superior ao estabelecido na Tabela 3, deve-se calcular o nível de pressão sonora específico da(s) fonte(s)-objeto de avaliação, conforme 10.2.3. Considera-se aceitável o resultado do *L*Aeq(específico) quando este for inferior ao estabelecido na Tabela 3. Deve constar no relatório as fontes sonoras consideradas como fonte(s)-objeto de avaliação na determinação do nível de pressão sonora específico.** (Este parágrafo reflete o entendimento da maioria de como é aplicado hoje)

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 ao 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 ao 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** | **R*L*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.

### 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 R*L*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 2:

$L\_{R } = L\_{Aeq,T }+ K\_{I} + K\_{T} $ (2)

onde

*L*Aeq,T= Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A associado às fontes sonoras objeto de avaliação de sons contínuos ou intermitentes, conforme descrito em 10.2.

KI = 5 quando houver caracterização de som impulsivo, conforme descrito em 10.3.

KT = 5 quando houver caracterização de som tonal, conforme descrito em 10.4.

### 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*d e *L*n com os limites de R*L*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.

* 1. Avaliação sonora de impacto sonoro em ambientes internos a edificações

A avaliação sonora em ambientes internos a edificações deve ser realizada em função dos resultados obtidos pelos descritores *L*Aeq,T ou *L*eq(f Hz) em bandas de 1/1 de oitavas, representativos do ambiente interno a edificação.

Para situações de transmissão sonora por via aérea, as medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificação devem ser realizadas, com as esquadrias abertas, para o descritor *L*Aeq,T, conforme descrito em 7.5.1.

Para 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 o descritor *L*eq(f Hz) nas bandas de 1/1 de oitavas, conforme descrito em 7.5.3. Jozemar e Ricardo

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.

### 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. Ricardo

O cálculo do *L*int deve ser realizado para um mesmo tempo “T” de integração medido a cada ponto interno, conforme Exemplo 2: Krisdany

$L\_{int}=10∙log\_{10}\left[\frac{1}{n}∙\left(10^{\frac{L\_{Aeq,30s,p1}}{10}}+10^{\frac{L\_{Aeq,30s,p2}}{10}}+ … 10^{\frac{L\_{Aeq,30s,pn}}{10}}\right)\right]$ dB (2)

onde

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

T é o tempo de integração em cada ponto. (Neste exemplo, T = 30 s).

### 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 contínuo equivalente ponderado em A, no espectro global, representativo de um ambiente interno (*L*int), corrigido pelas características do ambiente e do desempenho acústico da edificação, conforme Equação 3: Ricardo, Jozemar, Baring, Marcos Holtz e Peter

$L\_{ext.}= L\_{int.}-k+D$ (3)

onde

*Lint.* = nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A, no espectro global, representativo de um ambiente interno (*L*int), expresso em decibels;

 *k* = índice de reverberação, expresso em decibels;

 *D* = diferença aritmética de nível sonoro externo e interno, com janela aberta.

O *Lint* deve ser medido conforme 8.1 ou 8.2. e calculado conforme 10.5.1 ou 10.5.2, conforme o caso.

Quando aplicado o método de medição simplificado, conforme 8.1, pode ser adotado k = 0 quando o ambiente interno estiver mobiliado e k = 5 quando não estiver mobiliado. Peter, Ricardo

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

NOTA Os valores de k = 0 e k = 5 foram extraídos das tabelas 2 e 3 da ISO 10052:2004.

A diferença aritmética de nível sonoro externo e interno (D) pode ser calculada a partir dos resultados de *L*Aeq,T obtido por medição direta, conforme 7.3.1 e de *L*int. obtido por medição direta, conforme 7.3.2, com janela aberta. Jozemar

A diferença aritmética de nível sonoro externo e interno (D) pode ser medida em outro ambiente da mesma edificação, desde que apresente as mesmas características e elementos de fachada, independentemente da fonte sonora-objeto de medição e avaliação. Caso não seja possível medir, deve-se adotar D = 5. Jozemar, Baring, Ricardo

NOTA Pesquisas demonstram que D = 5 corresponde ao menor valor medido para as características típicas, na construção civil brasileira, de fachadas com esquadrias abertas. Jozemar, Baring, Ricardo

### Determinação dos níveis de pressão sonora equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitavas representativos de um ambiente interno(*L*eq(f Hz))

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, durante um tempo de integração “T”, em diferentes pontos do ambiente, em uma mesma condição. O cálculo do *L*eq(f Hz) para cada banda de 1/1 oitava deve ser calculado conforme exemplificado para a banda de 1kHz no Exemplo 3:

$L\_{eq\left(1kHz\right)}=10∙log\_{10}\left[\frac{1}{n}∙\left(10^{^{L\_{eq,30s\left(1 kHz\right),p1}}/\_{10}}+10^{^{L\_{eq,30s\left(1 kHz\right),p2}}/\_{10}}+…+10^{^{L\_{eq,30s\left(1 kHz\right),pn}}/\_{10}}\right)\right] $dB (3)

onde

 *n* é o número de pontos de medição distribuídos no ambiente.

Para caracterizar os níveis de pressão sonora em função do espectro, deve-se efetuar as medições dos níveis de pressão sonora equivalentes ponderados em Z, nas bandas de 1/1 de oitava nas seguintes frequências centrais (f): 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz e 8 kHz.

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 à comparação com os limites de avaliação das curvas NC, estabelecidos para cada banda de 1/1 de oitava.

### Avaliação sonora em ambientes internos a edificações (Tratar após 10h40 29-09-16)

A avaliação sonora em ambientes internos a 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 10.6.2, proveniente da fonte-objeto de avaliação, com os limites de R*L*Aeq 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. Ricardo

Considera-se a ocorrência de impacto sonoro em um ambiente interno de uma edificação quando o *L*R for maior que os limites estabelecidos na Tabela 3. Ricardo, Jozemar

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. Jozemar

Considera-se a ocorrência de impacto sonoro em um ambiente interno de uma edificação, quando a curva NC do som específico for superior à curva NC do som residual. As curvas NC estão especificadas na tabela 4. Juan

**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** |
| --- | --- |
| **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 [3]).NOTA 2 Os níveis apresentados para as bandas de 16 Hz e 31,5 Hz são apenas de caráter informativo. |

# Relatório de medição e avaliação

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

1. características das fontes sonoras e o seu funcionamento durante as medições;
2. 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.
3. incerteza expandida de medição ($U)$. Caso o método de expressão da incerteza utilizado não seja o apresentado no anexo *B* desta Norma, o seu detalhamento deve constar no relatório;
4. 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;

1. limites de avaliação dos resultados;
2. local, data e horário das medições;
3. método de medição utilizado;
4. objetivo da medição;
5. parâmetros ambientais registrados quando em condições ambientais adversas;
6. referência a esta Norma;
7. resultados das medições e correções (quando aplicáveis);
8. tempo das medições e integrações.

# Anexo A

(Normativo)

# Certificados de calibração

As informações mínimas que devem constar nos certificados de calibração são:

1. sonômetro (ver IEC 61672-3):
* ruído autogerado (elétrico e acústico);
* teste acústico da resposta em frequência do medidor com o microfone;
* calibração das ponderações em frequência utilizando-se sinais elétricos;
* ponderações no tempo e na frequência em 1 kHz;
* linearidade de nível na faixa de níveis de referência (8 kHz);
* linearidade de nível incluindo o controle da faixa de níveis (se aplicável);
* resposta a trens tonais;
* nível de pressão sonora de pico na ponderação *C* (se aplicável);
* indicação de sobrecarga;
1. analisadores de 1/1 e de 1/3 de oitava (ver IEC 61260):
* curva de atenuação relativa à frequência central para cada um dos filtros necessários ao atendimento ao escopo desta Norma;
* atenuação das frequências centrais relativa à frequência central do filtro de referência;
1. 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.

1. calibrador de nível sonoro (ver IEC 60942):
* amplitude em decibels (Ref. 20 µPa);
* frequência em Hertz;
* 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)

# Cálculo da incerteza expandida de medição

Orientações sobre como estimar a incerteza expandida de medição são apresentadas na Tabela B.1, onde a incerteza de medição é expressa como uma incerteza expandida com base em uma incerteza‑padrão combinada multiplicada por um fator de abrangência de 2 ($k$ = 2), para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

NOTA A Tabela B.1 é uma simplificação. Na fase de preparação desta Norma, as informações disponíveis eram insuficientes. Em muitos casos é apropriado adicionar mais contribuições à incerteza, por exemplo, a que está associada às interferências ambientais.

Nos relatórios de ensaio, o nível de confiança ou probabilidade de abrangência, associado a um determinado fator de abrangência ($k$), deve ser sempre indicado em conjunto com a incerteza expandida de medição.

A incerteza expandida de medição deve ser calculada individualmente para cada descritor sonoro, a cada amostragem.

**Tabela B.1 – Resumo da incerteza expandida de medição**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Incerteza-padrão** | **Incerteza-padrão combinada**$u$ = $$\sqrt{a^{2}+b^{2}}$$dB | **Incerteza expandida de medição** $$U=\pm k∙u$$dB |
| Devida à instrumentação a)$a$ dB | Devida à repetibilidade b)$b$ dB |
| 1. Para sonômetros de Classe 1, de acordo com a IEC 61672-1:2002, deve-se assumir $a$ = 1. Para sonômetros de Classe 2, deve-se assumir $a$ = 2. Opcionalmente pode-se calcular a incerteza devida aos instrumentos (sonômetro, microfone e calibrador de nível sonoro) a partir dos resultados extraídos do último certificado de calibração periódica de cada instrumento, com base nos parâmetros apresentados no Anexo A desta Norma.
2. Valor determinado pela razão do desvio-padrão (s), obtido entre os valores medidos dos níveis de pressão sonora, pela raiz quadrada do número ($n)$ de medições em cada ponto, onde: $b= \frac{s}{\sqrt{n}}$ $.$

Nas medições pelos métodos simplificado e detalhado, o número de medições ($n$) deve abranger pelo menos três e preferencialmente cinco medições em condições de repetibilidade (os mesmos procedimentos de medição, os mesmos sistemas de medição, o mesmo operador e o mesmo ponto de medição) onde as variações das condições ambientais tenham pouca influência nos resultados. Este valor é considerado uma estimativa da incerteza devida à repetibilidade das medições.Para o método de monitoramento de longa duração, é recomendável realizar um maior número de medições ($m)$ para determinar o desvio-padrão (s) de repetibilidade para os descritores: *L*d, *L*n e *L*dn. |

# Anexo C

**(INFORMATIVO)**

# 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.

No caso de avaliação de impacto ambiental da fonte sonora em questão, as medições devem ser realizadas no perímetro da fachada da edificação onde se localiza a fonte sonora ou no limite do terreno onde está localizada a fonte.

# Anexo D

**(INFORMATIVO)**

# Cálculo do *Lden*

Quando a legislação local prever um período intermediário, normalmente denominado vespertino ou entardecer, o descritor de 24 h adotado pode ser o *L*den em substituição ao *L*dn. Neste caso o *L*den deve ser calculado conforme a equação:

|  |
| --- |
| $$L\_{den}=10∙log\_{10}\left(\frac{d}{24}∙10^{\frac{L\_{d}}{10}} + \frac{e}{24}∙10^{\frac{L\_{e}+K\_{e}}{10}}+ \frac{n}{24}∙10^{\frac{L\_{n}+K\_{n}}{10}}\right)$$ |

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* = 24h;

*L*e é o nível médio equivalente de pressão sonora, ponderado em A (*L*Aeq) para o período vespertino (ou entardecer);

*L*n é o nível médio equivalente de pressão sonora, ponderado em A (*L*Aeq) 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 99:2014, *Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados.*

[2] ABNT NBR ISO 10012, *Sistemas de gestão de medição — Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição.*

[2] ABNT NBR ISO/IEC 17025, *Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio*

*e calibração*

[3] ABNT ISO/IEC GUIA 98-3:2014, *Incerteza de medição – Parte 3: Guia para a expressão*

*de incerteza de medição (GUM:1995)*

[3] ANSI/ASA S12.2:2008 *Criteria for evaluating room noise.*

[4] BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF: Senado, 1988.

[5] ISO 80000-8:2007, *Quantities and units – Part 8: Acoustics*.

[6] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO, *Portaria nº 590, de 02 de dezembro de 2013.*

[7] ISO 389-7, *Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions.*

[8] NP ISO 1996-1:2011, *Acústica — Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente — Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação.*

[9] NP ISO 1996-2:2011*, Acústica — Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente — Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente.*