

**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Telex: (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1990,
ABNT - Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

ABR 1992

NBR 12179

Tratamento acústico em recintos fechados

Procedimento

Origem: Projeto NB-101/1973
CEET - Comissão de Estudo Especial Temporária
CE-00:001.06 - Comissão de Estudo de Acústica
NBR 12179 - Acoustic treatment in closed rooms - Procedure
Descriptor: Acoustic treatment
Esta Norma substitui a NB-101/1973
Reimpressão da NB-101, NOV 1988

Palavras-chave: Acústica. Tratamento acústico

9 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Aceitação
- ANEXO - Tabelas e figura

1 Objetivo

Esta Norma fixa os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 7731 - Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem - Procedimento

NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.16.

3.1 Tratamento acústico

Processo pelo qual se procura dar a um recinto, pela

finalidade a que se destina, condições que permitam boa audição às pessoas nele presentes.

Nota: Este tratamento compreende o isolamento acústico e o condicionamento acústico.

3.2 Som

Toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas (P.ex.: elástico, viscoso, etc.), capaz de produzir no homem uma sensação auditiva.

3.3 Faixa de audiofrequência

Faixa de frequência correspondente às ondas ou vibrações normalmente audíveis pelo homem.

Nota: Esta faixa acha-se compreendida entre 15 Hz a 20000 Hz.

3.4 Tom puro

Energia vibratória sonora, cuja propagação no meio elástico, obedece a uma variação senoidal no tempo.

3.5 Tom

Atributo de sensação auditiva, função da frequência dos sons.

Notas: a) Para uma mesma frequência, o tom é suscetível de apresentar ligeiras variações com a pressão acústica.

b) O tom pode ser caracterizado pela comparação a um tom puro de determinada frequência e pressão acús-

tica, que ocasionem ao ouvinte normal médio a mesma sensação de altura (frequência).

3.6 Ruído

3.6.1 Mistura de sons cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa, e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano.

3.6.2 Todo som indesejável.

3.7 Isolamento acústico

Processo pelo qual se procura evitar a penetração ou a saída, de ruídos ou sons, em um determinado recinto. O isolamento acústico compreende a proteção contra ruídos ou sons aéreos e ruídos ou sons de impacto.

3.8 Condicionamento acústico

Processo pelo qual se procura garantir em um recinto o tempo ótimo de reverberação e, se for o caso, também a boa distribuição do som.

3.9 Ruído aéreo e som aéreo

Ruído ou som produzido e transmitido através do ar. (P.ex.: buzinas, vozes, alto-falantes, etc.).

3.10 Ruído de impacto e som de impacto

Ruído ou som produzido por percussão sobre um corpo sólido e transmitido através do ar. P.ex.: queda de objetos, ruídos de passos, marteladas, instrumentos de percussão, etc.

3.11 Tempo de reverberação

Tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido, após a extinção da fonte sonora, e expresso em segundos. O tempo de reverberação é medido como o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de intensidade de 60 dB.

3.12 Tempo de reverberação ótimo

Tempo de reverberação considerado ótimo para um determinado recinto e determinada atividade, e expresso em segundos.

3.13 Decibel (dB)

Unidade de intensidade física relativa do som. O número de decibels de um som é expresso pela fórmula:

$$i = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

Onde:

i = intensidade física relativa, expressa em decibels

I = intensidade física absoluta do mesmo som

I_0 = intensidade do correspondente ao limiar de percepção

$I_0 = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$ para 1000 Hz.

Nota: Como existe na propagação das ondas sonoras uma relação entre a intensidade do som e sua pressão sonora, o nível de intensidade pode, conseqüentemente, ser deduzido através de uma medida de nível de pressão acústica (sonora). Para os casos que na prática não permitem a citada relação, não se pode conseqüentemente referir a uma medida de nível de pressão acústica como representativa de intensidade sonora.

3.14 Nível de som

Nível de pressão acústica (sonora) compensado, obtido pelo uso de medidores que obedecem às características e calibragem contidas na NBR 7731, e expresso por três escalas denominadas A, B e C.

3.15 Nível de pressão acústica (intensidade sonora)

Aquele expresso em decibels, igual a 20 vezes o logaritmo decimal de uma pressão acústica (sonora) a medir, com relação a uma outra pressão acústica (sonora), denominada de referência.

Nota: A menos que explicitamente indicado, fica entendido que o nível de pressão acústica é o efetivo (rms).

3.16 Nível de pressão acústica

Pressão convencionalmente escolhida e igual a $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ (0,0002 microbars).

4 Condições gerais

O tratamento acústico, destinado ao conforto humano, implica o conhecimento de valores das condições locais, em função do conjunto de condições do recinto, a saber:

- nível de som exterior, em decibels;
- nível de som do recinto, em decibels (em função do gênero de atividade deste recinto);
- planta de situação do imóvel onde se acha o recinto a ser tratado;
- plantas e cortes longitudinal e transversal do recinto;
- especificações dos materiais empregados no recinto: de construção (P.ex.: pisos, paredes, etc.) e de utilização (mesas, poltronas, cortinas, etc.).

5 Condições específicas

5.1 Roteiro para o desenvolvimento do tratamento acústico

O tratamento acústico do recinto compreende determinações para:

- isolamento acústico
 - através do uso adequado de materiais capazes de permitir a necessária impermeabilidade acústica, previamente fixada;
- condicionamento acústico
 - pelo estudo geométrico-acústico do recinto e cálculo do tempo de reverberação.

5.1.1 Isolamento acústico

5.1.1.1 O nível de som do recinto deve ser fixado de acordo com a NBR 10152. Estabelecido este nível e conhecido o nível de som exterior, obtém-se por diferença a queda de nível de som (Δ), em decibels.

5.1.1.2 A seleção de materiais isolantes acústicos deve ser feita em função dos valores fixados na Tabela 1 do Anexo.

5.1.1.3 Pode ser utilizada uma combinação de materiais isolantes, para o caso de queda de nível de som (Δ) elevada; e deve-se levar em conta a natureza dos ruídos ou sons a isolar (aéreos ou de impactos).

5.1.2 Condicionamento acústico

Estabelecido o nível de som do recinto deve ser feito o estudo geométrico-acústico e determinado o tempo de reverberação.

5.1.3 Estudo geométrico-acústico

5.1.3.1 Para auditórios, teatros, cinemas, etc., devem ser examinadas as plantas e cortes do recinto, e, levando-se em conta os materiais a serem empregados, é feito o estudo geométrico-acústico, considerando-se uma ou mais fontes sonoras, previamente localizadas. Tal estudo visa conhecer a distribuição dos sons diretos ou refletidos, de modo a serem conseguidas em todo o recinto as melhores condições de audibilidade.

5.1.3.2 O projetista deve utilizar as superfícies do teto para obter o reforço sonoro necessário à boa audibilidade, e ainda eventualmente utilizar as superfícies das paredes; para tanto deve empregar defletores (no caso de reflexão do som orientada) ou difusores (no caso de simples distribuição do som em todos os sentidos).

5.1.3.3 A forma geométrica do recinto pode assim sofrer modificações tanto em planta como em corte, necessárias à boa distribuição do som.

5.1.4 Cálculo do tempo de reverberação

5.1.4.1 Terminado o estudo geométrico-acústico do recinto, o cálculo do tempo de reverberação é feito por uma das seguintes fórmulas, quando se tratar de recintos nos quais o som é difuso:

a) fórmula de Sabine (empregar quando o coeficiente médio de absorção for menor ou igual a 0,30).

$$t_r = \frac{0,161 V}{S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots}$$

Onde:

t_r = tempo de reverberação do recinto, em segundos

V = volume do recinto em m^3

S_1, S_2, \dots, S_n = áreas das superfícies interiores do recinto em m^2 , afetadas pelos coeficientes de absorção $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ respectivamente

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ = coeficientes de absorção sonora das várias superfícies interiores e demais elementos absorventes do recinto, do tipo espectadores, cadeiras, mesas, etc. (ver Tabela 2 do Anexo)

b) fórmula de Eyring (empregar quando o coeficiente médio de absorção α_m for maior que 0,30):

$$t_r = \frac{0,161 V}{-2,3 S \log (1 - \alpha_m)}$$

Onde:

t_r = tempo de reverberação do recinto, em segundos

V = volume do recinto em m^3

S = área total das superfícies interiores do recinto, em m^2

α_m = coeficiente médio ponderado de absorção sonora das várias superfícies interiores do recinto e demais elementos absorventes nele contidos, do tipo espectadores, cadeiras, mesas, etc.

Notas: a) As unidades de absorção resultantes de elementos absorventes sonoros do tipo cadeiras, mesas, espectadores, etc. não modificam o valor da área total S.

b) Os coeficientes de absorção dos materiais mais comuns encontram-se na Tabela 2 do Anexo.

c) Os outros elementos das fórmulas são calculados em cada caso particular de aplicação.

5.1.4.2 Determinado o tempo de reverberação (t_r), compara-se este valor com o tempo de reverberação t_0 ótimo, através da Figura 1 do Anexo. A diferença ($t_0 - t_r$) deve ser a menor possível.

6 Aceitação

Comprovado que o isolamento e o condicionamento acústico tenham sido calculados, segundo o roteiro estabelecido nesta Norma, e forneçam os resultados estabelecidos na Figura 1 do Anexo, com tolerância de 10%, deve o tratamento acústico ser considerado satisfatório e conseqüentemente aceito.

Nota: Nos casos especiais em que esta Norma não for integralmente seguida, devem constar do estudo e das especificações todos os pontos que dela divergirem.

ANEXO - Tabelas e figura

Tabela 1 - Valor do isolamento acústico de diversos materiais

Material	Isolamento acústico em decibels (500 Hz) (dB)
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 10 cm)	45
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 20 cm)	50
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 30 cm)	53
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 40 cm)	55
Alvenaria de tijolo furado (espessura de 25 cm)	10
Chapa de fibra de madeira tipo "Soft-Board" (espessura de 12 mm)	18
Chapa de fibra de madeira tipo "Soft-Board", com camada de ar intermediária de 10 cm	30
Chapas ocas de gesso (espessura de 10 cm)	24
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm)	20
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm) duas placas com camada de ar intermediária de 10 cm	25
Concreto - laje entre pavimentos	68
Vidro de janela (espessura de 2,0 a 4,0 mm)	20 a 24
Vidro grosso (espessura de 4,0 a 6,0 mm)	26 a 32
Vidro de fundição (espessura de 3 a 4 mm) uma placa	24
Vidro de fundição (espessura de 4 a 6 mm) duas placas com camada de ar intermediária	36

Tabela 2 - Coeficientes de absorção acústica (Fonte: Tabela de Hans W. Bobran)

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Materiais de construção, usuais, densos						
Revestimentos, pintura						
Reboco áspero, cal	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Reboco liso	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06
Teto pesado suspenso (de gesso)	0,02	-	0,03	-	0,05	-
Estuque	0,03	-	0,04	-	0,07	-
Superfície de concreto	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Revestimento de pedras sintéticas	0,02	-	0,05	-	0,07	-
Chapas de mármore	0,01	0,01	0,01	-	0,02	-
Revestimento aderente de vidro	0,04	-	0,03	-	0,02	-
Revestimento de vidro espaçado a cada 5 cm de parede	0,25	0,20	0,10	0,05	0,02	0,02
Vidraça de janela	-	0,04	0,03	0,02	-	-
Assoalhados						
Tapetes de borracha	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Taco colado	0,04	0,04	0,06	0,12	0,10	0,17
Linoleu	0,02	-	0,03	-	0,04	-

/continua

Tabela 2 - Coeficientes de absorção acústica (Fonte: Tabela de Hans W. Bobran)

/continuação

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Passadeira fina porosa	0,03	-	0,17	-	0,40	-
Tapete boucle duro	0,03	0,03	0,04	0,10	0,19	0,35
Tapete de 5 mm de espessura	0,04	0,04	0,15	0,29	0,52	0,59
Tapete boucle macio	0,08	-	0,20	-	0,52	-
Passadeira de coco	0,02	0,03	0,05	0,10	0,27	0,48
Tapete de veludo	0,05	0,06	0,10	0,24	0,42	0,60
Tapete de 5 mm sobre base de feltro de 5 mm	0,07	0,21	0,57	0,68	0,81	0,72
Materiais porosos e isolantes						
a) Fibras naturais:						
Chapa leve de lã de madeira, de 25 mm, em parede rígida	0,04	0,13	0,52	0,75	0,61	0,72
Chapa leve de lã de madeira com espaço de 5 cm, vazio	0,25	0,33	0,50	0,65	0,65	0,70
Chapa leve de lã de madeira com espaço de 5 cm enchido de absorvente acústico	0,18	0,33	0,80	0,90	0,80	0,83
Chapa leve de lã de madeira, de 25 mm, com espaço vazio de 2,4 cm	0,06	0,20	0,66	0,49	0,72	0,76
Chapa leve de lã de madeira, de 50 mm, diretamente em parede rígida	0,11	0,33	0,90	0,60	0,79	0,68
Chapa leve de lã de madeira, de 25 mm, com espaço de 2,4 cm, coberta de folha sintética perfurada	0,13	0,66	0,48	0,44	0,72	0,73
Chapa de cavacos de madeira, de 13 mm, com espaço vazio de 5 cm até a parede	0,24	0,20	0,19	0,20	0,26	0,45
Feltro de fibra natural, de 5 mm, diretamente na parede	0,09	0,12	0,18	0,30	0,55	0,59
Chapa de acústica macia, de fibra perfurada ranhurada, com espaço de 5 cm da parede (esp. 12 mm)	0,20	0,36	0,31	0,34	0,46	0,62
Chapa de acústica macia, diretamente na parede	0,03	0,14	0,27	0,40	0,52	0,63
Chapa de acústica macia, de 12 mm, com perfuração integral, espaçada a 5 cm	0,03	0,23	0,69	0,61	0,73	0,71
Chapa de acústica macia, diretamente na parede	0,03	0,13	0,39	0,71	0,82	0,73
Chapa tubular de cavacos de madeira, entalhada e folheada, de 25 mm, espaçada a 3 cm da parede, entalhes espaçados a 19 mm, espaço sem enchimento	0,19	0,36	0,39	0,63	0,98	1,00
Chapa tubular de cavacos de madeira, entalhada e folheada, de 25 mm, espaçada a 3 cm da parede, entalhes espaçados a 38 mm	0,29	0,25	0,36	0,60	0,87	0,50
b) Minerais:						
Revestimento de amianto pulverizado, ± 12 mm de espessura	-	0,30	0,35	0,50	0,60	-
Parede de pedra-pomes de 100 mm, sem revestimento	0,03	0,17	0,26	0,50	0,56	0,68
c) Materiais sintéticos:						
Espuma de uréia, 50 mm, 15 kg/m ³ , diretamente em parede densa	0,12	0,20	0,45	0,65	0,70	0,75

/continua

Tabela 2 - Coeficientes de absorção acústica (Fonte: Tabela de Hans W. Bobran)

/continuação

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Chapa absorvente microporosa em chapa de base, espaçada da parede a 50 mm	0,37	0,70	0,59	0,54	0,59	0,62
Folha absorvente fina, microporosa, a 50 mm da parede, espaço vazio	0,04	0,15	0,52	0,95	0,93	0,58
Móveis, tecidos, humano						
Uma pessoa com cadeira	0,33	-	0,44	-	0,46	-
Público por pessoa, em fileiras fechadas	0,28	-	0,40	-	0,44	-
Poltrona estofada, vazia, coberta de tecido	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,34
Cadeira estofada, chata, com tecido	0,13	-	0,20	-	0,25	-
Cadeira estofada com couro, sintético	0,13	-	0,15	-	0,07	-
Cadeira de assento dobradiço, de madeira vazia	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,05
Tecido de algodão, esticado liso	0,04	-	0,13	-	0,32	-
Tecido de algodão, esticado liso, 50/150 mm, na frente da parede lisa	0,20	-	0,38	-	0,45	-
Cobertura de crotone	0,07	-	0,15	-	0,25	-
Feltro de fibra natural, 5 mm, de espessura	0,09	0,12	0,18	0,30	0,55	0,59
Tecido de juta, de fio grosso	0,05	-	0,07	-	0,12	-
Tecido de juta, de fio grosso, forrado de feltro estampado de 15 mm	0,18	0,18	0,38	0,72	0,75	0,78
Cortina grossa, drapeada	0,25	-	0,40	-	0,60	-
Cortina de porta comum, opaca	0,15	-	0,20	-	0,40	-
Tela cinematográfica	0,10	-	0,20	-	0,50	-
Público em ambientes muito grandes, por pessoa	0,13	0,31	0,45	0,51	0,51	0,43
Cadeira de assento dobradiço, encosto com estofamento espesso, poroso, lado inferior do assento absorvente	0,28	-	0,28	-	0,34	-
Portas, janelas, aberturas						
Janela aberta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Portas de madeira, fechadas	0,14	-	0,06	-	0,10	-
Palco sem cortina	0,20	-	0,25	-	0,40	-
Recessos com cortinas	0,25	-	0,30	-	0,35	-
Abertura embaixo de balcão	0,25	-	-	-	-	0,80
Grade ventilador, cada 50% de seção livre	0,30	-	0,50	-	0,50	-
Co-vibradores (chapas densas e folhas)						
Madeira compensada de 3 mm, a 50 mm da parede, espaço vazio	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06
Madeira compensada de 3 mm, a 50 mm da parede, espaço vazio, amortecimento nas bordas	0,46	0,47	0,23	0,12	0,10	0,06
Madeira compensada de 3 mm, a 50 mm da parede, espaço enchido de lã mineral	0,61	0,65	0,24	0,12	0,10	0,06
Lã mineral de 50 mm, coberta de papelão denso	0,74	0,54	0,36	0,32	0,30	0,17
Vidro plano de 3 mm - 4 mm, com 50 mm de espaço e amortecimento nas bordas	0,23	0,11	0,09	0,01	0,01	0,03

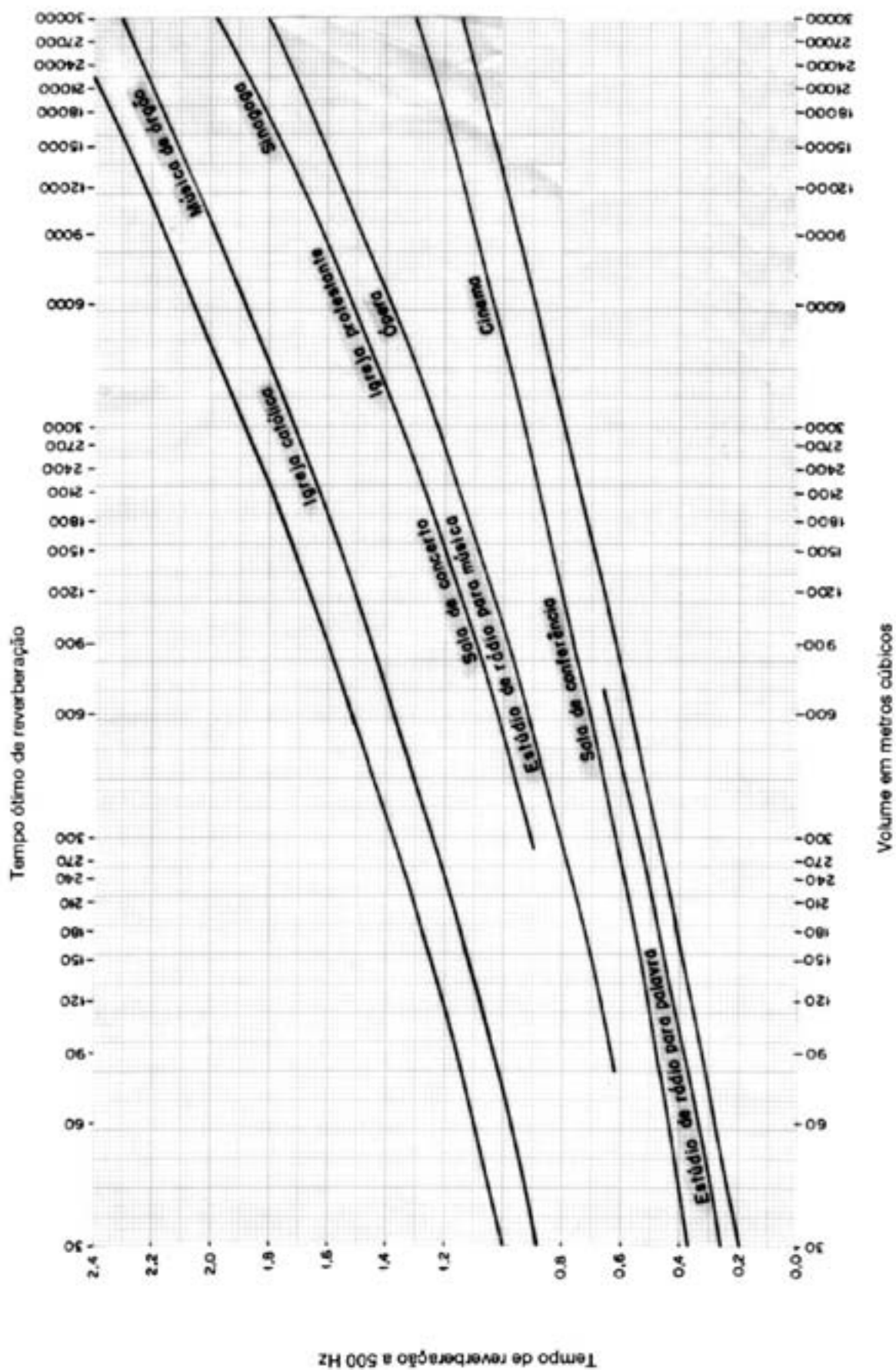
/continua

Tabela 2 - Coeficientes de absorção acústica (Fonte: Tabela de Hans W. Bobran)

/continuação

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Chapas de papelão-gesso, de 9,5 mm, sem furos na frente, espaço de 50 mm, enchido de lã mineral	0,36	0,12	0,08	0,07	0,06	0,10
Madeira compensada de 2,5 mm, na frente de feltro mineral de 50 mm, cada 40 kg/m ³	0,21	0,37	0,24	0,12	0,02	0,03
Sistemas absorventes especiais						
Caixões de chapa perfurada, com chapas de feltro de lã de vidro de 30 mm, suspensos a 180 mm	0,30	0,43	0,61	0,62	0,85	0,66
Cunhas pontuadas de lã de vidro (absorvente de cunha para câmara não-reverberante), 500 mm de comprimento, na frente de um ressoador, de 150 mm de espessura	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Chapa perfurada, forrada de lã de vidro ou cassa, na frente, de 40 mm a 50 mm de espaço vazio	0,01	0,03	0,10	0,16	0,17	0,20
Chapa perfurada de 3 mm, proporção de furos cada 16%, forrada de lã de fibra mineral de cada 0,5 mm, na frente, de 45 mm a 50 mm de espaço vazio	0,01	0,10	0,19	0,25	0,46	0,21
Chapa-grade compensada, entalhada, sem forro, a 30 mm da parede	0,06	0,02	0,10	0,16	0,22	0,18
Chapa de cimento-amianto, 4 mm, furos na proporção de 16% de 5 mm de diâmetro, na frente de tecido e feltro de lã mineral de 50 mm (cada 50 kg/m ³)	0,20	0,68	0,91	0,82	0,82	0,76

/FIGURA



Fonte-Bolt Beranek and Newman

Figura