

**UNIVERSIDADE DO CONTESTADO – UnC
CURSO DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

DÉBORA CAPELLO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES MATERIAIS EXISTENTES DE
ISOLAMENTO ACÚSTICO PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS**

**CONCÓRDIA
2014**

DÉBORA CAPELLO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES MATERIAIS EXISTENTES DE
ISOLAMENTO ACÚSTICO PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS**

Monografia apresentada como requisito para a conclusão do curso de Pós-graduação “Lato Sensu” em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade do Contestado, Campus Concórdia, sob orientação do professor Nilton Luiz Baú.

**CONCÓRDIA
2014**

UNIVERSIDADE DO CONTESTADO - UnC
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO "LATO SENSU"
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO "LATO SENSU" EM
ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO – Turma V

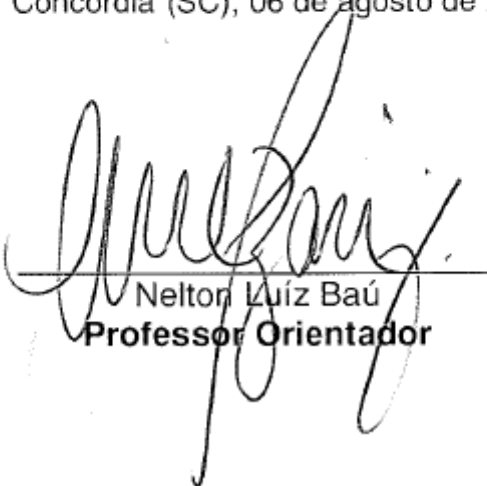
AValiação de Monografia

1.0 - Pós-Graduando: Débora Capello

2.0 – Título do Trabalho: Análise da Eficiência de Diferentes Materiais Existentes de Isolamento Acústico para Edifícios Habitacionais

(9,5) Nota

Concórdia (SC), 06 de agosto de 2014.



Nelton Luiz Baú
Professor Orientador

Dedico este trabalho aos meus pais e todos que sempre me apoiaram e me deram forças para sempre seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu esperança, luz e força para seguir meu caminho com perseverança.

A todos os meus familiares que me ajudaram de todas as formas possíveis, especialmente ao meu pai, que mesmo partindo deste mundo eu sei que esteve presente de uma forma muito especial, e deixou sua mensagem, a qual sempre dizia: estudo ninguém tira, e assim sempre procurou fazer de tudo para me ajudar e deixou tudo que pode, e também à minha mãe, uma grande guerreira que sempre me apoiou, ajudou e forneceu segurança durante esta trajetória.

Aos meus mestres que contribuíram para meu aprendizado e formação, de forma especial ao meu orientador Nelton Luíz Baú, um grande profissional, que me auxiliou da melhor forma para o desenvolvimento deste trabalho, além do aprendizado durante as aulas.

A todos os meus colegas e amigos, pelo companheirismo, disposição e colaboração durante as aulas.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta especialização, muito obrigada!

RESUMO

A preocupação com os níveis de ruído para com a saúde e o meio ambiente vem sendo difundida desde os primórdios dos tempos, constituindo um problema de 2.500 anos atrás (GIANNINI, 2012). O ruído além de ocasionar perda auditiva causa desconforto e prejuízos na integração social, podendo interferir no comportamento individual, social e psíquico, influenciando na qualidade de vida dos seres humanos (MELLO, 1999). Com isto, após anos de revisão e debates, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou a Norma Brasileira (NBR) 15575, publicada em fevereiro de 2013, sobre Edificações Habitacionais – Desempenho. O texto institui nível de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para elementos principais, em toda edificação habitacional, incluindo a exigência de isolamento acústico adequado de vedações, com requisitos e níveis de critério, de forma a gerar conforto acústico a seus ocupantes. Diante dessa situação surge a preocupação de avaliar se os isolamentos acústicos adotados mediante nova exigência são eficientes e atendem as normativas para níveis máximos de ruídos. Para isto objetivou-se uma pesquisa bibliográfica abrangendo o ruído e seus problemas com os isolamentos acústicos adotados como forma de atenuar os problemas derivados dos ruídos

Palavras-chave: Ruído. Isolamento. Acústico.

ABSTRACT

The Concern about noise levels for health and the environment has been widespread since the beginning of times, constituting a problem of 2.500 years ago (GIANNINI, 2012). The noise beyond causing hearing loss, causes discomfort and impairments in social integration, being able to interfere in the individual, social and psychological behavior, influencing in the quality of life of humans (Mello, 1999). With this, after years of review and debate, the Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) created the Brazilian Standard (NBR) 15575, published in February 2013 about Housing Buildings - Performance. The text establishes minimum performance level over a useful life for main elements in all housing building, including the requirement of sound isolation appropriate of seals, with requirements and levels of criterions, in order to generate acoustic comfort for its occupants. In this situation arises the concern of evaluating if the acoustic isolation adopted by new requirement are efficient and meet the regulations for maximum noise levels. For this aimed a bibliographic research covering the noise and its problems with the acoustic insulation adopted in order to attenuate the problems derived from noise.

Keywords: Noise. Isolation. Acoustic.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído.	18
Tabela 2: Critério de julgamento e tomada de decisão.	19

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
dB(A) – decibéis (ruído contínuo)
CR - Critério de Referência
LEO - Limite de Exposição Ocupacional
LEO-VT - Limite de Exposição Ocupacional Valor-Teto
LEQ - Nível Médio Equivalente
NBR – Norma Brasileira
NE - Nível de Exposição
NEN - Nível de Exposição Normalizado
NLI - Nível Limiar de Integração
NM - Nível Médio
NPS – Nível de Pressão Sonora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 RUÍDO.....	11
2.2 TERMOS E NOMENCLATURA TÉCNICA.....	12
2.3 O OUVIDO HUMANO.....	15
2.4 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	16
2.4.1 Ruído Contínuo ou Intermitente	16
2.4.2 Ruído de Impacto	20
2.4.3 Ruído Contínuo ou Intermitente Simultâneo com Ruído de Impacto.....	20
2.4.4 Avaliações	21
2.4.5 Relatório	23
2.5 O RUÍDO E OS DANOS À SAÚDE	23
2.6 NORMA da abnt NBR 15575 de 2013: DESEMPENHO PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS.....	24
2.6.1 Desempenho Acústico.....	26
3 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com os níveis de ruído para com a saúde e o meio ambiente vem sendo difundida desde os primórdios dos tempos, constituindo um problema de 2.500 anos atrás. O ser humano está continuamente recebendo informações sonoras, podendo considerar todos os sons como ruídos, mas a sua classificação é subjetiva, destacando o fato de ser ou não desejável (GIANNINI, 2012).

O som ou ruído é originado a partir de variações de pressão em um meio (geralmente o ar), sendo estas variações resultantes de vibrações e/ou turbulências específicas, que geram estímulos ao aparelho auditivo humano. Sucessivas exposições a elevados níveis de ruído resultam em perda auditiva, sendo que a intensidade do dano depende primeiramente da intensidade do ruído e do tempo de exposição ao mesmo (OSHA, 2002).

Para Mello (1999), o Ruído além de ocasionar perda auditiva causa desconforto e prejuízos na integração social, podendo interferir no comportamento individual, social e psíquico, influenciando na qualidade de vida dos seres humanos.

Com isto, após anos de revisão e debates, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou a Norma Brasileira (NBR) 15575, publicada em fevereiro de 2013, sobre Edificações Habitacionais – Desempenho. O texto institui nível de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para elementos principais, em toda edificação habitacional. Incluindo a exigência de isolamento acústico adequado de vedações, com requisitos e níveis de critério, de forma a gerar conforto acústico a seus ocupantes.

Diante desta situação surge a preocupação de avaliar se os isolamentos acústicos adotados mediante nova exigência são eficientes e atendem as normativas para níveis máximos de ruídos. Para isto objetivou-se uma pesquisa bibliográfica abrangendo o ruído e seus problemas com os isolamentos acústicos adotados como forma de atenuar os problemas derivados dos ruídos.

Destaca-se que esta pesquisa tem grande importância tanto para a sociedade como para profissionais e empresas no geral, sendo que estes tomarão conhecimento não só dos materiais, mas também terão um enfoque da problemática do ruído.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RUÍDO

Para Brevigliero et al. (2006), o ruído ou o som são fenômenos físicos vibratórios, que possuem características indefinidas com variação de pressão, em função da frequência. Para cada faixa de frequência (Hz) podem existir variados níveis de pressão sonora, que variam através do tempo, de forma aleatória.

Estas variações produzem ondas que são emitidas de forma circular para longe da fonte de originária do som. Sucessivas exposições a elevados níveis de ruído podem resultar em perda auditiva, assim como causar outros efeitos danosos ao indivíduo exposto, sendo que a gravidade do dano depende primeiramente da intensidade do ruído e do tempo de exposição ao mesmo (OSHA, 2002).

Os efeitos não auditivos resultantes da exposição sucessiva ao ruído elevado ainda não estão bem definidos. No entanto sabe-se que os efeitos suspeitos podem variar bastante. Essa grande variação de efeitos tem conduzido pesquisadores a acreditar que o ruído possui capacidade de afetar o corpo humano como um todo (CCOHS, 2010).

Para Lida (2005), a percepção do nível de ruído está ligada a recepção e reconhecimento de uma informação e comparando-a depois com outra informação anteriormente armazenada na memória. Assim a percepção depende também de experiências anteriores e de outros fatores individuais como personalidade, nível de atenção e expectativa dos indivíduos.

A unidade de medida física do som é o micropascal (μPa). O som ou pressão sonora mais fraca, porém ainda perceptível, é em torno de $20 \mu\text{Pa}$, no entanto, o ouvido humano pode tolerar pressões sonoras bem maiores. Então para acomodar uma faixa grande em uma escala prática, foi introduzida uma unidade logarítmica chamada decibel (dB) (GRANDJEAN, 1998).

Segundo Grandjean (1998), a escala de decibel usa o liminar de audição de $20 \mu\text{Pa}$ como referência de pressão. Quando a pressão sonora em micropascal aumenta 10 vezes, o valor do decibel cresce 20 unidades. As pressões sonoras são

registradas logaritmicamente usando o nível de pressão sonora (NPS), que é representado pela fórmula:

$$\text{SPL}_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \frac{P_x}{P_o}$$

Onde SPL_{dB} = nível de pressão sonora em dB; P_x = pressão sonora em μPa ; P_o = pressão sonora mais baixa que os humanos podem detectar, fixada internacionalmente em $20 \mu\text{Pa}$.

Para o mesmo autor, a percepção do volume de som, em grande parte depende da frequência do som. O ouvido humano percebe sons na faixa de frequência de 16 a 20.000 Hz. Sons menores que 16 dB são infra-som, percebidos como vibrações, e faixas acima de 20.000 Hz pertencem ao ultra-som.

2.2 TERMOS E NOMENCLATURA TÉCNICA

Para Brevigliero et al. (2006), alguns termos importantes referentes ao ruído devem ser conhecidos, com o objetivo de garantir adequado de entendimento ao assunto, aos quais seguem abaixo os principais citados pelo referido autor:

- a) Ciclo de exposição: seqüência de condições acústicas definidas ao qual é submetido o trabalhador e que se repete de forma continuada ao longo da jornada de trabalho;
- b) Critério de referência (CR): nível médio para uma exposição por um período de 8 horas corresponderá a uma dose de 100%;
- c) Dose: parâmetro utilizado para caracterizar a exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora e adotando como referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base em parâmetros pré-estabelecidos;
 - Dose diária: dose referente à jornada de trabalho diária,
 - Dose diária = $(C_1/T_1 + C_2/T_2 + C_3/T_3 + C_N/T_N)$, Sendo:

- C_N = tempo total diário que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico, em horas,

- T_N = tempo máximo diário permissível a este nível, em horas (anexo Nº1 da NR 15),

d) Dosímetro de ruído: medidor integrador de uso pessoal que fornece a dose da exposição ao ruído ocupacional;

e) Grupo homogêneo: corresponde a um grupo de trabalhadores que tem condições ambientais semelhantes, de forma que a avaliação da exposição fornecida por uma parte do grupo seja representativa da exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo;

f) Incremento de duplicação de dose (q): incremento em decibéis que quando aplicado a determinado nível de ruído implica na duplicação da dose de exposição, e conseqüentemente na redução de metade do tempo máximo diário permitido;

g) Limite de exposição ocupacional (LEO): é o parâmetro de exposição ocupacional sob os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possam ser submetidos, sem sofrer efeitos adversos que, de uma maneira ou de outra, venham a interferir na capacidade auditiva e interagir em uma conversação normal;

h) Limite de exposição ocupacional valor-teto (LEO-VT): corresponde ao valor máximo, acima do qual não é permitida nenhuma exposição durante qualquer jornada de trabalho;

i) Medidor integrador de uso pessoal: medidor que possa ser fixado no trabalhador durante a sua jornada de trabalho, fornecendo a dose ou o nível médio de ruído (avaliação pessoal dentro da zona auditiva);

j) Medidor integrador portado pelo avaliador: medido portado pelo avaliador, que fornece por meio de integração, a dose ou o nível médio (avaliação ambiental);

k) Nível de ação: valor acima do qual devem ser tomadas medidas de controle de maneira a evitar danos ao trabalhador e ao ultrapasse do limite de tolerância;

l) Nível médio equivalente (LEQ): corresponde a uma ferramenta que auxilia na interpretação de resultados obtidos pela avaliação ambiental ou pessoal;

- $LEQ = 85 + 16,61 \times (\log 0,01 \times D)$, Sendo:

- LEQ = nível médio equivalente para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, em decibéis,

- D = dose correspondente a uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, em percentagem,

m) Nível de exposição: nível médio que representa a exposição ocupacional diária;

n) Nível de exposição normalizado (NEN): nível de exposição convertido para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, para comparação com o limite de tolerância;

- $NEN = NE + 10 \log (T_E / 480)$, Sendo:

- NE = nível médio representativo da exposição ocupacional diária, em decibéis,

- T_E = tempo de duração da jornada diária de trabalho, em minutos,

o) Nível limiar de integração (NLI): nível de ruído a partir do qual os valores devem ser computados na integração para determinar o nível médio de exposição ou a dose de exposição diária;

p) Nível médio (NM): nível de ruído que representa a exposição ocupacional relativa ao período de medição, considerando os variados valores de níveis instantâneos ocorridos no período e os parâmetros de medição pré-definidos;

q) Ruído contínuo ou intermitente: todo ruído que não se enquadra como ruído de impacto;

r) Ruído de impacto ou impulsivo: ruído que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo e tempo de intervalo entre um impacto e outro superior a um segundo;

s) Situação acústica: cada parte do ciclo de exposição em que o trabalhador se encontra submetido a níveis de ruído estáveis;

t) Zona auditiva: região do espaço delimitada por um raio de 150 mm (\pm 50 mm), medido a partir da entrada do canal auditivo;

u) Comprimento de onda: correspondente a distancia entre dois máximos sucessivos, ou seja, entre duas cristas consecutivas ou entre dois vales consecutivas.

2.3 O OUVIDO HUMANO

O ouvido humano é um sistema bastante sensível e complexo, permite receber e interpretar o som (GERGES, 1992).

Para Maia (2002), o ouvido é um órgão de recepção de vibrações sonoras que permite o aprendizado, a comunicação e o lazer dos seres humanos. Este órgão é responsável pelo equilíbrio estático e dinâmico do corpo, facilitando a localização de fontes sonoras e funcionando como um importante mecanismo de alerta e defesa.

Pode-se dividir didaticamente o sistema auditivo humano em ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. O ouvido externo compreende o pavilhão auditivo, o conduto auditivo e a membrana timpânica. Após a entrada no pavilhão auditivo, o som atravessa o conduto auditivo e acaba atingindo a membrana timpânica, que por sua vez vibra e transfere a energia para a cadeia ossicular do ouvido médio, que é formado pela bigorna, pelo martelo e pelo estribo. A função do ouvido externo é captar e transportar a vibração sonora para dentro do ouvido médio. A estrutura ossicular do ouvido médio e a diferença de área das membranas timpânicas e oval são responsáveis pela amplificação do sinal acústico em aproximadamente 22 vezes. Isso compensa a diferença sonora entre os meios de transmissão aéreo, ósseo e líquido (MAIA, 2002).

Para Grandjean (1998), no ouvido interno as vibrações são transmitidas por um fluido até o início da cóclea, em que atingem o espaço do líquido externo de volta a janela oval. A cóclea é basicamente dividida em duas partes pela membrana basilar, onde se encontra os órgãos ciliados de Corti com suas células sensíveis ao som. Nas células de Corti as oscilações mecânicas da pressão sonora são transformadas em impulsos nervosos.

Cada célula sensível ao som é excitada dentro de sua própria frequência em função de uma determinada frequência sonora externa, transmitindo essa excitação para uma fibra nervosa específica que por sua vez, através do nervo auditivo, chega ao cérebro. Após os estímulos sonoros atingirem o cérebro, estes penetram na medula, onde passam por sinapses e alcançam posteriormente a esfera auditiva no córtex cerebral (córtex auditivo). Neste ponto as frações de frequências são localizadas e ocorre finalmente a percepção acústica (GRANDJEAN, 1998).

Para Maia (2002), as principais funções do ouvido são: Transmissão da energia acústica captada de uma parte a outra do ouvido, passando por diversos meios (ar, líquido e ósseo); Proteção contra elevados níveis de ruído (ultra-som) que poderiam ocasionar danos as células do ouvido interno; Transformação de energia acústica em energia elétrica e vice-versa.

2.4 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

2.4.1 Ruído Contínuo ou Intermitente

Para a Fundacentro (2001), o critério de referência que embasa os limites de exposição diária adotados pra ruído contínuo ou intermitente corresponde a uma dose de 100% para exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A). O critério de avaliação considera também, o incremento de dose (q) igual a 3 e o nível limiar de integração igual a 80 dB(A). A avaliação da exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente deve ser feita por meio da determinação da dose diária de ruído ou do nível de exposição, parâmetros representativos da exposição diária do trabalhador. Esses parâmetros são equivalentes, sendo possível, a partir de um obter-se o outro, mediante as expressões matemáticas:

$$NE = 10 \times \log \left(\frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100} \right) + 85 \quad [\text{dB}] \quad D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{3} \right)} \quad [\%]$$

Sendo:

NE = nível de exposição.

D = dose diária de ruído em porcentagem.

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

A avaliação deve ser realizada utilizando-se medidores integradores (IEC 804) de uso individual, fixados no trabalhador. Na indisponibilidade destes equipamentos, a Norma oferece procedimentos alternativos para outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, não fixados no trabalhador, que podem ser utilizados na avaliação de determinadas situações de exposição ocupacional. Em cada caso deverão ser seguidos os procedimentos de medição específicos estabelecidos. No entanto, as condições de trabalho que apresentem dinâmica operacional complexa, como, por exemplo, a condução de empilhadeiras, atividades de manutenção, entre outras, ou que envolvam movimentação constante do trabalhador, não deverão ser avaliadas por esses métodos alternativos. É de relevância destacar que o dosímetro de ruído ou áudio-dosímetro é considerado um equipamento adequado nas avaliações (FUNDACENTRO, 2001).

Avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído contínuo ou intermitente por meio da dose diária pode ser determinada por meio de medidores integradores de uso pessoal (dosímetros de ruído), ajustados de forma a atender as especificações contidas na norma específica no que se refere a "equipamentos de medição". Neste caso o limite de exposição ocupacional diário no ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100%. O nível de ação para a exposição ocupacional ao ruído é de dose diária igual a 50%. O limite de exposição valor teto para o ruído contínuo ou intermitente é 115 dB(A). Exposições a níveis inferiores a 80 dB(A) não serão considerados no cálculo da dose. Quando a exposição for a um único nível de ruído o cálculo da dose diária também é feito utilizando a expressão apresentada, ou seja, simplesmente dividindo " C_1 " por " T_1 ". Neste critério, o limite de exposição ocupacional diário ao ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100% (FUNDACENTRO, 2001).

Já a avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído contínuo ou intermitente por meio do nível de exposição, segundo a Fundacentro (2001), deve ser realizada, preferencialmente, utilizando-se medidores integradores de uso individual. Na indisponibilidade destes equipamentos, poderão ser utilizados outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, portados pelo avaliador. O Nível de Exposição (NE) é o Nível Médio representativo da exposição diária do trabalhador avaliado. Para fins de comparação com o limite de exposição, deve-se determinar o Nível de Exposição Normalizado (NEN), que corresponde ao

Nível de Exposição (NE) convertido para a jornada padrão de 8 horas diárias. O Nível de Exposição Normalizado (NEN) é determinado pela seguinte expressão:

$$NEN = NE + 10 \log \frac{T_E}{480} \text{ [dB]}$$

Sendo:

NE = nível médio representativo da exposição ocupacional diária.

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

Neste caso o limite de exposição ocupacional diária ao ruído correspondente a NEN é igual a 85 dB(A), e o limite de exposição valor teto para ruído contínuo ou intermitente é de 115 dB(A). Para este critério considera-se como nível de ação o valor NEN igual a 82 dB(A).

Tabela 1: Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído.

Nível de Ruído dB(A)	Tempo Máximo Diário Permissível (Tn - minutos)
80	152,39
81	120,952
82	960,00
83	761,95
84	604,76
85	480,00
86	380,97
87	302,38
88	240,00
89	190,48
90	151,19
91	120,00
92	95,24
93	75,59
94	60,00
95	47,62
96	37,79
97	30,00
98	23,81
99	18,89
100	15,00
101	11,90
102	9,44

103	7,50
104	5,95
105	4,72
106	3,75
107	2,97
108	2,36
109	1,87
110	1,48
111	1,18
112	0,93
113	0,74
114	0,59
115	0,46

Fonte: FUNDACENTRO (2001)

Para a interpretação dos Resultados para Ruído Contínuo ou Intermitente (Dose diária), deve ser considerado que quando adose diária de exposição a ruído determinada for superior a 100%, o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle. Se a dose diária estiver entre 50% e 100% a exposição deve ser considerada acima do nível de ação, devendo ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições aos ruídos causem prejuízos à audição do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado. Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição (FUNDACENTRO, 2001).

O Quadro a seguir apresenta considerações técnicas e a situação recomendada em função da Dose Diária ou do Nível de Exposição Normalizado encontrados na condição de exposição avaliada.

Tabela 2: Critério de julgamento e tomada de decisão.

Dose Diária (%)	NEN dB(A)	Consideração Técnica	Atuação Recomendada
0 a 50	Até 82	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente
50 a 80	82 a 84	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventiva
80 a 100	84 a 85	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas

Acima de 100	> 85	Acima do limite de exposição	visando à redução da dose diária Adoção imediata de medidas corretivas
--------------	------	------------------------------	---

Fonte –FUNDACENTRO(2001).

2.4.2 Ruído de Impacto

Segundo a Fundacentro (2001), a determinação para exposição ao ruído de impacto ou impulsivo deve ser feita por meio de medidores de nível de pressão sonora. Neste critério o limite de exposição por dia ao ruído de impacto determinado pela expressão:

$$N_p = 160 - 10 \text{ Log } n \text{ [dB]}$$

onde:

N_p = nível de pico, em dB, máximo admissível

n = número de impactos ou impulsos ocorridos durante a jornada diária de trabalho.

Quando o número de impactos ou de impulsos diário ultrapassa 10.000, o ruído deverá ser considerado como contínuo ou intermitente (FUNDACENTRO, 2001).

2.4.3 Ruído Contínuo ou Intermitente Simultâneo com Ruído de Impacto

Para a Fundacentro (2001), na ocorrência simultânea de ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto, a exposição ocupacional torna-se acima do limite de exposição, quando pelo menos o limite para um dos tipos de ruído for excedido. Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de

ruído contínuo ou protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição. Também para exposição a ruídos de impacto ou impulsos com níveis de pico superiores a 140 dB para pessoas que não estejam adequadamente protegidos.

2.4.4 Avaliações

Para a Fundacentro (2001), a avaliação de ruído deve ser feita considerando todos os trabalhadores envolvidos no estudo. Identificando os grupos de trabalhadores que apresentem iguais características de exposição (*grupos homogêneos de exposição*), em que assim, não precisarão ser avaliados todos os trabalhadores. As avaliações podem ser realizadas cobrindo um ou mais trabalhadores cuja situação corresponde à exposição (típica) de cada grupo considerado. Havendo dúvidas quanto à possibilidade de redução do número de trabalhadores a serem avaliados, a abordagem deve considerar necessariamente a totalidade dos expostos no grupo considerado. O conjunto de medições deve ser representativo das condições reais de exposição ocupacional do grupo de trabalhadores objeto do estudo. Desta forma, a avaliação deve cobrir todas as condições, operacionais e ambientais habituais, que envolvem o trabalhador no exercício de suas funções.

Para que as medições sejam representativas da exposição de toda a jornada de trabalho é importante que o período de amostragem seja escolhida de forma adequada. Se forem identificados ciclos de exposição repetitivos durante a jornada, a amostragem deverá incluir um número suficiente de ciclos. A amostragem deverá cobrir um número maior de ciclos, caso estes não sejam regulares ou apresentem níveis com grandes variações de valores. No decorrer da jornada diária, quando o trabalhador executar duas ou mais rotinas independentes de trabalho, a avaliação da exposição ocupacional poderá ser feita avaliando-se, separadamente, as condições de exposição em cada uma das rotinas e determinando-se a exposição ocupacional diária pela composição dos dados obtidos. Havendo dúvidas quanto à representatividade da amostragem, esta deverá envolver necessariamente toda a jornada de trabalho.

Os procedimentos de avaliação devem interferir o mínimo possível nas condições ambientais e operacionais da condição de trabalho em estudo. As condições de exposição não rotineiras, decorrentes de operações ou procedimentos de trabalho previsíveis, mas não habituais, devem ser avaliadas e interpretadas isoladamente, considerando-se a sua contribuição na dose diária ou no nível de exposição. Deverão ser obtidas informações administrativas, a serem corroboradas por observação de campo, necessárias na caracterização da exposição dos trabalhadores, com base no critério utilizado.

Os medidores integradores de uso pessoal, também denominado de dosímetros de ruído, utilizados na avaliação da exposição ocupacional ao ruído devem atender às especificações constantes da Norma ANSI S1.25-1991 ou de suas futuras revisões, ter classificação mínima do tipo 2 e estar ajustados de forma a atender aos seguintes parâmetros: circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (slow), critério de referência de 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas, nível limiar de integração de 80 dB(A), faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A), incremento de duplicação de dose de 3 ($q = 3$) e indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).

Já os medidores integradores portados pelo avaliador, utilizados na avaliação da exposição ocupacional ao ruído devem atender às especificações da Norma IEC 804 ou de suas futuras revisões e ter classificação mínima do tipo 2. Para a determinação de níveis médios de ruído devem estar ajustados de forma a atender aos seguintes parâmetros: circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (slow) ou rápida (fast), quando especificado pelo fabricante, critério de referência de 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas, nível limiar de integração de 80 dB(A), faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A), incremento de duplicação de dose de 3 ($q = 3$) e indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).

Os medidores de leitura instantânea a serem utilizados na avaliação da exposição ocupacional tanto ao ruído contínuo ou intermitente, como de impacto, devem ser no mínimo do tipo 2, segundo especificações constantes das Normas ANSI S1.4-1983 e IEC 651, ou de suas futuras revisões. Para a medição de ruído contínuo ou intermitente, os medidores devem estar ajustados de forma a operar no circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (slow) e cobrir uma faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A). Para a medição de ruído de impacto os

medidores devem estar ajustados de forma a operar no circuito "linear", circuito de resposta para medição de nível de pico, e cobrir uma faixa de medição de pico mínima de 100 a 150 dB (FUNDACENTRO, 2001).

Os equipamentos utilizados na calibração dos medidores de nível de pressão sonora, devem atender às especificações da Norma ANSI S1.40-1984 ou IEC 942-1988. Devendo preferencialmente ser da mesma marca que o medidor e, obrigatoriamente, permitir o adequado acoplamento entre o microfone e o calibrador, diretamente ou por meio do uso de adaptador (FUNDACENTRO, 2001).

2.4.5 Relatório

Para o desenvolvimento do Relatório Técnico é recomendado que sejam abordados no mínimo, os aspectos apresentados, de forma que possibilite a compreensão, por leitor qualificado, sobre o trabalho desenvolvido e documentar os aspectos da Norma de Higiene Ocupacional 01, incluindo introdução, objetivos do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações, também critério de avaliação adotado, instrumental utilizado, metodologia de avaliação utilizada, descrição das condições de exposição avaliadas; dados obtidos e interpretação dos resultados (FUNDACENTRO, 2001).

2.5 O RUÍDO E OS DANOS À SAÚDE

O dano mais grave que pode ocorrer à saúde devido à exposições ao ruído é a perda auditiva que pode ser temporária ou permanente. O deslocamento temporário do limiar auditivo é freqüentemente associado á exposições de curta duração ao ruído. Sendo que a capacidade auditiva é retomada após determinado período de descanso acústico. Geralmente exposições prolongadas a elevados níveis de ruído causam danos permanentes (OSHAS, 2002).

Para Gerges (1992), qualquer redução na sensibilidade audível é considerada perda de audição. A exposição a níveis altos de ruído por um grande tempo danifica as células da cóclea.

De acordo com Brevigliero et al. (2006), a exposição sucessiva a elevados níveis de ruído ocasiona efeitos auditivos e não-auditivos. Os efeitos auditivos correspondem ao deslocamento temporário do limiar auditivo e a surdez profissional, que pode ser dividida em surdez condutiva e neurosensorial.

O ruído também pode causar efeitos nos sistemas extra-auditivos, como aceleração da pulsação, aumento da pressão sanguínea e estreitamento dos vasos sanguíneos. A exposição por um longo tempo à ruídos elevados pode causar sobrecarga do coração causando secreções anormais de hormônio e tensões musculares, aparecendo efeitos como nervosismo, fadiga mental e frustração (GERGES, 1992).

2.6 NORMA DA ABNT NBR 15575 DE 2013: DESEMPENHO PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS

Segundo Borges (2008), o conceito de desempenho na construção civil, está consolidado há muito tempo, e a definição mais aceita pelo meio acadêmico é a elaborada por Gibson, em 1982, que afirma que a abordagem de desempenho é, acima de tudo, a prática de se pensar em termos de fins e não de meios, com os requisitos que devem atender, e não com a forma como esta deve ser construída. As Normas ISO 6240 e 6241, de 1984, definiram os requisitos de desempenho a serem atendidos nas edificações em função das condições de exposição a que estão sujeitas, e que variam para cada caso. Estas normas são válidas, como referência para a elaboração da norma de desempenho.

A Norma Técnica de Desempenho NBR 15.575 foi aprovada em sua primeira versão, no dia 12 de maio de 2008. Após um longo período de debates, foi publicado em 19 de fevereiro 2013 o texto revisado da norma técnica ABNT NBR 15575, aplicável às edificações habitacionais de modo geral (BALCONI, 2013).

A Nova Norma entrou em vigor no dia 19 de junho de 2013 e ao contrário das normas tradicionais, que prescrevem características dos produtos com base na consagração do uso, define as propriedades fundamentais dos diferentes elementos da construção, independentemente do material utilizado. Ficando estruturada em 6 partes: Requisitos Gerais, requisitos para os sistemas estruturais, requisitos para os sistemas de pisos, requisitos para os sistemas de vedação, requisitos para os sistemas de cobertura e requisitos para os sistemas hidrossanitários (BALCONI 2013).

A parte 1 da norma que dispõe sobre os Requisitos Gerais em seu item 12 relata sobre o desempenho acústico com os requisitos: Isolamento acústico de vedações externas, direcionado à propiciar condições de conforto acústico no interior da edificação, com relação a fontes externas de ruídos aéreos (conversas); isolamento acústico entre ambientes e Ruídos por impacto e ruídos de equipamentos, que visa reunir características de privacidade e conforto acústicos dos usuários.

A segunda parte da norma analisa o desempenho estrutural, considerando as prescrições das normas NBR-8.681, NBR-6.120 e NBR-6.123, por meio de simulações de modelos matemáticos e físicos das situações de ruína por esgotamento da capacidade de resistência dos materiais ou por instabilidade do equilíbrio, com o objetivo de assegurar a durabilidade quando da utilização normal da estrutura, limitando a formação de fissuras e a extensão de deformações.

A parte 3 que especifica os requisitos para os sistemas de pisos inclui acabamentos que estão sujeitos a desgastes e também aos substratos que podem gerar ruídos em edificações multi-pavimentos. Estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis aos pisos internos de um edifício habitacional, independente da limitação do número de pavimentos. São considerados isolamentos de ruído de impacto (passos, queda de objetos, móveis arrastados) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, TV).

A quarta parte abrange os sistemas de vedações verticais das edificações habitacionais, tanto internas como externas, bem como a volumetria e compartimentação dos espaços que compreendem um edifício.

A quinta parte refere aos sistemas de coberturas, designados pela sigla SC, cujas funções são imprescindíveis à preservação da saúde dos usuários e à proteção do corpo da construção.

A sexta e última parte compreende os sistemas prediais de água fria e de água quente, de esgoto sanitário e ventilação, além dos sistemas prediais de águas pluviais. Esses são responsáveis diretos pelas condições de saúde e higiene exigidas em uma habitação.

2.6.1 Desempenho Acústico

A NBR 15575 de 2013, deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas no que se refere ao ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação e isolamento acústico entre os ambientes, de forma a gerar conforto acústico adequados entre os ambientes.

Devendo atender os níveis de ruído para conforto acústico conforme a NBR 10152 de 1987, que especifica valores em residências entre 35 a 45 dB(A) para dormitórios, e 40 a 50 dB(A) para sala de estar.

A NBR 10151 de 2000, prevê o procedimento para a avaliação do ruído em áreas habitacionais, classificando área estritamente residencial urbana, com Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes internos de 50 dB(A) para o período diurno e 45 dB(A) para período noturno. Com correção de menos 10 dB(A) quando tiver janela aberta, e menos 15 dB(A) para janela fechada.

2.7 ISOLANTES ACÚSTICOS

Os principais materiais empregados na construção civil como os blocos cerâmicos, de concreto e o próprio concreto armado já possuem certa característica isolante, porém, nem sempre suficiente para determinadas aplicações em que se necessite de um elevado grau de atenuação. Para esta atenuação suplementar pode-se empregar, por exemplo, lã de vidro, lã de rocha, espuma acústica, fibra mineral, entre outras. Ressaltando ainda que estes materiais podem ser aliados a utilização do processo "dry-wall", uma técnica atual e bastante difundida no Brasil (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

O DryWall, também chamado de gesso acartonado, basicamente são chapas de gesso, tendo como matéria prima o minério gipsita, selecionados para ter alto grau de pureza. As dimensões das chapas de gesso acartonado são de 1,20m de largura por comprimentos de 2,60m a 3,0m e espessura de 12,5mm, 15mm e 18mm. Para elementos estruturais são constituídos de perfis de aço galvanizado (LESSA, 2005).

Segundo Catai; Penteado; Dalbello (2006), os tipos de materiais utilizados para isolamento acústicos podem ser classificados em convencionais, constituindo os materiais de uso comum na construção civil, como os blocos cerâmicos, madeira, e os não convencionais, que são materiais desenvolvidos especialmente para isolar acusticamente os ambientes, como a lã de vidro, lã de rocha, vermiculita, espumas elastoméricas e fibra de coco (inovação ecológica).

A lã de vidro é reconhecida como um dos melhores isolantes térmicos. É um componente formado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em alto forno. Devido ao ótimo coeficiente de absorção sonora em função à porosidade da lã, em que a onda entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida. Tem como principais vantagens: a fácil manipulação por ser leve, não propaga chamas, não favorece a proliferação de fungos ou bactérias (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

Conforme Salvador (2001), *apud* Catai; Penteado; Dalbello (2006), a lã de rocha é composta de fibras originadas de basalto aglomerado com resina sintética. As principais características deste material são: isolante acústico; isolamento térmico; incomburente; pH neutro, anti-parasita, não corrosivo e imputrescível; não nocivo à saúde, mas seu manuseio e aplicação deverá ser feito com vestuário e luvas adequadas; favorável custo/benefício. Podendo ser aplicada em forros, divisórias, em dutos de ar condicionados, em tubulações com baixas, médias e altas temperaturas de 50°C a 750°C.

Já a vermiculita é um mineral da família das micas (aluminossilicato hidratado de ferro e de magnésio), constituído pela superposição de finas lamínulas que ao se submeter a altas temperaturas (cerca de 1000°C) se expande até vinte vezes do seu volume original, deixando um grande vazio em seu interior. Suas principais características são: baixa densidade que varia de 80 até 120kg/m³, baixa condutibilidade, incomburente, insolúvel em água, não é tóxico, não abrasivo, inodoro, não se deteriora (CATAI; PENTEADO, DALBELLO, 2006).

A espuma elastomérica é uma espuma do poliuretano poliéster, auto-extinguível, que são: tratadas com retardante a chama para melhorar sua propriedade quanto a segurança ao fogo e estão protegidas contra mofo, fungos e bactérias. É indicada para acústicas em escritórios, auditórios, salas de treinamento, salas de som (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

A Fibra de coco (Corkoco) misturada ao aglomerado de cortiça expandido apresenta excelentes resultados na absorção de ondas de baixa frequência, dificilmente alcançados por outros materiais. Apresenta resistência e durabilidade cumprindo com as necessidades técnicas exigidas pelo mercado. Além de ser um material versátil e indicado para isolamento térmico e acústico, utiliza uma matéria prima natural e renovável (SENHORAS, 2005, *apud* CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

3 CONCLUSÃO

Os altos valores dos ruídos nos ambientes laborais vem sendo motivo de preocupação nas empresas em geral no Brasil. Tais situações tem sido um desafio para os departamentos de engenharia de segurança do trabalho resolverem, onde vem se tentando eliminar ou reduzir os índices. Os procedimentos de segurança visando a prevenção, são aplicados de forma exaustiva, mas na maior parte dos casos ainda deixa-se muito a desejar.

Nos edifícios residenciais, esse problema está cada vez mais evidente, trazendo uma preocupação a mais aos síndicos e principalmente para os moradores, que vêem em sua residência um local de descanso.

Medidas preventivas já nas construções dos edifícios novos estão sendo adotadas. Muitos tipos de materiais com características diferentes já são realidade no mercado, sendo que o custo-benefício destes materiais ainda não estão dentro da realidade financeira do brasileiro.

A norma brasileira de desempenho para edifícios habitacionais NBR 15.575 da ABNT, que entrou em vigor no dia 19 de junho de 2013, especifica os critérios mínimos exigidos nas construções, segundo o comportamento dos materiais, abrangendo todas as áreas da construção, assim como a exigência de isolantes acústicos, com critérios mínimos de isolamento, com o objetivo de propiciar conforto acústicos aos usuários.

Todavia, a construção civil está diante de um problema passível de desconhecimento para o profissional de engenharia civil, cabendo ao engenheiro de segurança do trabalho realizar os estudos quanto aos ruídos, buscando a atenuação acústica, e por consequência, garantindo uma melhor qualidade de vida a todos os que de certa forma convivem nestes ambientes.

REFERÊNCIAS

BALCONI, Lucas R. Novas Regras para o Setor da Construção Civil. **Jus Navigandi**, Artigo, ago. 2013. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/25149/novasregras-para-o-setor-da-construcao-civil>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BRASIL, Norma Brasileira – NBR n. 10151. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Norma Técnica. ABNT. Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL, Norma Brasileira – NBR n. 10152. Níveis de ruído para conforto acústico. Norma Técnica. ABNT. Rio de Janeiro, 1987.

BRASIL, Norma Brasileira – NBR n. 15575. Edificações Habitacionais – Desempenho. Norma Técnica. ABNT. Brasília, 2013.

BREVIGLIERO, Ezio; POSSEBON, José; SPINELLI, Robson. **Higiene Ocupacional: Agentes Biológicos, Químicos e Físicos**. São Paulo: Editora SENAC, 2006.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. São Paulo: EPUSP, 2008. 19 p. - (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, *BT/PCC/515*). Disponível em: <http://www.fau.usp.br/cursos/pos/areas/area_tecnologia/aut5828/bt515_desempenho_edificios_borges_sabbatani.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2014.

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (CCOHS): **Noise**: Basic Information. Disponível em: <http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_basic.html>. Acesso em: 16 nov. 2013.

CATAI, Rodrigo E.; PENTEADO, André P.; DALBELLO, Paula F. Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico. **17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais**, Foz do Iguaçu, nov. 2006. Disponível em: <<http://hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/CienciasdoAmbiente/Semestre20101/Isolamentoacustico-materiais.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2014.

FUNDACENTRO. **Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**: NHO 01 – Procedimento Técnico. Ministério do Trabalho e Emprego, 2001.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – Laboratório de Acústica e Vibrações – LVA, 1992.

GIANNINI, Camila F. *et al.* **Avaliação do Ruído Ambiental: Monitoramento e Caracterização do Ruído de Fundo em Maringá-PR. Iniciação Científica**, CESUMAR, v. 14, n. 1, p. 55-62, Jan/Jun. 2012.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman - Artes Médicas, 1998.

LESSA, Gustavo Araujo Dias T. **DryWall em edificações residenciais**. 2005. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental – Universidade Anhembi Morumbi, 2005.

LIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

MAIA, Paulo A. **Estimativa de Exposições não Contínuas a Ruído**. São Paulo: FUNDACENTRO – Ministério do Trabalho e Emprego, 2002.

MELLO, Angela de. **Alerta ao Ruído Ocupacional**. 1999. 74 f. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) – Curso de Pós-Graduação em Audiologia Clínica, Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, Porto Alegre, 1999.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHAS). **Hearing Conservation**. U.S: Department of Labor, 2002. Disponível em: <<http://www.osha.gov/Publications/osha3074.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2013.