

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

SILVIO CESAR RIBEIRO

**QUANTIFICAÇÃO E FORMAS DE ATENUAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO
GERADOS PELO USO DA BETONEIRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CURITIBA
2014**

SILVIO CESAR RIBEIRO

**QUANTIFICAÇÃO E FORMAS DE ATENUAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO
GERADOS PELO USO DA BETONEIRA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

CURITIBA

2014

SILVIO CESAR RIBEIRO



TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO N.º _____

**PROJETO ACÚSTICO PARA MINIMIZAÇÃO DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA
EQUIVALENTE E POEIRA GERADOS POR USO DE BETONEIRA, UM ESTUDO DE CASO**

POR

SILVIO CESAR RIBEIRO

Esta dissertação foi apresentada às 14 hrs do dia 09 de dezembro de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL**, área de Meio Ambiente, Linha de pesquisa Sustentabilidade, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

(aprovado / reprovado)



Prof. Dr. André Nagall
(Orientador - UTFPR)



Prof. Dra Carolina Reich Marcon Passero
(FADEP)



Prof. Dr. Rodrigo César Kanning
(IFPR)



Prof. Dr. César Augusto Romano
(UTFPR)

Visto da Coordenação:



Ronaldo Luis dos Santos Izzo
Coordenador do PPGEC

Prof. Dr. Ronaldo Luis dos Santos Izzo
Coordenador do PPGEC

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram nesta realização e, em especial a minha esposa e filhos pela paciência, carinho e apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo Dom da Vida.

Ao Professor Orientador Dr. André Nagalli e ao Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai, pela atenção, dedicação e total apoio, de ambos, a este projeto.

À minha família, pela confiança e motivação e compreensão pela ausência involuntária.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração com o nosso sucesso em relação a esta jornada.

Aos professores, mestres e doutores, e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde juntos trilhamos esta importante etapa em nossas vidas.

A todos aqueles que colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“Há pessoas que transformam o Sol numa simples mancha amarela, mas há também aqueles que fazem de uma simples mancha amarela o próprio Sol”.

Pablo Picasso

RESUMO

As betoneiras, embora sejam equipamentos aparentemente inofensivos e que não trazem muitos riscos aos trabalhadores, esconde um problema muito grave associado à sua operação, que são os altos níveis de ruído produzido. Normalmente os operadores de betoneiras são aqueles que ficam mais expostos a estes elevados níveis de ruído e, também há os demais operadores e a vizinhança. Esta pesquisa, além de quantificar tais impactos, sugere formas para amenizar os níveis de ruído assimilados por estes operadores de betoneiras e que são provenientes deste equipamento, atuando na fonte geradora. Para minimização do nível de ruído, foi desenvolvida tampa de proteção para ser utilizada na boca do tambor, de modo que não interferisse no modo de operação da betoneira e que também servisse para atenuar o ruído durante a mistura do agregado. Foi objeto de estudo a análise e aplicação de dois materiais, sendo eles placas de EVA e borracha líquida, para revestimento do tambor da betoneira, que contribuísse para a redução do nível de ruído. Os níveis de pressão sonora equivalente foram coletados na frente, atrás e nas laterais da betoneira a distâncias de 1 a 8 metros. Os resultados demonstraram que é possível minimizar o ruído garantindo um conforto acústico durante o uso da betoneira em um canteiro de obras. Os ensaios comprovaram que, dentre as opções analisadas, o melhor revestimento é a borracha líquida que pode ser utilizada externamente ao tambor da betoneira reduzindo o ruído em 13 dB(A), chegando a 17 dB(A), com o uso da tampa de proteção.

Palavras chave: betoneira, revestimento acústico, conforto acústico, ruído ocupacional, saúde do trabalhador.

ABSTRACT

The concrete mixers, although seemingly harmless and equipment that do not bring many risks to workers, hides a very serious problem associated with their operation, which are the high levels of noise produced. Usually the mixers operators are those that are more exposed to these high levels of noise and there are also other operators and the neighborhood. This research and to quantify these impacts, suggests ways to mitigate the noise levels assimilated by these mixers operators and discharged from this equipment, acting at the source. To minimize the noise level cap has been developed for use in the mouth of the barrel, so it does not interfere with the mixer operating mode and also serve to reduce the noise when mixing the aggregate. Object of study was the analysis and application of two materials, namely plates EVA and liquid rubber, to drum coating the mixer, which would help reduce the noise level. The equivalent sound pressure levels were collected in front, behind and on the sides of the mixer at distances 1-8 meters. The results showed that it is possible to minimize noise ensuring acoustic comfort while using the mixer on a construction site. Tests have shown that among the options considered, is the best coating liquid rubber which may be used externally to the mixer drum 13 reducing the noise in dB (A), reaching 17 dB (A) with the use of lid protection.

Keywords: *concrete mixer, acoustic flooring, acoustic comfort, occupational noise, worker health.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CURVA DE EXPOSIÇÕES MÁXIMA PERMITIDAS.....	26
FIGURA 2 - INTERVALO NORMAL DA AUDIÇÃO.....	27
FIGURA 3 - CURVAS DE PONDERAÇÃO.....	35
FIGURA 4 - ESTRUTURA DA ORELHA HUMANA.....	37
FIGURA 5 - BETONEIRA PADRÃO.....	40
FIGURA 6 - EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE.....	46
FIGURA 7 - DETALHE DO SISTEMA ACÚSTICO.....	49
FIGURA 8 - .PREPARO DO EVA PARA CORTE.....	49
FIGURA 9 - PEÇAS DE EVA CORTADAS.....	50
FIGURA 10 - BETONEIRA REVESTIDA COM MATERIAL “TIPO A”.....	51
FIGURA 11 - BETONEIRA REVESTIDA COM MATERIAL “TIPO B”.....	52
FIGURA 12 - ROLAMENTO BLINDADO DO TIPO ESFERA FIXO NO MDF.....	52
FIGURA 13 - CHAPAS DE MDF CORTADAS EM CIRCUNFERÊNCIA DE 500 E 450 mm.....	53
FIGURA 14 - CHAPAS DE MDF SOBREPOSTAS.....	54
FIGURA 15 - ALÇA DE PEGA E TAMPA DE PROTEÇÃO.....	54
FIGURA 16 - PONTOS DE COLETA NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE GERADOS PELA BETONEIRA.....	55
FIGURA 17 - COLETA NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE FRONTAL...56	
FIGURA 18 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL EQUIVALENTE DE PRESSÃO SONORA QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA VAZIA E SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR.....	58
FIGURA 19 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM CONCRETO E SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR.....	60
FIGURA 20 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM A TAMPA E SEM CONCRETO (SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR).....	61

FIGURA 21 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM A TAMPA E COM CONCRETO (SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR).....	63
FIGURA 22 - DEMONSTRAÇÃO DA DIFERENÇA DO L_{EQ} ENTRE A BETONEIRA SEM A TAMPA E COM A TAMPA DE PROTEÇÃO.....	64
FIGURA 23 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, SEM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	65
FIGURA 24 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, COM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	66
FIGURA 25 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, SEM A TAMPA E COM CONCRETO.....	68
FIGURA 26 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, COM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	69
FIGURA 27 - DEMONSTRAÇÃO DA DIFERENÇA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE ENTRE A BETONEIRA SEM A TAMPA E COM A TAMPA DE PROTEÇÃO E O REVESTIMENTO “TIPO A”.....	70
FIGURA 28 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O TAMBOR APLICADO O REVESTIMENTO “TIPO B”, SEM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	71
FIGURA 29 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DOS NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O TAMBOR REVESTIDO COM O MATERIAL “TIPO B”, COM TAMPA E SEM CONCRETO.....	73
FIGURA 30 - DEMONSTRAÇÃO DA DIFERENÇA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO ENTRE A BETONEIRA SEM A TAMPA E COM A BETONEIRA APLICADA O REVESTIMENTO “TIPO B”.....	74

FIGURA 31 - GRÁFICO DA DEMONSTRAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADOS DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO B”, COM TAMPA E COM CONCRETO.....	75
FIGURA 32 - DEMONSTRAÇÃO DA DIFERENÇA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADOS ENTRE A BETONEIRA SEM A TAMPA E COM A BETONEIRA APLICADA O REVESTIMENTO “TIPO B” E TAMPA DE PROTEÇÃO...	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE.....	31
TABELA 2 - LIMITES DE EXPOSIÇÃO AO NÍVEIS DE RUÍDO OCUPACIONAL EM DIFERENTES PAÍSES.....	32
TABELA 3 - NÍVEIS DE RUIDO PERMISSÍVEL DA SSMA DE CURITIBA PR.....	33
TABELA 4 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA VAZIA E SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR.....	57
TABELA 5 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM CONCRETO E SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR.....	59
TABELA 6 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM A TAMPA E SEM CONCRETO (SEM NENHUM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR).....	61
TABELA 7 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM A TAMPA E COM CONCRETO (SEM REVESTIMENTO EM SEU TAMBOR).....	62
TABELA 8 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, SEM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	64
TABELA 9 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, COM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	66
TABELA 10 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, SEM A TAMPA E COM CONCRETO.....	67
TABELA 11 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO A”, COM A TAMPA E COM CONCRETO.....	68

TABELA 12 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO B”, SEM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	71
TABELA 13 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO B”, COM A TAMPA E SEM CONCRETO.....	72
TABELA 14 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO B”, SEM A TAMPA E COM CONCRETO.....	74
TABELA 15 - DEMONSTRAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE QUANTIFICADO DURANTE A OPERAÇÃO DA BETONEIRA COM O REVESTIMENTO “TIPO B”, COM A TAMPA E COM CONCRETO.....	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	- <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANAMT	- Associação Nacional de Medicina do Trabalho
CA	- Certificado de Aprovação
CAS	<i>Chemical Abstracts Service</i>
CLT	- Consolidação das Leis do Trabalho
CREA	- Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
EPC	- Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
EVA	- Etil Vinil Acetato
Hz	<i>Hertz</i>
INSS	- Instituto Nacional de Seguridade Social
Leq	- É o nível que, na hipótese de poder ser mantido constante durante o período de medição, acumularia a mesma quantidade de energia acústica que os diversos níveis variáveis acumulam no mesmo período
LT	- Limite de Tolerância, valor de nível de energia ou de concentração de um agente, estabelecido pro normas, acima do qual há condição de insalubridade (NR-15/ACGIH)
MDF	- <i>Medium Density Fiberboard</i> (Fibra de média densidade)
MPAS	- Ministério da Previdência e Assistência Social
MTE	- Ministério do Trabalho e Emprego
NA	- Nível de Ação – valor de intensidade / concentração do agente a partir do qual se fazem necessárias medidas preventivas e de controle das condições para que uma determinada situação não ultrapasse os limites de tolerância
NBR	- Norma Brasileira
NEN	- Nível de Exposição Normalizado
NIOSH	- <i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NPS	- Nível de Pressão Sonora

NPSc	- Nível de Pressão Sonora corrigido (com uso de protetor auricular)
NR	- Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego
NRrsf	- Nível de Redução do Ruído <i>subject fit</i>
OIT	- Organização Internacional do Trabalho
OSHA	- <i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PAIR	- Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (laboral); é surdez de percepção, podendo se temporária ou permanente
PCA	- Programa de Conservação Auditiva
PCMSO	- Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (NR7 do MTE)
PNOC	- <i>Particulates Not Otherwise Classified</i>
PNOS	- <i>Particulates Not Otherwise Specified</i>
PPM	- Parte por milhão
PPR	- Programa de Proteção Respiratória
PPRA	- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (NR9 do MTE)
RISCO	- Tudo o que tem potencial para gerar doenças ou acidentes;pode ser físico, químico, biológico, ergonômico, ou de acidentes
RMS	- <i>Root Mean Square</i>
SAÚDE	- Relativo ao bem estar orgânico, psicológico e social de uma pessoa
SBFa	- Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia
SBORL	- Sociedade Brasileira de Otorrinolaringologia
SOB	- Sociedade Brasileira de Otologia
SOBRAC	- Sociedade Brasileira de Acústica
SNIC	- Sindicato Nacional da Indústria de Cimento
SST	- Segurança e Saúde do Trabalhador
STEL	- Limite para exposição de curta duração (15 minutos)
TWA	- Média ponderada no tempo de 08 horas de trabalho
TLV	- <i>Threshold Limit Value</i> , é o valor de nível de energia ou de concentração de um agente acima do qual não pode haver exposição sem proteção adequada durante a jornada de trabalho, mesmo que instantaneamente
UTFPR	- Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WHO	- <i>World Health Organization</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E NOMENCLATURAS

- cps - ciclos por segundo.
- D - dose de equivalência.
- Leq* - *equivalente level*.
- p - página(s).
- P - amplitude da pressão sonora no meio Pa.
- P_0 - pressão de referência no ar e vale 2×10^{-5} Pa.
- T - tempo de exposição.
- Tr - tempo de reverberação.

ACRÔNIMOS

- dB - Decibel, pseudo-unidade de Nível de Pressão Sonora, geralmente referenciado como $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$, página 20.
- Decibel - escala em base logarítmica, utilizada para representar o nível de pressão sonora percebido pela orelha humana. Usa o limiar da audição de $20 \mu\text{Pa}$ como ponto de partida ou pressão de referencia, definido para ser 0 dB, página 30.
- NPS - Nível de Pressão Sonora determina a intensidade do som e representa a relação do logaritmo entre a variação da pressão sonora (P), provocada pela vibração, e a pressão que atinge o “limiar de audibilidade”, página 31.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 PROBLEMA.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo Geral.....	21
1.2.2 Objetivos Específicos.....	21
1.3 JUSTIFICATIVA.....	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1 O SOM.....	25
2.1.1 Aspectos físicos do som.....	28
2.1.2 Grandeza Decibel.....	28
2.2 O NÍVEL DE PRESSÃO SONORA.....	29
2.2.1 Limites de tolerância do nível de pressão sonora.....	31
2.3 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	34
2.3.1 Ruído contínuo e intermitente.....	34
2.3.2 Ruído de impacto.....	35
2.3.3 Nível sonoro equivalente.....	36
2.3.4 Tempo de reverberação.....	36
2.4 A ORELHA HUMANA.....	37
2.4.1 Efeitos auditivos em decorrência do ruído.....	38
2.5 BETONEIRA.....	40
2.6 CONCRETO.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1 MÉTODO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA.....	44
3.1.1 Projeto para redução dos níveis de ruído.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1 RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE.....	57
4.1.1 Resultados e avaliações dos ensaios com a betoneira sem revestimento no tambor....	57
4.1.2 Resultados e avaliações dos ensaios com o tambor da betoneira revestido com o material Tipo “A”.....	64
4.1.3 Resultados e avaliações dos ensaios com o tambor da betoneira revestido com o	

material Tipo “B”.....	70
5 CONCLUSÃO.....	77
5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	78
REFERÊNCIAS.....	79
ANEXO A – Certificado de calibração do medidor de pressão sonora.....	86

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), todos os anos têm-se cerca de 330 milhões de trabalhadores vítimas de acidentes de trabalho a nível global, além de 160 milhões de novos casos de doenças ocupacionais. Sobre as mortes, a OIT aponta mais de 2 milhões relacionadas ao trabalho, sendo 1.574.000 por doenças, 355.000 por acidentes e 158.000 por acidentes de trajeto (OIT, 2012).

O Brasil tem tido destaque no que concerne ao número elevado de acidentes de trabalho e afastamentos, em especial na construção civil. As estatísticas apontam que o ramo de construção civil é o segundo setor da economia em número de acidentes do trabalho (AEPS, 2012).

A OIT, através de suas estatísticas coloca o Brasil entre os países com maior número registrado de acidentes de trabalho no mundo (FUNDACENTRO, 2013a). As estatísticas apontam que no ano de 2012 foi registrado um total de 50.570 acidentes neste segmento (AEPS, 2012).

Os trabalhadores da construção civil têm três vezes mais probabilidade de sofrer acidentes e duas vezes mais probabilidade de sofrer ferimentos que os trabalhadores de outros segmentos de empregabilidade (OSHA, 2014).

No ano de 2011 a atividade de construção civil continuou sua trajetória de alta, contribuindo com o Produto Interno Bruto do país, porém com um crescimento menor do que o apresentado no ano anterior. O principal fator que contribuiu para o crescimento no setor foi o aumento da construção habitacional¹ (SNIC, 2012).

De acordo com o SNIC – Sindicato Nacional da Indústria de Cimento o consumo aparente de cimento terminou o ano de 2013 com 69.323.633 toneladas, um aumento de 2,4% em relação ao ano de 2012. O consumo *per capita* alcançou 333 kg/hab/ano, sendo a maior marca desde o ano de 1935, no qual o consumo foi de 22,3 kg/hab/ano. Suas estatísticas apontam que 81% do concreto é preparado na obra. Desta forma, o uso da betoneira exerce um papel essencial.

As betoneiras, embora sejam equipamentos de simples operação, oferecem determinados riscos ao operador. Há a exposição aos altos níveis de pressão sonora e a exposição, do trato respiratório do operador, à poeira, proveniente principalmente do cimento.

¹ construção residencial para famílias de baixa renda, cuja renda familiar mensal deve ser de até R\$ 1050,00.

Processos construtivos podem produzir diversos tipos de poluição ambiental, tais como ruídos, emissões de gases do efeito estufa e poluentes atmosféricos (ZHANG *et al.*, 2014). Hess et al. (2010) relatam que trabalhadores da construção civil que operam *equipamentos*, dentre eles a betoneira, têm como um dos fatores de risco ocupacional a exposição a níveis indesejáveis de pressão sonora.

Segundo Gerges (2000), mesmo com o avanço da tecnologia nos estudos sobre o controle do nível de pressão sonora, ainda há muitas situações e casos onde a redução do nível de pressão sonora não é economicamente viável. Comenta que na maioria dos casos são necessários muitos anos para a redução do nível de pressão sonora na fonte até o limite de 85 dB(A). Essas reduções podem ser feitas através da modificação do processo e/ou substituição das máquinas.

A exposição ao nível de pressão sonora, além da perda auditiva e demais danos auditivos (redução da sensibilidade auditiva, por exemplo), também pode ser agente causador de alterações na pressão sanguínea, taquicardia, cansaço, diminuição da acuidade visual, sobrecarga no músculo cardíaco além de gerar fadiga mental, irritabilidade e nervosismo (TORREIRA, 1999).

Visando preservar a integridade física dos trabalhadores que operam betoneiras e evitar possíveis afastamentos decorrentes de doenças que podem ser geradas pelos riscos ambientais provenientes da operação da betoneira, o presente estudo demonstra os níveis de pressão sonora equivalente assimilados por estes trabalhadores e que são provenientes da betoneira, e propor medidas para atenuar na fonte o nível de pressão sonora. Para tanto, aplicou-se um revestimento externo ao tambor da betoneira e desenvolveu uma tampa acústica para selar a boca do tambor da betoneira. Esta tampa, além de reduzir o nível de pressão sonora ocasionado pela mistura do concreto, também contribuirá na contenção da poeira do cimento gerada pela mistura do concreto.

1.1 PROBLEMA

Alguns dos profissionais do setor da construção civil, em determinados momentos, estão expostos a agentes agressivos que contribuem de forma negativa para a preservação de sua integridade física. Uma das fontes potenciais de geração destes agentes é a betoneira cuja operação enseja ruídos e poeira. Segundo Saliba (2008) exposições a ruídos podem gerar danos à saúde do trabalhador e perdas auditivas irreversíveis. Considerando a alta frequência

com que as betoneiras são utilizadas na fabricação de concretos em obras, faz-se importante e necessário investigar seus efeitos sobre a segurança e saúde do trabalhador.

1.2 OBJETIVOS

1. 2.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo principal analisar dois revestimentos que possam ser aplicados externamente ao tambor da betoneira e também criar uma tampa de proteção para a boca do tambor para minimização do nível de ruído durante a operação do equipamento.

1. 2.2 Objetivos específicos

Este estudo tem como objetivos específicos:

- Quantificar a emissão do nível de pressão sonora equivalente durante a operação da betoneira utilizando em seu interior britas do tipo 1 e 2²;
- Mapear os níveis de pressão sonora equivalente nas regiões frontal, traseira e laterais a distâncias de 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m e 8 m do equipamento;
- Revestir externamente o tambor da betoneira com duas opções de materiais, sendo uma manta de EVA (etil vinil acetato) e a aplicação de uma borracha líquida e verificar a eficiência na redução do nível de pressão sonora equivalente para cada material;
- Projetar um tipo de tampa, para proteção da boca do tambor, para auxiliar na redução do ruído durante a mistura dos agregados.

² Brita 1 apresenta faixa granulométrica na ordem de 12.5 a 22mm e a brita 2, tem granulometria na ordem de 22 a 32mm.

1. 3 JUSTIFICATIVAS

A premissa deste trabalho é que as betoneiras são equipamentos capazes de gerar níveis de ruído prejudiciais a seus operadores. Ao investigar os níveis de pressão sonora pretende-se compreender o aspecto quantitativo deste agente sobre o trabalhador.

Devido ao aumento da poluição a que os cidadãos e trabalhadores urbanos estão expostos, como poluição atmosférica, visual, vibratória ou sonora, torna-se necessária a elaboração de medidas para o controle (ZHANG *et al.*, 2014). Ruídos em cidades é um problema global que vem sendo estudado extensivamente em todo mundo (FIEDLER e ZANNIN, 2015; ZHANG *et al.*, 2014). Por este motivo, justifica-se o desenvolvimento de um tema que envolva esta preocupação e tenta da forma coerente proporcionar alternativas para sua atenuação. Desta forma, a elaboração de uma tampa acústica e de revestimento acústico para betoneiras, pode ser interessante e viável no que tange a redução do nível de pressão sonora advindas da operação da mesma.

Segundo a *ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (2012), devido às grandes variações na suscetibilidade individual, a exposição de um indivíduo aos níveis estabelecidos como limites de tolerância de 85 dB, ou mesmo abaixo desses níveis, pode resultar em desconforto, agravamento das condições preexistentes, ou até mesmo, em alguns casos, em danos físicos e biológicos. Deve-se levar em consideração também que alguns desses indivíduos podem também ser hiper-susceptíveis ou incomumente reativos a certos agentes físicos e químicos existentes no local de trabalho, devido a fatores, tais como idade, predisposição genética, hábitos pessoais (consumo de álcool, tabagismo ou outras drogas), medicações, ou exposições prévias ou sincronizadas.

Segundo Iida (2005), a exposição a elevados níveis de pressão sonora, prejudica tarefas que necessitam de atenção e concentração mental, bem como precisão de movimentos. O ruído causa distúrbios gastrointestinais e distúrbios relacionados com o sistema nervoso, como irritabilidade, nervosismo e vertigens (SALIBA, 2004). De acordo com Grandjean (1998), ruídos podem afetar os indivíduos de forma psicológica, podendo atingir sentimentos e sensações de natureza subjetiva, além de funções neurocognitivas (TZIVIAN *et al.*, 2014). Como referência nacional, o Ministério do Trabalho e Emprego designa como nível de ação, para uma jornada de 8 horas, o nível de até 85 dB portanto acima desse nível há um risco de danos ao aparelho auditivo do trabalhador (BRASIL, 2009a).

Justifica-se ainda este trabalho que com a atenuação dos níveis de pressão sonora gerados pelas betoneiras, os trabalhadores que utilizam este equipamento, por ventura, poderão deixar de utilizar equipamento de proteção individual (protetor auricular) durante sua jornada de trabalho.

Os resultados da pesquisa têm o intuito de demonstrar que simples alterações em equipamentos podem apresentar resultados extremamente importantes para os trabalhadores e para a sociedade. Pois, apenas a colocação da tampa acústica na betoneira, possivelmente reduzirá o nível de ruído que atinge o trabalhador. Lembrando que o ruído que o atinge pode induzi-lo ao perda auditiva.

Os benefícios econômicos são imensuráveis, pois reduzirá o aparecimento da surdez em diversos trabalhadores ligados aos serviços de operação com betoneiras. Isso é extremamente interessante, pois desta forma se reduz a quantidade de trabalhadores afastados, a médio e longo prazo, em função desses problemas. Desta forma, ganham os empresários, que não terão que pagar funcionários afastados e indenizações trabalhistas pela exposição dos trabalhadores a níveis de ruído acima do permissível. Adicionalmente haverá economia na aquisição dos equipamentos de proteção individual, pois o estudo servirá para desenvolver a proteção coletiva dos trabalhadores. Além desses fatores, também ganhará a coletividade, pois menos trabalhadores necessitarão de atendimento médico nos postos de saúde públicos.

No que tange aos aspectos ambientais, a pesquisa pode contribuir de forma essencial e extremamente importante para o meio ambiente, pois busca reduzir a quantidade de emissão acústica gerada pelas betoneiras, diminuindo, portanto, a poluição sonora.

Espera-se que após a conclusão desse estudo e comprovada sua viabilidade técnica e operacional, possa haver sensibilização por parte dos empresários, trabalhadores e sociedade, para que se produza uma tampa de proteção para a boca do tambor da betoneira e aplicação de um revestimento no lado externo do tambor das betoneiras, garantindo uma redução dos níveis de pressão sonora, cujo risco deixará de atingir os colaboradores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Processos construtivos geram inevitavelmente emissões de CO₂, CO, NO_x, SO₂ e material particulado, entre outros, bem como ruídos (ZHANG *et al.*, 2014). Neste capítulo são apresentadas e discutidas pesquisas relacionadas à operação de equipamentos betoneiras, processos de emissão sonora, saúde ocupacional e conceitos correlatos.

2.1 O SOM

O som se caracteriza por flutuações de pressão em um meio compressível, quando a amplitude destas flutuações e a frequências, com que elas se repetem, estiverem dentro de determinadas faixas de valores (GERGES, 1992). Quando essa vibração estimula o aparelho auditivo, ela é chamada vibração sonora. Assim, o som é definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas (SALIBA, 2008). De acordo com Brüel e Kjaer (2000), o som pode ser definido como qualquer variação de pressão passível de identificação pela orelha humana.

Os termos som e ruído são geralmente empregados com pouca diferenciação. Porém, geralmente, emprega-se o termo som para sensações prazerosas, como música, sons suaves da natureza como o canto dos pássaros, as ondas do mar, dentre outros. Já o ruído é denotado para um som desagradável, indesejável, sem harmonia, tal como barulho de máquinas ou do trânsito, explosões e buzina (GERGES, 1992; SANTOS, 1999; BISTAFA 2011).

Segundo Bechtel e Churman (2002), citado por Alves (2012), o espectro do som no ambiente de trabalho oscila entre moderadamente indesejado até o indesejado irritante e pode ser descrito em períodos curtos até contínuos, previsíveis ou não. Desta forma, o ruído no ambiente pode incluir vozes de pessoas, músicas, sons de equipamentos e máquinas inerentes ao trabalho e, este mesmo som pode ter efeitos diferentes para quem o ouve, dependendo da perspectiva individual e da situação em si. Alguns sons podem afetar o desempenho e a satisfação no trabalho.

Para Fonseca (2013), som consiste em pequenas perturbações (compressão e rarefação) como desvios em relação ao valor da pressão de repouso (ou a pressão atmosférica). Por outro lado, Astete *et al.* (1994) e Merluzzi (1981) entendem que o som é uma forma de energia, ou perturbação vibratória, transmitida em meio elástico e pelo ar, que causa a sensação de audição. Quando o som não é desejado, é molesto ou nocivo, pode ser chamado de ruído.

Dependendo do meio, o som propaga-se a diferentes velocidades. No ar, o som propaga-se a uma velocidade aproximada de 340 m/s, enquanto que em meios sólidos e líquidos a velocidade é substancialmente superior a 1500 m/s na água e 5000 m/s no alumínio (BRÜEL e KJAER, 2000).

Para que o som seja percebido pelo ser humano, ele deve estar dentro da faixa de frequência audível pela orelha humana. De acordo com Gerges (2000), também citado por Fonseca (2013), em acústica, a faixa de frequências de maior interesse é geralmente entre 20 Hz e 20 kHz. Isto é, aproximadamente, o intervalo que um ser humano pode perceber como o som.

A percepção dos sons só acontecerá quando as variações de pressão e a frequência de propagação estiverem dentro de limites compatíveis com a fisiologia da orelha humana (SANTOS, 1999).

O som é caracterizado por três variáveis físicas, sendo a frequência, a intensidade e a duração. Define-se frequência como sendo o número de flutuações ou vibrações por segundo, sendo expressa em Hertz (Hz), e subjetivamente pode ser percebida como altura do som. Abaixo de 20 Hz têm-se as vibrações não audíveis e, aproximadamente acima de 3.000 Hz os sons de alta frequência, chamados de agudos (IIDA, 2005).

A duração do som é medida em segundos. Sons de curta duração, menores de 0,1 s, dificultam a percepção e são diferenciados daqueles de longa duração, acima de 10 s. Os limites de audibilidade humana (*loudness*³) dependerão do fator combinação entre a frequência e amplitude do som (GERGES, 1992).

Conforme Iida (2005), a intensidade sonora depende da energia das oscilações e é definida em termos de potência por unidade de área. A intensidade das vibrações sonoras ou das variações de pressão que lhes estão associadas exprime-se em Newton por metro quadrado (N/m²) ou Pascal e designa-se por pressão sonora.

Para Barbosa Filho (2001), o som tanto pode trazer sensações agradáveis como desagradáveis, sendo que neste segundo caso o som assume a denominação de ruído. Segundo Bistafa (2011), um ruído de 140 dB(A) já pode romper o tímpano.

O nível de som percebido pela audição humana difere do nível real, dependendo da frequência. A Figura 1 demonstra que há uma maior sensibilidade entre os 3000 e os 4000 Hz. Nas baixas frequências o efeito é mais pronunciado. Estas curvas foram determinadas

³ É uma quantificação mais precisa da sensação acústica percebida, se comparada ao nível de pressão sonora. Leva em consideração a frequência e a pressão sonora, largura de banda do sinal, assim como o mascaramento espectral e temporal. A unidade para o *loudness* é o *sones*, de caráter linear em relação à sensação acústica.

experimentalmente por Robinson e Dadson no ano de 1956, seguindo os trabalhos originais de Fletcher e Munson, pelo que se refere a elas como curvas de Fletcher e-Munson.

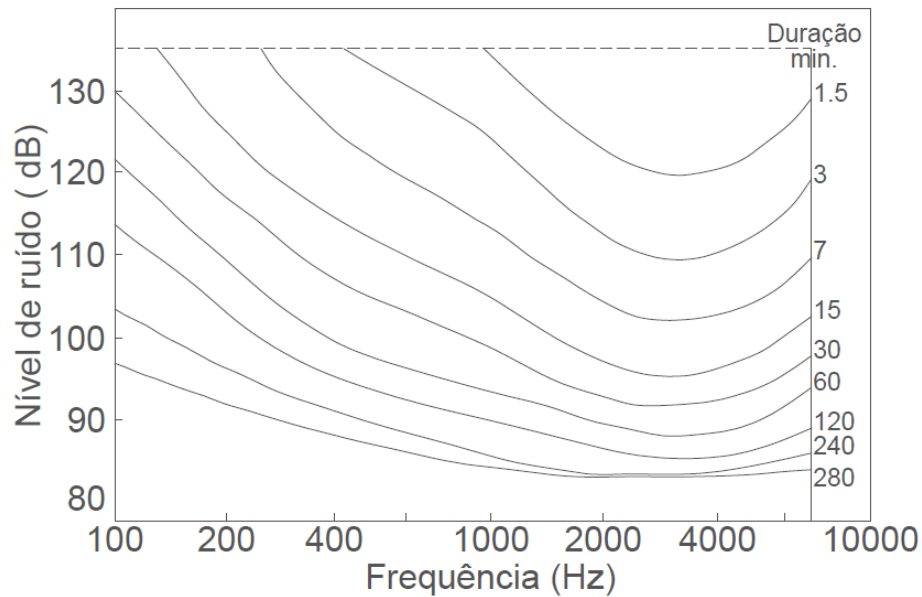


Figura 1 – Curvas de exposições máximas permitidas.
Fonte: IIDA, 2005.

De acordo com Fahy e Walker (1998) e há um intervalo normal de audição e, a orelha humana é mais sensível no intervalo em torno de 3 a 4 kHz. Limiares individuais podem variar bastante acima e abaixo da média em diferentes frequências. O sistema auditivo humano não percebe todos os sons igualmente nas várias frequências ou intensidades sonoras, por exemplo, um som de 20 Decibéis a 1000 Hz seria percebido como o mesmo nível de 50 decibéis a 100 Hz. Isso indica que nossos ouvidos são menos sensíveis a sons de baixa frequência (Figura 2).

Segundo Palma (1999), as ressonâncias da orelha externa e do meato acústico amplificam o ruído da região de 2 a 4 kHz no momento em que o ruído chega à orelha interna. Desta forma, essa região apresenta a maior sensibilidade à perda auditiva.

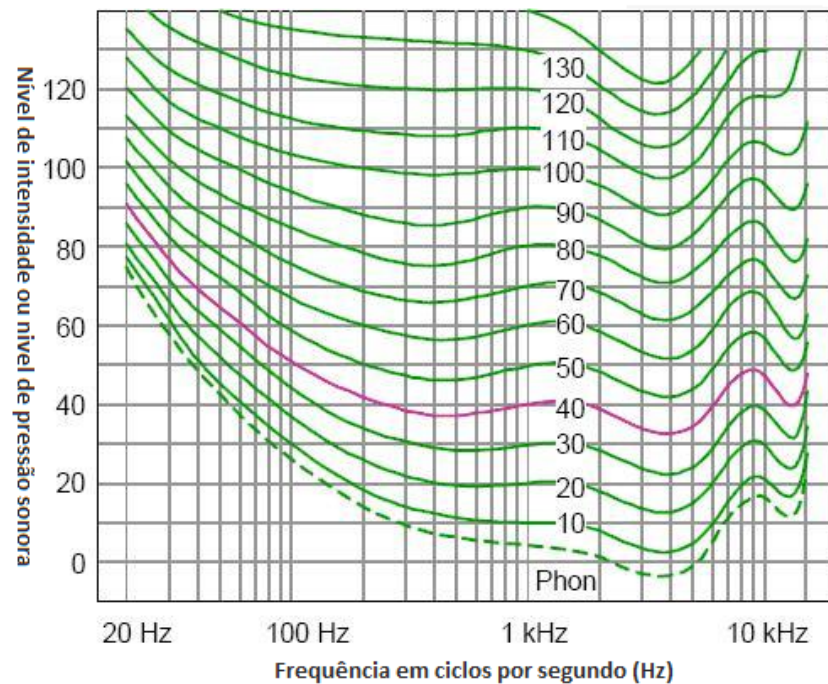


Figura 2 - Intervalo normal da audição.
 Fonte: Techniques du son, 2014

A poluição sonora está em terceiro lugar, entre os principais problemas ambientais existentes no planeta, que causam males a população, passando a ser tratado como problema de saúde pública. Em primeiro lugar está a poluição atmosférica seguida da poluição da água para consumo (OMS, 1998).

A poluição sonora sendo a terceira maior forma de poluição ambiental, atualmente é a principal causa de hipoacusia e surdez em indivíduos adultos (SANTOS, 1999). Para Bies e Hansem (2003) o reconhecimento do nível de pressão sonora como um perigo grave para a saúde é uma evolução dos tempos modernos. Segundo Gomes e Fischer (1989), quando se fala em doença ocupacional, a exposição a elevados níveis de pressão sonora ocupa a terceira posição, precedida pelas doenças osteomusculares relacionados ao trabalho.

Já em 1974, Schwartz e Leonov, uns dos primeiros a estudarem a matéria no bojo da construção civil, demonstravam preocupação com os aspectos acústicos de canteiros de obras e investigaram formas para atenuação de seus efeitos. Atualmente, é comum empregar-se modelos computacionais para predição de níveis de pressão sonora, tais como o empregado por Zhang *et al.* (2014) ao avaliar nível de pressão sonora equivalente em processos construtivos por meio do programa NONROAD.

2.1.1 Aspectos físicos do som

De acordo com Halliday (2009) e Santos (1999) o som apresenta alguns aspectos físicos, a saber:

- Amplitude (A): é uma constante positiva, cujo valor depende do modo como o movimento foi produzido, caracterizando a intensidade do som; quanto maior a compressão, maior é o volume do som; tem como unidade o N/m^2 ou Pa.

- Pico ou crista: ponto máximo de compressão.

- Vale: ponto máximo de descompressão.

- Comprimento de onda (λ): pode ser definido como a distância física no ar entre um pico de onda até o próximo.

- Frequência (f): é o número de vezes que a oscilação (de pressão) é repetida, na unidade de tempo. A frequência é medida em ciclos por segundo (cps) ou em Hertz (Hz).

- Harmônica: são ondas sonoras de frequências múltiplas inteiras da onda fundamental. As harmônicas são classificadas em pares e ímpares, e definidas em função de suas sequências positiva, negativa e nula.

- Velocidade (c): é definida como a distância percorrida pela onda sonora por unidade de tempo, levando em consideração a característica do meio para a velocidade de propagação. É uma constante, independente da frequência. Sua unidade é o metro por segundo (m/s).

2.1.2 Grandeza Decibel

O som mais fraco que o ouvido humano saudável pode detectar é de 20 milionésimos de um Pascal, ou seja 20 μPa . A escala decibel usa esse limiar da audição como seu ponto de partida ou pressão de referência. Isso é definido para ser 0 dB. Zamberlan (2006), baseada em Fernandes (2002) cita que ao relacionar intensidade sonora e sensação auditiva aplica-se a Lei de Weber, na qual o aumento da intensidade sonora faz com que a orelha humana torne-se menos sensível, ou ainda, é necessário aumentar de maneira exponencial para que a orelha humana sinta o som linearmente. Segundo Gerges (2000) e Russo (1999) a escala logarítmica é utilizada para a intensidade sonora bem como é utilizada para a frequência.

O decibel é a escala logarítmica utilizada para referenciar a intensidade sonora (GERGES, 2000).

Decibel não é uma unidade e sim a relação entre duas grandezas variáveis. A escala dB não é uma escala linear, em consequência disso não pode ser adicionado ou subtraído aritmeticamente (HALLIDAY, 2009; ASTETE et al., 1994).

2.2 O NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

Segundo Fonseca (2013) a orelha humana pode detectar uma ampla gama de pressões sonoras, o que implica difícil representação. O decibel (dB) é, então, uma forma conveniente para melhor expressar essa representação.

Segundo Brüel e Kjaer (2000) o nível de pressão sonora de um som em decibéis, é igual a 20 vezes o logaritmo de base 10 da razão entre a pressão sonora RMS para a pressão sonora de referência de 20 MPa (2×10^{-5} Pa).

A equação do nível de pressão sonora (NPS) é expressa da seguinte forma (SALIBA, 2008):

$$\text{NPS} = 10 \times \log \left(\frac{P_{\text{RMS}}}{P_0} \right)^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde “ P_0 ” é a pressão de referência que corresponde ao limiar de audibilidade (2×10^{-5} N/m²).

Segundo Santos (1994) e Grandjean (1998) os níveis de pressão sonora podem ser classificados quanto à sua variação de intensidade como contínuos, intermitentes e de impacto ou impulso.

De acordo com Da Paz *et al.* (2005) o nível equivalente de pressão sonora de 65 dB(A) é considerado o limiar de conforto acústico para a medicina preventiva⁴ e a norma regulamentadora de 17 do Ministério do Trabalho e Emprego, que fala sobre ergonomia. A exposição contínua à valores acima desse limite pode causar distúrbios psico-fisiológicos diversos, independente da idade, tais como distúrbios no sono, diminuição da performance laboral, hipertensão, agravamento de doenças cardiovasculares, mostrando a necessidade e importância desta pesquisa. Destaca-se ainda que este projeto visa o bem estar não só do trabalhador da construção civil mas também de toda a sociedade que o cerca, seguindo os princípios de qualidade de vida cada vez mais buscados por toda comunidade.

⁴ Segundo a Organização Mundial da Saúde ruído no ambiente laboral acima de 65 dB já caracteriza desconforto auditivo e estresse

Para Fahy e Walker (1998), os três fatores mais importantes para serem analisados são o nível de pressão sonora, a duração total de exposição ao NPS e a susceptibilidade individual, embora a ausência de um período de recuperação completa entre os períodos de exposição a um certo nível de pressão sonora pode também ser importante.

Segundo Iida (2005) níveis de pressão sonora na ordem de 85 dB(A) podem causar danos auditivos. Acima deste nível, o tempo de exposição deverá ser reduzido para que não surjam riscos para os trabalhadores que estão expostos a níveis de pressão sonoras contínuos.

Exposição aos níveis de pressão sonora excessivos sempre representam reclamações, principalmente no aspecto conforto (TORIJA e FLINDEL, 2014). Há diferenças individuais em relação à tolerância aos níveis de pressão sonora. Exposições a níveis de pressão sonora entre 70 e 80 dB(A), mesmo que não provoquem impactos ao aparelho auditivo, dificultam a conversação e reduzem a concentração na execução das tarefas, reduzindo o desempenho produtivo.

De acordo com Seixas *et al.* (1998) *apud* Maia (2001) em alguns países em torno de 16 a 50% dos trabalhadores da construção civil são portadores de perdas auditivas induzidas pelo ruído (PAIR). Sendo que pesquisas feitas sobre a exposição do trabalhador aos níveis de pressão sonora em obras revelam uma faixa de NPS de 75 dB(A) a 113 dB(A) nos pontos de operação das máquinas e 65 dB(A) a 91 dB(A) nos demais ambientes de trabalho. O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH, 2001), cita a exposição a níveis de pressão sonora como sendo um dos maiores problemas de saúde ocupacional da atualidade.

Segundo Davis e Sieber (2002), quando o colaborador está exposto a elevados níveis de pressão sonora usualmente causam-se danos à orelha humana. Eles citam que a regulamentação governamental, isto é, órgãos do governo, deveriam controlar com maior eficiência a exposição dos trabalhadores sujeitos a elevados NPS.

A construção civil no Brasil sempre foi um alvo de críticas em todos os seus âmbitos, sendo estas críticas fundamentadas em vários indicadores, dados coletados e em simples observações. Tais críticas provêm de especialistas em segurança do trabalho, ergonomistas, médicos do trabalho e até mesmo dos próprios trabalhadores que atuam nesta área. Dentre os principais problemas relatados na construção civil, aparecem os efeitos causados pelo ruído dos equipamentos que rotineiramente são utilizados nos canteiros de obra. Segundo Márquez (1997), um dos problemas encontrados nesses operários de máquinas são estresse, queda de produtividade e diversos traumas no aparelho auditivo.

2.2.1 Limites de Tolerância do Nível de Pressão Sonora

No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego, através do anexo nº 1 da NR-15 (BRASIL, 2009) impõe que o nível de ruído de 85 dB(A) seja o máximo permissível para uma exposição durante uma jornada de oito horas de trabalho. Este mesmo documento cita como nível máximo permissível de 115 dB(A) para um tempo de exposição de sete minutos, ambos sem uso de atenuadores de nível de pressão sonora, também chamados de protetores auriculares, que podem ser: do tipo circum auricular (tipo concha) ou de inserção do tipo plugue (moldável ou de silicone).

O anexo 1 da NR-15, demonstrado na Tabela 1, apresenta os limites de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente, mais comumente encontrados em ambientes laborais, ou seja, níveis de ruído que não se caracterizam de impacto (que apresentam picos de energia acústica de curta duração). A exposição, sem proteção, aos níveis de ruído iguais ou superiores a 115 dB(A), caracterizam risco grave e iminente (BRASIL, 2009a).

Tabela 1 - Limites de tolerância para exposição ao ruído contínuo ou intermitente.

NÍVEL DE PRESSÃO SONORA dB(A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
96	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: BRASIL, 2009a

Já a NR-17 do Ministério do Trabalho e Emprego comenta que um valor limite para se ter conforto acústico dentro de um ambiente administrativo é de 65 dB(A). A norma

registra que os valores limite de ruído exigidos para cada ambiente podem ser encontrados na NBR 10152 Níveis de ruído para conforto acústico (ABNT, 1987).

Segundo Gerges (2000) e Hay (1975, 1982), outros países também externam sua preocupação com os níveis de exposição ao ruído ocupacional, conforme exposto na Tabela 2, podendo variar de 80 a 90 dB(A) para uma jornada diária de oito horas/dia ou 40 horas semanais.

Tabela 2 – Limites de exposição ao nível de ruído ocupacional em diferentes países

País	Nível de Pressão sonora dB(A)	Tempo de Exposição (em horas)	Nível Máximo dB(A)
Alemanha	85	8	
Austrália	90	8	115
Brasil	85	8	115
Canadá	90	8	115
China	70 - 90	8	
Espanha	85	8	
Finlândia	85	8	
França	90	40 (semanal)	--
Holanda	80	8	
Inglaterra	90	8	135
Itália	90	--	115
Japão	90	8	--
Noruega	85	8	
Nova Zelândia	85	8	
Suécia	85	40 (semanal)	115
USA - NIOSH	85	8	--
USA - OSHA	90	8	115

Fonte: Gerges (2000); Hay (1975, 1982).

Para efeitos laborais e de litígios trabalhistas, os limites que ultrapassam o exposto definido no Quadro 1 da NR-15, exposto na Tabela 1, caracterizam a insalubridade em locais de trabalho, porém quando se trata de ruído urbano, para questões de conforto ambiental e de impactos de vizinhança, há legislação específicas redigidas pelas prefeituras municipais. Na cidade de Curitiba a legislação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA, através da Lei Municipal Ordinária Nº 10.625 de 19 de Dezembro de 2002, estabelece os níveis de ruído em função do tipo de ocupação da área (zoneamento) e do horário, cujos índices podem variar de 45 a 70 dB(A). Sons e ruídos da construção civil devem seguir o disposto nesta lei, exceto serviços de urgência e inadiáveis decorrentes de casos fortuitos ou de força maior. Na Tabela 3 estão apresentados esses valores.

Tabela 3 – Níveis de ruído permissível da SMMA da cidade de Curitiba-PR.

Zonas de Uso	Diurno das 07h01 as 19h00	Vespertino das 19h01 as 22h00	Noturno das 22h01 as 07h00
ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-B, ZR-AV, ZR-M, APA-SARU, APA-SMRU	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
ZR-OC, ZR-SF, ZR-U, ZUC-II, ZT-MF, ZT-NC, ZE-E, ZE-M, ZOO, SE-CC, SE-OS, SE-OL, APA-ST	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
ZR-4, ZC, ZT-BR-116, ZUM, ZE-D, SE-SH, SE-BR-116, SE-MF, SE-CF, SE-WB, SC-UM, SE-NC, SEI, SEHIS, SE-LE, SEVC-PASSAUNA, SEVS-PASSAUNA, APA-SS Vias prioritárias 1 e 2, Vias setoriais, Vias coletoras 1, 2 e 3	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, ZEI-I (CIC), APA-SUE	70 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)

Os casos não contemplados nesta tabela, serão objeto de análise específica por parte da Secretaria Municipal do Meio Ambiente

Onde: **APA-SARU** - Setor de Alta Restrição de Uso; **APA-SMRU** - Setor de Média Restrição de Uso; **APA-ST** - Setor de Transição; **APA-SUE** - Setor de Uso Esportivo; **APA-SS** - Setor de Serviço; **CONEC** - Setor Especial Conector – Conectora 1,2,3,4, **SC-SF** - Setor Especial Comercial Santa Felicidade; **SC-UM** - Setor Especial Comercial Umbará; **SE** - Setor Especial Estrutural; **SE-AC** - Setor Especial da Av. Affonso Camargo; **SE-BR-116** - Setor Especial da BR-116; **SE-CB** - Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros; **SE-CC** - Setor Especial Centro Cívico; **SE-CF** - Setor Especial da Av. Comendador Franco; **SEHIS** - Setor Especial Habitação de Interesse Social; **SEI** - Setor Especial Institucional; **SE-LE** - Setor Especial Linhão do Emprego; **SE-MF** - Setor Especial da Av. Mal. Floriano Peixoto; **SE-NC** - Setor Especial Nova Curitiba; **SE-OI** - Setor Especial de Ocupação Integrada; **SE-PE** - Setor Especial Preferencial de Pedestres; **SE-PS** - Setor Especial do Pólo de Software; **SEVC-PASSAUNA** -Setor Especial de Vias Coletoras; **SEVS-PASSAUNA** - Setor Especial de Vias Setoriais; **SE-WB** - Setor Especial da Av. Pres. Wenceslau Braz; **SH** - Setor Histórico; **ZC - Zona Central**; **ZOO** - Zona de Ocupação Orientada; **ZE-D** - Zona Especial Desportiva; **ZE-E** - Zona Especial Educacional; **ZEI-I (CIC)** - Zona Especial de Indústria; **ZE-M** - Zona Especial Militar; **ZES** - Zona Especial de Serviços; **ZI** - Zona Industrial; **ZR-1** - Zona Residencial 1; **ZR-2** - Zona Residencial 2; **ZR-3** - Zona Residencial 3; **ZR-4** - Zona Residencial 4; **ZR-AV** - Zona Residencial Alto da Glória; **ZR-B** - Zona Residencial Batel; **ZR-M** - Zona Residencial Mercês; **ZR-OC** - Zona Residencial de Ocupação Controlada; **ZUC-II** - Zona de Urbanização Consolidada; **ZR-SF** - Zona Residencial Santa Felicidade; **ZR-U** - Zona Residencial Umbará; **ZS-1** - Zona de Serviço 1; **ZS-2** - Zona de Serviço 2; **ZT-BR-116** - Zona de Transição BR – 116; **ZT-MF** - Zona de Transição Av. Mal. Floriano Peixoto; **ZT-NC** - Zona de Transição Nova Curitiba; **Z-UM** - Zona de Uso Misto

Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba PR, 2013

Destaca-se que alguns trabalhos científicos já foram realizados, em especial na cidade de Curitiba, quanto à medição dos níveis de ruído sendo que alguns priorizaram os níveis de ruído urbano, também chamado de ruído ambiental (ZANNIN, 2001 *et al.*), enquanto outros autores priorizaram mais os níveis de ruído de máquinas e equipamentos, contudo nenhum tanto em Curitiba como no Brasil, pelo menos que se tenha notícia, desenvolveu um sistema acústico para betoneiras, o que torna este trabalho inédito.

Normas internacionais também recomendam um limite para áreas residenciais, conforme exposto por Siqueira (2012), a *World Health Organization* (WHO, 2003) recomenda que em áreas residenciais, o nível de ruído não ultrapasse 55 dB(A). A partir de 55

dB(A), pode ocorrer estresse leve, acompanhado de desconforto. O nível de 70 dB(A) é tido como o nível inicial de desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, acidente vascular cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias. No nível de 80 dB(A), ocorre a liberação de endorfinas, tornando o organismo dependente, enquanto que em 100 dB(A), pode haver danos e ou perda da acuidade auditiva (SIQUEIRA, 2012).

Segundo Bertucci (1999), o único mecanismo de defesa da orelha humana se encontra na orelha média e é formado por dois músculos. Um se liga ao martelo e faz esticar a membrana do tímpano e o segundo movimenta o estribo regulando a pressão das linfas internas entre o vestíbulo e o caracol. Os músculos do martelo e estribo são regulados simpaticamente, o que se denomina reflexo aural e pode vir a ser estimulado quando o ser humano se expõe a aparição consciente de um som intenso, a eventual exposição à luz e a reações orgânicas. Na exposição súbita a um som intenso, a ocorrência do reflexo aural leva de 35 a 150 milésimo de segundos, considerando a intensidade do som. Se a exposição for contínua a recuperação pode chegar a até 15 minutos.

2.3. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A legislação brasileira descreve algumas formas de quantificar os níveis de pressão sonora, bem como estabelece alguns critérios técnicos para sua utilização, por meio de normas de higiene ocupacional da Fundacentro.

2.3.1 Ruído contínuo e intermitente

Segundo a NR-15 da Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, o ruído contínuo ou intermitente é aquele não classificado como impacto (BRASIL, 2009a). Ruído contínuo, do ponto de vista técnico, é aquele cujo ruído varia mais ou menos 3 dB durante um período superior a 15 minutos. Já o ruído intermitente é aquele cujo ruído varia até 3 dB em períodos curtos, isto é, inferiores há 15 minutos e superior a 0,2 segundos de avaliação. Porém, as normas vigentes não diferenciam ruído contínuo do intermitente para fins de avaliação quantitativa devido o anexo 1 da NR-15 tratar ambos como um único (SALIBA, 2008).

De acordo com Gerges (2000) as curvas de ponderação surgiram devido ao fato da orelha humana não ser igualmente sensível ao som em todo o espectro de frequências. Um ser humano exposto a dois ruídos iguais em intensidade, porém distintos em frequência, terá uma

sensação auditiva diferente para cada um deles. Um som de baixa frequência é geralmente menos perceptível do que um de alta frequência (GERGES, 2000).

Várias equações/curvas foram então propostas na tentativa de se fazer com que os níveis sonoros captados pelos medidores fossem devidamente corrigidos para assemelharem-se à percepção do som pelo ouvido humano. Essas curvas de compensação foram designadas pelas letras A, B, C, D. A curva de compensação A é a mais indicada para estudo dos incômodos provocados pelo NPS (KINSLER, 1982). A Figura 3 demonstra as curvas de A até D.

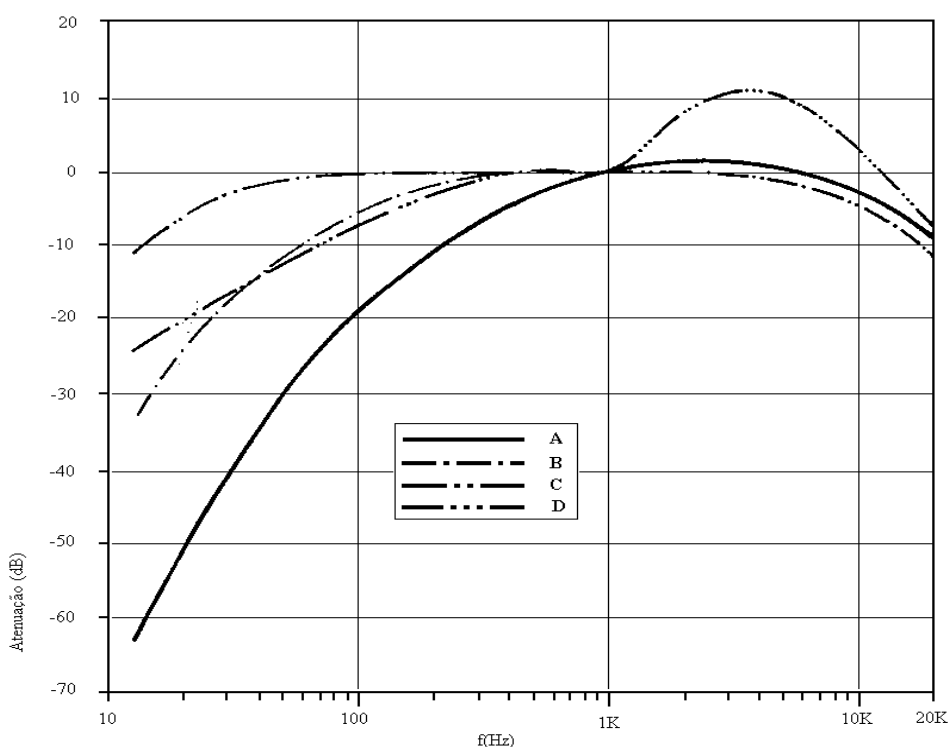


Figura 3 – Curvas de ponderação
Fonte: Kinsler, 1992

2.3.2 Ruído de impacto

Ruído de impacto é aquele com picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo e que chegam a níveis de 110 a 135 dB na curva de ponderação C (BRASIL, 2009a; IIDA, 2005).

2.3.3 Nível sonoro equivalente

O nível de equivalência, também chamado de L_{eq} (*Equivalent Level*), referencia o valor do nível de pressão do som contínuo equivalente, medida ao longo de um período de tempo de amostragem mais curto do que a duração do som. O nível de pressão sonora equivalente é um nível constante que equivale, em termos de energia acústica, aos níveis variáveis do ruído, durante o período de medição (BRUEL e KJAER, 2000).

O potencial de danos à audição de um dado ruído depende não somente de seu nível, mas também de sua duração. Normalmente, os níveis de ruído podem variar durante um determinado intervalo de tempo (GERGES, 2000).

Assim, é possível estabelecer um valor único, chamado nível sonoro equivalente L_{eq} , que é o nível sonoro médio integrado durante um intervalo de tempo.

Expresso, de acordo com Gerges (2000), segundo a Equação 03.

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{p(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad (\text{Eq. 3})$$

onde:

$T = (t_2 - t_1)$ = tempo total de medição,

$p(t)$ = pressão sonora instantânea,

p_0 = pressão de referência ($2 \cdot 10^{-5}$ N/m²).

A Equação 3 mostra que o nível sonoro equivalente é representado então por um valor constante que durante o mesmo tempo (T), resultaria na mesma energia acústica produzidas pelos valores instantâneos variáveis de pressão sonora. Portanto, um nível sonoro equivalente L_{eq} tem o mesmo potencial de lesão auditiva que um nível variável considerado no mesmo intervalo de tempo.

2.3.4 Tempo de Reverberação

A existência de paredes de fechamento de um ambiente construído dá origem a sons refletidos que caracterizam o fenômeno chamado de reverberação. Existe uma unidade comparativa para medir a reverberação, definida como o tempo necessário para um som qualquer extinguir-se por completo após múltiplas reflexões de um som no recinto. Esse decréscimo corresponde a uma redução de 60 dB (MORFEY, 2000; CARVALHO, 2012a).

Segundo Carvalho (2012b) o valor do tempo de reverberação (Tr) depende da frequência, da absorção sonora dos materiais que integram os revestimentos ou elementos definidores da compartimentação e, dos objetos existentes no recinto fechado. Neste sentido, é facilmente perceptível que, para a diferença de níveis referida (60 dB) possa ser atingida, é fundamental que o ruído de fundo existente no local assuma um valor relativamente baixo, de forma a não mascarar o ruído produzido e que é utilizado para o cálculo do tempo de reverberação.

A NBR 12179 - Tratamento acústico em recintos fechados (ABNT, 1992), indica o valor ideal de Tr de acordo com o volume dos ambientes e as atividades neles desenvolvidas.

2.4 A ORELHA HUMANA

Para Vera (2010) é importante conhecer a anatomia e fisiologia do órgão auditivo para a compreensão dos efeitos nocivos decorrentes da exposição a níveis de pressão sonora e melhor forma de prevenção. O sistema auditivo está dividido em três partes, sendo: orelha externa, orelha média e orelha interna e está contido no osso temporal da região craniana. Sua função é captar e converter as ondas de pressão do ar em sinais elétricos, que são transmitidas, através do nervo auditivo, ao cérebro para produzir as percepções sonoras (IIDA, 2005). No passado o órgão orelha era chamando de ouvido.

Na Figura 4, visualiza-se a representação de um corte esquemático da orelha humana, com a indicação de suas partes.

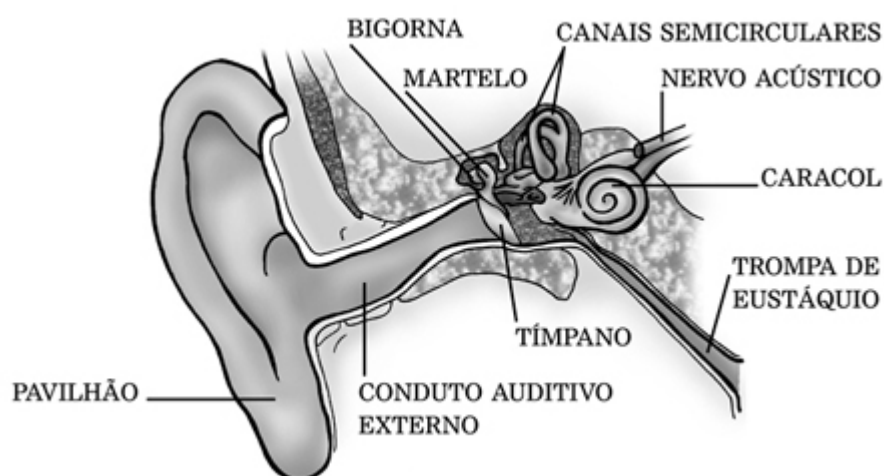


Figura 4 - Estrutura da orelha humana.
Fonte: IDicionário Aulete, 2014.

A orelha externa é constituída pelo pavilhão auricular, conduto auditivo externo e pela membrana timpânica que se localiza na porção final do conduto auditivo externo, separando a orelha externa da média (SANTOS, 1999).

A orelha média é composta de algumas estruturas, uma delas é composta por três ossículos, sendo eles: estribo, martelo e bigorna. Essa estrutura faz a ligação da orelha interna com a membrana timpânica.

De acordo com Santos (1999), a Trompa de Eustáquio está localizada na orelha média, também chamada de tuba auditiva, tem como função manter o equilíbrio do ouvido médio e externo e as pressões de ar, o ar é renovado durante o bocejo.

A orelha interna é constituída de uma série de canais e passagens, chamado de labirinto ósseo, nele encontram-se os canais semicirculares e a cóclea. Os canais semicirculares, em formato de três alças, têm a função de manter o equilíbrio estático do indivíduo e a cóclea, formada por duas ou três voltas enroladas em torno de um eixo central (modíolo), é responsável pela função auditiva (SANTOS, 1999).

Segundo Gerges (2000), a percepção auditiva depende de diversas condições subjetivas e de outras variáveis e para avaliar com mais precisão esses aspectos, pesquisadores criaram um índice chamado de nível de audibilidade.

2.4.1 Efeitos auditivos em decorrência do ruído

De acordo com Saliba (2008) há diversos males causados pela exposição a determinados níveis de ruído, em especial aqueles acima de 85 dB(A). A legislação brasileira estipula esse valor como limite máximo permitido para o trabalho, por 8 horas/dia ou 44 horas semanais, sem o uso de proteção.

Os efeitos do ruído vão desde uma ou mais alterações passageiras até graves defeitos irreversíveis (SAAD, 1981).

Segundo Katz (1999), os efeitos da exposição ao ruído na audição podem ser divididos em três categorias, sendo:

- Mudança Temporária no Limiar (TTS – *Temporary Threshold Shift*): é um efeito em curto prazo que pode seguir uma exposição ao nível ruído. Refere-se a uma elevação do limiar da audibilidade, sendo de recuperação gradual após a exposição.
- Trauma acústico: é restrito aos efeitos das exposições únicas ou de relativamente poucas exposições a ruídos muito elevados (por exemplo, uma

explosão). Pessoas que recebem tais exposições podem sofrer a ruptura da membrana timpânica e danos nos ossículos. A perda auditiva por trauma acústico é, em grande parte, permanente.

- Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR): decorrente da exposição sistemática e prolongada do nível de pressão sonora, cujos níveis de ruído são elevados. Diante de quadros que apresentem valores superiores a 40 e 75 dB(A), nas baixas e altas frequências, respectivamente, o diagnóstico de PAIR deve ser caracterizado, até que outra causa plausível possa ser descoberta. Não há progressão da PAIR, caso seja cerrada a exposição ao ruído intenso.

No começo do processo, as pessoas não percebem a alteração, porque esta não atinge imediatamente as frequências utilizadas na comunicação verbal. Entretanto, com o passar do tempo, as perdas progredem, envolvendo as frequências críticas para a comunicação oral (ASTETE *et al.*, 1994).

Conforme descrito por Saliba (2008), exposições a níveis elevados de ruído poderão garantir a ocorrência de efeitos extra auditivos. São diferentes reações no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, incluindo um aumento de liberação de hormônios que afetariam negativamente os órgãos-alvo, que são as glândulas, sistema imune, órgãos sexuais, sistema cardiovascular e outros. Alguns sinais e sintomas que vêm sendo relacionados com a exposição ao nível de ruído são aumento de batimento cardíaco, hipertensão arterial leve ou moderada, alterações digestivas, irritabilidade, insônia, ansiedade, nervosismo, redução da libido, aumento do tônus muscular, dificuldade de repouso do corpo, tendência a apresentação de espasmo muscular, aumento da frequência respiratória, vertigem e cefaléia. O rendimento no ambiente de trabalho também cai, há dificuldade de concentração, garantindo uma pré disposição a acidente de trabalho.

Consoante descrito por Grandjean (1998) e Torija e Flindel (2014), exposições ao ruído podem afetar os indivíduos de forma psicológica, os males podem ser desde uma simples irritação e incômodo, até a sensação de medo e ansiedade, bem como mudanças na conduta social. Desta forma pode-se garantir que de acordo com o exposto na NR-15 o trabalhador não deve ficar exposto a níveis consideráveis de ruído acima de 85 dB(A) para sua jornada de 8 (oito) horas onde, desta forma poderá iniciar o processo de PAIR Perda Auditiva Induzida pelo Ruído.

Não relevante ao objetivo deste trabalho, mas, de acordo com Morata e Lemasters (2001), a perda auditiva também pode ser ocasionada pela exposição a determinados produtos químicos. Leva a pensar que a perda auditiva não somente é causada pela exposição ao ruído.

Entre os produtos químicos cuja ototoxicidade foi investigada mais detalhadamente, destacam-se os metais pesados, os solventes e os asfixiantes (MORATA e LEMASTERS, 2001).

2.5 BETONEIRA

As betoneiras são equipamentos destinados ao preparo do concreto convencional no canteiro de obra, utilizando mistura de cimento, água e agregados. O abastecimento da betoneira geralmente é feito pelo servente de obras. Através da boca do tambor ela faz o carregamento do cimento e demais agregados. Durante o abastecimento o trabalhador fica exposto, além do cimento, à poeira dos outros elementos que compõem uma argamassa ou concreto, como a areia, saibro e cal.

Um modelo de betoneira, comumente, utilizada em canteiros de obras da construção civil é a que possui um volume total de 400 litros (Figura 5).

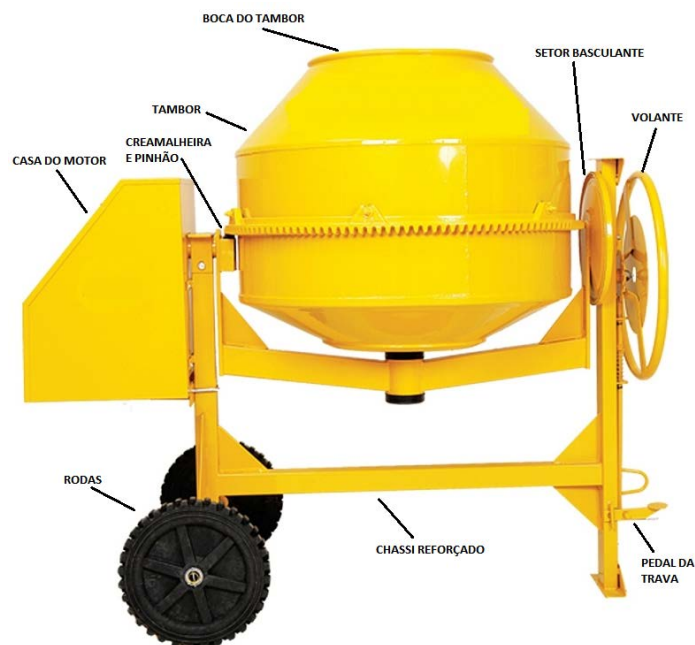


Figura 5 - Betoneira padrão

Fonte: Adaptado do site: www.menegotti.ind.br, 2013

Segundo Ferraris (2001), existem duas categorias principais de betoneiras, denominadas misturadores descontínuos e misturadores contínuos. O primeiro tipo de

misturador produz um lote de concreto por vez, enquanto que o segundo tipo produz concreto, a uma taxa constante. O primeiro tipo precisa ser esvaziado completamente depois de cada ciclo de mistura, limpos (se possível), e recarregado com os materiais para o feitiço do próximo concreto. Esse é o tipo mais comum em uso nas obras.

A betoneira possui um tambor de volume variável, de acordo com o modelo específico. Esse tambor possui um ou dois conjuntos de lâminas internas que servem para misturar os insumos que são introduzidos através de uma abertura (boca) existente no tambor, estes são levantados e, a cada rotação, o material cai de volta para a parte inferior do tambor e, o ciclo recomeça a uma velocidade constante, isto é, a rotação é contínua (FERRARIS, 2001).

2.6 CONCRETO

O cimento está presente no planeta há mais de doze milhões de anos, e surgiu graças a intensas mudanças geológicas e a processos de combustão espontânea que provocaram reações químicas em depósitos de calcário e xisto. Foi esse cimento natural o primeiro utilizado pelo homem, em construções assírias, babilônicas, egípcias e gregas (HOLCIM BRASIL, 2003).

Segundo Dias Filho (2012), cimento é o nome dado a materiais pulverulentos que, ao serem misturados com água formam uma pasta que pode ser facilmente moldada, endurecendo gradativamente até produzir uma massa compacta e de grande dureza.

O cimento caracteriza-se por ser um pó fino, cinza ou branco, constituído por uma mistura de matérias-primas hidráulicas. Dentre as principais matérias-primas que o compõem podemos citar:

- CaO ou CaCO_3 (Óxido ou Carbonato de Cálcio);
- SiO_2 (Dióxido de Silício);
- Al_2O_3 (Óxido de Alumínio);
- Fe_2O_3 (Óxido de Ferro);
- Materiais de correção da composição da farinha.

Conforme Yazigi (2002), o processo de produção do cimento é realizado através da mistura das matérias-primas que são moídas e homogeneizadas. O pré-aquecimento nos ciclones pelos gases quentes do forno e/ou pré-calcinação aquecem um forno cilíndrico rotativo, por carvão, óleo ou gás natural, chegando a uma temperatura de aproximadamente

1450 °C, provocando o deslocamento dos materiais através de reações químicas e formando a clínquerização.

O clínquer é composto por nódulos cinza, vítreos de forma esférica (diâmetro na faixa de 0,32 - 5,1 cm) e apresenta 4 estágios de reações:

1° Evaporação: de água livre das matérias-primas (T = aprox. 100 °C);

2° Desidratação: formação de óxidos de Si, Al e Fe (T = 430 °C);

3° Calcinação: o CO₂ é liberado para formar CaO (T = 900 a 982 °C);

4° Reação: dos óxidos na zona de queima do forno rotativo para formar o clínquer (T = 1510 °C) durante a fabricação do cimento.

O concreto de cimento Portland é um material constituído por um aglomerante, pela mistura de um ou mais agregados e água. Deve apresentar, quando recém-misturado, propriedades de plasticidade tais que facilitem seu transporte, lançamento e adensamento e, quando endurecido, propriedades que atendam ao especificado em projeto quanto às resistências à compressão e à tração, módulo de deformação e outras. Poderão ser empregados ainda no preparo do concreto, com o intuito de melhorar ou corrigir algumas de suas propriedades, os chamados aditivos. Esses materiais podem proporcionar ao concreto as alterações de propriedades, tais como: plasticidades, permeabilidade, tempo de pega e resistência a compressão. A durabilidade de uma estrutura de concreto depende da realização correta execução da estrutura e, do controle tecnológico (YAZIGI, 2002).

De acordo com Yazigi (2002) o controle da qualidade dos materiais constituintes influencia diretamente a qualidade e uniformidade do concreto. Assim, variações na resistência do cimento ou granulometria dos agregados, por exemplo, resultam na produção de concretos com trabalhabilidade e resistência também variável.

Segundo a ABCP (2012), os cimentos Portland do tipo pozolânico (CP IV) e os cimentos de escória de alto forno (CP III) apresentam menor calor de hidratação, sendo preferíveis para a produção do concreto massa.

Cimentos Portland, que contêm relativamente mais C₃A (aluminato tricálcico) e C₃S (silicato tricálcico), apresenta maior calor de hidratação do que os cimentos mais grossos, com menos C₃S e C₃A (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Esse procedimento somente é tecnicamente viável quando há controle rigoroso dos materiais utilizados e da mistura dos mesmos, caso contrário, a qualidade do produto final pode ficar comprometida (KUPERMAN, 2005).

A quantidade de agregados do concreto pode chegar a aproximadamente 90% do volume total. Devido ao grande volume desses materiais, devem-se realizar ensaios de controle de qualidade.

Para agregados graúdos, utilizam-se faixas granulométricas diferentes das indicadas na ABNT NBR 7211 Agregados para concretos – especificações (ABNT, 2005), com as seguintes dimensões máximas características: 19 mm, 38 mm, 76 mm e 152 mm. Na prática, a utilização das dimensões máximas 25 mm, 50 mm e 100 mm apresenta-se vantajosa economicamente. Isso se justifica porque o consumo de cimento diminui à medida que aumentam as dimensões dos agregados, devido à redução de vazios entre as partículas.

Quanto à finura do cimento, a dimensão das partículas determina a velocidade da reação de hidratação. Segundo Nawa *et al.* (1991), quanto maior a superfície específica das partículas, mais fase silicato entrará em contato com a água e mais reativo será o cimento, desenvolvendo C-S-H com maior velocidade na superfície das fases silicato.

O cimento Portland é um pó fino, abrasivo, higroscópico e apresenta alcalinidade com pH entre 10 a 14, sua ação sobre a pele pode provocar dermatites, queimaduras e conjuntivite, além de infecções secundárias fúngicas ou bacterianas (ALI 1997; METHA, 2002 *apud* BARBOSA, 2005).

A água também está presente no preparo do concreto convencional, segundo Neville (2000), a água não é apenas um líquido usado na produção de concreto, porém envolve todo o desempenho desse material.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo, são apresentadas informações sobre as leis que regulamentam o nível de pressão sonora equivalente *Leq* no Brasil, aplicáveis ao estudo. A metodologia de avaliação, os equipamentos utilizados para medições do nível de pressão sonora equivalente, os materiais de revestimentos ensaiados, a forma como esses materiais foram aplicados ao tambor da betoneira e a tampa de proteção projetada para minimizar a emissão do nível de ruído emitido durante a mistura dos agregados.

3.1 MÉTODO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

3.1.1 Projeto para redução dos níveis de ruído

O Ministério do Trabalho e Emprego faz uso de duas normas regulamentadoras para regulamentar os valores de ruído. A NR-15 que versa sobre insalubridade e a NR-17 sobre ergonomia, para efeitos de conforto. De acordo com a NR-15 do Ministério do Trabalho Emprego (1978), em seu Anexo 1, Quadro 1, estabelece os níveis limites de exposição ao ruído contínuo ou intermitente para diferentes intervalos de tempo. Por exemplo, para uma jornada diária de trabalho de 8 horas, o trabalhador só pode ficar exposto a uma fonte contínua ou intermitente de até 85 dB(A). Não é permitida qualquer exposição no nível de ruído superior a 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos (BRASIL, 2009a).

A exposição ao ruído deve ser quantificada em Decibéis, com o instrumento de medição operando no circuito de compensação “A”, sendo esta a curva que melhor representa o nível de detecção do ser humano e, circuito de resposta lenta (*slow*), que é a utilizada para medição de nível de ruído médio. (BRASIL, 2009a; KINSLER, 1982; GERGES, 2000).

O tempo de exposição não pode exceder os níveis de ruído apresentados no Quadro 1, da referida norma. Para valores de nível de ruído intermediários, encontrados nas medições, deverá ser considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado (BRASIL, 2009a).

Para esta pesquisa utilizou-se a técnica de leitura através do nível sonoro equivalente *Leq*, que é um indicador aceito e utilizado internacionalmente como o mais representativo do ruído observado em um determinado local e durante certo intervalo de tempo.

Foram levadas em consideração as condições ambientais existentes no momento das avaliações onde, de acordo com Bies e Hansen (2003) a umidade relativa do ar e a temperatura influenciam no sistema de operação dos instrumentos de medição. Onde a temperatura deve estar na faixa de -40 a 60 °C, microfone limpo e isento de umidade.

Foi monitorada a operação da betoneira durante o tempo de 15 minutos em ambiente fechado, livre de fontes sonoras interferentes e, procurando alcançar as condições de operação similares às encontradas no canteiro de obras da construção civil, quando em operação e uso da betoneira. Teve-se a preocupação de evitar ventos e outros intempéries de forma a não contribuir com o resultado das medições. O tempo de reverberação (T_{60}) foi de 2,67 segundos de acordo com o método *Eyring*, tendo uma absorção média de 0,07, cujos cálculos, de acordo com o *software* desenvolvido pelo Laboratório de Acústica e Vibrações da UNESP - Campus de Bauru está adequado para o ambiente (FERNANDES, 2013).

Além dos critérios da NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego, seguiram-se também as orientações da NHO-01 da Fundacentro (BRASIL, 2001c) para avaliação do nível de ruído. Como a exposição ao risco é inerente às atividades, estas são representativas a toda população de operadores.

O instrumento de medição empregado foi o medidor de pressão sonora da marca *Instrutherm*, modelo DEC-5010 (Figura 6) e, programado conforme os parâmetros da NR-15, cujo certificado de calibração está apresentado no Anexo A:

- Nível de critério: 85 dB(A)
- Resposta: Lenta (*slow*)
- Precisão: $\pm 1,5$ dB



Figura 6 – Equipamento utilizado para medição do nível de pressão sonora equivalente
Fonte: INSTRUTHERM, 2013.

As medições foram feitas ao lado da betoneira (1 metro), caracterizando a posição do operador da mesma, e posteriormente a distâncias de 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m e 8 m da mesma. As medições foram feitas nestas posições nas seguintes condições:

- na frente da betoneira (medição frontal) com a mesma funcionando em vazio;
- na parte traseira da betoneira (medição anterior) com a mesma funcionando em vazio;
- na lateral do motor com a mesma funcionando em vazio;
- na lateral oposta a do motor com a mesma funcionando em vazio;
- na frente da betoneira (medição frontal) contendo mistura para preparo de concreto em traço 3:1:2;
- na parte traseira da betoneira (medição anterior) contendo mistura para preparo de concreto em traço 3:1:2;
- na lateral do motor contendo mistura para preparo de concreto em traço 3:1:2;

- na lateral oposta a do motor contendo mistura para preparo de concreto em traço 3:1:2;

Destaca-se que o procedimento utilizando concreto, que a princípio seria por hipóteses a situação mais crítica para efeitos de geração e emissão do nível equivalente de pressão sonora, foi feito para as seguintes condições:

- 1) betoneira sem nenhum revestimento externo e sem tampa acústica;
- 2) betoneira sem revestimento externo, mas com tampa acústica;
- 3) betoneira com o revestimento acústico externo do tipo “A”, mas sem tampa acústica;
- 4) betoneira com o revestimento acústico externo do tipo “B”, mas sem tampa acústica;
- 5) betoneira com o revestimento acústico externo do tipo “A” e com tampa (condição otimizada).
- 6) betoneira com o revestimento acústico externo do tipo “B” e com tampa (condição otimizada).

O objeto de estudo utilizado durante os ensaios foi uma betoneira de 400 litros, pois são as mais utilizadas no setor da construção civil para obras de pequeno e médio porte, devido sua capacidade de carga e o fácil manuseio (apresentando uma boa relação custo-benefício, no mercado).

Destaca-se que todos os ensaios e montagem de protótipos foram realizados na sede Ecoville Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, nas dependências internas do Laboratório de Processos Construtivos do Departamento Acadêmico de Construção Civil, de tal forma, que todo o resíduo gerado neste processo foi empregado em alguma obra executada neste ambiente, seja por acadêmicos ou profissionais, a fim de que não fossem gerados passivos ambientais.

Para a escolha e seleção dos materiais de revestimento foram levados em consideração os fatores de durabilidade, custo, aderência, disponibilidade no mercado e aparência. Optou-se por placas de EVA de 4 mm de espessura, denominado revestimento “Tipo A”. Este material é facilmente encontrado no comércio e possui um baixo custo, garantindo uma boa relação custo x benefício. E, o outro material foi uma borracha líquida a base de látex de seringueira, denominado material de revestimento “Tipo B”. Também encontrado com facilidade em lojas

de materiais de construção e impermeabilizações, possui baixo custo para investimento, é de fácil aplicação, tem boa durabilidade e não interfere na rotação do tambor da betoneira.

Cabe também destacar que uma vez aplicado o revestimento do “Tipo B” na parede externa do tambor da betoneira, este não poderá ser removido com facilidade. Este aspecto foi comprovado em campo, após a realização dos ensaios.

O controle do ruído pode ser executado tomando-se as seguintes medidas: primeiramente o controle do ruído na fonte geradora, por segundo o controle do ruído no meio de propagação e por último o controle do ruído no receptor. A fonte é a parte do sistema que produz a energia acústica, é a própria causa do ruído, o meio é o elemento transmissor do ruído, que pode ser o ar, estruturas sólidas e meios líquidos e o receptor é o operário, cujo meio de proteção poderá ser o rodízios das pessoas expostas ou a utilização de equipamentos de proteção individual do tipo protetores auditivos (FUNDACENTRO, 1997; GERGES, 2000; MAIA, 2001).

Além do revestimento externo do tambor da betoneira, desenvolveu-se também uma tampa móvel, cuja finalidade é dar uma maior isolamento acústica durante a mistura do concreto.

A Figura 7 apresenta uma vista em perspectiva do sistema acústico que se desenvolveu. Contudo, cabe ressaltar que o revestimento acústico do tambor foi feito a princípio externamente devido à sua praticidade e durabilidade, pois internamente o revestimento sofreria a agressividade do cimento e seus agregados. Trata-se de um sistema acústico completo e de características peculiares, que incorporou uma estrutura própria e específica do tipo mecânica, de elevada durabilidade e resistência, formas e disposições externas que se adaptam a uma vasta gama de betoneiras e seus tambores. Tal solução buscou prever perfeitamente integrados e simetricamente dispostos entre si, uma tampa superior móvel (“C”) de formato circular, de modo a fechar por completo a superfície da boca (“B”); um revestimento externo do tipo impermeável, flexível e elástico e resistente à abrasão, impacto e cortes, e disposto paralelamente e simetricamente sobre toda a extensão da superfície externa do tambor (“A”), de modo a recobrir por completo toda a superfície.

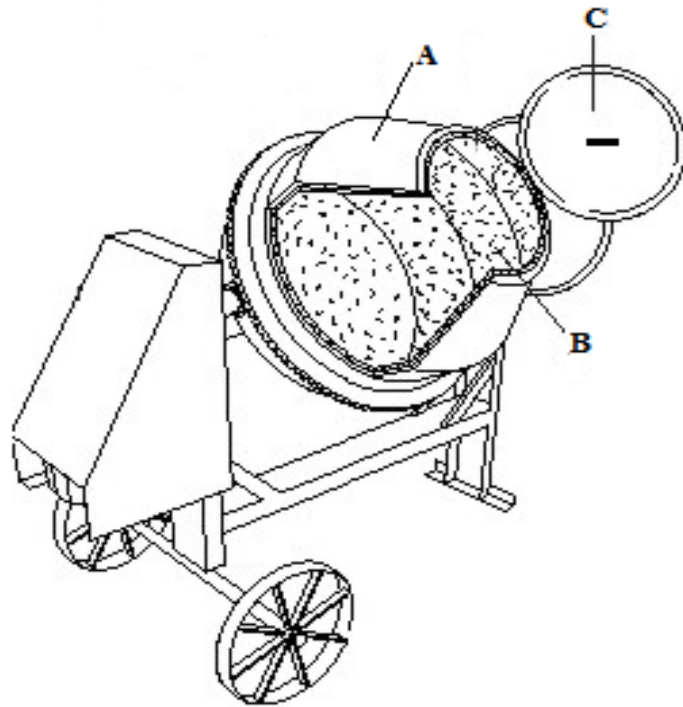


Figura 7 - Detalhes do sistema acústico a ser desenvolvido. O revestimento acústico será feito externamente no tambor da betoneira.
Fonte: Autoria própria, 2013.

Para o revestimento externo EVA, Tipo “A”, em uma primeira etapa foi preparado o material para o corte, com o objetivo de se obter o maior aproveitamento da peça, conforme demonstra a Figura 8.



Figura 8 – Preparo do EVA para corte
Fonte: Autoria própria, 2013.

A área externa do tambor da betoneira, alvo deste estudo, é de 3,15 m². Utilizou-se uma peça de EVA de medidas 0,90 m x 5,0 m (largura x comprimento) a qual foi cortada em formatos circulares, retangulares, trapezoidais e quadrados, vide Figura 9. As peças cortadas foram coladas no tambor da betoneira utilizando cola adesivo de contato tradicional da marca comercial “Cascola”, conhecida popularmente como cola de sapateiro.

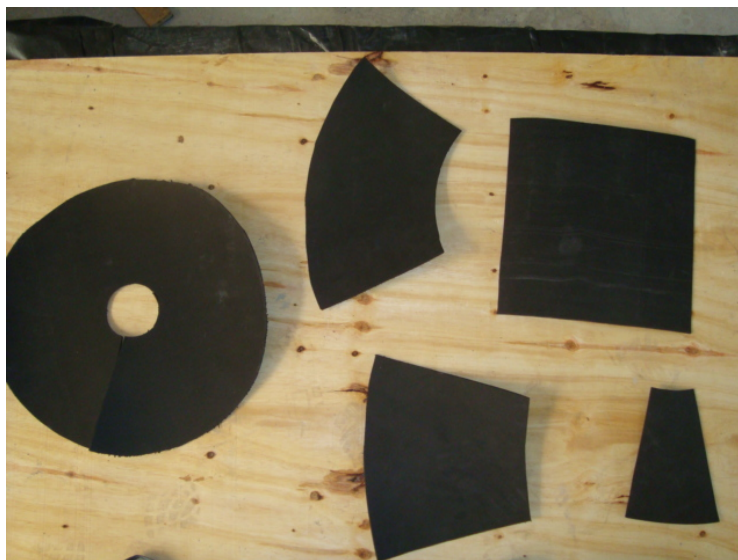


Figura 9 – Peças de EVA cortadas
Fonte: Autoria própria, 2013.

O adesivo de contato (cola) foi aplicado no tambor e também nas peças cortadas, após aproximadamente trinta minutos de cura foram encaixadas as peças de EVA e aplicou-se força manual para a fixação das mesmas. O tambor da betoneira assumiu uma nova característica visual após a colagem do EVA conforme destaca a Figura 10.



Figura 10 – Betoneira revestida com material “Tipo A”
Fonte: A autoria própria, 2013.

A segunda opção como material de revestimento foi o uso de uma borracha líquida a base de água e com base de látex de seringueira comercialmente chamado de Ecolast e comercializado pela empresa Revescor (2013). Esse material tem uma fácil aplicabilidade e apresenta características para uma boa proteção acústica em razão do seu alto teor de sólidos. É um material bastante empregado para impermeabilizar lajes, telhados metálicos e juntas de dilatação.

O revestimento Tipo “B”, borracha líquida, foi aplicado no tambor da betoneira, após a remoção por completo do revestimento Tipo “A” (EVA). A aplicação foi com uma brocha de cerdas macias e, foram dadas 5 demãos com intervalos de no mínimo quatro horas entre elas, representando uma camada de quase 1,6 mm de espessura em toda a área externa do tambor da betoneira conforme demonstra a Figura 11. O tempo de secagem entre as duas primeiras demãos foi de aproximadamente 4 horas e, após 24 horas aplicou-se a terceira e quarta demãos e no dia seguinte a estas a quinta e última demão do revestimento Tipo “B”.



Figura 11 – Betoneira revestida com borracha líquida, material Tipo “B”.
Fonte: Aatoria própria, 2013.

Objetivando aumentar a atenuação acústica, foi projetada uma tampa móvel. Tal peça foi feita para encaixar na boca do tambor da betoneira, mesmo durante sua operação, e que possa ser removida facilmente sempre que necessário. Para isso existe em seu centro um rolamento blindado do tipo esfera de 62 mm de diâmetro externo (Figura 12), fixado a uma alça, permitindo além de uma boa pega o giro livre da tampa.



Figura 12 – Rolamento blindado do tipo esfera fixo na placa de MDF.
Fonte: Aatoria própria, 2013.

O material utilizado na confecção da tampa foi madeira tipo de MDF, em razão de peso e resistência. Foi utilizado MDF de 5 e 10 mm, com circunferência de 450 e 500 mm respectivamente, conforme demonstrado na Figura 13.

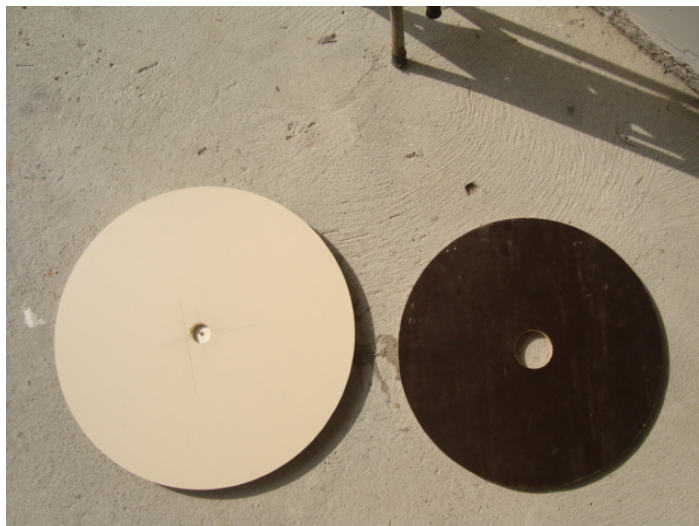


Figura 13 – Chapas de MDF cortadas em circunferência de 500 e 450 mm.
Fonte: Autoria própria, 2013.

As chapas de MDF foram cortadas em circunferência com o auxílio de uma serra de bancada utilizando um disco de corte específico para MDF (disco de vídea). As peças de 450 e 500 mm foram unidas com cola para madeira e fixadas com parafusos de rosca soberba com as medidas de 3,0 x 15 mm para garantir uma maior aderência e fixação. Na Figura 14 observa-se que há uma diferença de 20 mm entre as peças, cuja distância acomodou um cordão de borracha esponjosa de 14 mm para melhor fixação da tampa no anel externo da boca do tambor da betoneira.



Figura 14 – Chapas de MDF sobrepostas.
Fonte: Autoria própria, 2013.

Para facilitar a pega, uma alça de apoio foi instalada no eixo central do rolamento. Objetivando aproveitamento de materiais, a alça foi feita com sobra de puxadores de gaveta, conforme detalhe na Figura 15a. As dimensões da tampa permitem um perfeito encaixe na borda da boca do tambor da betoneira, conforme demonstra a Figura 15b.



Figura 15 – Alça de pega em detalhe (a) e encaixe da tampa de proteção na betoneira (b)
Fonte: Autoria própria, 2013.

Para avaliação dos 416 níveis de pressão sonora equivalente emitidos pela betoneira de acordo com as situações propostas, utilizou-se de um instrumento do tipo medidor de pressão sonora e o tempo de coleta foi de 15 minutos para cada ponto definido (posição e distância) gerando, automaticamente através do aparelho utilizado, o nível de pressão sonora equivalente (Leq) nesta fração de tempo em decibéis, na curva A. Foram mensurados os níveis de pressão sonora equivalente gerados pela betoneira nos quatro pontos cardiais, cada ponto contemplando 8 avaliações a uma distância de um metro entre eles, conforme diagrama explicativo da Figura 16.

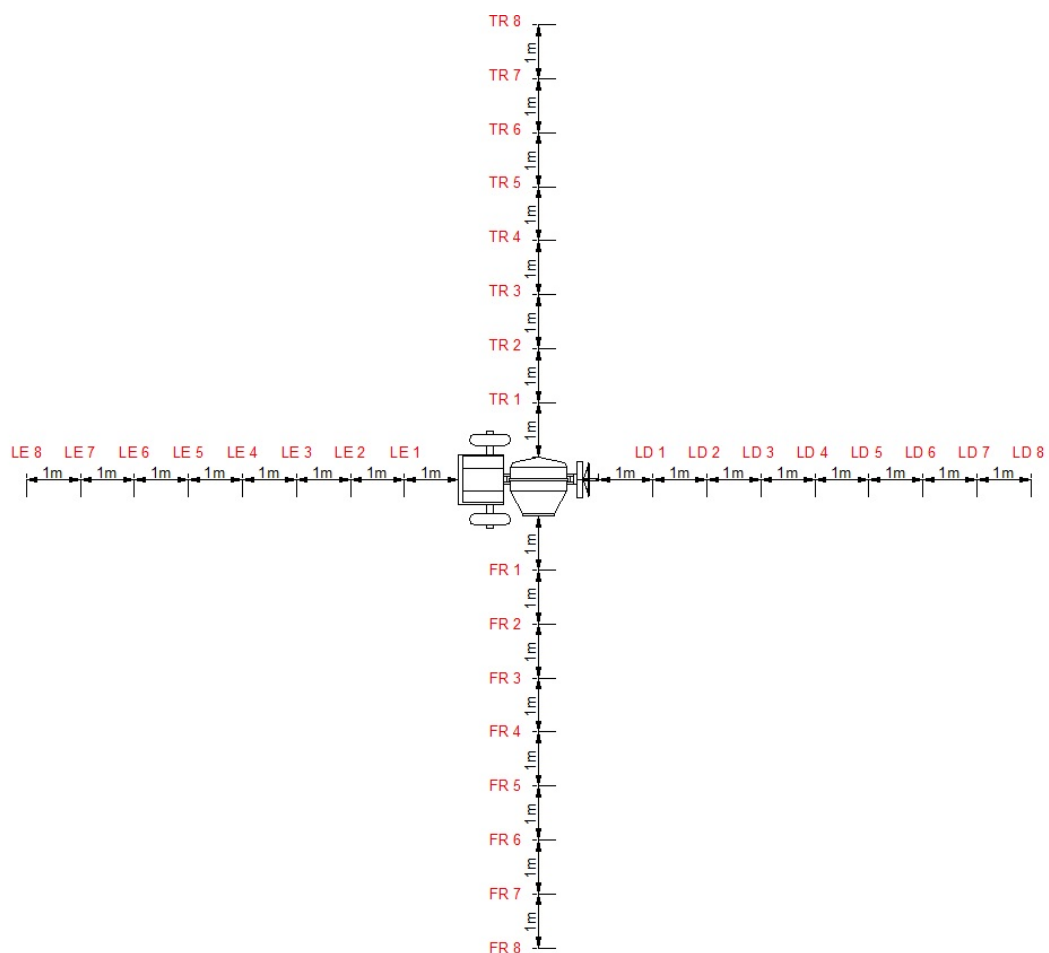


Figura 16 – Pontos de coleta dos níveis de pressão sonora equivalente gerados pela betoneira.

Fonte: Autoria própria, 2013.

A primeira medição foi na região frontal da betoneira, respeitando os limites estabelecidos no objetivo deste trabalho, ora definido a cada metro até o limite de 8 metros. A Figura 17 mostra o equipamento utilizado para quantificar o Leq posicionado de frente à betoneira a uma distância de 1 m da boca do tambor e o tripé de suporte do aparelho ajustado

para a altura de 1,20 m do piso com base na norma NBR 10151 Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade (ABNT, 2000).



Figura 17 – Coleta do nível de pressão sonora equivalente frontal a uma distância de 1m do centro da betoneira
Fonte: Autoria própria, 2013.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentam-se os resultados das medições de nível de pressão sonora equivalente quantificados durante os ensaios da betoneira em diferentes situações, ou seja, durante o preparo do concreto com e sem os revestimentos do Tipo “A” e Tipo “B” e, com e sem a tampa de proteção da boca do tambor da betoneira. Para Shu *et al.* (2014), ambos podem ser estudados de modo independente ou sinergicamente na avaliação dos efeitos sobre a saúde humana.

4.1. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE

4.1.1 Resultados e avaliações dos ensaios com a betoneira sem revestimento no tambor

Na Tabela 5 estão transcritos os valores dos níveis de pressão sonora equivalente quantificados com a betoneira vazia, isto é, nada tinha no interior de seu tambor, não havia nenhum revestimento no corpo da mesma. O ruído de fundo foi quantificado em 42 dB(A). Essa avaliação foi necessária para demonstrar o nível de pressão sonora equivalente real da betoneira. Percebe-se da análise da Tabela 6 que os maiores índices foram encontrados na posição frontal, que é a posição mais usual para o operador na utilização da mesma. O atrito do conjunto cremalheira e pinhão interferiram neste resultado.

Tabela 4 - Demonstração do L_{eq} quantificado durante a operação da betoneira vazia e sem nenhum revestimento em seu tambor.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	86	82	81	82
2	80	79	78	79
3	77	77	76	77
4	76	76	75	76
5	75	75	75	76
6	74	75	74	75
7	74	74	74	73
8	73	74	74	71

Fonte: Autoria própria, 2013.

A Figura 18 demonstra a equalização dos valores obtidos. Nota-se que o maior valor está na região frontal e na lateral onde está o nicho do motor da betoneira.

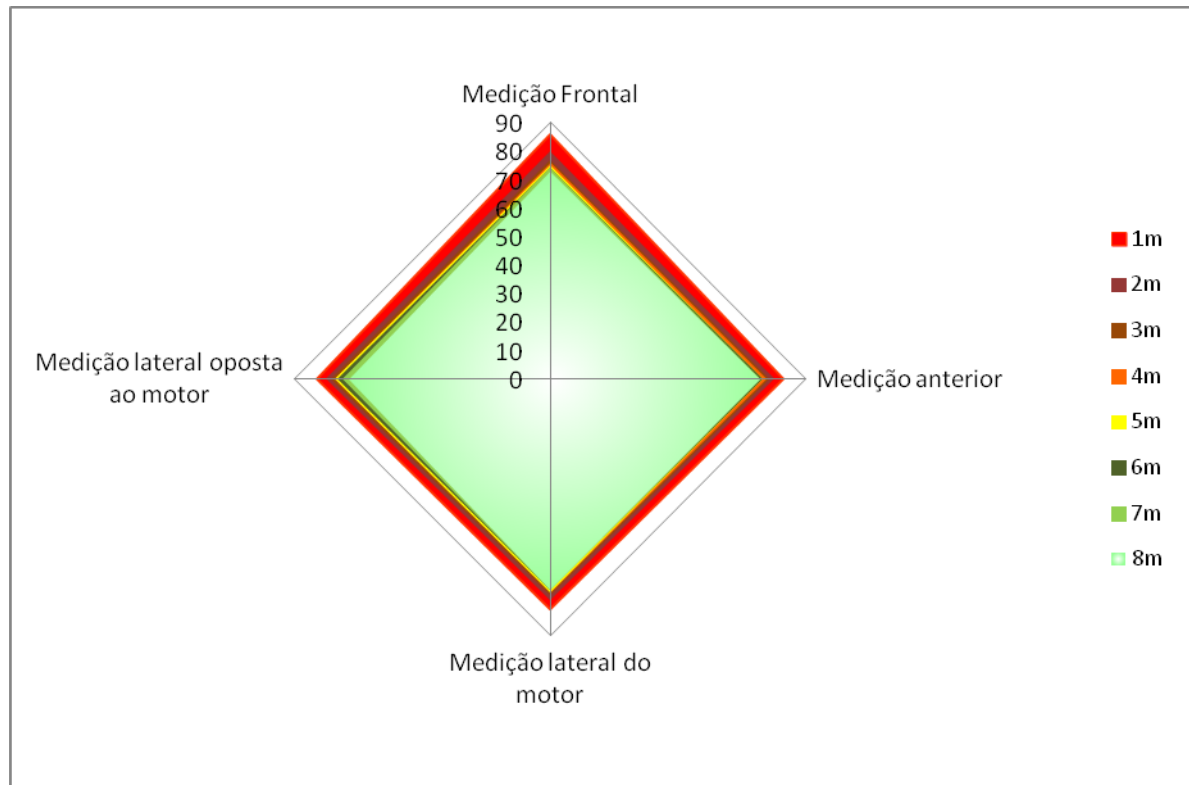


Figura 18 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira vazia e sem nenhum revestimento em seu tambor.

Fonte: Autoria própria, 2013.

Na Tabela 5 estão demonstrados os valores obtidos também com a betoneira em operação, porém agora contendo no interior do tambor massa de concreto, com traço 3:1:2. Essa avaliação representa a situação aproximada durante as operações da betoneira. Pode-se dizer que é a situação mais crítica e a mais comumente encontrada em canteiros de obras onde as betoneiras estão sem nenhuma alteração.

Tabela 5 - Demonstração do Leq quantificado durante a operação da betoneira com concreto e sem nenhum revestimento em seu tambor.

AValiação Quantitativa do Nível de Pressão Sonora Equivalente				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	97	92	91	91
2	90	88	88	88
3	88	87	86	86
4	86	86	86	85
5	85	85	85	85
6	85	85	85	84
7	84	84	85	84
8	84	84	85	83

Fonte: Autoria própria, 2013.

Quando a betoneira recebe os agregados e faz a mistura dos mesmos, tem-se um nível de pressão sonora equivalente elevado, acima dos 85 dB(A), em determinadas posições. O processo de mistura dos agregados faz com que haja muito atrito e colisão entre os eles, a geometria da pedra brita mistura a areia cria uma massa crítica que garante a geração do ruído. Da análise da Figura 19 pode-se visualizar que a concentração maior do nível de pressão sonora equivalente se encontra próximo à betoneira, principalmente na região frontal, onde está a boca do tambor.

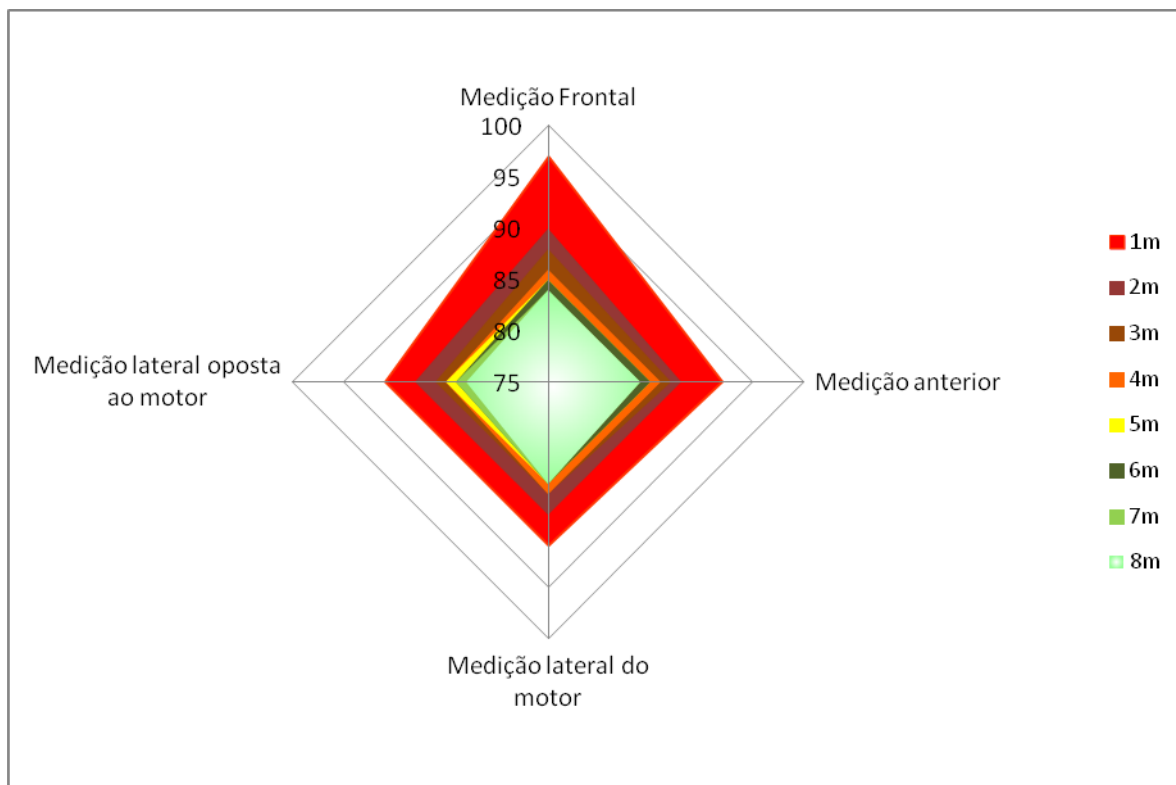


Figura 19 - Gráfico da demonstração do Leq quantificado (em dB(A)) durante a operação da betoneira com concreto e sem nenhum revestimento em seu tambor.

Fonte: Autoria própria, 2013.

Comparando-se estes resultados aos obtidos por Hanidza *et al.* (2013), que investigaram a exposição de jardineiros durante duas atividades e obtiveram faixas de exposição de 84 a 92 dB (A), nota-se que os operadores de betoneiras estão sujeitos a índices similares.

Na Tabela 6 estão demonstrados os valores obtidos com a betoneira em operação sem o preparo ou existência de concreto no seu tambor e, utilizando-se a tampa de proteção acústica.

Tabela 6 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com a tampa e sem concreto (sem nenhum revestimento em seu tambor).

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	85	84	84	84
2	81	81	80	80
3	79	78	78	78
4	79	78	77	77
5	77	76	76	76
6	76	76	76	75
7	75	76	76	74
8	75	75	75	72

Fonte: Autoria própria, 2013.

A instalação da tampa de proteção na boca do tambor da betoneira garantiu uma redução do nível de pressão sonora equivalente, conforme Figura 20. Essa redução foi de 3 dB(A) em relação à situação inicial, ou seja, ensaio da betoneira sem nenhum material no interior do seu tambor. Não havendo agregados no interior do tambor, neste ensaio, garante que o ruído está sendo gerado apenas pelo motor e pelo atrito do conjunto pinhão x cremalheira.

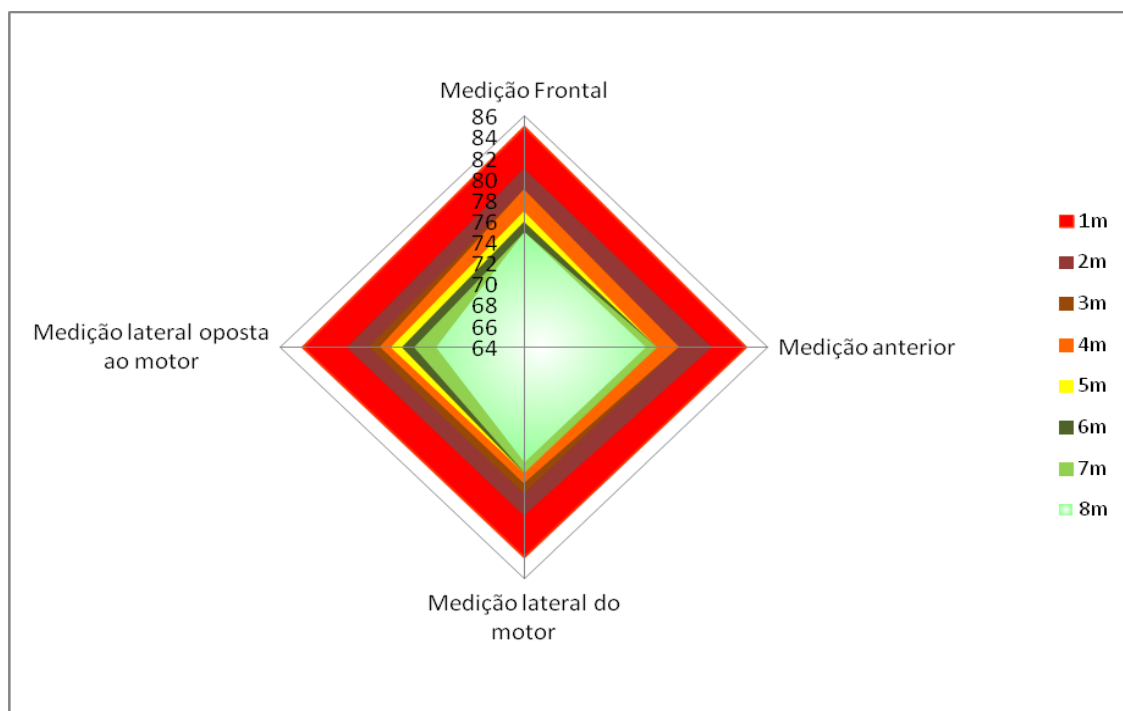


Figura 20 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com a tampa e sem concreto (sem nenhum revestimento em seu tambor).

Fonte: Autoria própria, 2013.

Na Tabela 7 estão demonstrados os valores obtidos com a betoneira em operação contendo concreto em seu tambor e utilizando a tampa de proteção. O ruído de fundo foi quantificado em 42 dB(A).

Tabela 7 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com a tampa e com concreto (sem revestimento em seu tambor).

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	93	91	92	91
2	90	90	91	88
3	88	88	89	87
4	87	87	87	86
5	86	86	87	85
6	85	86	86	84
7	85	85	86	83
8	84	85	85	81

Fonte: Autoria própria, 2013.

Na Figura 21 está demonstrado o gráfico do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com a tampa e com concreto (sem nenhum revestimento em seu tambor

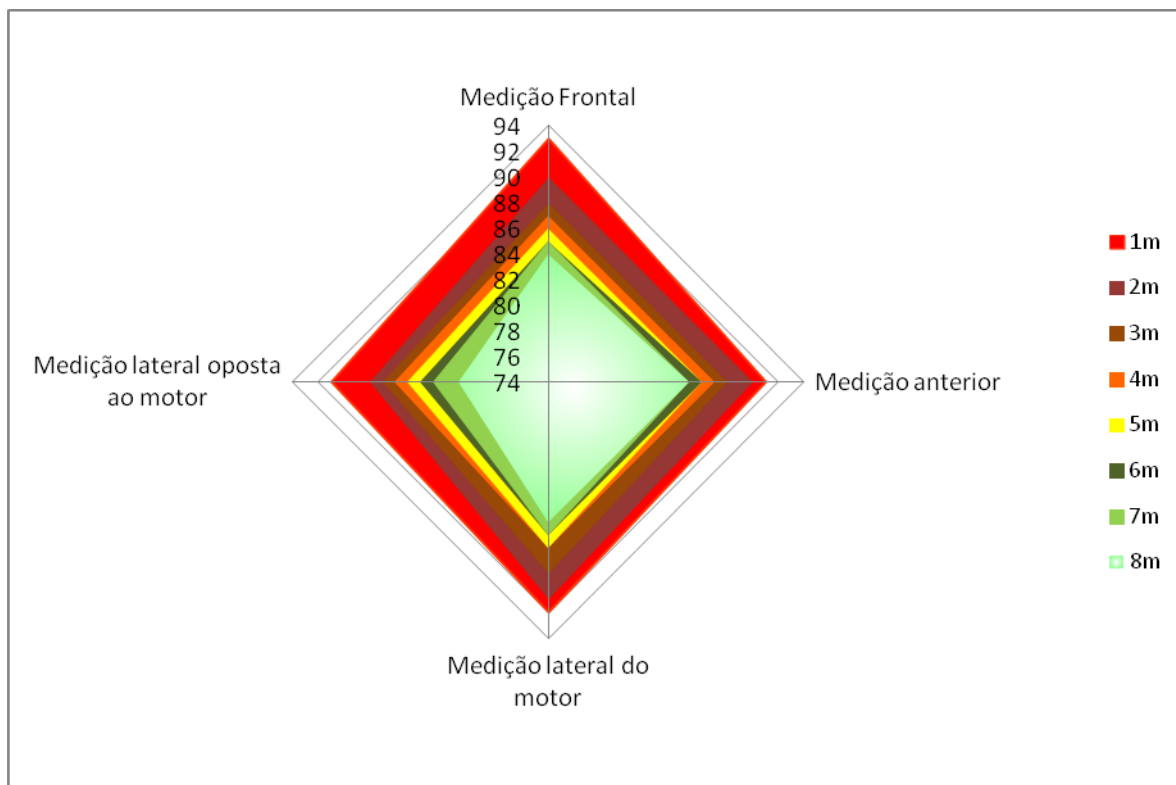


Figura 21 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com a tampa e com concreto (sem nenhum revestimento em seu tambor).
Fonte: Autoria própria, 2013.

No ensaio fazendo uso da tampa de proteção na boca do tambor da betoneira durante o preparo do concreto, percebe-se através da Figura 22 na posição mais crítica de operação da betoneira, que é a região frontal à distância de um metro, obteve-se uma redução do nível equivalente de pressão sonora de 4 dB(A) comparado a uma operação sem o uso da tampa de proteção.

Isoladamente, somente o uso da tampa, teve pouca contribuição na redução do ruído da betoneira durante a mistura do concreto. Porém para efeitos de ganho de horas de trabalho, afim de evitar a agressividade do ruído sobre o organismo do trabalhador, de acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego pode haver uma exposição de mais 1:30 hora durante a jornada de trabalho.

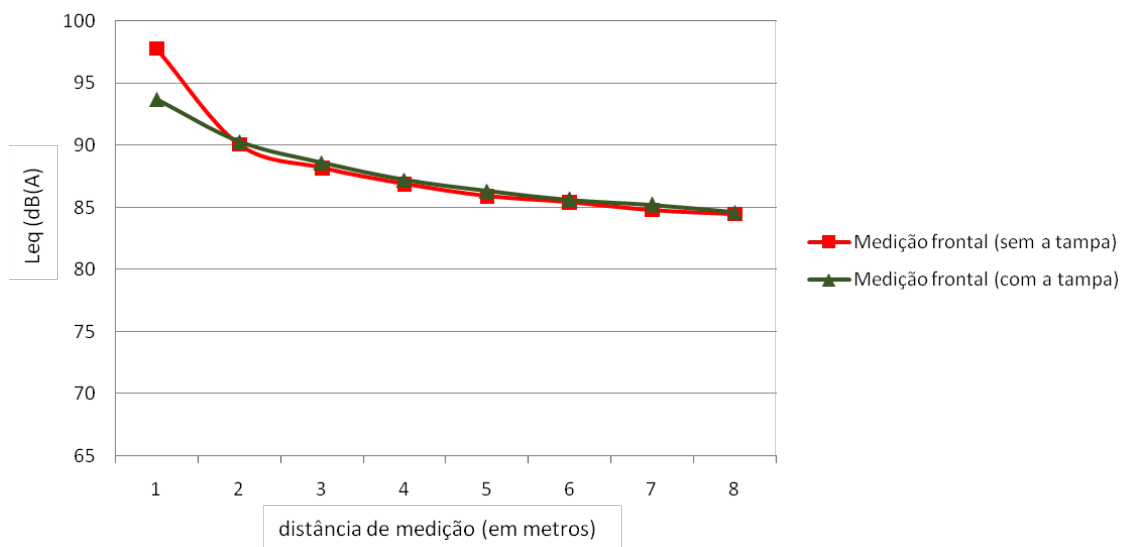


Figura 22 - Demonstração da diferença do *Leq* entre a betoneira sem a tampa e com a tampa de proteção.

Fonte: Autoria própria, 2013.

4.1.2 Resultados e avaliações dos ensaios com o tambor da betoneira revestido com o material Tipo “A”

As próximas séries de avaliações contemplam o uso do revestimento acústico do Tipo “A”. Foi revestido o lado externo do tambor da betoneira com placas de EVA de 4mm de espessura aplicados externamente ao tambor da betoneira.

A Tabela 8 apresenta os valores obtidos com a betoneira em operação não contendo concreto no interior do seu tambor, apenas com o revestimento externo do Tipo “A”. O ruído de fundo foi quantificado em 42 dB(A).

Tabela 8 - Demonstração do *Leq* (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, sem a tampa e sem concreto.

AValiação Quantitativa do Nível de Pressão Sonora Equivalente				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	82	78	78	77
2	77	75	75	74
3	75	73	73	73
4	74	73	72	72
5	73	72	72	71
6	72	71	72	70
7	72	71	72	70
8	71	71	71	69

Fonte: Autoria própria, 2013.

Nota-se através da equalização gráfica apresentada na Figura 23, que com a aplicação do revestimento do Tipo “A”, no tambor da betoneira, garantiu uma distribuição homogênea, nas laterais e região anterior do equipamento, em relação à emissão dos níveis equivalente de pressão sonora.

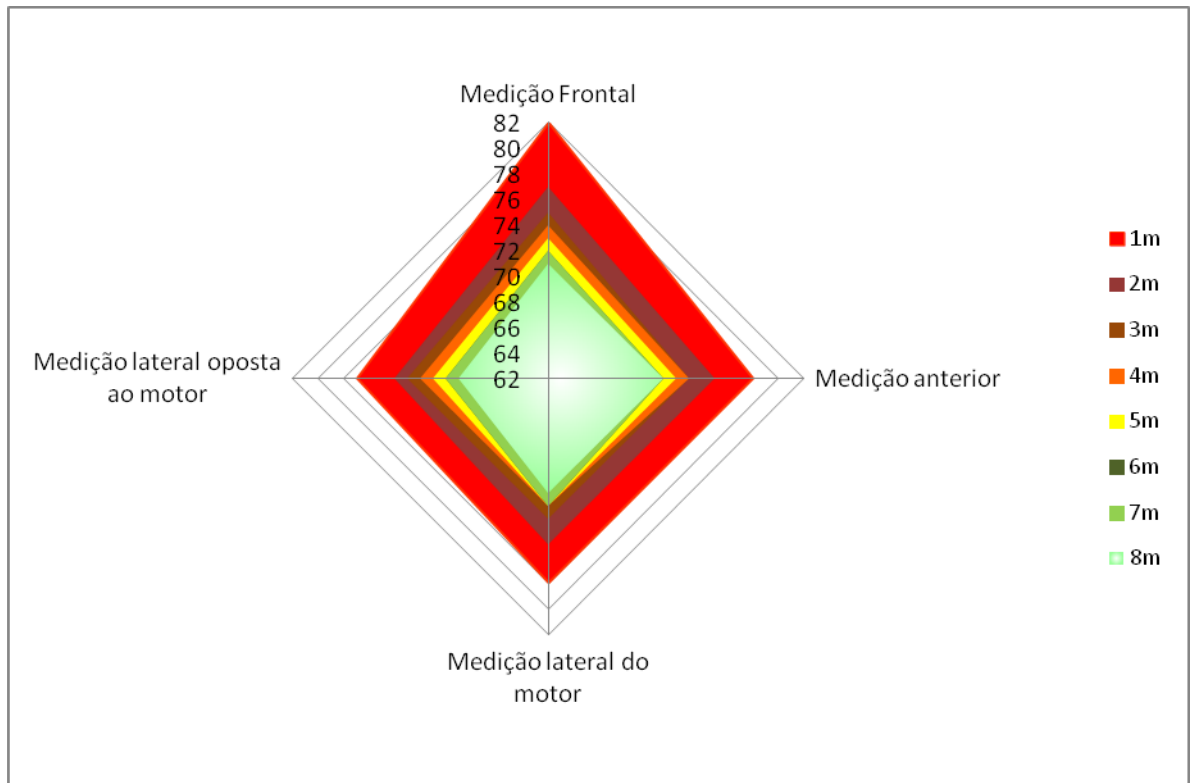


Figura 23 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, sem a tampa e sem concreto.
Fonte: Autoria própria, 2013.

Com o objetivo de verificar a eficiência da tampa acústica em conjunto com o revestimento “Tipo A”, foram realizadas coletas do nível equivalente de pressão sonora da betoneira em funcionamento com tampa em seu tambor e sem concreto. Os resultados estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 9 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, com a tampa e sem concreto.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	82	84	82	83
2	79	79	78	79
3	77	77	76	77
4	76	76	75	76
5	74	76	75	75
6	74	75	75	74
7	74	74	75	73
8	73	74	74	71

Fonte: Autoria própria, 2013.

Através da Figura 24 percebe-se que a aplicação do revestimento do Tipo “A” em conjunto com a tampa de proteção nos garante uma melhor atenuação dos níveis de pressão sonora equivalente na região frontal. Nota-se que houve uma redução dos níveis ruído na comparação entre os índices da posição frontal e traseira à betoneira.

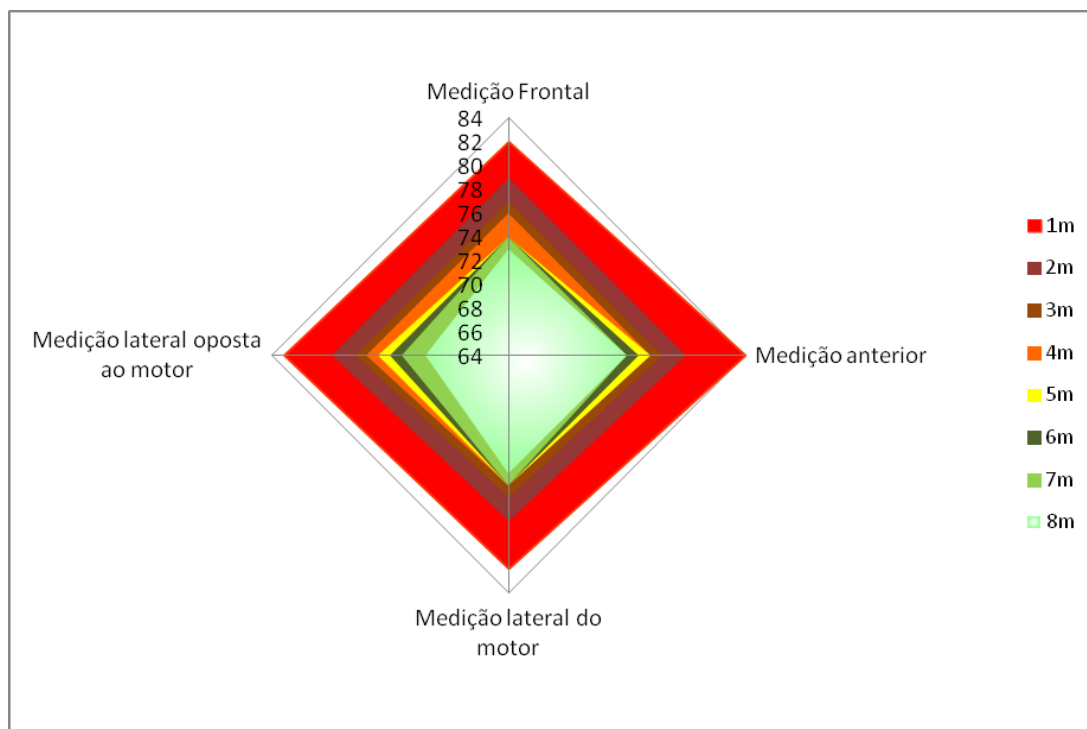


Figura 24 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, com a tampa e sem concreto.

Fonte: Autoria própria, 2013.

A fim de verificar o grau de atenuação do revestimento Tipo “A” na situação mais comum encontrada durante o uso da betoneira nos canteiros de obras, realizou-se avaliações da betoneira com concreto em seu tambor, sem a tampa de proteção acústica. Os resultados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Demonstração do *Leq* (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, sem a tampa e com concreto.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	97	93	92	91
2	90	92	88	87
3	89	87	87	86
4	87	86	86	85
5	86	85	85	85
6	85	84	85	83
7	84	84	84	82
8	84	83	84	80

Fonte: Autoria própria, 2013.

Visualiza-se, através da Figura 25, que o revestimento do Tipo “A” equaliza a emissão do nível de pressão sonora equivalente, mesmo durante a mistura do concreto.

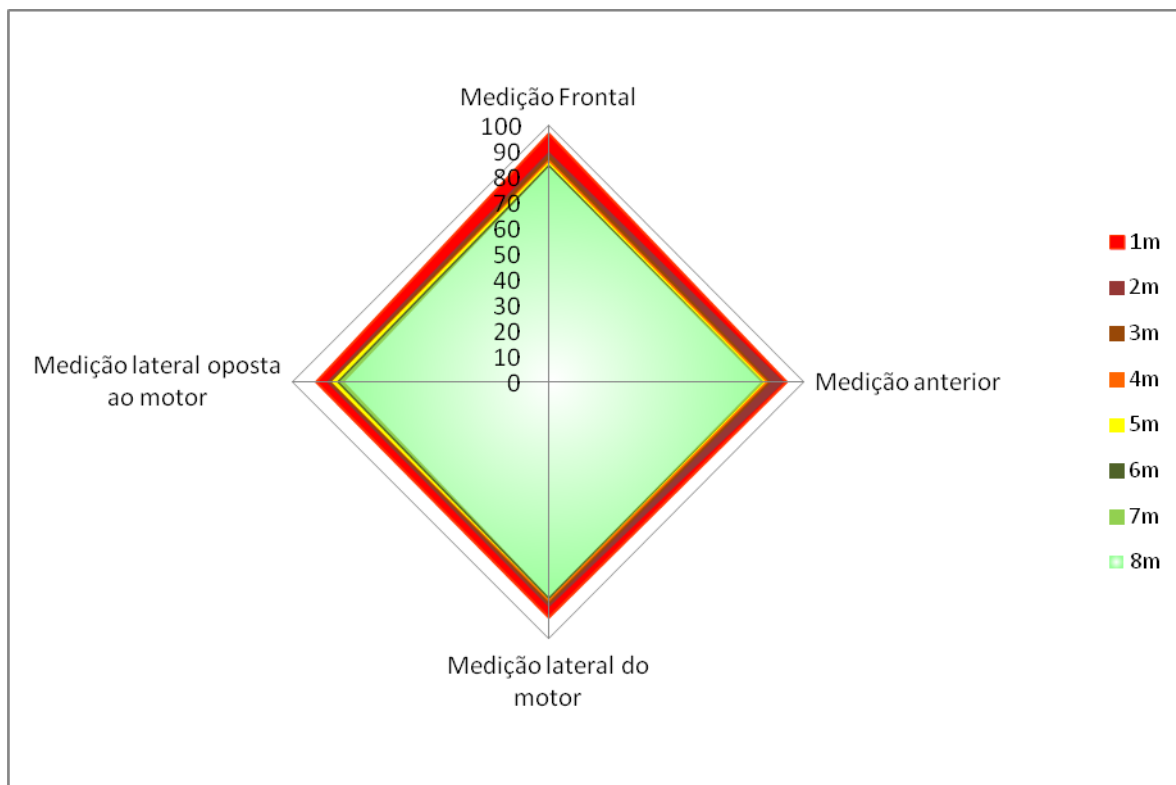


Figura 25 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, sem a tampa e com concreto.

Fonte: Autoria própria, 2013.

Para avaliar a eficiência do conjunto contemplando o material de revestimento Tipo “A” somado ao uso da tampa acústica de proteção foram realizadas algumas medições as quais estão demonstradas na Tabela 11. O ruído de fundo quantificado foi de 42 dB(A).

Tabela 11 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o revestimento Tipo “A”, com a tampa e com concreto.

AValiação Quantitativa do Nível de Pressão Sonora Equivalente				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	90	92	91	92
2	88	88	87	87
3	86	86	86	85
4	85	85	85	84
5	84	84	84	84
6	83	84	84	83
7	82	83	84	81
8	82	83	83	80

Fonte: Autoria própria, 2013.

O conjunto revestimento Tipo “A” e tampa de proteção acoplada na boca do tambor da betoneira garantiu uma maior eficiência na proteção. A Figura 26 nos dá uma visão dos níveis de pressão sonora equivalente e percebe-se a redução deste na região frontal da betoneira em relação aos demais lados.

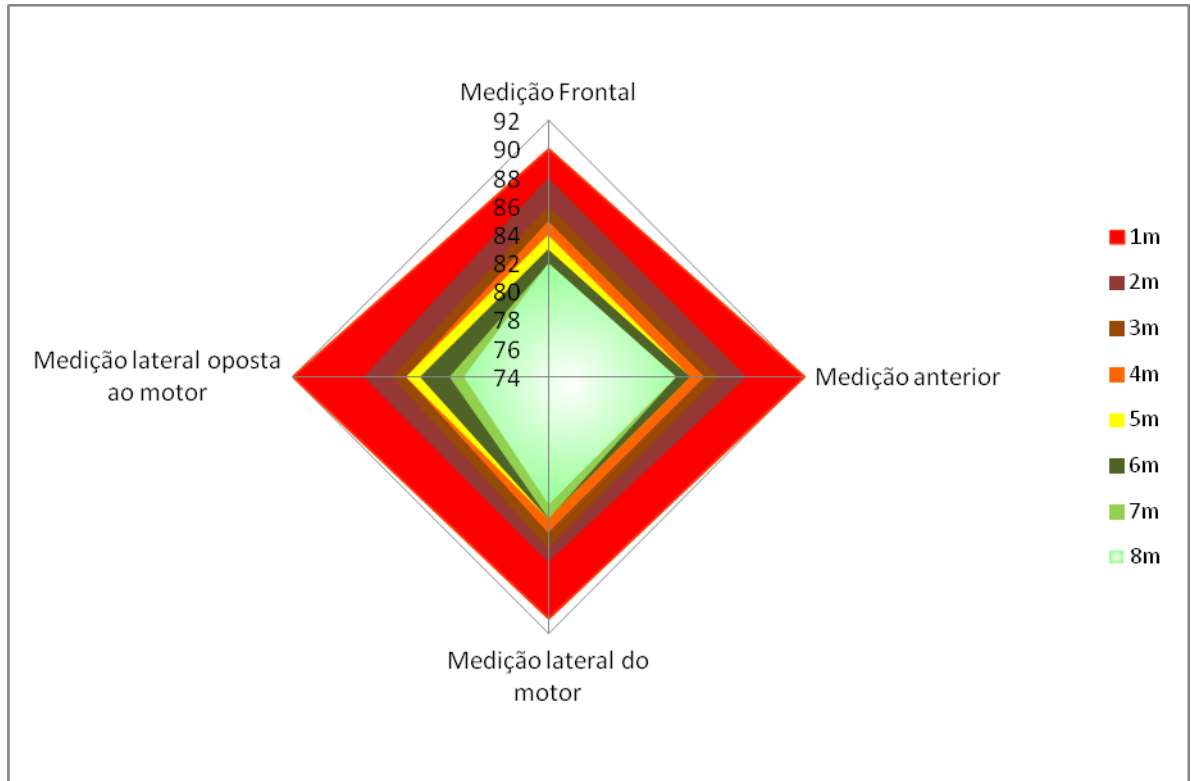


Figura 26 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com revestimento Tipo “A”, com a tampa e com concreto.
Fonte: Autoria própria, 2013.

De acordo com as avaliações este primeiro material de revestimento demonstra ser de baixa significância em relação à atenuação do nível ruído. Comparado com a situação mais comum em campo, não houve redução do nível de ruído quando se operou a betoneira revestida com o material Tipo “A”. Agora, através da Figura 27, percebe-se que com o uso da tampa e do revestimento do Tipo “A” houve uma atenuação de 7 dB(A) em relação a betoneira sem a tampa e sem revestimento no seu tambor. Porém, a tampa só poderá garantir tal proteção somente após a colocação dos agregados, isto é, só durante a mistura do concreto haverá o selamento do equipamento. Mesmo com uma redução de 7 dB(A) os valores estão acima do estabelecido pelo Anexo 1 da NR15 do Ministério do Trabalho e pela Lei Municipal n.º 10.625 de 19 de dezembro de 2002 da cidade de Curitiba do estado do Paraná.

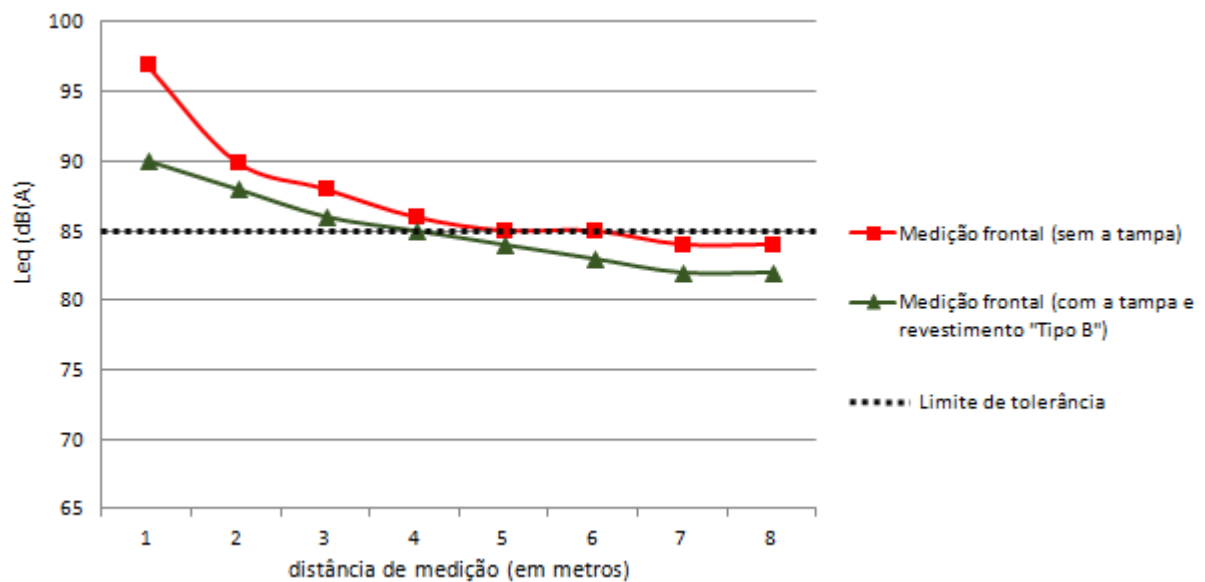


Figura 27 - Demonstração da diferença do Leq entre a betoneira sem a tampa e com a tampa de proteção e o revestimento do Tipo “A”.

Fonte: Autoria própria, 2013.

4.1.3 Resultados e avaliações dos ensaios com o tambor da betoneira revestido com o material Tipo “B”

A terceira fase de avaliações contemplou a análise do revestimento Tipo “B”, que é uma borracha líquida aplicada externamente ao tambor da betoneira. As próximas planilhas demonstram os índices dos níveis de pressão sonora equivalente quantificados após a aplicação do revestimento Tipo “B”.

Para avaliar a eficiência do conjunto contemplando o material de revestimento Tipo “B” somado ao uso da tampa acústica de proteção foram realizadas algumas medições as quais estão demonstradas na Tabela 12. O ruído de fundo foi quantificado em 43 dB(A).

Tabela 12 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o tambor revestimento com o material Tipo “B”, sem a tampa e sem concreto.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	80	80	78	77
2	77	76	76	75
3	75	74	74	74
4	74	72	72	73
5	73	72	72	72
6	72	71	71	71
7	71	71	71	71
8	71	69	69	70

Fonte: Autoria própria, 2013.

Graficamente, percebe-se, conforme demonstra a Figura 28, que a maior concentração dos níveis equivalente de pressão sonora está na região frontal da betoneira e, que com a aplicação da borracha líquida sobre o casco do tambor da betoneira houve uma redução de forma homogênea.

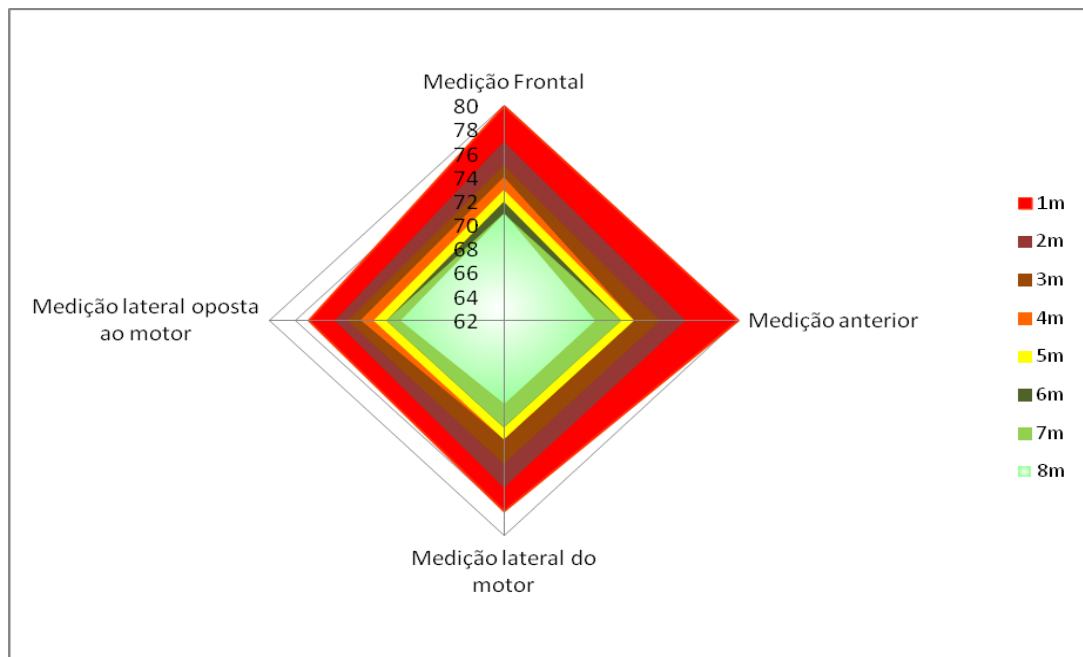


Figura 28 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o tambor revestido com o material Tipo “B”, sem a tampa e sem concreto.

Fonte: Autoria própria, 2013.

Também foram quantificados os níveis de pressão sonora equivalente utilizando a betoneira vazia, isto é, sem o concreto, porém com a tampa de proteção acústica. Os valores estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o tambor revestido com o material Tipo “B”, com a tampa e sem concreto.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	79	80	78	77
2	75	76	76	75
3	74	74	74	73
4	73	72	72	73
5	72	72	72	72
6	72	71	71	71
7	71	71	71	71
8	70	70	70	69

Fonte: Autoria própria, 2013.

Neste ensaio com o uso da tampa de proteção houve uma inversão de escala, conforme se pode notar pela Figura 29, a concentração maior do nível de pressão sonora equivalente acabou sendo nas avaliações da parte de trás do equipamento.

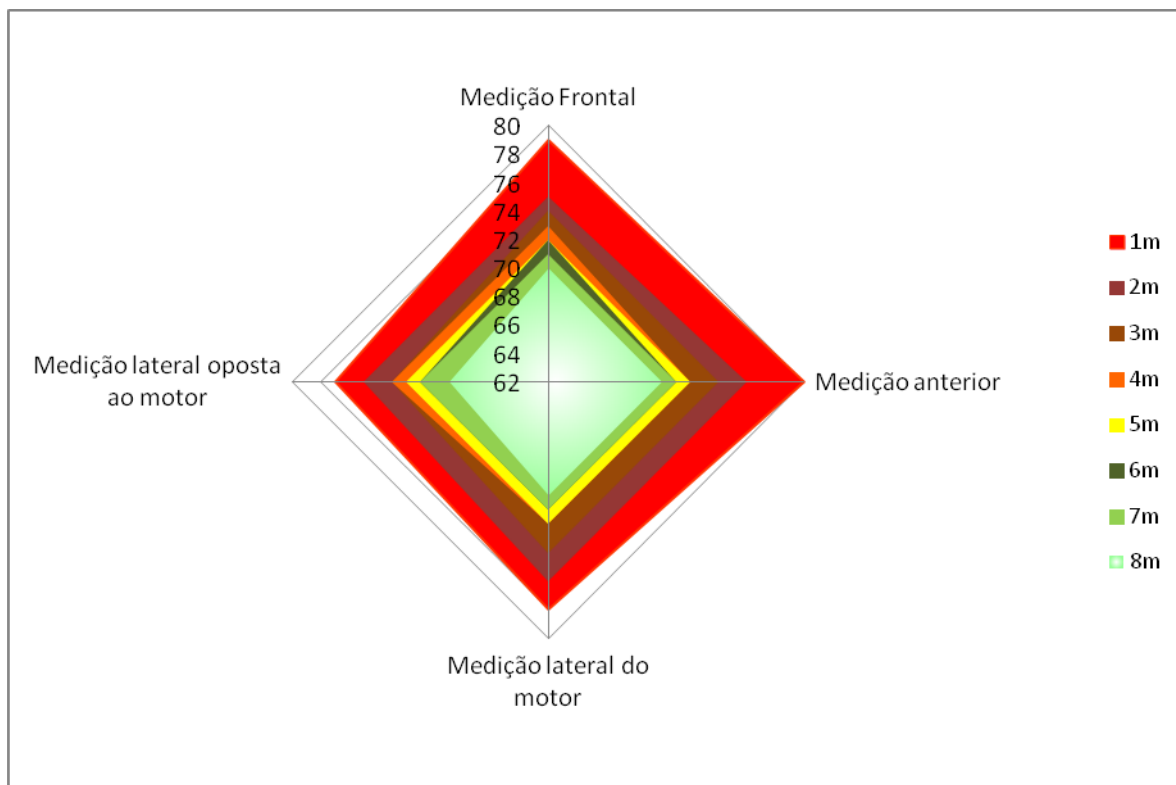


Figura 29 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o tambor revestido com o material Tipo “B”, com a tampa e sem concreto.

Fonte: Aatoria própria, 2013.

Na Tabela 14 estão representados os valores obtidos durante as medições da betoneira com seu tambor revestido com a borracha líquida e com concreto. O ruído de fundo durante essas avaliações foi de 43 dB(A). Essa avaliação demonstra a real atenuação do revestimento Tipo “B” durante a operação da betoneira em um canteiro de obra. Percebe-se que houve uma redução significativa do nível de pressão sonora equivalente em comparação ao uso de uma betoneira original.

Tabela 14 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o tambor revestido com o material Tipo “B”, sem a tampa e com concreto.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	84	82	81	79
2	79	77	77	76
3	77	75	75	74
4	75	73	73	73
5	74	72	73	72
6	73	72	72	71
7	72	72	72	70
8	72	72	71	70

Fonte: Autoria própria, 2013.

A redução do nível de pressão sonora equivalente, quando comparado aos ensaios da betoneira original durante a mistura do concreto, chegou à ordem de 13 dB(A), vide Figura 301 Essa redução quando consultado o Anexo 1 da NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, equivale a um ganho em tempo dem produção na ordem de 6:45 horas.

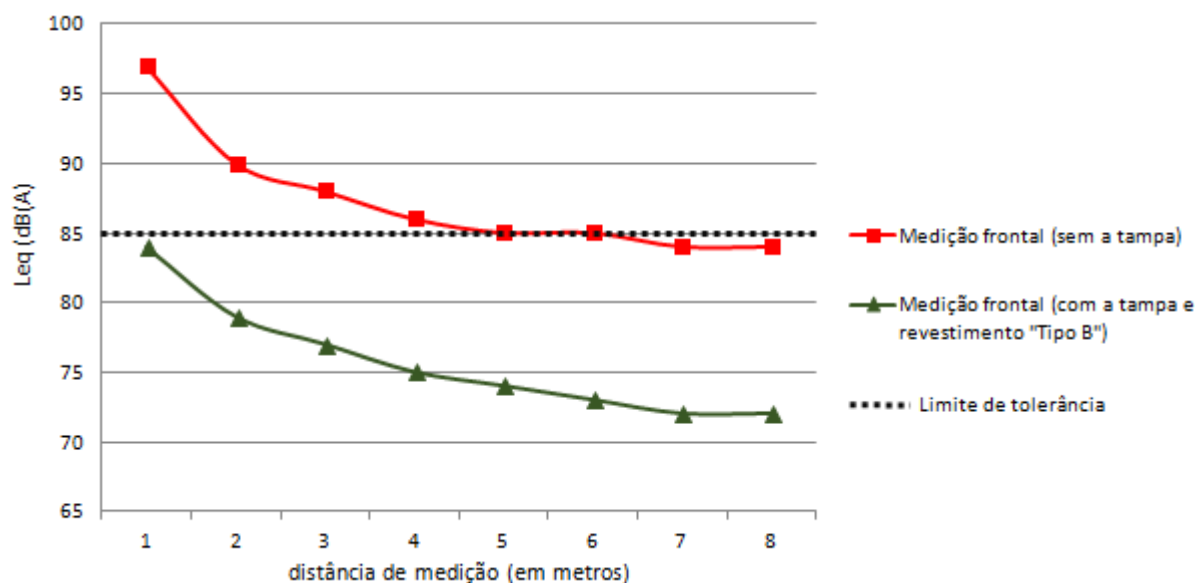


Figura 30 - Demonstração da diferença do Leq entre a betoneira sem a tampa e com a betoneira aplicada o revestimento do Tipo “B”.

Fonte: Autoria própria, 2013.

Percebe-se, de acordo com a Figura 31, que houve uma equalização dos índices de nível de pressão sonora equivalente, durante as medições, em ambos os lados da betoneira.

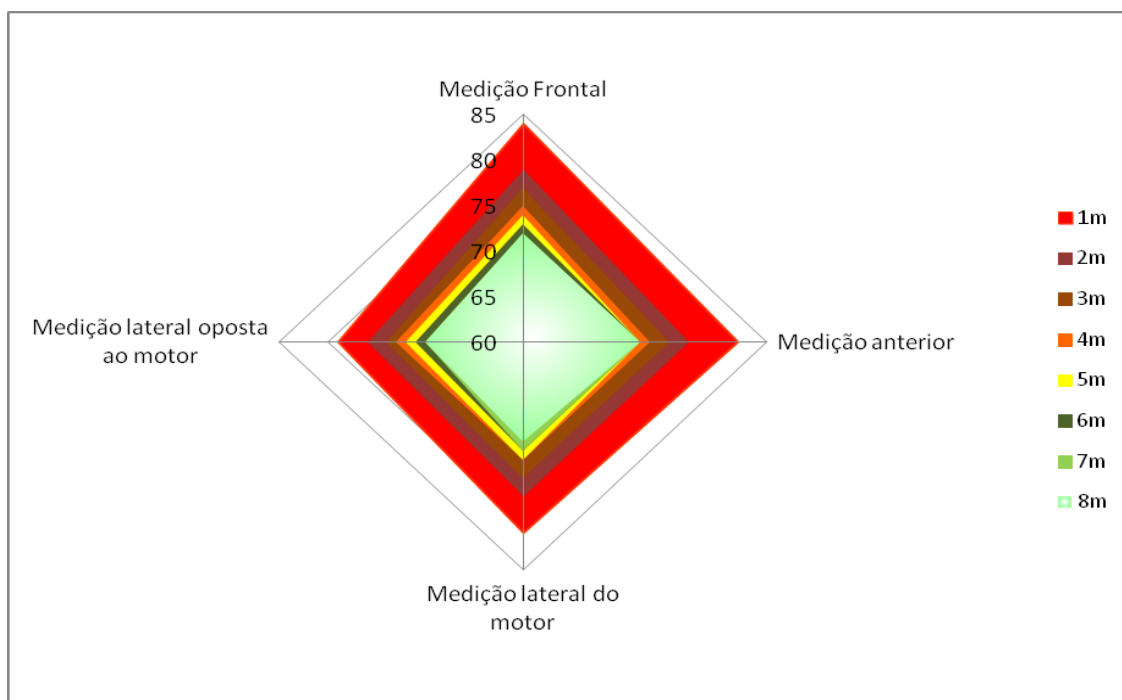


Figura 31 - Gráfico da demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira revestida com o material Tipo “B”, sem a tampa e com concreto.
 Fonte: Autoria própria, 2013.

A situação ótima encontrada, durante o preparo do concreto, foi com o tambor da betoneira revestido com o material Tipo “B” (borracha líquida) e com a tampa de proteção posicionada de forma a selar a boca do tambor da betoneira, conforme resultados demonstrados na Tabela 15. O ruído de fundo foi quantificado em 43 dB(A).

Tabela 15 - Demonstração do Leq (em dB(A)) quantificado durante a operação da betoneira com o tambor revestido com o material Tipo “B”, com a tampa e com concreto.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE				
Distância (m)	Medição Frontal (dB(A))	Medição Anterior (dB(A))	Medição lateral do Motor (dB(A))	Medição lateral oposta ao motor (dB(A))
1	80	82	81	79
2	77	77	77	75
3	75	75	75	74
4	73	73	73	73
5	72	72	73	72
6	72	72	72	71
7	72	72	71	69
8	71	71	71	69

Fonte: Autoria própria, 2013.

A Figura 32 demonstra que esse ensaio foi o que garantiu a melhor condição. Em comparação ao uso da betoneira original, conclui-se que a redução foi de 17 dB(A) em relação ao ensaio da betoneira contendo concreto e sem revestimento em seu tambor e sem a tampa de proteção. Quando comparado aos ensaios da Tabela 13, onde o tambor estava sem o concreto, pode-se concluir que o ruído produzido é gerado em grande parte pelo motor e atrito do conjunto cremalheira x pinhão da betoneira e não pela mistura dos agregados que estão no interior do tambor.

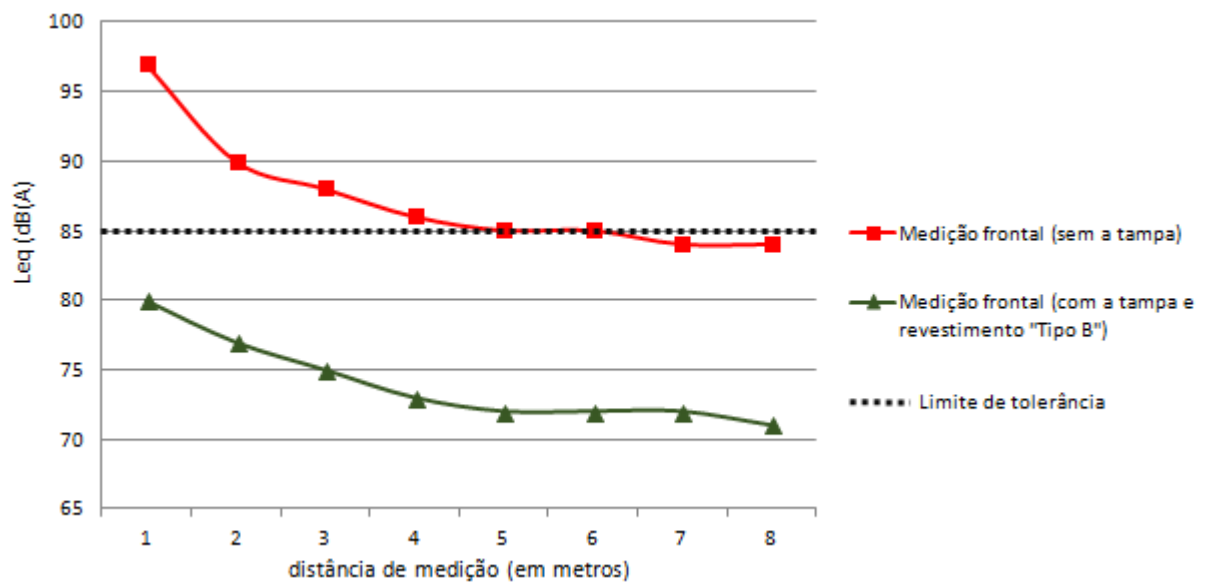


Figura 32 - Demonstração da diferença do Leq entre a betoneira sem a tampa e com a betoneira aplicada o revestimento do “Tipo B” e tampa de proteção.
Fonte: Autoria própria, 2013.

5 CONCLUSÃO

Este estudo procurou demonstrar o nível de pressão sonora equivalente gerado durante o uso da betoneira e mostrou a redução dos mesmos quando se aplica um determinado revestimento no equipamento e se faz uso de uma tampa de proteção na boca do tambor da betoneira.

Os resultados quantitativos dos níveis de pressão sonora equivalente obtidos durante os ensaios, nas diversas situações, revelaram que a aplicação de revestimentos no lado externo do tambor das betoneiras é viável do ponto de vista técnico. Constatou-se que houve uma redução do nível de pressão sonora equivalente, tanto para o revestimento do Tipo “A” que foi a aplicação das placas de EVA, quanto para o revestimento do tambor com a borracha líquida, revestimento Tipo “B”, quando comparado o equipamento objeto deste estudo a uma betoneira original em situação de uso, isso é, uma betoneira sem revestimento algum.

Após os ensaios com os dois revestimentos propostos, constatou-se a partir dos resultados, que o melhor material para aplicação, com o objetivo de gerar ganho com a atenuação acústica durante o uso e operação da betoneira, em um canteiro de obra ou outro local qualquer, é o revestimento do Tipo “B” utilizado nesta pesquisa. Esse revestimento é uma borracha líquida a base de água e a base de látex de seringueira, comercializado para uso em impermeabilizações de lajes, telhados metálicos e juntas de dilatação.

A redução do nível de pressão sonora equivalente foi de 13 dB(A) e, com o uso de uma tampa selando a boca do tambor da betoneira, esse percentual de redução fica superior a 17 dB(A) quando comparado a um equipamento similar original, ou seja, sem o devido tratamento em seu tambor.

Outro ganho, este por parte do empregador após a proteção acústica do tambor da betoneira, se faz pela redução do nível de ruído ao qual o operador da betoneira fica exposto durante seu labor, o resultado ficou abaixo do limite de tolerância explícito no Anexo I da NR15 Atividades e Operações Insalubres do Ministério do Trabalho e Emprego. Poderá, por exemplo, atenuar efeitos de litígios decorrentes de reclamações trabalhistas pela exposição ao nível de ruído ocupacional e queixas da vizinhança pela perturbação do sossego pelo incômodo causado pelo nível de pressão sonora gerado pela betoneira.

Este projeto pode viabilizar um ganho sócio-econômico para os empregadores e uma melhor qualidade de vida para os colaboradores da construção civil durante as fases de preparo do contrato fazendo uso de betoneiras nos canteiros de obra.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Alguns pontos considerados relevantes para garantir a integridade física dos operadores de betoneira e demais trabalhadores ou pessoas que estão próximos ao equipamento, durante seu uso, foram observados visualmente durante o presente estudo e não foram abordados, em razão de não serem o objetivo desta dissertação.

Porém, como proposta sugere-se que trabalhos futuros venham a desenvolver pesquisas para abordá-los, a saber:

- estudar a possibilidade e viabilidade de um conjunto de cremalheira e pinhão com um menor atrito garantindo maior proteção acústica à betoneira;
- propor modificações nas normas de fabricação de betoneiras com a inserção dos requisitos de atenuação ao nível de pressão sonora;
- estudar a vibração gerada pela betoneira e propor medidas de atenuação;
- propor um melhor nicho de acondicionamento do motor para reduzir os elementos vibrantes;

REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimentos Portland. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/>> Acesso em: 03/09/2012

ACGIH American Conference of governmental industrial hygienists. *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*. Cincinnati, 1991. Disponível em: <<http://www.acgih.org/>>. Acesso em: 06/09/2012.

ACOUSTICAL SURFACE, Inc. Disponível em: <http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101_3.htm>. Acesso em: 14/06/2014.

AEPS – Anuário estatístico da previdência social. Ministério da Previdência e Assistência Social MPAS. < <http://www.previdencia.gov.br/estatisticas/aeps-2012-anuario-estatistico-da-previdencia-social-2012/aeps-2012-secao-iv-acidentes-do-trabalho/aeps-2012-secao-iv-acidentes-do-trabalho-tabelas> /> Acesso em: 16/02/2014.

ALI, S. A. **Dermatoses Ocupacionais**. FUNDACENTRO. São Paulo, 2001.

ALVES, C. E. G. **Impacto do Ruído na Qualidade de Vida dos enfermeiros de Cuidados Intensivos**. Dissertação de Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho – Instituto Politécnico de Lisboa Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Lisboa, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.

ASTETE, M. W.; GIAMPAOLI, E.; ZIDAN, L. N. **Riscos Físicos**. FUNDACENTRO, São Paulo, 1994.

BARBOSA FILHO, A.N. **Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BARBOSA, L. R. **Proposta de Promoção da Saúde da Pele Para Trabalhadores da Indústria de Cimento**. 2005. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BECHTEL, R. B.; CHURMAN, A. **Environmental Psychology**. HandBook. John Wiley and Sons, Inc. New York. Disponível em

<<http://psikologi05.files.wordpress.com/2012/01/handbook-of-environmental-psychology.pdf>>. Acesso em 10/06/2014.

BERTUCCI, W. **Níveis Sonoros e exposição ao ruído em malharias. Estudo de caso: Região de Jacutinga-MG.** Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas – Campinas-SP, 1999.

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. **Engineering Noise Control Theory and Practice.** E&FN Spon, Third Edition, New Fetter Lane, London. 2003.

BISTAFA, S. R.. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído.** 2º Ed. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2011.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego, **Norma Regulamentadora nº 15 Atividades e Operações Insalubres.** Manual da Editora Atlas, 63ª Edição, São Paulo: Atlas, 2009a.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego, **Norma Regulamentadora nº 09 PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Manual da Editora Atlas, 63ª Edição, São Paulo: Atlas, 2009b.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego, **Norma Regulamentadora nº 17 Ergonomia.** Manual da Editora Atlas, 63ª Edição, São Paulo: Atlas, 2009c.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01,** FUNDACENTRO, 2001d.

BRASIL. Lei n.º 6514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 dez. 1977. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm. Acesso em 19/10/2012.

BRASIL. Portaria MTb n.º 3214 de 08 de junho de 1978 Aprovar o texto da Norma Regulamentadora n.º 15. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 dez. 1994. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf). Acesso em 19/10/2012.

BRASIL. Portaria SSST n.º 25 de 29 de dezembro de 1994. Art. 1º Aprovar o texto da Norma Regulamentadora n.º 9 - Riscos Ambientais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 dez. 1994. Disponível em: http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1994/p_19941229_25.pdf. Acesso em 19/11/2012.

BRUEL e KJAER (2000) *Environmental Noise*, Brüel&Kjaer Sound & Vibration Measurements A/S, Denmark.

CARVALHO, A. P. O., **Acústica Ambiental e de Edifícios.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Edição 8.3, Porto, 2012.

CARVALHO, M. A. C., **Caracterização da qualidade acústica da Catedral Metropolitana de Campinas**. Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova Lisboa. Lisboa, 2012b.

CIMPOR. Site Institucional da Empresa CIMPOR Indústria de Cimento S.A. *Ficha de dados de segurança*. 2008. Disponível em: <<http://www.cimpor-portugal.pt/cache/bin/XPQLYeQXX535rayzg5JXIPZKU.pdf>>. Acesso em: 20/09/2012.

CRIFFER Instrumentos de Medição. Disponível em: <<http://www.criffer.com.br>>. Acesso em 13/11/2012.

DA PAZ, E. C., FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P. H. T. **Estudo comparativo da percepção do ruído urbano**. Rev. Saúde Pública, jun. 2005, vol.39, no.3, p.467-472. ISSN 0034-8910.

DAVIS, R. R.; SIEBER, W. K. **Hearing protector use in noise-exposed workers: a retrospective look at 1983**. AIHA Journal, v. 63. 2002.

FAHY, F.; WALKER, J. **Fundamentals of Noise and Vibration**. E&FN Spon, New Fetter Lane, London. 1998.

FERNANDES, J. C. **Cálculo do Tempo de Reverberação (T_{60}) de um ambiente**. Disponível em http://www.feb.unesp.br/jcandido/acustica/Calculos/Tempo_de_reverb.htm. Acesso em 03/06/2014.

FERRARIS, C. F. **Concrete Mixing Methods and Concrete Mixers: State of the Art**. Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology. Volume 106, Number 2, March–April 2001. Disponível em: <<http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/build01/PDF/b01012.pdf>>

FLEIG, R. **Perda Auditiva Induzida por Ruído em Motoristas de Caminhão de Lixo Urbano**. 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

FIEDLER, P.E.K.; ZANNIN, P.H.T. **Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs- Noise maps and measurements**. Environmental Impact Assessment Review 51 (2015) p. 1-9.

FILHO, N. L. D. **Apostila sobre cimento**. UNESP – Universidade Estadual Paulista. <http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/newton_dias/Apostila_Cimentos.pdf>. Acesso em: 06/11/2012

FONSECA, W. D'Andrea. **Beamforming considerando difração acústica em superfícies cilíndricas**. Tese de Doutorado em Engenharia de Mecânica – Programa de pós-graduação em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC, 2013.

FUNDACENTRO. **Fundação Jorge Duprat Figueiredo**. Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/estatisticas-de-acidentes-de-trabalho/internacionais>> Acesso em 20/05/2013a.

GERGES, S. N. Y. **Ruído. Fundamentos e Controle.** 12ª edição. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 1992.

GERGES, S. N. Y. **Ruído. Fundamentos e Controle.** 2ª edição. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 2000.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 4ª Edição; trad. João Pedro Stein. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

GOMES, J. R.; COLACIOPPO, S.; FISCHER, F. M. **Tópicos de saúde do trabalhador.** São Paulo, SP. Editora HUCITEC, 1989.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J., **Fundamentos de física.** 8ª edição, Rio de Janeiro: LTC, vol. 2, 2009.

HANIDZA, T.I.T., JAN, A. A.M.; ABDULLAH, R.; ARIFF, M. **A Preliminary Study of Noise Exposure among Grass Cutting Workers in Malaysia.** Procedia - Social and Behavioral Sciences 91 (2013).

HAY, B. **Occupational Noise Exposure.** Applied Acoustics, vol. 8, p. 299 - 313, 1975.

HAY, B. **Maximum permissible noise levels at the workplace** the EEC, Spain, Portugal and Turkey. Applied Acoustics, v. 15, p. 61 -69, 1982

HESS, J. A., KINCL, L., AMASAY, T., WOLFE, P.. **Ergonomic evaluation of masons laying concrete masonry units and autoclaved aerated concrete.** Applied Ergonomics 41, 2010. p. 477-483.

HOLCIM BRASIL. **Relatório de sustentabilidade.** São Paulo: Holcim Brasil, 2003.

Idicionário Auleten, UOL. Disponível em:<[http:// aulete.uol.com.br/orelha](http://aulete.uol.com.br/orelha)>. Acesso em 08/06/2014.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2ª edição rev. e ampl. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 2005.

INSTRUTHERM: **Instrumentos de Medição Ltda.** Medidor de Pressão sonora digital portátil (DEC-5010). Disponível em:
<http://www.instrutherm.com.br/instrutherm/dept.asp?template_id=73&old_template_id=60&partner_id=&tu=b2c&dept_id=180&valida=1> Acesso em: 22/05/2013.

KATZ, J. **Tratado de audiologia clínica.** 4ª edição. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1999.

KINSLER, L. E.; FREY, A.R.; COPPENS A.B.; SANDERS J.V. **Fundamentals of Acoustic,** 3ª ed., USA, 1982.

KUPERMAN, S. C., **Concreto massa convencional e compactado com rolo.** São Paulo, Ed. Geraldo Cechella Isaia, IBRACON, 2005.

MAIA, P. A. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil**. Campinas: 2001. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas SP.

MARQUEZ, L. **Ergonomia e Segurança no Projeto e Utilização de Máquinas Agrícolas**. Ed. UFSM, Santa Maria, 1997.

MEHTA, R. **Patologia do Trabalho**. 2. Ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M., **CONCRETO: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MENEGOTTI. **Menegotti máquinas para construção**. Disponível em: <<http://www.menegotti.ind.br/produto/linha-de-betoneiras-e-misturadores/volume-total/400.html>>. Acesso em 15/12/2013.

MERLUZZI, F. **Patologia da rumore**. In: SARTORELLI, E. Trattato di medicina del lavoro. Pádua: Piccin Editore, 1981.

MORATA, T. C.; LEMASTERS, G. K. **Considerações epidemiológicas para o estudo de perdas auditivas ocupacionais**. In: NUDELMANN, A. A. et al. Pair – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído. Rio de Janeiro: Revinter, 2001.

MORFEY, C. **The dictionary of acoustics**. Academic Press, U.K., 1 edition, 2000.

NAWA, T.; EGUCHI, H.; OKKUBO, M. Effect of fineness of cement on the fluidity of cement paste and mortar, **Transactions of JSCE**, 1991.

National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH. **An evaluation of the national program for occupational safety and health in construction**. Washigton, USA, 2001.

NEVILLE, A. M. Water and Concrete: A Love-Hate Relationship. **Concrete International**, v. 22, n. 12. December, 2000.

OIT, Organização Internacional do Trabalho. Disponível em: <<http://www.oitbrasil.org.br/>>. Acesso em: 15/12/2012

OSHA, Occupational Safety and Health Administration. Disponível em: <<https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/36>>. Acesso em: 02/06/2014

PALMA, D. C. **Quando o ruído atinge a audição**. Monografia de conclusão de curso de Especialização em Audiologia Clínica. CEFAC Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, Porto Alegre, 1999.

PINHEIRO, A. K. S. **Ergonomia aplicada à anatomia humana e a fisiologia**. AB Editora, 2006.

REVESCOR. **Revescor Revestimentos**. Disponível em: <<http://www.revescor.com.br/>>. Acesso em 18/12/2013.

RUSSO, I. C. P. Acústica e psicoacústica aplicada a fonoaudiologia. 2º Ed. São Paulo. Lovise, 1999.

SAAD, E. G. Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho; textos básicos para estudantes de engenharia. São Paulo, FUNDACENTRO, 1981.

SALIBA, T. M. Curso básico de segurança e higiene ocupacional. São Paulo: Editora LTr, 2004.

SALIBA, T. M. Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído - PPRA. 4º Edição. São Paulo: Editora LTr, 2008.

SANTOS, U. P.. Ruído: riscos e prevenção. São Paulo: Hucitec, 1999.

SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. Manual de Análise Ergonômica no Trabalho. 2ª Edição. Curitiba: Ed. Genesis, 1997.

SCHWARTZ, A.; LEONOV, P. Acoustic aspects of building sites. Applied Acoustics 7. i 4. 1974. p 281-294.

SEIXAS, N., NEITZEL, R., CAMP, J., YOST, M. An Assessment of Occupational Noise Exposure in For Construction Trades. University of Washington. Department of Environmental Health. Washington. 1998.

SENSIDYNE Industrial Health & Safety Instrumentation. Disponível em: <<http://sensidyne.com/>>. Acesso em: 13/11/2012.

SHU, S.; YANG, P; ZHU, Y. Correlation of noise levels and particulate matter concentrations near two major freeways in Los Angeles, California. Environmental Pollution 193 (2014) p. 130-137

SIQUEIRA, R. C. L. Análise da Exposição ao ruído e dos principais sintomas auditivos e extra auditivos em motoristas de transporte coletivo de Goiânia. 2012. Dissertação de Mestrado em Ciências Sociais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia GO.

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/snic-relatorio2011-12_web.pdf>. Acesso em 23/11/12.

Techniques du son. Disponível em: <<http://www.techniquesduson.com>>. Acesso em: 18/11/2014.

TORIJA,A.J.; FLINDELL, I.H. Listening laboratory study of low height roadside noise barrier performance compared against in-situ field data. Building and Environment 81 (2014). p. 216-225.

TORREIRA, R. P. Manual de Segurança Industrial. São Paulo: Margus Publicações, 1999.

TZIVIAN, L.; WINKLER, A.; DLUGAJ, M.; SCHIKOWSKI, T.; VOSSOUGH, M.; FUKS, K.; WEINMAYR,G.; HOFFMANN, B. Effect of long-term outdoor air pollution and noise

on cognitive and psychological functions in adults. International Journal of Hygiene and Environmental Health x (2014).

VERA, A. T. E.. **Análise estatística das audiometrias realizadas em uma clínica de saúde ocupacional.** UTFPR, 2010.

YAZIGI, W. A **Técnica de Edificar.** PINI. 2002.

WHO - World Health Organization. Occupational and community noise. Geneva. 2003.

ZAMBERLAN, N. E. **Ruído na unidade de cuidado intermediário neonatal de um hospital universitário de Ribeirão Preto-SP.** Dissertação de Mestrado em Saúde Pública, USP, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto SP, 2006.

ZANNIN P.H.T., DINIZ F. B., CALIXTO A, BARBOSA W. A. *Environmental noise pollution in residential areas of the city of Curitiba.* Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR. Curitiba PR., 2001.

ZHANG, H.; ZHAI, D.; YANG, Y. N. **Simulation-based estimation of environmental pollutions from construction processes.** Journal of Cleaner Production 76 (2014). p. 85-94.

ANEXO A – Certificado de calibração dos equipamentos utilizados para coleta dos níveis de pressão sonora.



Certificado de Calibração nº 6744/2013

Folha 1/1

Objeto: Decibelímetro Digital

Nº de autenticação: ----

Fabricante: Instrutherm Modelo: DEC-5010 Série: 130105741

Cliente: FUNDAÇÃO DE APOIO A EDUC UNIV TECNOL FED PARANA
AV SILVA JARDIM, 760. CURITIBA - PR.

Data da calibração: 19/08/2013 Data da emissão: 19/08/2013

Procedimento: Os procedimentos utilizados para a calibração estão de acordo com o MT 001 ed. 01 rev.01.

Padrões Utilizados:

- Calibrador de nível sonoro, com certificado de calibração RBC Nº A0533/2012.
Validade: 11/2014

Condições Ambientais: Temperatura: 23 ± 3°C Umidade Relativa do Ar: entre 35 e 70%

Incerteza de Medição: Vide tabela de resultados para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

RESULTADOS OBTIDOS
CALIBRAÇÃO

	Frequência A		Frequência C	
	Lo	Hi	Lo	Hi
VM (dB)	94,60	114,50	94,60	114,50
VVC (dB)	94,60	114,50	94,60	114,50
EM (dB)	0,00	0,00	0,00	0,00
IM (dB)	0,50	0,50	0,50	0,50
k	2,00	2,00	2,00	2,00

CONVENÇÕES	
VVC	Valor Verdadeiro Convencional
VM	Valor Médio de cada ponto
EM	Erro de Medição (VM - VVC)
IM	Incerteza de Medição, para um nível de confiança de 95 %.

Fernando Kauer
Responsável Técnico
CREA: RS177080

- Este certificado não tem valor para fins da metrologia legal e se limita exclusivamente ao objeto calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- Os resultados são válidos somente para o estado do objeto no momento da medição.

instrusul@instrusul.com.br
Rua Alegrete, 144 - CEP: 93280-060 - Centro - Esteio - Fone: 51 3459-6491
www.instrusul.com.br