

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOÃO MARCELO RIEDI

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO DURANTE O PROCESSO DE
CONCRETAGEM COM CONJUNTO CAMINHÃO BETONEIRA –
AUTOBOMBA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO
2020

JOÃO MARCELO RIEDI

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO DURANTE O PROCESSO DE
CONCRETAGEM COM CONJUNTO CAMINHÃO BETONEIRA –
AUTOBOMBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Gladis Cristina Furlan

TOLEDO

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de N°

**Análise dos níveis de ruído durante o processo de concretagem
com conjunto caminhão betoneira - autobomba**

por

João Marcelo Riedi

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16:00 h do dia **10 de Julho de 2020** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Me. Calil Abumanssur
(UTFPR – TD)

Prof. Me. Silvana da Silva
(UTFPR – TD)

Prof. Me. Gladis Cristina Furlan
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Gustavo Savaris
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida, saúde, força e a oportunidade de chegar até aqui.

Aos meus pais, Luiz Carlos e Marlisa, e a minha irmã, Isabela, pelo amor, incentivo e por todos os sacrifícios que fizeram por mim.

A minha namorada, Rafaela, pelo companheirismo, carinho e por facilitar o caminho percorrido.

A esta instituição, seu corpo docente, direção e administração que me proporcionaram um ambiente de crescimento pessoal e profissional, o qual nunca esquecerei.

A minha orientadora, professora Gladis Furlan, por ter oportunizado a finalização desse ciclo, pela confiança em mim e todo o suporte para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de casa, Renan, Ricardo, Jonathan, Leonardo e Rodrigo, que além de terem dividido moradia comigo durante estes anos, me ensinaram muitos valores e se tornaram grandes amigos.

A todos meus amigos, de Toledo e Palotina, por entenderem meus momentos de ausência e por terem feito esta trajetória muito mais feliz.

A Bateria RapoZona, onde conheci colegas que se tornaram minha família, que me permitiu desenvolver atividades fundamentais para meu crescimento profissional, além de toda a alegria e emoção vivenciada.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, a minha eterna gratidão.

RESUMO

RIEDI, J. M. **Análise dos níveis de ruído durante o processo de concretagem com conjunto caminhão betoneira – autobomba**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Toledo.

Este estudo consiste em uma avaliação dos níveis de ruído emitidos na utilização de concreto bombeado durante a concretagem. Por ser necessário a utilização de grandes equipamentos nestes processos, geralmente ruidosos, os trabalhadores podem ser expostos demasiadamente a níveis de energia sonoros incompatíveis com a norma regulamentadora, necessitando assim o uso de equipamentos de segurança. Com uso do decibelímetro, foram realizadas seis mensurações de pressão sonora, divididas entre três categorias de funcionários durante a operação das máquinas. Posteriormente, foi aplicado a 30 funcionários um questionário de caráter investigativo buscando-se avaliar se os principais sintomas de patologias relacionadas a perda de audição são perceptíveis nos trabalhadores e se medidas de segurança estão sendo tomadas. Os resultados obtidos mostraram que os trabalhadores estão expostos a níveis de ruído que tornam seu ambiente de trabalho insalubre caso não haja nenhuma forma de atenuação deste ruído e existem fortes indícios de que os funcionários possam estar desenvolvendo a perda auditiva induzida por ruído.

Palavras-chave: Ruído. Autobomba. Concreto bombeado. Caminhão betoneira.

ABSTRACT

RIEDI, J. M. Analysis of the noise level during the concrete pumping process with mixer truck – pump truck set. 2020. Graduation Final Work. Bachelor Degree in Civil Engineering – Federal Technology University of Paraná – Toledo.

This study consists of an evaluation of the noise level emitted during the pumped concrete process. Because it is necessary to use large equipment in these processes, which are generally noisy, workers may be exposed to excessive levels of sound energy incompatible with the regulatory standard, thus requiring the use of safety equipment. Using the decibel meter, six sound pressure measurements were made, divided between three categories of employees during the operation of the machines. Subsequently, an investigative questionnaire was applied to 30 employees in an attempt to assess whether the main symptoms of pathologies related to hearing loss are noticeable in workers and whether safety measures are being taken. The results obtained showed that workers are exposed to noise levels that make their work environment unhealthy if there is no way to mitigate this noise and there is strong evidence that employees may be developing noise induced hearing loss.

Keywords: Noise. Concrete Pump Truck. Pumped Concrete. Concrete Mixer Truck.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acoplamento entre caminhão betoneira e autobomba de concreto	14
Figura 2 - Caminhão bomba tipo lança.....	15
Figura 3 - Emissão de ruído na concretagem.....	16
Figura 4 - Vibrador interno (a), vibrador de superfície (b) e vibrador externo (c).....	17
Figura 5 - Comparação do nível de ruído entre os serviços mais relevantes	20
Figura 6 - Decibelímetro digital.....	25
Figura 7 - Hierarquia do controle do ruído.....	26
Figura 8 - Protetor <i>circum</i> -auricular (a) e protetor de inserção (b).....	28
Figura 9 - Esquema de medições de ruído realizadas	33
Figura 10 - Nível máximo de ruído para um operador de caminhão betoneira.....	36
Figura 11 - Tempo em que atua em serviços de concretagem.....	44
Figura 12 - Tempo médio diário de envolvimento em concretagens	45
Figura 13 - Identificação dos sintomas de PAIR.....	50
Figura 14 - Combinação de sintomas declarados	51
Figura 15 - Afetados por sintomas auditivos por faixa etária	52
Figura 16 - Afetados por sintomas auditivos por tempo de serviço	53
Figura 17 - Afetados por sintomas com irregularidade na audiometria	54
Figura 18 - Sistema de controle ativo de ruído	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de ruído proveniente de equipamentos a combustão interna	19
Tabela 2 - Limites de segurança para ruído contínuo ou intermitente	22
Tabela 3 - Nível máximo de ruído por funcionário	35
Tabela 4 – Medição e comparação do ruído para o operador de autobomba da empresa A.....	38
Tabela 5 – Medição e comparação do ruído para o operador de autobomba da empresa B	38
Tabela 6 - Medição e comparação do ruído para o operador de caminhão betoneira da empresa A.....	40
Tabela 7 - Medição e comparação do ruído para o operador de caminhão betoneira da empresa B.....	40
Tabela 8 – Medição e comparação do ruído para o ajudante da empresa A.....	41
Tabela 9 - Medição e comparação do ruído para o ajudante da empresa B	41
Tabela 10 - Comparação entre situação da rua e horário de concretagem	42
Tabela 11 - Situação atípica nos níveis de ruído	43
Tabela 12 – Acidente de trabalho durante a concretagem	46
Tabela 13 – Recebimento de protetor auricular pela empresa	46
Tabela 14 – Instrução quanto a utilização do protetor auricular.....	47
Tabela 15 – Utilização do protetor auricular regularmente	47
Tabela 16 – Desconforto ao utilizar o protetor auricular	48
Tabela 17 – Realização de audiometria.....	49
Tabela 18 – Irregularidade na audiometria	49

LISTA DE SIGLAS

EPI	Equipamento de Proteção Individual
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
PAIR	Perda de Audição Induzida por Ruído
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA	11
1.2 OBJETIVO GERAL	12
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4 HIPÓTESES.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CONCRETAGEM	14
2.1.1 Concreto bombeado	15
2.1.2 Adensamento do concreto.....	16
2.2 SOM E RUÍDO	17
2.2.1 Natureza do som	18
2.2.2 Percepção do som	18
2.2.3 Limites de tolerância.....	20
2.3 PROBLEMAS AUDITIVOS CAUSADOS POR RUÍDO	22
2.4 PREVENÇÃO DO RUÍDO	24
2.4.1 Equipamento de mensuração.....	25
2.4.2 Formas de controle do ruído	26
2.4.2.1 Equipamentos de proteção individual.....	27
3 METODOLOGIA	30
3.1 MATERIAIS	30
3.2 MÉTODO DE MEDIÇÃO	31
3.3 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	33
3.3.1 Tempo e local para responder o questionário	34
3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 MEDIÇÃO DO RUÍDO	35
4.1.1 Operador de autobomba	37
4.1.2 Operador de caminhão betoneira	39
4.1.3 Ajudante de operação da autobomba	41
4.1.4 Influência de fatores externos	42
4.2 QUESTIONÁRIO	43

4.2.1 Tempo que atua em serviços de concretagem.....	44
4.2.2 Tempo médio diário de trabalho em concretagens	45
4.2.3 Ocorrência de acidente de trabalho durante as concretagens	45
4.2.4 Recebimento de protetor auricular pela empresa.....	46
4.2.5 Instrução quanto a utilização do protetor auricular.....	46
4.2.6 Utilização do protetor auricular regularmente.....	47
4.2.7 Desconforto ao utilizar o protetor auricular.....	47
4.2.8 Realização de audiometria	48
4.2.9 Anormalidade na audiometria.....	49
4.2.10 Sintomas	49
4.3 SUGESTÕES DE ATENUAÇÃO DO PROBLEMA.....	54
5 CONCLUSÃO	56
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE A	62

1 INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil existem diversos fatores que podem expor os funcionários a situações de risco à sua saúde. Tais situações são decorrentes de diversas fontes danosas, como iluminação, ruído, umidade, temperatura, poeiras, entre outros (GANIME *et al.*, 2010). Sendo assim, a Norma Regulamentadora (NR) – 15 (BRASIL, 2019) estipula limites de exposição a tais fontes, que quando ultrapassadas estabelecem um ambiente de trabalho insalubre, por exemplo, ambientes em que o ruído ultrapasse o nível de 85 dB.

O ruído é caracterizado como um som indesejável ao ouvido humano, na maioria das vezes de alta pressão sonora, sendo o agente físico mais comum nos diversos processos da construção, como exemplo, na concretagem, e estes altos níveis de ruído podem levar a manifestações patológicas nos trabalhadores.

A Perda de Audição Induzida por Ruído (PAIR) é a patologia de caráter auditivo mais frequente nos funcionários expostos a longos períodos em ambientes ruidosos, provocando a perda de audição definitiva. As manifestações não auditivas mais comuns provocadas por ruído são: aceleração da frequência cardíaca; alteração na pressão arterial; estresse; distúrbios relacionados ao sono e aumento do risco de outros acidentes de trabalho (GANIME *et al.*, 2010).

A concretagem por si só é um processo ruidoso e normalmente é um trabalho de várias horas. Quando envolve um grande volume de concreto ou necessidade de vencer longas distâncias, verticalmente ou horizontalmente, recomenda-se o uso de concreto bombeado. Tal solução técnica envolve a utilização de grandes equipamentos, com motores movidos a combustão interna que agravam a poluição sonora do meio.

Sabe-se que o combate aos ruídos pode ser realizado em diversas etapas, tanto na fonte, quanto na trajetória e no receptor da onda sonora. Porém, como existe pouca ou quase nenhuma fiscalização pelos órgãos competentes, muitas vezes a proteção é falha, acarretando prejuízos físicos aos trabalhadores e financeiros às empresas (CORDEIRO *et al.*, 2005).

Sendo assim, este trabalho busca identificar se os trabalhadores da construção civil do município de Toledo – PR expostos diariamente ao contato com autobombas e caminhões betoneira estão sendo impactados com altos níveis de pressão sonora e se as consequências auditivas e não auditivas podem ser percebidas nestes funcionários. Também, será avaliado se medidas de prevenção ao ruído estão sendo praticadas pelas empresas e funcionários.

A abordagem do tema será feita em duas etapas. A primeira consistirá em realizar a aferição do nível de pressão sonora, utilizando o aparelho adequado (decibelímetro), dos equipamentos em estudo enquanto estiverem operando em conjunto. A segunda etapa consistirá na aplicação de um questionário para investigar questões a respeito da saúde auditiva dos envolvidos e acerca da tomada de medidas de prevenção.

Comumente, a pessoa que sofre com a PAIR demora para identificar seus efeitos ou confunde com a perda de audição natural decorrente da idade (FARIAS, BURITI E ROSA, 2011). Partindo da premissa que os funcionários da construção civil são pessoas simples, com pouco acesso às informações necessárias para sua autoproteção, este trabalho possui uma relevância social no sentido de conscientizar os principais impactados, a fim de promover o incentivo à utilização de equipamentos de proteção individual necessários para suas atividades laborais.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para Farias, Buriti e Rosa (2011), a evolução da tecnologia proporciona o uso de máquinas cada vez mais velozes e conseqüentemente mais ruidosas. Observa-se, decorrente desta situação, cada vez mais casos de perda auditiva em trabalhadores, e apesar de tudo isso, ainda são escassas as pesquisas que relacionam esta patologia aos processos da construção civil.

Estima-se que 16% da perda de audição no mundo seja induzida por ruído (TINOCO *et al.*, 2019). Esta é a mazela que mais atinge operários no ramo de siderurgia, metalurgia, vidraria e construção civil (FARIAS, BURITI E ROSA, 2011).

Nota-se ao estar presente em uma concretagem utilizando concreto bombeado que os ruídos gerados extrapolam o limite de aceitabilidade, muitas vezes impedindo

até mesmo a comunicação de funcionários que estão próximos. Entretanto, também se percebe que muitas vezes os funcionários estão portando protetores auriculares, mas não o utilizam (TINOCO *et al.*, 2019).

De fato, estudos sobre os problemas gerados pelo bombeamento do concreto raramente estão dispostos na literatura. Para Arezes (2006), é indispensável que sejam realizados estudos que demonstrem as situações reais de trabalho, identificando os principais riscos de saúde ocupacional, para então ter-se uma correta interpretação das repercussões por eles causadas.

Para Ganime *et al.* (2010), deve-se dar importância ao tema, já que os custos de acidentes de trabalho além de prejudicarem os trabalhadores, acometem também a saúde financeira dos cofres públicos e das empresas, pois é comprovado que a higiene no trabalho minimiza o risco de acidentes ou de afastamento, temporário ou por invalidez.

Segundo Santana *et al.* (2006), estima-se que 4% do Produto Interno Bruto (PIB) de um país pode ser perdido em custos de doenças ocupacionais, podendo este valor chegar a 10% em países em desenvolvimento. Para o PIB nacional de 2019, estes valores ficariam entre 292 bilhões e 730 bilhões de reais.

No Brasil, além das multas e indenizações que recaem sobre empresas responsáveis pelos acidentes, parte dos custos diretos com os acidentes incidem sobre o Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), que deve garantir o direito do cidadão à previdência social.

Ainda segundo Arezes (2006), para compreender o fenômeno como um todo é necessário realizar não somente experiências de modo técnico, mas também propor uma abordagem quantitativa que relacione as perdas auditivas com o comportamento dos trabalhadores frente a sua prevenção. Desta forma, o presente trabalho buscou atender a este pressuposto.

1.2 OBJETIVO GERAL

Verificar se ruídos causados pelo funcionamento do conjunto caminhão betoneira – autobomba é danoso à saúde dos trabalhadores da construção civil envolvidos em sua operação durante a concretagem.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e levantar dados do ambiente de trabalho dos operadores de máquinas de concretagem.
- Verificar o nível de ruído do ambiente de trabalho dos funcionários e o tempo em que estão expostos a estes ruídos.
- Comparar os valores com a norma regulamentadora vigente (NR-15).
- Avaliar a saúde auditiva dos operadores por meio de um questionário, segundo a percepção dos mesmos.
- Indicar melhorias nos procedimentos visando a saúde dos trabalhadores.

1.4 HIPÓTESES

- O tempo em que os trabalhadores do bombeamento do concreto ficam expostos aos ruídos provenientes desta operação está incompatível quando comparado com a NR-15.
- O nível de ruído captado em uma rua movimentada será maior do que o captado em uma rua calma, durante a operação de bombeamento.
- O nível de ruído captado nos horários de pico da cidade será maior do que em outros horários, tanto para a rua calma quanto para a rua movimentada.
- Outros equipamentos das obras influenciarão nos níveis de ruído medidos.
- Quanto maior a idade do trabalhador, maior será a probabilidade de ele declarar possuir sintomas patológicos auditivos.
- Quanto maior o tempo de trabalho em operações de concretagem, maior será a probabilidade de o trabalhador declarar possuir sintomas patológicos auditivos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCRETAGEM

Segundo Obata (2007), após estabelecido o plano de concretagem, inicia-se o serviço de concretagem. Essa atividade envolve uma grande mobilização, tanto de mão-de-obra, como de todos os equipamentos e máquinas indispensáveis para realizar os procedimentos referentes à concretagem. Tal ação visa garantir que o serviço seja ininterrupto e seguro aos funcionários envolvidos nesta etapa, visto que as máquinas operantes expõem os funcionários a situações não ergonômicas, decorrentes de ruídos e vibrações.

A maioria destes ruídos são provenientes da etapa de lançamento e adensamento do concreto, onde estão operando o caminhão betoneira e o caminhão bomba, no caso do uso de concreto dosado em central, além dos vibradores de concreto.

A figura 1 mostra o acoplamento do caminhão bomba com um caminhão betoneira. O caminhão bomba posiciona-se no local mais adequado para a concretagem e o caminhão betoneira aproxima-se em marcha ré até o ponto onde a bica de descarga possa despejar o concreto dentro do cocho, de onde posteriormente será bombeado.

Figura 1 - Acoplamento entre caminhão betoneira e autobomba de concreto



Fonte: Autor (2019).

2.1.1 Concreto bombeado

De acordo com Peurifoy *et al.* (2006), o início da utilização do método de bombeamento do concreto é datado de 1930, nos Estados Unidos, mas apenas na década de 1970 que seu uso se tornou comum e difundiu-se pelo mundo.

Atualmente, com a notável evolução de máquinas e equipamentos, grande parcela de todo o concreto produzido no mundo é destinado ao bombeamento. Para Kwon *et al.* (2016), o grande mérito do concreto bombeado é ter um lançamento contínuo, reduzindo consideravelmente o tempo de lançamento e, conseqüentemente, o custo da obra.

O concreto bombeável pode ser usado em qualquer tipo de obra, todavia, seu uso é muito difundido em concretagens de grande volume, tendo como principais vantagens a comodidade para a construtora e a facilidade para vencer grandes alturas, longas distâncias horizontais e obstruções no canteiro (PEURIFOY *et al.*, 2006).

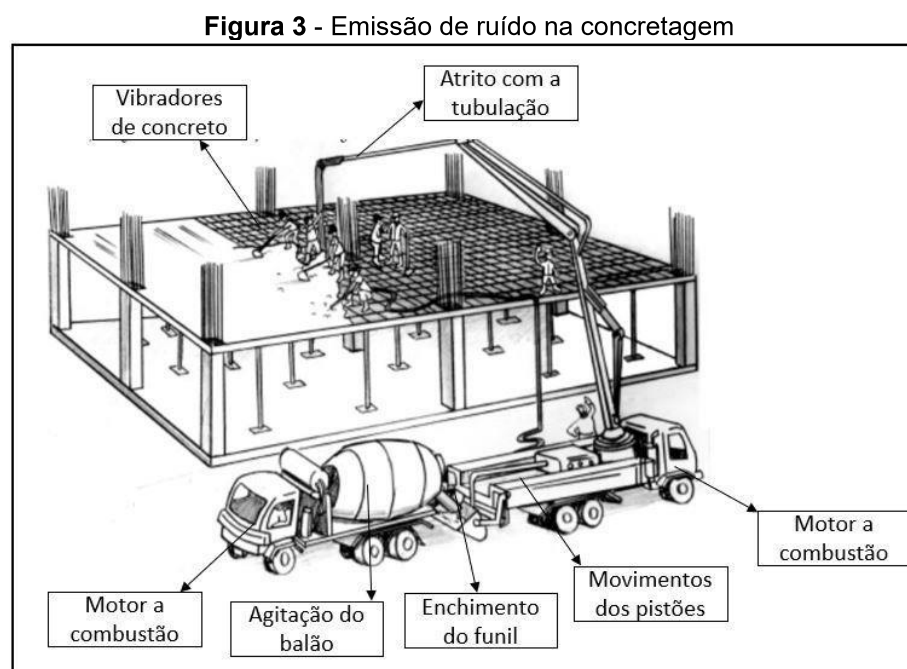
Segundo Azeredo (2009), para o transporte do concreto por tubulações, existem três tipos de bombas disponíveis: bombas com pistão, bombas pneumáticas e bombas de pressão. Tais equipamentos são comumente instalados em caminhões em duas configurações: bomba com tubulação separada e bomba tipo lança. Um exemplo de configuração tipo lança está exposta na figura 2.

Figura 2 - Caminhão bomba tipo lança



Fonte: Autor (2019).

Para Peurifoy *et al.* (2006), independentemente do tipo de bomba utilizada, sua operação gera um pico de ruído, advindo principalmente do funcionamento de motores a combustão interna, incluindo também os golpes gerados pelos pistões de bombeamento e o atrito do concreto com as paredes do funil de enchimento e das tubulações. A figura 3 mostra as principais fontes emissoras de ruído durante o bombeamento do concreto.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2013).

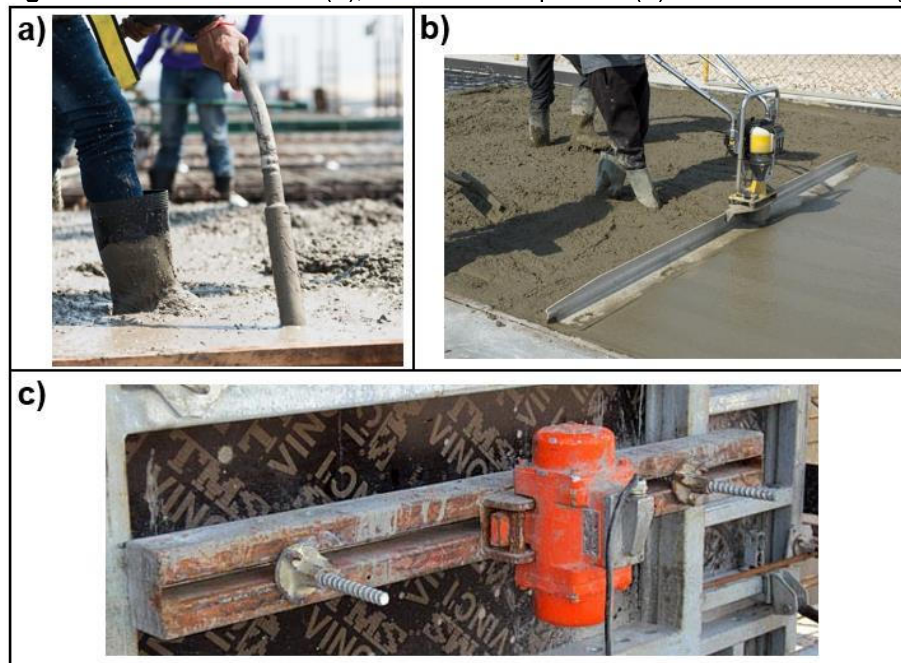
2.1.2 Adensamento do concreto

Segundo Azeredo (2009), o concreto apresenta uma grande quantidade de vazios após o lançamento. Estes vazios surgem pelo aprisionamento do ar durante o processo. Dessa forma, o objetivo principal do adensamento é eliminar o ar aprisionado no concreto, proporcionando um considerável aumento de suas características essenciais, sendo, portanto, uma etapa fundamental do processo de concretagem. Além disso, o adensamento também contribui para o preenchimento completo das formas, principalmente em peças com altas taxas de armadura.

Para Salgado (2009), os vibradores classificam-se em três tipos, de acordo com sua forma de utilização: vibradores internos, de superfície e vibradores de forma. Os vibradores internos (Figura 4a) são os mais utilizados, tendo seu princípio de funcionamento a imersão de uma cabeça ou caixa, que vibra em alta frequência no

concreto. Os vibradores de superfície (Figura 4b) são utilizados em contato com a face superior do concreto e adensam no sentido de cima para baixo. Por último, vibradores externos (Figura 4c), só podem ser utilizados em formas metálicas. Eles são instalados nas formas e as vibram, por consequência vibrando o concreto em seu interior.

Figura 4 - Vibrador interno (a), vibrador de superfície (b) e vibrador externo (c)



Fonte: Royal Máquinas (2020).

Os vibradores, por serem equipamentos movidos por eletricidade ou combustível, também contribuem para o aumento de ruído durante a concretagem no canteiro de obra, principalmente por operarem em alta frequência. Peurifoy *et al.* (2006) chama a atenção no cuidado ao vibrar o aço da armadura, pois tal ação aumenta consideravelmente o ruído gerado, além de outros problemas que podem surgir, como danificar o vibrador ou até deslocar a armadura.

2.2 SOM E RUÍDO

Para Maia (2001), o som é definido como ondas mecânicas longitudinais que se propagam no meio sólido, líquido e gasoso. De acordo com os princípios da física, são ondas mecânicas pois necessitam de um meio para se propagar e longitudinais pois a matéria onde estão sendo propagadas oscila em direção paralela a direção de propagação.

Bistafa (2006) define o som como uma sensação no sistema auditivo causada por vibrações das moléculas de ar propagadas por estruturas vibrantes. Seguindo a mesma linha de raciocínio, Kroemer e Grandjean (2005) afirmam que o som é uma reação do ouvido humano as variações de pressão do ar, que ocorrem com uma frequência e intensidade regular.

O ruído, segundo Bistafa (2006) é um som sem harmonia, considerado indesejável. Para Kroemer e Grandjean (2005), chama-se ruído o som perturbador. Os autores ainda frisam que, geralmente, mas não em todos os casos, o ruído é de alto nível de pressão sonora, mas também decorrente da frequência em que ocorre e de outros fatores que aumentam sua carga.

2.2.1 Natureza do som

A unidade física que representa a pressão do som é o micropascal (μPa). Um ouvido humano saudável pode detectar ondas de pressão de no mínimo 20 μPa , chegando a um valor um milhão de vezes mais alta. Desta forma, buscou-se estabelecer uma escala logarítmica que acomodasse essa faixa tão grande de valores. Essa escala é o Decibel (dB), onde 1 dB corresponde a menor mudança de pressão que o ouvido humano pode diferenciar (KROEMER E GRADJEAN, 2005).

Bistafa (2006) afirma que, para as alterações de pressão serem captadas como sons, elas devem ocorrer de forma cíclica. A frequência é a quantidade de ciclos que ocorrem em um segundo. Sua unidade é o Hertz (Hz). Segundo Kroemer e Grandjean (2005), o ouvido humano detecta variações de pressão que ocorrem na faixa de 16 a 20.000 Hz. Dessa forma, de acordo com a frequência em que o som é emitido, uma mesma variação de pressão pode ser detectada como um som agudo ou grave, embora o som de tonalidade baixa pareça ser menos alto do que um de tonalidade alta.

2.2.2 Percepção do som

“O que é ruído, para você, pode ser música para outra pessoa”. É desta forma que Kroemer e Grandjean (2005, p. 251) definem as diferentes percepções de som entre as pessoas, fortalecendo a ideia de que o incômodo ao ruído é um fator subjetivo.

Fernández *et al.* (2009) afirmam que um som pode ser agradável em determinado momento e extremamente irritante em outro. Já Bistafa (2006), traz à tona que determinados sons que normalmente seriam considerados como ruídos, podem transmitir informações importantes no dia-a-dia, por exemplo, o ruído do motor, pode indicar a velocidade que o veículo possui.

No entanto, na construção civil, dificilmente encontramos sons que não sejam percebidos como indesejáveis, pois, além de serem de alta intensidade de pressão, possuem um tempo de exposição diário elevado aos trabalhadores.

Para Penteado e Brito (2012), os equipamentos utilizados no processo de construção, especialmente em concretagens, excedem o limite máximo permitido de 80dB, isso com medições realizadas à 15 m da fonte emissora do ruído. Vale ressaltar que durante a operação dos equipamentos supracitados, os trabalhadores estão há uma pequena distância, de 1 ou 2 metros dos equipamentos, o que aumenta consideravelmente o nível de pressão sonora que chega aos ouvidos.

Tratando-se especificadamente de autobombas de concreto, deve-se ainda considerar o fato de a fonte motriz ser o motor de um caminhão, acarretando um nível ainda mais elevado de ruído. A tabela 1 apresenta os resultados obtidos no estudo de Penteado e Brito (2012) para os níveis de ruído dos equipamentos por motores de combustão interna mais utilizados na construção civil, onde constata-se que mesmo a uma distância considerável, os caminhões bomba e betoneira caracterizam-se como fontes ruidosas.

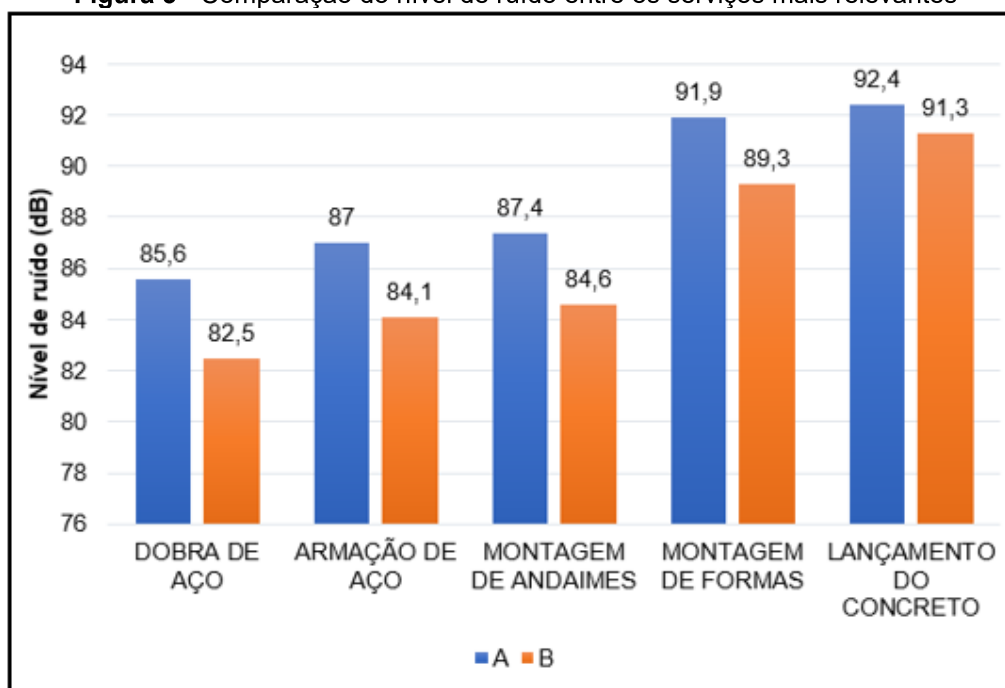
Tabela 1 - Nível de ruído proveniente de equipamentos a combustão interna

Equipamento	Nível de ruído (dB) a 15m
Rolos compactadores	74 - 77
Pá carregadeiras	74 - 86
Retroescavadeiras	72 - 91
Tratores	76 - 96
Raspadores	79 - 96
Caminhões	84 - 94
Betoneiras	76 - 88
Bombas de concreto	82 - 86
Guindastes	76 - 86

Fonte: Penteado e Brito (2012).

Segundo Li *et al.* (2016), em um canteiro de obras, os trabalhadores envolvidos na construção da superestrutura são os que mais estão expostos a condições ruidosas de trabalho e, conseqüentemente, a desenvolver distúrbios relacionados a essa exposição. Em sua pesquisa, analisou-se os ruídos de duas construções similares (A e B), provenientes das etapas de terraplanagem, construção da superestrutura e instalação de dutos de ar. Os resultados obtidos mostram que o lançamento do concreto foi o serviço mais ruidoso nestes processos, como exposto na figura 5.

Figura 5 - Comparação do nível de ruído entre os serviços mais relevantes



Fonte: Li *et al.* (2016).

Anderson (2007) obteve resultados em seu estudo que provam que o acoplamento entre o caminhão betoneira e o caminhão bomba pode chegar a emitir um nível de ruído superior a 100 dB, medido a dois pés de distância quando os dois estão funcionando simultaneamente. O estudo consistiu em realizar medições em vários pontos ao redor de um caminhão betoneira, constatando que durante a agitação do concreto o nível de pressão sonora pode subir até 15,6 dB.

2.2.3 Limites de tolerância

A NR-15 (BRASIL, 2019) é a norma que regulamenta as atividades e operações insalubres no meio ambiente do trabalho. São consideradas atividades insalubres as

que extrapolam os níveis de tolerância pré-estabelecidos pela norma para ruído, exposição ao calor, radiações, agentes químicos e poeiras minerais.

A norma define que os limites de tolerância são os valores, considerados máximos ou mínimos, em que o trabalhador pode ser exposto a um determinado agente sobre um determinado tempo, sem que este agente venha causar danos em sua vida laboral. As atividades insalubres causadas por ruído estão classificadas de acordo com o tipo de exposição ao ruído, em ruído contínuo ou ruído de impacto.

De acordo com a NR-15 (BRASIL, 2019), o ruído de impacto é caracterizado por picos de energia acústica inferiores a 1 segundo, com intervalos entre picos maiores do que 1 segundo, por exemplo, proveniente de um equipamento de bate-estaca. Seu limite de tolerância é de 130 dB, medidos com o aparelho operando em circuito linear e próximo ao ouvido do trabalhador.

O ruído contínuo ou intermitente, de acordo com o anexo n.º1 da NR-15 (BRASIL, 2019), é um ruído que não seja de impacto, isto é, que ocorre em níveis praticamente constantes por um determinado período de tempo. Sua aferição é feita próxima ao ouvido do trabalhador, com o instrumento operando em circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta. O tempo de exposição não pode exceder o máximo permitido pela tabela 2, sendo que em hipótese alguma devem haver trabalhadores expostos a ruídos acima de 115 dB sem os adequados equipamentos de proteção individual (EPI's).

Tabela 2 - Limites de segurança para ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO 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
93	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: NR 15 (2019).

Para uma pressão sonora de 85 dB, a exposição máxima diária é de 8 horas e a cada 5 dB de aumento o tempo de exposição permitido cai pela metade. Por exemplo, para um ruído de 92 dB o trabalhador só pode ser exposto durante 3 horas do expediente, para 100 dB apenas 1 hora.

2.3 PROBLEMAS AUDITIVOS CAUSADOS POR RUÍDO

Diferentemente de outros fatores não-ergonômicos, tal como o risco de trabalho em altura, as consequências causadas pelo ruído não são percebidas instantaneamente e dependendo do tempo de exposição, pode levar a deterioração

física, psíquica e social. A consequência mais relevante é a perda de audição, porém, dificilmente os envolvidos nas situações de risco percebem os efeitos patológicos causados, por conta do desenvolvimento lento, contudo progressivo (FERNÁNDEZ *et al.*, 2009).

Segundo Ganime *et al.* (2010), os efeitos à exposição de ruídos podem provocar respostas tanto auditivas como não auditivas nos trabalhadores, dependendo de características da exposição e do indivíduo. Bistafa (2006) cita que a gama de perturbações físicas e psíquicas provocadas por ambientes ruidosos pode tornar o ruído um agente causador de estresse generalizado.

No ambiente de trabalho, o ruído afeta diretamente nas atividades desenvolvidas, pelo fato de interferir na comunicação e na concentração, levando a uma considerável queda de desempenho. Também, percebe-se um maior índice de abstenção de trabalhadores em locais ruidosos (BISTAFA, 2006). Sob o mesmo ponto de vista, Cordeiro *et al.* (2005) apontam que indivíduos que trabalham sob tais condições apresentam risco três a quatro vezes maiores de sofrerem outros tipos de acidentes de trabalho.

A PAIR é uma das doenças ocupacionais mais comuns no Brasil e no mundo. Ela é decorrente de um trauma acústico crônico de caráter irreversível. Tal efeito irreversível é procedente de uma exposição prolongada e contínua ao longo dos anos. Inicialmente, ocorre a redução da sensibilidade auditiva, com a presença de zumbido. Sendo um efeito de curto prazo, retorna gradualmente a normalidade de audição desde que seja interrompido o contato do trabalhador com a fonte emissora de ruído. Caso a exposição seja continuada ocorrem alterações permanentes, caracterizando uma perda de audição neurossensorial (GANIME *et al.*, 2010).

Para Kroemer e Grandjean (2005), a perda de audição varia de acordo com a sensibilidade da pessoa ao ruído. Para pessoas menos sensíveis, os efeitos podem começar a aparecer depois de muitos anos de exposição, enquanto que para as mais sensíveis, dentro de alguns meses. Segundo os autores, normalmente a PAIR se manifesta inicialmente em frequências acima de 4000 Hz e prossegue paulatinamente para frequências mais baixas, sendo este o momento em que há a percepção por parte do funcionário da perda da audição. Segundo os autores, a PAIR é combinada

com a perda de audição natural proveniente do envelhecimento, intensificando sua evolução.

Além dos impactos auditivos citados, Ganime *et al.* (2010) destaca que os efeitos não auditivos podem atingir inúmeros sistemas do organismo, entre eles: sistema nervoso, circulatório, respiratório, digestório, endócrino, imunológico, vestibular, muscular e reprodutor. Além disso, podem surgir distúrbios relacionados ao sono e até a perda de apetite.

Halperin (2014) afirma que há claras evidências que a poluição sonora provoca uma perturbação no sono dos indivíduos, deteriorando a saúde dos mesmos. Segundo ele, ambientes ruidosos provocam mudanças biológicas que afetam a qualidade e quantidade do sono, podendo chegar até a condição de insônia. Os efeitos de uma noite mal dormida são perceptíveis nos trabalhadores, manifestando-se em sonolência diurna, cansaço, aborrecimento, alterações de humor e de cognição. Além do mais, um sono ruim é fator relevante para o surgimento de problemas cardiovasculares.

O estudo de Chang *et al.* (2012) prova que ruídos a partir de 80 dB e frequência acima de 4000 Hz aumentam consideravelmente a prevalência de hipertensão nos indivíduos. A possível razão disto acontecer é que o ruído de alta frequência provoca desordens endócrinas, favorecendo a liberação de hormônios de estresse (Adrenalina, Noradrenalina e Cortisol), elevando a pressão arterial.

Desta forma, percebe-se que o controle do ruído não é somente uma responsabilidade legal da empresa, mas uma forma de diminuir faltas no trabalho, prevenir acidentes e conseqüentemente alcançar uma redução de custos (FERNÁNDEZ *et al.*, 2009).

2.4 PREVENÇÃO DO RUÍDO

De acordo com Ganime *et al.* (2010), a forma mais eficaz de se obter segurança no trabalho é adotar medidas de prevenção. Assim sendo, tais diligências são de responsabilidade de todas as partes envolvidas no processo. Cabe ao trabalhador estar sempre atento e cumprir as normas de segurança inerentes a seu serviço. Ao empregador, cabe oferecer um ambiente de trabalho livre de riscos ocupacionais,

devendo avaliar os riscos e fornecer os equipamentos adequados. Por fim, é dever do governo conceber leis pertinentes à segurança no ambiente de trabalho e fiscalizar o cumprimento das mesmas.

Para Fernández *et al.* (2009), deve ser feita uma abordagem de três etapas para alcançar um ambiente de trabalho menos ruidoso: avaliação e mensuração de riscos; adoção de mecanismos de prevenção e; por último, monitoramento periódico da eficácia dos mecanismos.

2.4.1 Equipamento de mensuração

Segundo Bistafa (2006), o instrumento específico para aferição do ruído é o sonômetro, chamado popularmente de decibelímetro. Tal denominação deve-se ao fato desse instrumento ser um sensor de pressão sonora, expressa na unidade decibel (dB). Um modelo de medidor de nível sonoro é apresentado na figura 6.

Figura 6 - Decibelímetro digital



Fonte: Instrutherm (2019).

Apesar de ser um equipamento visualmente simples e portátil, possui um sistema com vários componentes essenciais para a captação do som e posterior processamento das informações recebidas (BISTAFA, 2006).

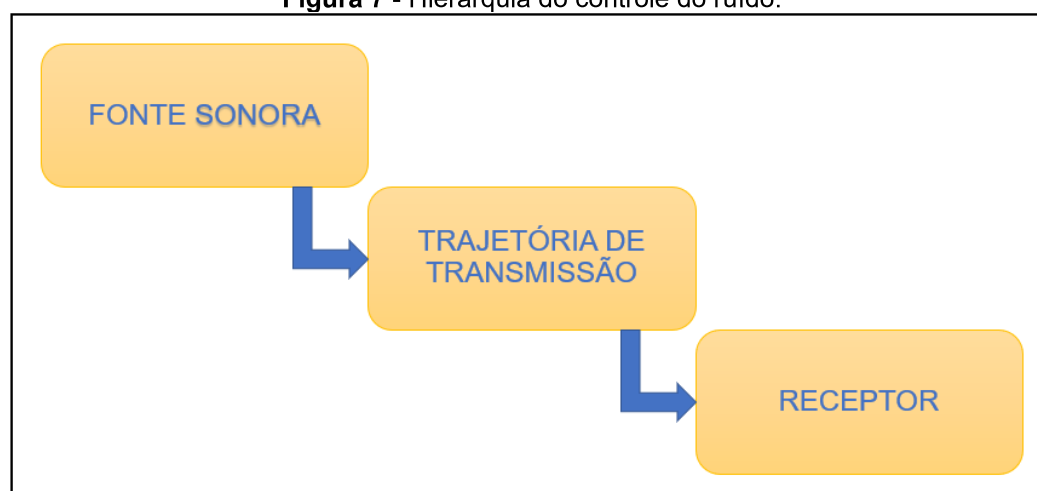
2.4.2 Formas de controle do ruído

Kroemer e Grandjean (2005) afirmam que o passo mais importante para evitar o ruído é o planejamento de um ambiente não ruidoso. Desta forma, a engenharia tem papel primordial em selecionar máquinas e tecnologias que não produzam ruídos prejudiciais.

No entanto, sabe-se que é impossível em algumas operações, a exemplo do lançamento do concreto, a ausência completa de ruídos, pois existem inúmeras variáveis a se considerar, como forças de impacto, estado de conservação das máquinas, operação simultânea de equipamentos elétricos e à combustão, entre outras. Dessa forma, cria-se uma hierarquia de controle do ruído, como representado na figura 7, que estabelece três pontos de intervenção cruciais (BISTAFA, 2006).

Controlar o ruído na fonte sonora seria a maneira mais eficaz de combatê-lo. Caso não seja possível intervenções neste ponto pode-se combatê-lo na trajetória de transmissão. Por último, o combate a ruídos no receptor, largamente utilizado, seria a última medida a ser tomada para reduzir seus riscos.

Figura 7 - Hierarquia do controle do ruído.



Fonte: Adaptado de Bistafa (2006)

Assim sendo, os autores destacam as maneiras de atenuação do ruído:

a) Controle de ruído na fonte:

Considerada a maneira mais efetiva de reduzir sons desagradáveis. Basicamente, consiste em introduzir modificações no processo de geração de ruído de uma determinada máquina. Exemplos que podem ser citados: substituição de

materiais duros por borracha ou feltro; trocar componentes velhos e desgastados por novos.

b) Controle de ruído na trajetória de transmissão:

Classificado como o segundo nível de defesa, baseia-se em evitar o contato sonoro entre o emissor e o receptor. As ações mais comuns são: aumentar a distância entre a fonte e o receptor; isolar equipamentos barulhentos com enclausuramento total, parcial ou barreiras.

c) Controle de ruído no receptor:

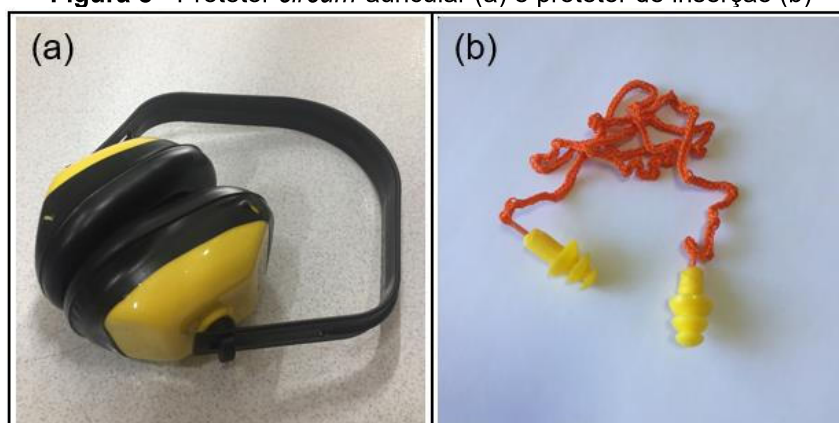
Considerada uma proteção passiva, é a última linha de defesa contra ambientes ruidosos, utilizado quando não for possível nenhuma outra forma de atenuação. A proteção consiste no uso de protetores auriculares, considerados equipamentos de proteção individual (EPI's).

2.4.2.1 Equipamentos de proteção individual

A NR-06 (BRASIL, 2018), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), fornece as diretrizes para o uso de equipamentos de proteção individual. Segundo essa norma regulamentadora, EPI é todo dispositivo ou produto, de uso individual, utilizado para prevenção de riscos que podem ameaçar a saúde do trabalhador.

No caso de protetores auriculares, a norma define que devem ser utilizados quando os níveis de pressão sonora forem superiores aos descritos nos anexos n.º 1 e 2 da NR-15 (BRASIL, 2019). Os equipamentos podem ser classificados de acordo com seu modo de utilização, sendo os mais comuns os *circum*-auriculares (Figura 8a) e os de inserção (Figura 8b).

Figura 8 - Protetor *circum*-auricular (a) e protetor de inserção (b)



Fonte: Autor (2019).

a) Protetores *circum*-auriculares:

Normalmente chamados de protetores tipo “concha” devido a seu formato, são caracterizados por cobrir todo o ouvido, devendo a almofada de vedação ficar justa no ouvido externo, mas sem exercer pressão. Pode chegar a uma atenuação de 40 dB, se utilizado corretamente (KROEMER E GRANDJEAN, 2005).

Para Berndsen *et al.* (2012), as principais vantagens são: permitir fácil colocação, eliminando ajustes muito complexos; poder ser ajustado mesmo utilizando luvas; ter uma vida útil maior que outros modelos, tendo a opção de troca de peças defeituosas e ser de fácil remoção, caso o trabalhador circule em ambientes que variam a intensidade de ruído. Como desvantagens, citam-se: interferir no uso de óculos ou capacete; desconforto causado pelo peso e ser desconfortável em ambientes quentes.

b) Protetores de inserção:

Conhecidos popularmente como tampões de ouvido, caracterizam-se por serem introduzidos no canal auditivo. Classificados em pré-moldáveis, moldáveis e auto moldáveis, seu uso adequado fornece uma proteção de até 30 dB. Devem ser fabricados em material elástico, não tóxico e de diferentes tamanhos.

As vantagens em sua utilização são: ser fácil de carregar; permitir uso concomitante com outros EPI's e ter baixo custo de implantação. As principais desvantagens consistem em: ser fácil de perder; necessitar ser higienizado com

frequência; difícil de ajustar com luva e possibilidade de causar lesões no canal auditivo (BERNDSSEN *et al.*, 2012).

Segundo Rodrigues *et al.* (2006), as medidas de prevenção utilizadas atualmente consistem basicamente em realizar audiometrias e fornecer protetores auriculares. No entanto, há a necessidade de se investigar como os protetores estão sendo utilizados (atenuação real, colocação, higiene) e promover treinamentos eficazes para alertar os funcionários dos benefícios ao utilizá-los.

Tinoco *et al.* (2019) conclui em seu estudo que a percepção individual do risco ocupacional ao ruído é uma das questões mais relevantes para surgimento de práticas seguras, principalmente no uso de EPI's. Isso deve-se ao fato de os empregados terem um real entendimento das consequências em não os utilizar. Sabe-se, no entanto, que o uso dos equipamentos citados pode gerar certos desconfortos nos colaboradores.

De acordo com Kroemer e Grandjean (2005), muitos trabalhadores refutam o uso do protetor auricular pelo fato de gerar um isolamento acústico muito grande, atrapalhando na comunicação interpessoal, dificultando a percepção de sons relevantes para seu trabalho e impedindo a percepção de informações sonoras vitais do ambiente.

Ademais, o desconforto físico gerado por diferentes modelos de protetor, de diferentes tamanhos, é uma questão importante a se considerar, levando em consideração que os ouvidos humanos são anatomicamente diferentes entre si. Em consequência disto, o protetor auditivo não deveria ser escolhido pela empresa de forma indiferenciada, mas escolhido pelo trabalhador, desde que atenda às recomendações técnicas (RODRIGUES, DEZAN E MARCHIORI, 2006).

3 METODOLOGIA

A abordagem do tema de estudo foi dividida em duas etapas, ambas classificadas cientificamente como pesquisa de campo, sendo a aferição dos ruídos em campo e posterior aplicação de um questionário.

Para Rodrigues (2007), a modalidade de pesquisa de campo consiste na observação dos fatos na maneira como ocorrem, não permitindo ao pesquisador isolar ou interferir nas variáveis estudadas, limitando-se a perceber e estudar as interações entre elas. Dessa forma, foram realizadas 32 aferições de pressão sonora, em 12 obras e 2 usinas de concreto.

A primeira etapa compreendeu uma série de procedimentos, os quais foram realizados pelo pesquisador, de maneira sistemática, para avaliar os níveis de ruído emitidos durante o processo de concretagem com o uso de autobomba. Foi também observado se variáveis externas contribuiriam para tornar o ambiente de trabalho ainda mais ruidoso. As informações coletadas foram interpretadas com base na legislação vigente, neste caso, a NR-15 (BRASIL, 2019).

A segunda etapa consistiu em uma análise estatística dos fatores relevantes para a saúde auditiva dos trabalhadores envolvidos no fenômeno estudado, com os resultados obtidos pelo questionário. Para Gil (2008), o método estatístico fornece um excelente suplemento as conclusões obtidas pela experimentação e observação.

A forma de se obter as informações pretendidas na segunda etapa se deu através de um questionário, onde os trabalhadores foram convidados a responder as questões elaboradas de maneira clara, objetiva e precisa. O uso de questionário apresenta uma série de vantagens para a pesquisa científica pelo fato de ser possível alcançar um grande número de pessoas, garantir o anonimato das respostas e não expor os pesquisados sob influência das opiniões do pesquisador (GIL, 2008).

3.1 MATERIAIS

O objeto de estudo nessa pesquisa foi o ruído gerado pelo conjunto formado pelo acoplamento do caminhão betoneira e a autobomba de concreto durante o processo de concretagem. Analisou-se também a contribuição do vibrador utilizado no adensamento do concreto para o aumento da pressão sonora do meio. O

equipamento para medição do nível de pressão sonora foi o decibelímetro digital da marca Highmed, modelo HM-850, fornecido pela UTFPR – Campus Toledo. Por fim, para aferição do tempo de exposição efetivo, utilizou-se um cronômetro simples.

3.2 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Foram escolhidos três funcionários de cada empresa fornecedora de concreto usinado participante da pesquisa, totalizando seis funcionários, sendo: dois operadores e responsáveis pela autobomba; dois ajudantes de operação da autobomba; e dois operadores de caminhão betoneira. Cada indivíduo selecionado foi acompanhado pelo pesquisador durante todo o expediente de um dia, que fez todas as medições pertinentes ao estudo.

O ambiente de trabalho dos operadores de autobomba de concreto e de caminhão betoneira não é fixo. Normalmente, esses trabalhadores transladam o equipamento por vários canteiros de obra, dependendo do tempo de concretagem. Dessa forma, primeiramente foi analisada e anotada a dissemelhança entre os diferentes ambientes onde os equipamentos foram instalados, com o objetivo de observar se fatores externos, como outros equipamentos que não os citados, o horário da concretagem e a movimentação da rua influenciariam nos níveis de ruído medidos.

Ao início do processo de concretagem, iniciou-se a medição, a qual durou cerca de 1 minuto, enquanto a autobomba esteve em funcionamento habitual, de forma a se obter o valor máximo e intermediário de pressão sonora neste período. De acordo com a NR-15 (BRASIL, 2019), para chegar a um resultado conciso, os níveis de ruído foram medidos próximos ao ouvido dos trabalhadores, com o aparelho operando em circuito de compensação “A” e em resposta lenta, pelo fato do ruído em questão ser contínuo.

Ao término da etapa anterior, foi acionado o cronômetro que mensurou o tempo em que o trabalhador esteve exposto ao ruído aferido anteriormente, durante toda a jornada de trabalho. A cronometragem foi feita apenas quando a bomba estava em funcionamento, interrompendo-a no momento em que caminhão betoneira que estava despejando o concreto no funil esvaziou até um novo caminhão carregado começar o despejo, retomando a cronometragem, progredindo assim até o fim do lançamento. O valor obtido foi comparado aos limites de tolerância determinados pela NR-15 (BRASIL, 2019) para classificar a exposição com relação a salubridade.

Sabe-se, porém, que a troca de ambiente poderia causar uma discrepância no valor máximo e intermediário de pressão sonora. Portanto, todas as vezes que houve deslocamento entre locais de concretagem, o processo de aferição do ruído foi feito.

Entretanto, mesmo que não houvesse troca de ambiente, o ensaio foi feito nos “horários de pico” do trânsito da cidade de Toledo – PR, que são das 6h30 às 8h, 11h30 às 13h30 e 17h30 às 19h segundo informações coletadas no site da empresa de transporte coletivo da cidade. Dessa forma, foi feita a mensuração nestes horários para incluir os períodos mais críticos do ruído urbano.

Em conformidade com essa situação, a NR-15 prevê que se durante a jornada de trabalho os funcionários estiverem expostos a dois ou mais níveis de pressão sonora distintos, deve ser considerado seu efeito combinado, de acordo com a seguinte equação:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (1)$$

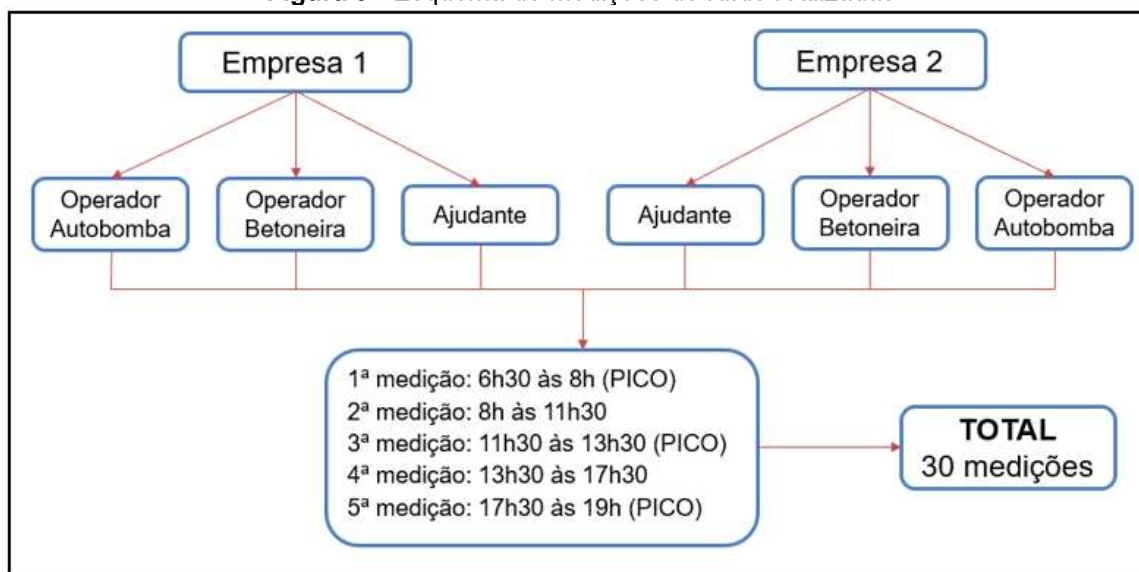
Onde:

C_n – Tempo em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico;

T_n – Máxima exposição diária permissível para este nível de ruído.

De acordo com a norma, caso o valor combinado excedesse a unidade (1,00), caracterizaria uma situação de risco para a audição do trabalhador. A figura 9 apresenta o esquema de medições para os seis funcionários.

Figura 9 - Esquema de medições de ruído realizadas



Fonte: Autor (2019).

Para cada empresa foi selecionado 3 funcionários de diferentes funções laborais. Para cada um destes funcionários foi dedicado um dia exclusivo de observações, onde seriam previstas no mínimo cinco mensurações do ruído, de acordo com os horários de pico e entre picos. Além disso, a quantidade de medições foi influenciada pelo traslado dos equipamentos. Desta forma, haveriam no mínimo 30 medições, sendo que durante a execução dos ensaios, o número necessário foi de 32 mensurações, pois houveram muitas trocas de ambiente no período.

3.3 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A segunda etapa de coleta de informações consistiu na aplicação de um questionário (Apêndice A) com o objetivo de avaliar a saúde auditiva dos trabalhadores por meio de dados quantitativos. Foi solicitado um tempo de afastamento das atividades no dia e horário mais conveniente às empresas para a realização de perguntas diretas, as quais objetivavam avaliar a saúde auditiva dos colaboradores; identificar os principais sintomas auditivos e não auditivos que podem estar presentes; averiguar o uso e fornecimento de equipamentos de proteção individual; e avaliar o discernimento dos funcionários quanto ao uso de EPI.

Segundo dados recolhidos em contato com as empresas fornecedoras de concreto usinado de Toledo – PR, estima-se que existam por volta de 50 trabalhadores envolvidos em operações diárias de equipamentos específicos para concretagem, distribuídos entre operadores de caminhão betoneira, caminhão bomba e ajudantes.

Assim, definiu-se um tamanho da amostra de 30 indivíduos, tendo como critério de inclusão: ser do sexo masculino; ter mais de 18 anos e trabalhar diretamente em contato com os equipamentos supracitados, em obras da construção civil no município de Toledo - PR. O tamanho da amostra foi escolhido com base no teorema central do limite que garante uma normalidade de dados de amostras com 30 ou mais indivíduos, independentemente do tamanho e homogeneidade da população.

Antes de ser aplicado aos indivíduos, este questionário foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo os Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sob o número 25897219.7.0000.5547. Para tal, o pesquisador foi autorizado legalmente a coletar os dados referentes a pesquisa nas empresas participantes. A apreciação pelo Comitê assegurou às empresas e aos entrevistados, o sigilo das informações prestadas e a prevenção de riscos, aos quais a pesquisa poderia expor os indivíduos.

3.3.1 Tempo e local para responder o questionário

Para aplicação do questionário, foi escolhida uma sala em cada empresa selecionada, dentro de suas instalações, que continha no mínimo uma cadeira e uma mesa e que fosse um ambiente fresco, arejado e bem iluminado. O tempo necessário para responder variou entre 5 a 10 minutos, já incluindo o tempo de locomoção do participante do seu posto de trabalho até a sala e o retorno após o término. Foi comunicado previamente as empresas e ao indivíduo o afastamento das atividades laborais durante este curto período de tempo.

3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

Para a etapa de mensuração dos ruídos, foi utilizado o método comparativo dos fatos, contrapondo o observado com a NR-15 (BRASIL, 2019). A interpretação dos dados obtidos pelo questionário se deu através de métodos estatísticos, como gráficos e inferência. Segundo Morettin e Bussab (2011), métodos gráficos servem para confirmar as suposições feitas e apresentar resultados fáceis de serem interpretados. A inferência consiste em inferir informações para uma população através de uma amostra retirada dela.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MEDIÇÃO DO RUÍDO

As medições de ruído foram realizadas em seis dias, sendo os primeiros três dias dedicados aos funcionários da empresa A e os três dias posteriores aos funcionários da empresa B. Durante este período, os trabalhadores foram acompanhados pelo pesquisador em diversos pontos na cidade de Toledo onde as concretagens foram realizadas, tanto na área urbana quanto na área rural.

Foram totalizadas 32 medições, em 12 obras e 2 usinas de concreto, seguindo a metodologia que previa, uma nova medição a cada entrada ou saída de horário de pico ou mudança do local de concretagem. A jornada de trabalho dos funcionários iniciava por volta das 06:30 até 12:00 horas e das 13:30 até 16:00 horas, porém todos os dias houve a necessidade de fazer hora extra devido a demanda de serviço.

Para a obtenção dos dados, durante o tempo em que o decibelímetro estava captando o nível de ruído, foram realizadas gravações de vídeo do *display* do aparelho para obter posteriormente seu valor máximo. Esse valor máximo corresponde ao pico de ruído que foi alcançado apenas uma vez durante o período de mensuração. Os valores de pico de ruído máximo estão expressos na tabela 3.

Tabela 3 - Nível máximo de ruído por funcionário

Funcionário	Empresa	Nível máx. de ruído alcançado (dB)
Operador de autobomba	A	102,9
Operador de caminhão betoneira	A	103,4
Ajudante	A	98,5
Operador de autobomba	B	103,7
Operador de caminhão betoneira	B	102,0
Ajudante	B	95,6

Fonte: Autor (2020).

Pode-se constatar que para os operadores de caminhão betoneira e de autobomba os picos de ruído estão na faixa de 102,0 dB a 103,7 dB (Figura 10), enquanto para os ajudantes de 95,6 dB a 98,5 dB. No entanto esses valores representam apenas as variações existentes na pressão sonora captada, sendo que

o valor a ser considerado para o cálculo de máxima permissividade estará abaixo deste.

Figura 10 - Nível máximo de ruído para um operador de caminhão betoneira



Fonte: Autor (2020).

Para calcular o nível médio de ruído, foram utilizados valores em decibéis, correspondentes aos tempos de captação de 0,1s, 20s, 40s e 59,9s. Aplicando o cálculo de média aritmética com estes valores, obteve-se então, o valor médio de pressão sonora do equipamento estudado, sendo este o utilizado para a comparação com a NR-15.

Na fase de mensuração do tempo, cada equipamento teve sua particularidade, sendo a cronometragem feita durante o tempo em que o mesmo estava a um nível de ruído similar ao captado pelo decibelímetro. Por exemplo, enquanto a autobomba estivesse bombeando o concreto, o nível de ruído foi captado e era ligeiramente mais alto de quando o motor estivesse ligado, mas sem bombear, sendo o tempo de exposição ao ruído contabilizado apenas quando o concreto fosse bombeado. Igualmente, isso se repetiu para quando o caminhão betoneira estivesse despejando

ou agitando o concreto e, para o ajudante, quando o concreto estava sendo lançado e vibrado.

Dependendo do elemento estrutural a ser concretado, havia a necessidade de realizar diversas interrupções no bombeamento, especialmente nos pilares, onde era preciso deslocar os mangotes da tubulação para a peça seguinte. Sendo assim, muitas vezes durante este período, o operador de autobomba desligava o equipamento e a cronometragem era cessada. Em comparação, um caminhão betoneira que despejaria 8 m³ de concreto em até 20 minutos na concretagem de uma laje, na concretagem de pilares, o mesmo caminhão, pode demorar mais de 2 horas para despejar o mesmo volume de concreto.

Para efeito de cálculo e padronização de unidades, a soma de tempo de toda a concretagem foi realizada em minutos, tendo a necessidade de transformar os segundos em números decimais, para posteriormente comparar este valor com os limites de salubridade da NR-15 (BRASIL, 2019).

Como em todas as medições houveram dois ou mais períodos de exposição a ruídos de diferentes níveis (NR-15), devido a discrepâncias do horário de pico e mudança do local da concretagem, a equação 1 foi aplicada à todos os funcionários, para considerar os efeitos combinados destes níveis.

4.1.1 Operador de autobomba

Para os operadores de autobomba, a cronometragem foi feita exclusivamente nas obras, sendo que o caminhão ficava estacionado dentro do canteiro ou, na maioria das vezes, na rua. Comparando-se as duas empresas, os resultados foram muito parecidos, apesar de haver diferença entre os equipamentos de cada uma. As tabelas 4 e 5 representam os resultados obtidos para o operador de autobomba da empresa A e B, respectivamente.

Tabela 4 – Medição e comparação do ruído para o operador de autobomba da empresa A

Medição	Nível médio de ruído (dB)	Tempo de exposição (min)	Máx. exposição diária permissível (min)	Relação Cn/Tn
1	97,9	23,17	76,50	0,3029
2	92,6	16,30	168,00	0,0970
3	95,3	24,88	115,50	0,2154
4	95,4	47,18	114,00	0,4139
5	101,7	10,22	47,25	0,2163
TOTAL				1,2455

Fonte: Autor (2020).

Tabela 5 – Medição e comparação do ruído para o operador de autobomba da empresa B

Medição	Nível médio de ruído (dB)	Tempo de exposição (min)	Máx. exposição diária permissível (min)	Relação Cn/Tn
1	93,9	30,97	137,50	0,2252
2	91,8	41,47	174,00	0,2383
3	94,0	49,52	135,00	0,3668
4	97,6	9,60	81,00	0,1185
5	101,0	13,43	52,50	0,2558
TOTAL				1,2047

Fonte: Autor (2020).

A enumeração de 1 a 5 indica quantas vezes foi necessário repetir o procedimento de mensuração. Para cada uma dessas mensurações foi obtido um valor médio de ruído em decibéis e o tempo em minutos, no qual o funcionário esteve exposto. Para cada valor de ruído, existe um valor específico na norma, de máxima exposição diária permissível, mostrado na quarta coluna.

Por fim, a última coluna da tabela traz a relação entre o tempo de exposição (denominado “Cn” na equação 1) e a máxima exposição diária permissível (denominado “Tn” na equação 1), que corresponde a parcela de impacto daquele nível de ruído na jornada diária de trabalho do funcionário.

Por exemplo, a mensuração 5 para o operador de autobomba da empresa B ocorreu em uma obra na Rua Santos Dumont entre as 17:30 e as 18:00. Por ser um horário de pico de trânsito e o caminhão estar estacionado na rua, obteve-se um alto valor médio de ruído, de 101,0 dB. O tempo em que o caminhão esteve bombeando

concreto durante esse período foi de 13 minutos e 26 segundos, ou seja, 13,43 minutos.

A tabela da NR-15 prevê que para tal nível de ruído, o trabalhador pode ser exposto por 52,50 minutos durante a jornada de trabalho diária. Aplicando a relação destes valores:

$$\frac{C5}{T5} = \frac{13,43}{52,50} = 0,2558 \quad (2)$$

Temos que esta concretagem contribuiu com uma parcela de 25,58% do máximo que este trabalhador pode ser exposto diariamente ao ruído.

Entretanto, o resultado final para caracterizar a atividade como insalubre ou não, é dado pela soma de todas as parcelas, neste caso correspondente as 5 medições, que nada mais é do que a aplicação da equação 1:

$$\frac{30,97}{137,5} + \frac{41,47}{174} + \frac{49,52}{135} + \frac{9,60}{81} + \frac{13,43}{52,5} = 1,2047 \quad (3)$$

A norma prevê que, se a soma das frações for maior que 1,00, ou 100% do total, a situação de trabalho é considerada insalubre. No caso do trabalhador da empresa B, o número 1,2048 indica que a atividade está 20,48% acima dos valores recomendados, portanto, é uma atividade insalubre e nociva ao operador. A situação do trabalhador da empresa A é ainda pior, onde o valor 1,2455 indica o ruído 24,55% acima dos valores recomendados diariamente, necessitando assim, o uso obrigatório de EPI's para este serviço ou outra forma de atenuação.

4.1.2 Operador de caminhão betoneira

Os operadores de caminhão betoneira realizam de 3 a 5 viagens por dia, levando o concreto da usina até os locais de lançamento. Estes profissionais são responsáveis por garantir as qualidades técnicas do concreto, realizando a dosagem de água na mistura.

A princípio, as medições de ruído seriam realizadas apenas nos locais de lançamento do concreto, contudo, foi observado pelo pesquisador e recomendado

pelo responsável técnico de uma das empresas, a necessidade de mensurar também o ruído das usinas de concreto, pelo fato destes trabalhadores passarem parte de sua jornada de trabalho neste local altamente ruidoso.

Nos dois dias de acompanhamento, os motoristas realizaram três carregamentos cada um, totalizando seis medições (três na usina de concreto e três nos locais de lançamento). O tempo entre o início e término de carregamento na usina variou entre 25 e 45 minutos, e o tempo entre o início e término de descarga entre 28 e 56 minutos.

Os dados coletados e já comparados com a norma, tanto para os funcionários da empresa A como para B são mostrados nas tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 - Medição e comparação do ruído para o operador de caminhão betoneira da empresa A

Medição	Nível médio de ruído (dB)	Tempo de exposição (min)	Máx. exposição diária permissível (min)	Relação Cn/Tn
1	88,6	40,97	282,00	0,1453
2	99,2	26,90	66,00	0,4076
3	88,4	31,27	288,00	0,1086
4	101,7	21,05	47,25	0,4455
5	88,3	42,50	291,00	0,1460
6	99,1	19,80	66,75	0,2966
TOTAL				1,5496

Fonte: Autor (2020).

Tabela 7 - Medição e comparação do ruído para o operador de caminhão betoneira da empresa B

Medição	Nível médio de ruído (dB)	Tempo de exposição (min)	Máx. exposição diária permissível (min)	Relação Cn/Tn
1	87,9	39,73	306,00	0,1298
2	98,7	32,25	69,75	0,4624
3	87,8	34,73	312,00	0,1113
4	100,6	15,87	55,50	0,2859
5	88,2	22,47	294,00	0,0764
6	99,9	26,42	60,75	0,4349
TOTAL				1,5008

Fonte: Autor (2020).

Na comparação com a norma, os valores de ruído estão 54,96% acima do recomendado para o funcionário da empresa A e 50,08% para o funcionário da empresa B, representando uma situação de alto risco.

4.1.3 Ajudante de operação da autobomba

Para o ajudante da empresa A as medições foram realizadas em duas concretagens. A primeira foi na laje do 3º pavimento de um edifício e a segunda em blocos de coroamento de outra construção. Para o funcionário da empresa B as medições foram realizadas em uma única concretagem, que perdurou durante toda sua jornada de trabalho. Os valores coletados e processados estão expressos nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Medição e comparação do ruído para o ajudante da empresa A

Medição	Nível médio de ruído (dB)	Tempo de exposição (min)	Máx. exposição diária permissível (min)	Relação Cn/Tn
1	95,5	3,00	118,50	0,0253
2	91,4	123,73	198,00	0,6249
3	89,1	45,40	267,00	0,1700
4	91,2	166,95	204,00	0,8184
5	95,1	12,90	188,50	0,0684
TOTAL				1,7071

Fonte: Autor (2020).

Tabela 9 - Medição e comparação do ruído para o ajudante da empresa B

Medição	Nível médio de ruído (dB)	Tempo de exposição (min)	Máx. exposição diária permissível (min)	Relação Cn/Tn
1	92,4	37,83	172,00	0,2199
2	90,9	168,03	213,00	0,7889
3	94,0	51,13	135,00	0,3787
4	90,2	64,63	234,00	0,2762
5	92,3	18,45	174	0,1060
TOTAL				1,7698

Fonte: Autor (2020).

A soma das frações mostra que, dentre as três categorias de funcionários da concreteira envolvidos neste processo, o ajudante é o mais afetado pelo ruído, com

resultados de 70,71% de ruído excedente para a empresa A e 76,98% para a empresa B. Apesar de os valores médios captados pelo decibelímetro estarem em uma faixa não muito elevada, de 90 dB, o fator primordial para que tal situação ocorra é o elevado tempo de exposição destes trabalhadores.

Essa situação pode ser justificada devido a utilização dos vibradores por um tempo maior do que o de bombeamento efetivo do concreto. Em comparação aos outros funcionários, quando o bombeamento era interrompido, a cronometragem também era, no entanto, mesmo após essa interrupção do lançamento de concreto, os equipamentos vibradores continuavam funcionando até adensarem por completo o concreto lançado.

4.1.4 Influência de fatores externos

Além da necessidade de analisar o ruído do próprio equipamento de concretagem, era previsto que fatores externos como a movimentação da rua ou outros equipamentos contribuíssem com a pressão sonora do meio.

Para isso, comparou-se o nível médio de ruído em concretagens que aconteceram no mesmo local, porém variando entre horários de pico ou não. Os resultados são mostrados na tabela 10.

Tabela 10 - Comparação entre situação da rua e horário de concretagem

Rua	Situação da rua	Início	Término	Pico	Nível médio de ruído (dB)
R. Pedro José Faciochi	Calma	11:00	11:29	Não	92,6
		11:30	12:49	Sim	95,3
R. Saturno	Movimentada	15:09	17:29	Não	95,4
		17:30	17:52	Sim	101,7
R. Borges de Medeiros	Movimentada	09:01	09:56	Não	99,2
		11:32	12:10	Sim	101,7
R. Santos Dumont	Movimentada	17:02	17:29	Não	97,6
		17:30	18:00	Sim	101,0

Fonte: Autor (2020).

A diferença de ruído captada entre os horários de maior e menor movimentação da rua chegou a 6,3 dB, sendo que essa discrepância se mostrou mais evidente por

volta das 15:00 horas as 18:00 horas. Percebe também, a variação entre a característica de movimentação das ruas, onde o nível de ruído durante o pico foi de 95,3 dB para a rua calma e passou dos 100 dB para as ruas movimentadas. Sendo assim, a movimentação da rua, tanto de uma rua calma para uma movimentada e do horário de pico para um horário de pouco movimento mostrou-se como significativa para os ruídos que impactam os trabalhadores.

Houve uma situação onde o nível de ruído captado inverteu-se em relação ao horário de pico, como é mostrado na tabela 11.

Tabela 11 - Situação atípica nos níveis de ruído

Rua	Situação da rua	Início	Término	Pico	Nível médio de ruído (dB)
Propriedade Rural Privada	-	10:03	11:29	Não	93,9
		11:30	13:29	Sim	91,8
		13:30	15:50	Não	94,0

Fonte: Autor (2020).

A situação atípica presenciada foi decorrente da concretagem próxima ao local onde um trator agrícola estava operando. Durante o período do meio dia, o operador deste trator interrompeu o serviço para almoçar. Em consequência disto, os valores de ruído entre as 11:30 e 13:29 ficaram abaixo do que os outros, fato inverso do que ocorre no perímetro urbano. Caso este trator não estivesse trabalhando, provavelmente os valores de ruído não seriam alterados com o horário.

Com relação a outros equipamentos presentes nas obras, a possibilidade seria que afetassem os ajudantes, pois são os trabalhadores que ficam no interior do canteiro e não na rua, como os operadores das máquinas. Porém, entre as obras que haviam outros equipamentos operando simultaneamente, que não os estudados nesta pesquisa, a concretagem e as que não tinham, pouco ou nada alterou nos níveis de ruído, podendo ser desconsiderado esse fator.

4.2 QUESTIONÁRIO

A aplicação do questionário ocorreu durante dois dias, sendo um dia para cada empresa. Os resultados coletados dos trinta indivíduos participantes corresponderam

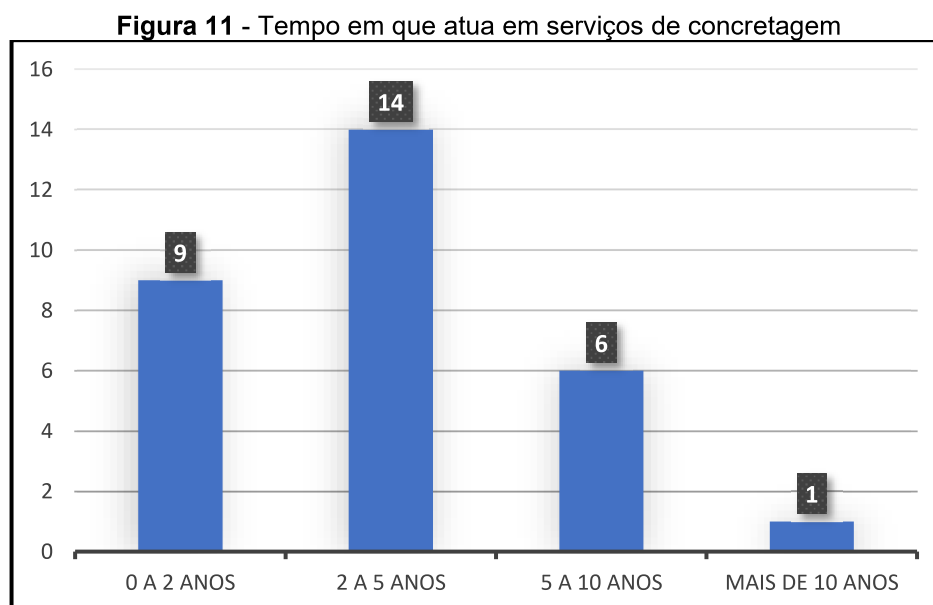
a amostra da população que se encaixou no critério de inclusão: serem do sexo masculino, com idade variando entre 26 e 62 anos. A maioria deles, cerca de 70%, estava na faixa de 35 a 50 anos de idade.

Como forma de não influenciar o resultado da pesquisa, optou-se por questionar inicialmente os sintomas percebidos pelos participantes e posteriormente as perguntas relacionadas as atividades laborais. Para fins de organização dos resultados, serão apresentados primeiro as perguntas sobre as atividades laborais e depois sobre os sintomas.

As questões analisadas foram interpretadas de forma independente, para posteriormente, correlacionar os pontos mais importantes entre elas. As questões de múltipla escolha serão apresentadas em gráficos e as questões binárias serão apresentadas em forma de tabelas.

4.2.1 Tempo que atua em serviços de concretagem

A primeira pergunta do questionário era a respeito de quantos anos a pessoa exercia trabalhos na área de concretagem. Esse fator é uma variável a se considerar no possível surgimento de sintomas de PAIR. Nota-se pela figura 11 que a maioria dos trabalhadores (46,67%) estão nesta área entre 2 a 5 anos. Apenas 1 pessoa (3,33%) trabalha a mais de 10 anos. Isso indica uma rotatividade de média a alta de trabalhadores neste ramo da construção civil.

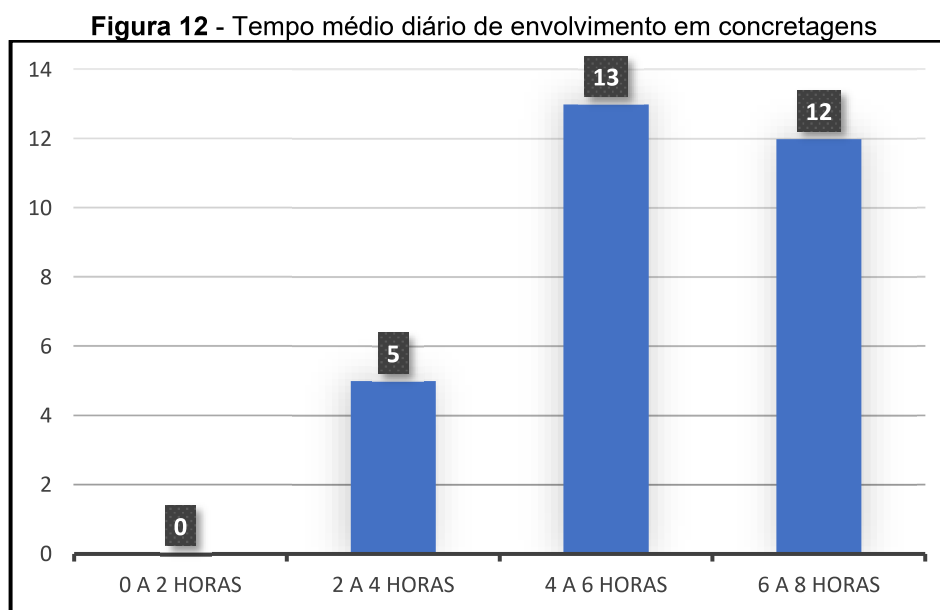


Fonte: Autor (2020).

4.2.2 Tempo médio diário de trabalho em concretagens

Apesar de acompanhada a jornada de serviço por alguns dias durante a medição de ruído, houve a necessidade de saber pelos próprios funcionários quanto tempo por dia, em média, estavam envolvidos diretamente em suas funções.

Sabe-se que esse tempo não corresponde ao tempo total de operação das máquinas, mas é levado em conta também, toda a mobilização e deslocamento para o serviço ocorrer. Portanto, apesar de não corresponder ao tempo integral onde os funcionários estão sendo afetados pelo ruído, é um indicativo de que, quanto mais durar a jornada diária, provavelmente o tempo de exposição ao ruído será proporcional e mais nociva a atividade pode ser considerada. O resultado é mostrado no gráfico da figura 12.



Fonte: Autor (2020).

Doze deles declararam que esse tempo estava entre 4 a 6 horas e 13 trabalhadores declararam estar entre 6 e 8 horas. Nenhum indivíduo declarou que trabalha de 0 a 2 horas diárias.

4.2.3 Ocorrência de acidente de trabalho durante as concretagens

Como provado por Cordeiro *et al.* (2005) trabalhadores que atuam em áreas de intensa perturbação sonora podem estar mais dispostos a sofrerem outros tipos de

acidentes de trabalho, principalmente devido à redução de atenção. Nota-se pela tabela 12 que quatro funcionários já sofreram outras intercorrências.

Foi relatado que um acidente foi queda em altura e os outros três, acidentes de trânsito, no retorno para a usina ao final do expediente. Esse fato pode ser explicado pois é o momento de maior exaustão do trabalhador, onde o ruído que o impactou durante o dia pode ter contribuído.

Tabela 12 – Acidente de trabalho durante a concretagem

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	4	13,33
Não	26	86,67

Fonte: Autor (2020).

4.2.4 Recebimento de protetor auricular pela empresa

De acordo com a NR-06 do MTE, a empresa é obrigada a fornecer todos os EPI's adequados aos riscos apresentados. No caso destes trabalhadores, capacete, óculos e protetor auricular são itens essenciais.

Quase a totalidade dos entrevistados assumiram ter recebido o protetor auricular da empresa. O único caso negativo foi de um trabalhador que alegou ter recebido no momento em que foi admitido na empresa, mas que com o tempo seu protetor não estava mais em condições de ser utilizado e não recebeu um novo. Os resultados estão apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Recebimento de protetor auricular pela empresa

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	29	96,67
Não	1	3,33

Fonte: Autor (2020).

4.2.5 Instrução quanto a utilização do protetor auricular

Ainda de acordo com a NR-06, é obrigação da empresa orientar e treinar o funcionário sobre o uso correto, da guarda e conservação do equipamento.

Apenas três funcionários declararam não terem sido treinados pela empresa para a utilização do protetor, porém todos eles sabiam como utilizar pois já tinham experiência adquirida em outras empresas. Entretanto, a validade do treinamento

específico da NR-06 tem duração de dois anos, tendo que ser renovada após esse tempo, ou então na troca de empresa.

De um modo geral, os resultados foram satisfatórios, pois a maioria dos funcionários já participou de pelo menos um treinamento dessa categoria, como mostrado na tabela 14.

Tabela 14 – Instrução quanto a utilização do protetor auricular

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	27	90,00
Não	3	10,00

Fonte: Autor (2020).

4.2.6 Utilização do protetor auricular regularmente

Mesmo que a maioria dos funcionários receberam EPI e foram instruídos de como utilizar, na maioria dos casos eles não o utilizam regularmente. Os funcionários alegavam que carregavam consigo os protetores, mas esqueciam de utilizar, ou então, só utilizavam quando sentiam o desconforto acústico provocado pelas máquinas.

Sabe-se, porém, que não é necessário o desconforto acústico para o ruído ser nocivo para a saúde dos funcionários, pois na grande maioria dos casos, a PAIR ocorre de maneira lenta e gradativa, sem a percepção do trabalhador.

Os resultados da tabela 15 mostram que apenas nove trabalhadores utilizam o protetor regularmente, o que corresponde a apenas 30% dos entrevistados.

Tabela 15 – Utilização do protetor auricular regularmente

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	9	30,00
Não	21	70,00

Fonte: Autor (2020).

4.2.7 Desconforto ao utilizar o protetor auricular

Outro fator de suma importância para explicar a não utilização do equipamento seria o desconforto gerado por ele. Como demonstrado na tabela 16, dezenove funcionários declaram sentir algum tipo de desconforto quando utilizavam o protetor.

Os relatos são, principalmente de que há um incômodo físico, gerando dor quando utilizado por muito tempo. Como posto por Rodrigues, Dezan e Marchiori (2006), isto deve-se ao fato de os ouvidos humanos serem anatomicamente diferentes entre si.

Também, os funcionários relatam que o abafamento do som atrapalha a comunicação entre eles, a qual é essencial durante os serviços de concretagem.

Por fim, um dos pontos mais interessantes relatados, foi de um operador de autobomba, que admite estar ciente dos riscos físicos em que está exposto, contudo não utiliza o protetor pois declara que o ruído que a máquina produz é um nivelador para acompanhar o funcionamento correto ou não do equipamento. O mesmo, ainda cita que já conseguiu evitar danos ao caminhão devido a percepção de ruídos estranhos. Este é um caso em que o ruído traz informações importantes no dia a dia, embora ainda seja prejudicial (BISTAFA, 2006).

Tabela 16 – Desconforto ao utilizar o protetor auricular

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	19	63,33
Não	11	36,67

Fonte: Autor (2020).

4.2.8 Realização de audiometria

O exame audiométrico é um item obrigatório na admissão e demissão de funcionários pelas empresas, onde o ambiente de trabalho possui altos níveis de pressão sonora, independente do uso ou não de EPI's. Além disso, uma vez por ano o exame deve ser feito. Esse exame é realizado por um fonoaudiólogo e busca saber se o funcionário está desenvolvendo a PAIR ocupacional.

Como é um item obrigatório, que consta na NR-07 (BRASIL, 2018) do MTE, esperava-se que todos os funcionários tivessem feito. No entanto, dois deles, declararam que eram funcionários novos e ainda não haviam realizado, mas o exame já estava marcado e em breve o fariam.

De qualquer forma, a grande maioria dos trabalhadores já havia realizado o exame pelo menos uma vez, na admissão ou periódico, o que demonstra a seriedade das empresas em cumprir o item da NR-07, como demonstrado na tabela 17.

Tabela 17 – Realização de audiometria

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	28	93,33
Não	2	6,67

Fonte: Autor (2020).

4.2.9 Anormalidade na audiometria

Os funcionários que responderam positivamente na questão anterior foram questionados sobre alguma irregularidade que possa ter aparecido no exame audiométrico. Apesar de seis deles declararem que foi detectado audição reduzida em algumas frequências pelo exame (Tabela 18), preferem se arriscar neste meio do que perder o emprego por conta desta patologia.

Tabela 18 – Irregularidade na audiometria

Alternativa	Nº de respostas	(%)
Sim	7	25,00
Não	21	75,00

Fonte: Autor (2020).

4.2.10 Sintomas

Para poder identificar a presença de complicações devida a PAIR, os participantes foram questionados a respeito dos possíveis sintomas causados pela exposição ao ruído no dia a dia. Foram escolhidos doze sintomas, auditivos e não auditivos, citados por Ganime *et al.* (2010) como os mais comuns na presença da perda auditiva.

Dos 30 trabalhadores entrevistados, treze relataram sentir dor de cabeça e doze deles estresse, o que corresponde a 43,33% e 40,00%, respectivamente. Esses foram os dois sintomas mais presenciados, sendo estes um indicativo de sintomas comuns para várias doenças, incluindo PAIR.

Dez pessoas afirmaram sentir dor muscular (33,33%), fato que pode ser explicado pelo grande esforço físico necessário na montagem das tubulações, aliado a uma possível presença de PAIR, que potencializa esses efeitos.

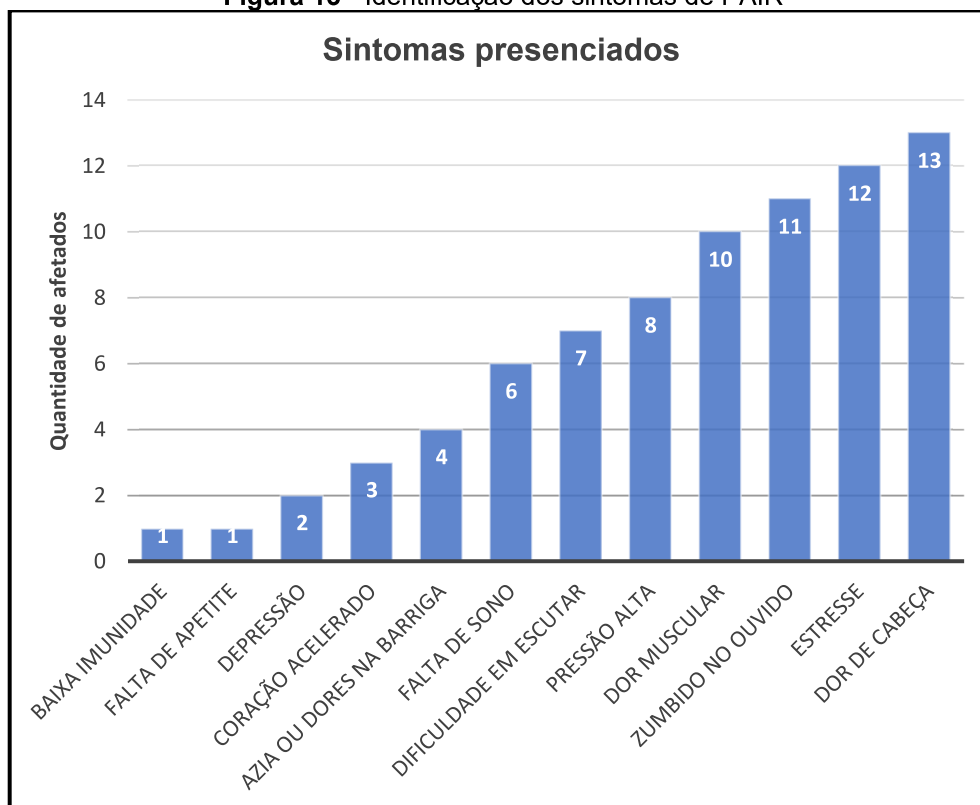
Com relação ao surgimento de problemas cardiovasculares, foi questionado a respeito de hipertensão e aumento da frequência cardíaca. Oito trabalhadores declaram serem hipertensos (26,67%) e três deles sofreram de taquicardia (10%).

Os sintomas auditivos indicaram com mais exatidão uma possível presença de surdez ocupacional, sendo estes, relacionados diretamente com o problema. Foi questionado aos trabalhadores sobre a presença de zumbido no ouvido e dificuldade em escutar.

O zumbido, sendo um sintoma de curto prazo que pode evoluir ou regredir desde que se interrompa a atividade insalubre, foi presenciado em onze trabalhadores (36,67%). A dificuldade em escutar, que já significa uma patologia sem possibilidade de regressão, foi identificada em sete trabalhadores (23,33%).

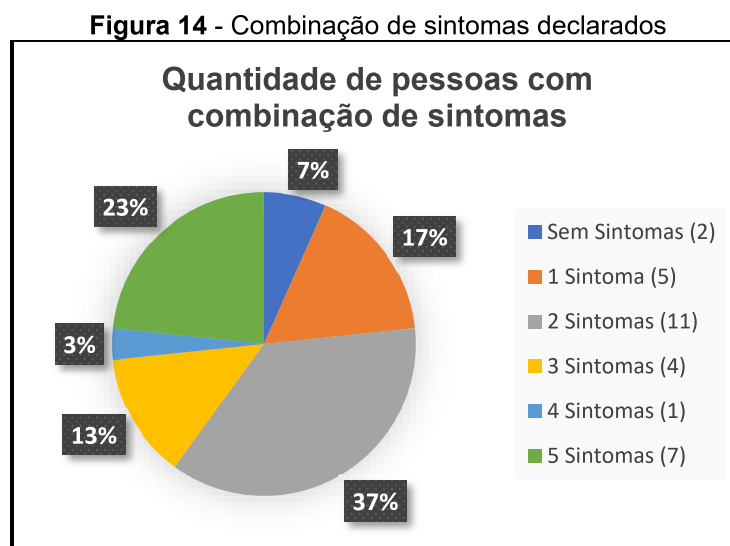
Outros sintomas foram: Insônia (falta de sono), presente em 20% dos trabalhadores; azia ou dores de barriga, presenciada em 13,33% da amostra; depressão (6,67%); falta de apetite (3,33%) e baixa imunidade (3,33%). A figura 13 exibe o gráfico de barras com todos os sintomas organizados do menos ao mais comum identificado.

Figura 13 - Identificação dos sintomas de PAIR



Fonte: Autor (2020).

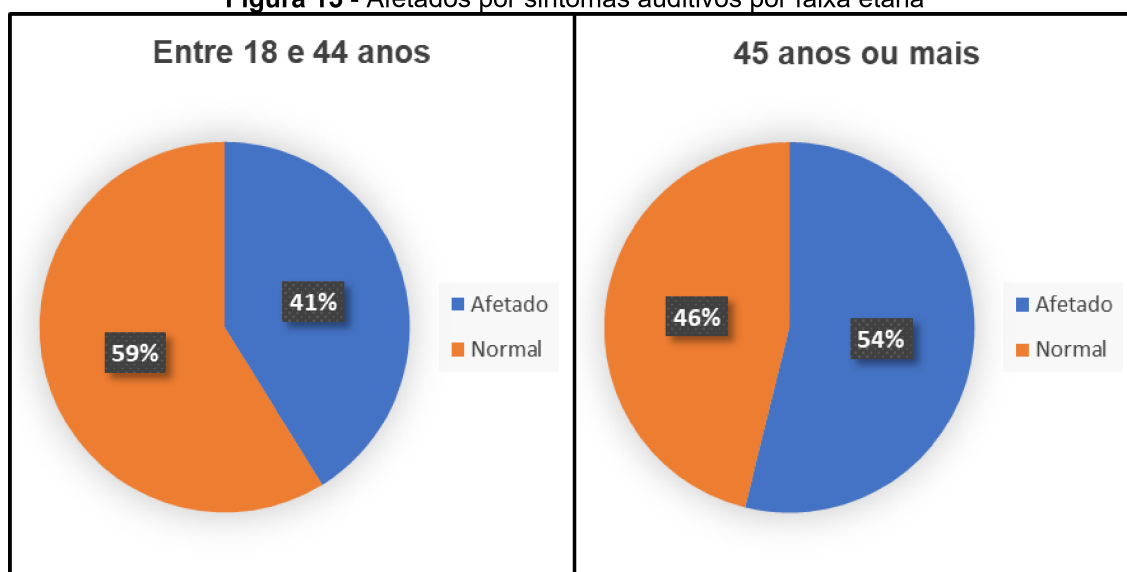
Um aspecto a se considerar é a combinação de sintomas, que é diretamente proporcional a possibilidade de surgimento da deficiência auditiva. A figura 14 apresenta um gráfico com a porcentagem de pessoas por quantidade de sintomas presenciadas.



Fonte: Autor (2020).

Na pesquisa, 23 participantes declararam ter pelo menos dois sintomas da PAIR, sendo que sete deles (23,33%) possuem cinco sintomas combinados. Todos os trabalhadores com cinco sintomas apresentaram pelo menos um dos sintomas auditivos.

Segundo Farias, Buriti e Rosa (2011) a PAIR pode ser confundida com a perda de audição natural decorrente da idade. Comparando-se o resultado da presença de sintomas auditivos em duas faixas etárias, nota-se que o aumento de casos é diretamente proporcional a idade dos investigados, chegando-se conclusão que a PAIR não somente é confundida, mas também que seu impacto se soma a perda de audição natural, tal como afirma Kroemer e Grandjean (2005). Tal situação é exposta na figura 15.

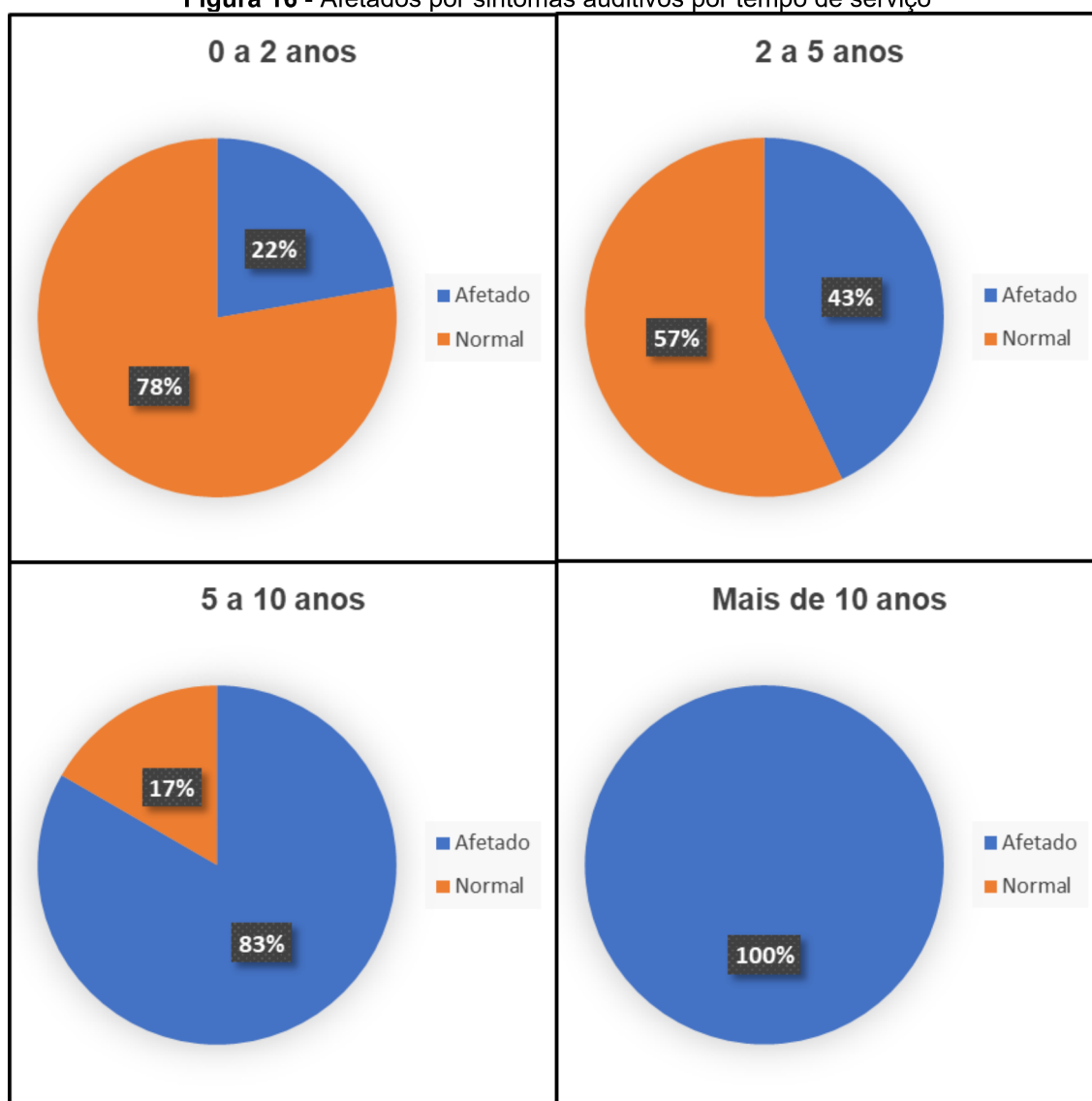
Figura 15 - Afetados por sintomas auditivos por faixa etária

Fonte: Autor (2020).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, quanto maior o tempo de serviço dos funcionários nas operações de concretagem, maior seria a chance de eles desenvolverem estes sintomas auditivos.

Como mostrado na figura 16, dos funcionários que trabalhavam a menos de 2 anos no cargo, apenas 22% apresentaram zumbido no ouvido ou dificuldade de escutar. No período de 2 a 5 anos dobrou-se a porcentagem dos sintomáticos da faixa anterior, com 43% de afetados. Entre 5 a 10 anos, os percentuais praticamente dobraram novamente em relação ao anterior, com grande parcela destes funcionários afetados, cerca de 83%. Por fim, o único funcionário com mais de 10 anos de empresa apresentou os sintomas zumbido no ouvido e dificuldade em escutar, representando 100% da categoria.

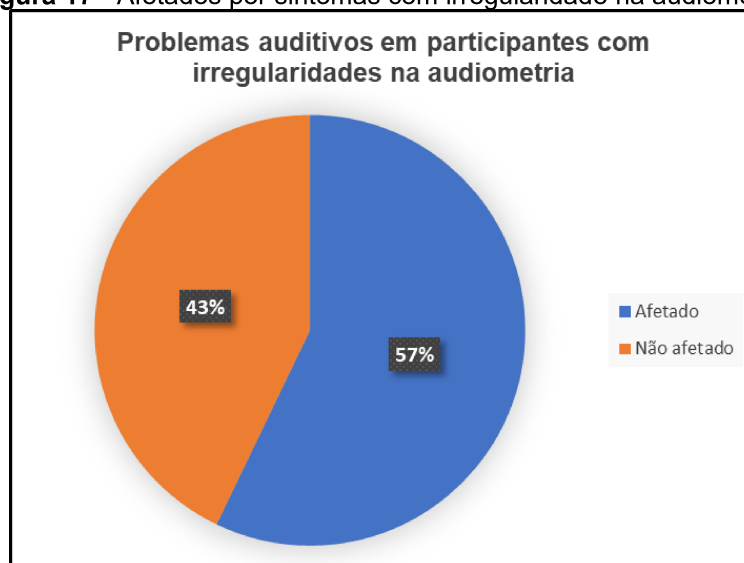
Figura 16 - Afetados por sintomas auditivos por tempo de serviço



Fonte: Autor (2020).

Na figura 17, relacionou-se os casos de funcionários com problemas auditivos detectados no exame de audiometria admissional e que declararam sentir os sintomas auditivos da PAIR no decorrer do tempo.

Dos sete trabalhadores que tiveram anormalidades na audiometria, quatro deles afirmaram que perceberam o desenvolvimento dos sintomas. O fato de os outros três não terem apresentado irregularidade no exame audiométrico, mas sentirem sua audição prejudicada, pode ser explicada pelo desenvolvimento ter decorrido das atividades laborais em um ambiente ruidoso, devendo essa situação ser acompanhada com mais regularidade de exames para os três funcionários.

Figura 17 - Afetados por sintomas com irregularidade na audiometria

Fonte: Autor (2020).

4.3 SUGESTÕES DE ATENUAÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente, em virtude da evolução da tecnologia, existem inúmeras formas de combate ao ruído. Empresas especializadas neste combate estão surgindo, capazes de fornecer soluções específicas para cada caso. Vale ressaltar que não existe uma solução universal, sendo importante analisar as condições financeiras das empresas, as máquinas, o ambiente e o comportamento dos trabalhadores para tomar a decisão mais assertiva. Mesmo com as soluções cada vez mais eficientes, medidas simples não deixam de ser essenciais, como a manutenção dos equipamentos, recomendação e instrução de utilização de EPI's, entre outras. Analisando as condições das empresas pesquisadas, avalia-se como viáveis as soluções a seguir:

a) Enclausuramento de motores das máquinas

O enclausuramento dos motores das máquinas corresponde a uma forma de atenuação na trajetória de transmissão. Para essa solução, deve-se levar em conta não só o nível de redução de ruído, mas também a vazão de ar necessária para o funcionamento do equipamento. É uma solução relativamente simples, onde emprega-se materiais isolantes nas paredes da cabine de isolamento, por exemplo, a lã de vidro ou lã de rocha.

b) Instalação de sistema de controle de operação a distância

Outra forma de combate na trajetória de transmissão é implementar um sistema de controle a distância. Esse sistema consiste no princípio de aumentar a distância entre o emissor e o receptor do ruído, fato que diminui drasticamente a amplitude sonora que chega ao ouvido. É necessário que haja um painel de controle secundário, via cabo ou *wireless* que permita ao operador se distanciar do equipamento e poder operá-lo normalmente.

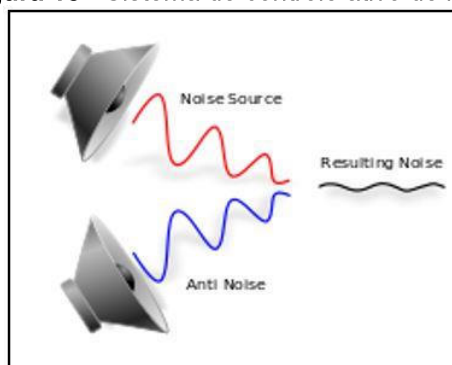
c) Implementar comunicação via rádio

A implementação de um sistema de comunicação é imprescindível em um ambiente ruidoso. Muitos trabalhadores não utilizam o protetor auricular devido à dificuldade de comunicação entre eles. Desse modo, uma alternativa para contornar esse problema seria implementar o uso de rádios *walkie-talkies* com a utilização de fone de ouvido combinado com o uso do protetor auricular tipo concha. O fone traz ao ouvido do funcionário a informação sonora necessária, enquanto o protetor barra consideravelmente o ruído.

d) Combate ao ruído por sistemas ativos

Por último, uma solução técnica cada vez mais popular é o controle de ruído por sistema ativo. Utiliza-se um microfone ou sensor de ruído, que capta o som proveniente do ambiente ruidoso. Através de algoritmos, as ondas são interpretadas e as informações já processadas são enviadas a uma caixa de som estrategicamente posicionada, que emitirá uma onda de mesma amplitude, porém de fase oposta do ruído, onde acabam se cancelando pelo princípio da sobreposição, como expresso na figura 18.

Figura 18 - Sistema de controle ativo de ruído



Fonte: Sathler (2009).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou compreender as condições em que um agente físico, o ruído, pode provocar patologias nos trabalhadores da construção civil especializados em concretagens, levando ao desenvolvimento da perda de audição induzida pelo ruído.

Através dos dados coletados nos seis processos de medição, onde registrou-se o nível de pressão sonora e cronometrou-se o tempo em que o trabalhador esteve exposto a este ruído, conclui-se que os níveis sonoros estão acima do limite recomendado e incompatíveis com o tempo de exposição para as três categorias de funcionários envolvidos no bombeamento do concreto, com destaque para os ajudantes, onde foi obtido o pior resultado dentre as três categorias, sendo, portanto, obrigatória a necessidade de atenuação deste problema.

Aponta-se que existe certa preocupação das empresas em seguir as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, onde segundo as diretrizes, são obrigadas a fornecer, treinar e instruir o uso de EPI's, além de realizar o exame audiométrico regularmente nos funcionários.

Ainda assim, através dos questionários aplicados aos 30 funcionários, constata-se que 70% deles não utilizam frequentemente o protetor auricular, a maioria por sentirem desconforto ao utilizar ou considerarem um incômodo para captar as informações no ambiente de trabalho.

Verificou-se, também, o fato de o combate ao ruído se dar apenas no receptor, que de acordo com a hierarquia de Bistafa (2006), deveria acontecer quando não existem outras formas de controle. No entanto, notou-se que medidas alternativas podem ser tomadas, a maioria simples, mas que não são percebidas pelas empresas, como por exemplo utilizar o enclausuramento dos motores ou afastando fisicamente os funcionários da fonte emissora de ruído.

Mas apesar disso, considerando que os protetores auriculares de inserção podem reduzir até 30dB e os *circum-auriculares* até 40dB, mesmo que o ambiente de trabalho seja insalubre, as medidas de segurança tomadas diretamente no receptor, como o simples uso do EPI, pode ser uma solução simples e barata para evitar o

desenvolvimento de doenças ocupacionais, pois nenhum nível de ruído, subtraindo-se o poder de atenuação do EPI, seria considerado insalubre.

Quanto aos sintomas presenciados, destaca-se o fato de 28 entrevistados, de uma amostra de 30 indivíduos, sentirem pelo menos um sintoma patológico. Além disso, evidencia-se a situação de que a idade e o tempo de serviço na mesma função são fatores diretamente proporcionais a possibilidade de surgimento de sintomas auditivos.

Levando em consideração as circunstâncias, acredita-se que o ruído é um agente causador de doença ocupacional nestes trabalhadores, sendo que os sintomas percebidos estão parcialmente ou totalmente ligados a PAIR. Cabe as empresas melhorar a fiscalização e investir em novas formas de atenuação e aos funcionários, seguir as normas de segurança e na medida do possível manterem-se informados e atentos a quaisquer irregularidades em sua saúde.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com relação aos fatos observados, mas não contemplados na metodologia e como forma de dar continuidade a este trabalho, recomenda-se os tópicos a seguir:

a) Avaliar o ruído em usinas de concreto

Como observado nesta pesquisa, as usinas de concreto são ambientes bastante ruidosos. Além dos operadores de caminhão betoneira, que passam uma parcela de seu tempo nestas usinas, existem funcionários que permanecem integralmente nestes locais, estando sujeitos a desenvolverem PAIR. A mesma metodologia de medição de ruído pode ser aplicada, combinando com a aplicação do questionário.

b) Realizar exames audiométricos nos pesquisados

Os resultados desta pesquisa evidenciam que há uma grande possibilidade de o ruído ser o causador dos sintomas patológicos percebidos, no entanto, sabe-se que outros agentes e fatores podem contribuir com o resultado. A audiometria, realizada por um profissional fonoaudiólogo capacitado, poderia servir de contraprova nesta avaliação.

c) Utilizar algum método de combate ao ruído alternativo

A metodologia de coleta de ruídos aplicada não permitia ao pesquisador intervir nos fatos, mas apenas observá-los e registrar. Por outro lado, seria interessante aplicar um método de combate ao ruído na trajetória de transmissão, por exemplo, com a instalação de uma barreira com material acústico e comparar os resultados. Também, voltado a área de engenharia eletrônica, desenvolver um protótipo de sistema de combate ativo e testar sua eficiência.

d) Avaliar o ruído no trânsito

Existem estudos específicos para avaliar os ruídos provenientes do tráfego de veículos. Seria interessante avaliar se estes ruídos também contribuem para o desenvolvimento de PAIR nos funcionários, já que os mesmos passam uma considerável parcela de seu período de trabalho no trânsito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Concretagem**. Disponível em: <<http://www.prodetc.com.br/downloads/concretagem.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2020.
- ANDERSON, E. W. **The Measurement Of Sound Levels In Construction**. 2007. Thesis (Master Of Science In Building Construction) - University Of Florida, Gainesville, 2007.
- AREZES, P. Percepção do risco de exposição ocupacional ao ruído (resumo). **Laboreal**, Porto, v. 2, n. 1, p. 45-47, 2006.
- AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2009. 182p.
- BERNSEN, J. C. et al. Investigação ergonômica de um auricular com óculos de proteção acoplado. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2012.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2006. 368p.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação – Normas Regulamentadoras. **NR 15 - Atividades e Operações Insalubres**. Brasília, 2019.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação – Normas Regulamentadoras. **NR 6 – Equipamento de Proteção Individual - EPI**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação – Normas Regulamentadoras. **NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional**. Brasília, 2018.
- CHANG, T.Y. et al. Noise frequency components and the prevalence of hypertension in workers. **Science of the Total Environment**, Taiwan, v. 416, n. 1, p. 89-96, 2012.
- CORDEIRO, R. et al. Exposição ao ruído ocupacional como fator de risco para acidentes do trabalho. **Revista Saúde Pública**, Botucatu, v. 39, n. 3, p. 461-466, 2005.
- FARIAS, V. H. V.; BURITI, A. K. L.; ROSA, M. R. D. da. Ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído em carpinteiros. **Revista Cefac**, João Pessoa, v. 14, n. 3, p. 413-422, 2011.
- FERNÁNDEZ, M. D. et al. Noise exposure of workers of the construction sector. **Applied Acoustics**, v. 70, n. 5, p. 753-760, 2009.
- GANIME, J. F. et al. O ruído como um dos riscos ocupacionais: uma revisão de literatura. **Enfermaria Global**, [s.l.], n. 19, p. 1-15, 2010. Quadrimestral.

GIL, A. C. **Método e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008. 200p.

HALPERIN, D. Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health? **Sleep Science**, Israel, v. 7, n. 4, p. 209-212, 2014.

INSTRUTHERM. **Decibelímetro sonômetro mod. DEC-500, faixa de medição de 30 a 130 dB, ponderação A, C, FAST e SLOW, medição de LEQ**. Disponível em: <<https://www.instrutherm.net.br/seguranca-e-medicina-do-trabalho/acustica-e-vibracao/decibelímetros/decibelímetro-mod-dec-500-digital-escala-30-a-130db-a-c-f-e-leq.html>>. Acesso em: 08 out. 2019.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 327p.

KWON, S. H. et al. State of the Art on Prediction of Concrete Pumping. **International Journal of Concrete Structures and Materials**, v. 10, n. 3, p. 75-85, 2016.

LI, X. et al. Health impacts of construction noise on workers: A quantitative assessment model based on exposure measurement. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, v. 1, p. 721-731, 2016.

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

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. **Estatística básica**. 7ª ed. São Paulo: Saraiva, 2011. 540p.

OBATA, S.H. Organização básica do serviço de concretagem das estruturas de concreto. **Exacta**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 185-192, 2007.

PENTEADO, M. L.; BRITO, J. Expert Knowledge-Based Selection Methodology for Optimizing the Construction of Concrete Piles. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 26, n. 1, p. 95-103, 2012.

PEURIFOY, R. L. **Construction Planning, Equipment, and Methods**. 7ª ed. New York: McGraw-Hill, 2006. 624p.

RODRIGUES, M. A. G.; DEZAN, A. A.; MARCHIORI, L. L. M. Eficácia da escolha do protetor auditivo pequeno, médio e grande em programa de conservação auditiva. **Revista Cefac**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 543-547, 2006.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia Científica**. 2007. 40 transparências.

ROYAL MÁQUINAS E FERRAMENTAS. **Adensamento do concreto: O que é? Quais as vantagens?** Disponível em: <<https://www.royalmaquinas.com.br/blog/adensamento-concreto-o-que-e-vantagens/#prettyPhoto>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2009. 320p.

SANTANA, V. S. et al. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. **Revista Saúde Pública**, Salvador, v. 40, n. 6, p. 1004-12, 2006.

SATHLER, C. S. F. **Controle ativo de ruído**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

TINOCO, H.C. et al. Percepção de risco no uso do equipamento de proteção individual contra a perda auditiva induzida por ruído. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n. 1, p. 1-21, 2019.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO 1					
Idade: _____ anos		Sexo: _____			
1	Assinale os sintomas que você possui (se não tiver nenhum deixe em branco).		Dor de cabeça		Dificuldade em escutar
			Dor muscular		Azia ou dores na barriga
			Falta de sono		Falta de apetite
			Pressão alta		Coração acelerado
			Estresse		Depressão
			Zumbido no ouvido		Baixa imunidade

QUESTIONÁRIO 2									
1	Há quanto tempo trabalha em operações de concretagem?		0 a 2 anos		2 a 5 anos		5 a 10 anos		Mais de 10 anos
2	Em média, quantas horas por dia está envolvido em concretagens?		0 a 2 horas		2 a 4 horas		4 a 6 horas		6 a 8 horas
3	Já sofreu algum acidente de trabalho durante a concretagem?		Sim		Não				
4	Recebeu o protetor de ouvido da empresa?		Sim		Não				
5	Já ensinaram como utilizar o protetor de ouvido corretamente?		Sim		Não				
6	Usa o protetor de ouvido todo dia?		Sim		Não				
7	Sente algum desconforto quando utiliza o protetor de ouvido?		Sim		Não	Qual? _____			
8	Já realizou algum exame de ouvido?		Sim		Não				
9	Algum problema foi descoberto no exame de ouvido?		Sim		Não				