



Uso da dupla proteção auditiva na atenuação do ruído ocupacional: uma revisão sistemática

Use of double hearing protection for occupational noise attenuation: a systematic review

El uso duplo de protectores auditivos para la reducción del ruido ocupacional: una revisión sistemática

*Francine Varlete Leopoldina Barcelos** 

*Vitória Neves de Barros** 

*Luciele Kauana Woide** 

*Gabriely Quintana de Medeiros** 

*Karina Mary de Paiva** 

*Patricia Haas** 

Resumo

Introdução: A Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) está associada à contínua exposição ao ruído dentro do ambiente ocupacional, é a segunda doença mais recorrente entre os trabalhadores. **Objetivo:** Verificar a efetividade e benefício do uso da dupla proteção auditiva na atenuação do ruído ocupacional. **Método:** A busca de artigos científicos foi realizada nas bases de dados MEDLINE (Pubmed), LILACS, SciELO, SCOPUS e WEB OF SCIENCE, sem restrição de idioma, período e localização. Para complementar e evitar viés de risco foi realizada uma busca por literatura cinzenta no Google Acadêmico. A revisão sistemática foi conduzida de acordo com as recomendações do Preferred Reporting Items for

* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Contribuição dos autores:

FVLB: responsável por elaborar o planejamento da pesquisa, coleta e análise de estudos e interpretação dos dados, assim como a redação do artigo.

VNB, LKW, GQM: participaram das análises de estudos, interpretação e análise dos dados obtidos.

KMP: apoiou o planejamento do estudo, orientou a coleta de dados, bem como a análise dos estudos.

PH: orientadora do trabalho, apoiou no planejamento do estudo, orientou a coleta de dados, bem como apoiou na análise dos estudos e redação do artigo;

Endereço para correspondência: Patricia Haas - haaspatricia37@gmail.com

Recebido: 14/08/2023

Aprovado: 05/10/2023



Systematic Reviews and Meta-Análises (PRISMA). Estudos que pontuaram ≥ 6 pontos de acordo com o protocolo de pontuação qualitativa proposto por Pithon et al. (2015). **Resultados:** A dupla proteção auditiva deverá ser utilizada quando o protetor auditivo tipo concha ou plug não fornecerem atenuação suficiente para diminuir o ruído no ambiente laboral, contudo, a atenuação sonora pelos EPI auditivos pode ser um obstáculo à comunicação e localização espacial, principalmente aos trabalhadores que possuem algum grau de PAIR. **Conclusão:** o uso da dupla proteção auditiva pode ser uma estratégia considerável para proteção de perdas auditivas em ambientes controlados. Novos padrões sonoros para alarmes de alerta, prevendo o aviso de acidentes em ambiente ocupacional em que o uso combinado dos dispositivos auditivos utilizados em ambientes controlados e a implantação dos sinais de banda larga como sinal padrão poderão ser utilizados como estratégias de segurança coletiva.

Palavras-chave: Equipamento de Proteção Individual; Perda Auditiva; Saúde Ocupacional; Riscos Ocupacionais.

Abstract

Introduction: Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) is associated with continuous exposure to noise within the occupational environment and is the second most common disease among workers. **Objective:** To verify the effectiveness and benefit of using double hearing protection in attenuating occupational noise. Search Strategy: The search for scientific articles was carried out in the MEDLINE (Pubmed), LILACS, SciELO, SCOPUS and WEB OF SCIENCE databases, without restriction of language, period and location. To complement and avoid risk bias, a search for gray literature was performed on Google Scholar. **Methodology:** The systematic review was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) recommendations. Studies that scored ≥ 6 points according to the qualitative scoring protocol proposed by Pithon et al. (2015). **Results:** Double hearing protection should be used when the use of a shell or plug type hearing protector does not provide enough attenuation to reduce noise in the work environment, but this sound attenuation by hearing PPE can be an obstacle to communication and spatial location, especially to workers who have some degree of PAIR. **Conclusion:** the use of double hearing protection can be a considerable strategy for protecting against hearing loss in controlled environments. New sound patterns for warning alarms, providing for the warning of accidents in an occupational environment where the combined use of hearing devices used in controlled environments and the implementation of broadband signals as a standard signal can be used as collective safety strategies.

Keywords: Personal Protective Equipment; Hearing Loss; Occupational Health; Occupational Risks.

Resumem

Introducción: La pérdida de audición inducida por el ruido es asociada con la exposición continua el lo ambiente de trabajo y es la segunda enfermedad más común em los trabajadores. **Objetivo:** Verificar la eficacia y beneficio del doble uso de los protectores auditivos em la atenuación del ruido. **Método:** La revisión sistemática se realizó de acuerdo con las recomendaciones para revisiones sistemáticas y metanálisis (PRISMA). Los estudios que obtuvieron ≥ 6 puntos según el protocolo de puntuación cualitativa propuesto por Pithon et al. (2015). **Resultados:** La protección auditiva doble és utilizada cuando el uso de un protector auditivo tipo concha o enchufe no proporciona la atenuación suficiente para reducir el ruido em el ambiente de trabajo, pero esta atenuación del sonido por los EPP auditivos puede ser un obstáculo para la comunicación y la ubicación espacial, especialmente para los trabajadores con pérdida de audición. **Conclusión:** el uso de doble protección auditiva es una estrategia considerable em ambientes controlados y seguros. Nuevos padrones sonoros para alarmas de aviso de accidentes em un entorno laboral y la implementación de señales de banda ancha como señal estándar, pueden utilizarse como estrategias de seguridad colectiva.

Palabras clave: Equipo de protección personal; Pérdida de la audición; Salud laboral; Riesgos laborales.

Introdução

O ruído é definido como uma emissão sonora constante que, lentamente, pode se propagar de maneira desconfortável e impactar no funcionamento saudável do aparelho auditivo causando uma perda auditiva pela exposição contínua aos níveis elevados de ruído, conhecida pela Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR)¹. A PAIR é definida por uma perda auditiva sensorioneural e geralmente bilateral, irreversível, e sua progressão poderá ser evitada, pois sua causa está associada aos longos períodos de permanência em ambientes ruidosos, geralmente no ambiente de trabalho². Em geral, os limiares na PAIR não ultrapassam os 40 dB NA nas baixas frequências, e os 75 dB nas frequências altas, e quando cessada a exposição ao ruído, tende a não progredir a perda auditiva³. A exposição contínua aos sons de intensidade superior a 85 dB é o fator principal de causa da PAIR, sendo esta a segunda doença ocupacional autorreferida de maior ocorrência, principalmente nos trabalhadores expostos ao ruído industrial². A perda da discriminação auditiva e da localização sonora podem estar associadas ao grau da PAIR, contudo, os impactos da PAIR podem ir além dos sintomas auditivos e atingir o vestibulo, propiciando acidentes de trabalho, insônia, irritabilidade e hipertensão arterial⁴.

Nos Estados Unidos, aproximadamente 27,7 milhões de indivíduos são portadores de PAIR e a estimativa é de que 25% da classe trabalhadora brasileira possa apresentar algum grau de perda auditiva induzida por ruído^{5,6}. O ruído é considerado um risco alto para a perda auditiva ocupacional quando o nível de pressão sonora e o tempo de exposição ultrapassarem limites estabelecidos em norma regulamentadora de saúde e medicina do trabalho, como os limites expostos na NR15, por meio da Portaria N° 3.214/1978, que estabelece os Limites de Tolerância (LT) para a exposição a ruído contínuo, ou intermitente, e para ruído de impacto⁷. No Brasil, as questões relacionadas à perda auditiva induzida por ruído estão descritas na legislação trabalhista, a fim de assegurar a integridade da saúde auditiva dos trabalhadores⁸.

A PAIR é considerada um dos agravos de notificação compulsória, presente no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), que tem como objetivo mapear o perfil dos indivíduos com PAIR e, posteriormente, por meio desses dados desenvolver medidas públicas de atenção à saúde

auditiva⁹. Além disso, as políticas de saúde pública preconizam redução de ruído fonte, fornecimento do equipamento de proteção individual (EPI) e dispositivos de proteção auditiva (DPA) e a detecção das alterações auditivas através do monitoramento audiológico¹⁰.

A adesão do uso do protetor auditivo ocorre principalmente entre as empresas e sua aceitação no mercado se refere ao baixo custo, porém, ainda que o equipamento funcione como uma barreira acústica, impedindo que o ruído chegue à cóclea, são necessárias estratégias condizentes aos riscos ocupacionais e a implantação de estratégias administrativas para o controle do ruído.¹¹ A dupla proteção auditiva destaca-se como uma possível estratégia para o aumento da proteção auditiva, pois o uso conjugado de dois protetores auditivos, abafador auditivo ou tampão de inserção, poderá resultar no ganho de até 15 dB¹². Estudos indicam que esta estratégia poderá diminuir a percepção e discriminação sonora dos usuários e, por isso, deve ser utilizada apenas nos casos de níveis extremos de exposição sonora, com níveis de ruído superiores a 105 dBNA^{13,14,15}.

A partir do exposto, esta pesquisa apresenta como objetivo verificar a efetividade do uso da dupla proteção auditiva na atenuação do ruído ocupacional, visando responder a seguinte pergunta norteadora: O uso combinado dos equipamentos de proteção individual tem efeito positivo para trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevada?

Método

Protocolo e registro

Esta revisão foi conduzida conforme as recomendações *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)*¹⁶. As análises foram realizadas pelo programa RevMan 5 ®. As buscas por artigos científicos foram conduzidas por dois pesquisadores independentes nas bases de dados eletrônicas MEDLINE (Pubmed), LILACS, SciELO, SCOPUS, WEB OF SCIENCE e BIREME, sem restrição de idioma, período e localização. Para complementar e evitar viés de risco, foi realizada uma busca por literatura cinza no *Google Scholar*. A pesquisa foi estruturada e organizada na forma PICOS, que representa um acrônimo para População alvo, a Intervenção, Comparação e “*Outcomes*” (desfechos), “*S*” stu-

dias. População de interesse ou problema de saúde (P) corresponde a pacientes; intervenção (I): uso de dupla proteção; comparação (C): equipamento de proteção individual (EPI); outcome (O): proteção auditiva; (S): ensaios clínicos.

Estratégia de pesquisa

Os descritores foram selecionados a partir dos vocabulários controlados Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Heading Terms* (MeSH), haja vista a sua grande utilização pela comunidade científica para a indexação de artigos na base de dados PubMed. Utilizou-se como estratégia de busca a combinação de descritor e

operador booleano: (Hearing loss) and (double hearing protection). A busca ocorreu de forma concentrada em maio de 2023. Para complementar a revisão, foi realizada uma busca por literatura cinza no *Google Scholar*.

Crerios de Elegibilidade

Foram incluídos estudos sem restrição de idioma, período e localização. A Tabela 1 representa os critérios de inclusão e exclusão desenvolvidos nesta pesquisa. Foram incluídos estudos que obtiveram pontuação maior ou igual a 6 pontos, de acordo com o protocolo para pontuação qualitativa proposto por *Pithon et al.*

Tabela 1. Síntese dos artigos incluídos.

Autor/ Ano/ Local de publicação/ Revista	Objetivo	Amostra	Método	Resultados	Conclusão
Brungart DS, Kordik AJ, Simpson BD; 2004. Ohio (EUA) - J Acoust Soc Am.	Examinar os efeitos da proteção auditiva dupla na discriminação de múltiplas fontes de fala.	Seis participantes participaram do estudo (5 homens e 1 mulher) com audição dentro dos padrões de normalidade e idade entre 21 e 24 anos. Os indivíduos foram testados sem protetores, com um único protetor e com proteção dupla, utilizando tampões auriculares de espuma totalmente inseridos sob protetores de ouvido.	Tipo de Estudo: Ensaio Clínico Aplicou-se testes de inteligibilidade de fala em 30dB acima do limiar auditivo de cada participante. Foram apresentadas frases simultâneas, frases-alvo e frases mascaradas de emissores masculinos e femininos, em um mesmo alto-falante (teste não espacial) ou dois diferentes (teste espacial). A tarefa consistia em identificar a cor e o número correspondentes nas mensagens das frases e se veio de um alto-falante à esquerda ou à direita. Houveram 4 blocos, sendo cada referente a um nível de proteção auditiva, composto de 15 ensaios espaciais e 15 não espaciais.	A discriminação esquerda-direita foi quase 100% correta quando sem protetor ou pelo uso de um único protetor auditivo, porém, com o uso da dupla proteção, houve uma diminuição de 60% dos acertos. No entanto, houve melhora de 69% na discriminação dos locutores nos ensaios de localização nessa última condição.	Apesar da diminuição da habilidade de localização, o estudo mostra que os indivíduos com dupla proteção auditiva ainda são capazes, mesmo que de forma reduzida, de discriminar os interlocutores nos testes de inteligibilidade de fala.
Simpson BD, Bolia RS, McKinley RL, Brungart DS; 2005. Ohio (EUA). - Hum. Factors	Avaliar o impacto dos dispositivos de proteção auditiva (hearing protection devices - HPDs) na localização sonora durante utilização de protetores com proteção auditiva dupla.	Sete participantes (3 homens e 4 mulheres) com idade de 18 a 39 anos com limiares auditivos normais, segundo American National Standards Institute [ANSI], 1997) e visão normal.	Tipo de Estudo: Ensaio Clínico Os indivíduos foram posicionados frente a uma esfera com 277 alto-falantes em conjunto com 4 LEDs. Os participantes tinham como objetivo identificar o LED alvo enquanto paralelamente outros leds distribuídos aleatoriamente e com sinal sonoro atuavam como distratores. O teste foi dividido em blocos com dificuldade crescente, aumentando o número de distratores. Os testes foram realizados em 4 condições; sem HPD, tampões auriculares de espuma, protetores auriculares circum aurais e tampões auriculares de espuma juntamente com protetores auriculares circum aurais.	Sem uso de HPDs o tempo de resposta seguiu constante conforme a demanda do teste foi aumentada; durante o uso de tampões de ouvido ocorreu uma moderada diferença no tempo de procura; no caso dos protetores auriculares observou-se maior diferença no tempo de procura do alvo e no uso da dupla proteção auditiva verificou-se significativa diferença das outras condições; sugerindo que a pista auditiva foi interrompida durante o uso.	O uso dos protetores auditivos pode obstruir significativamente a passagem do som, podendo variar de acordo com o uso. No caso da dupla proteção, a localização de estímulos visuais foi severamente afetada devido a não localização do som.

Autor/ Ano/ Local de publicação/ Revista	Objetivo	Amostra	Método	Resultados	Conclusão
Laroche C, Giguère C, Vaillancourt V, Marleau C, Cadieux MF, Laprise-Girard K, et al; 2021. Ottawa (CA) - MDPI Journal.	Explorar os efeitos dos HPDs e do capacete de segurança na localização de alarmes de banda larga e tonal a partir de dois experimentos. O primeiro, analisou os efeitos da proteção auditiva passiva, enquanto o segundo buscou os efeitos do protetor auditivo nível-dependente.	O primeiro experimento contou com uma amostra de 72 participantes (34 mulheres e 38 homens) com audição dentro dos padrões de normalidade e idade entre 18 e 39 anos. Já o segundo experimento contava com uma amostra de com 72 indivíduos (57 mulheres e 15 homens).	Tipo de Estudo: Ensaio Clínico Os participantes foram posicionados no centro de 8 alto-falantes dispostos uniformemente em 360o que emitiam um ruído de fundo de 80 dBNA durante a realização de tarefa simples para a identificação do alarme. Os indivíduos, com HPDs passivos ou dependentes de nível, tiveram como tarefa identificar o alto-falante que apresentava um alarme.	A localização do alarme de banda larga foi identificada com maior facilidade em comparação ao tonal. Os protetores auditivos passivos tiveram maior impacto na localização do alarme. O capacete de segurança obteve um impacto muito menor em comparação aos protetores auriculares, porém o uso combinado poderá impactar levemente na localização sonora em plano horizontal.	Quanto à localização do som em locais de trabalho ruidosos, o alarme de banda larga deve ser priorizado e a dupla proteção auditiva deve ser evitada, sendo os dispositivos passivos ou nível-dependente as melhores opções. Os capacetes de segurança apresentaram efeito mínimo na tarefa.

Fonte: Brungart DS et al (2004), Simpson BD et al (2005), Laroche C et al (2021).

Risco de viés

A qualidade dos métodos utilizados nos estudos incluídos foi avaliada pelos revisores de forma independente, de acordo com a recomendação PRISMA¹⁶. A avaliação priorizou a descrição clara das informações. Neste ponto, a revisão foi realizada às cegas, mascarando os nomes dos autores e revistas, evitando qualquer viés potencial e conflito de interesses.

Critérios de Exclusão

Foram excluídos estudos publicados nos formatos de Cartas ao editor, diretrizes, revisões de literatura, revisões narrativas, revisões sistemáticas, metanálise e resumos. Estudos indisponíveis na íntegra, também foram excluídos (Tabela 1).

Análise dos dados

A extração dos dados para o processo de elegibilidade dos estudos foi realizada utilizando-se

uma ficha própria para revisão sistemática elaborada por três pesquisadores em Programa Excel[®], na qual os dados extraídos foram adicionados por um dos pesquisadores e, então, conferidos por outro pesquisador. Inicialmente foram selecionados de acordo com o título; em seguida, os resumos foram analisados e apenas os que fossem potencialmente elegíveis foram selecionados com potencial de inclusão. Com base nos resumos, os artigos foram selecionados para leitura integral e foram admitidos os que atendiam a todos os critérios pré-determinados para responder à pergunta norteadora. Foi realizada a bibliometria dos artigos admitidos representada por diagrama da frequência acumulada com inserção de valores em porcentagem das ocorrências de citação, visando avaliar o efeito acumulado dos artigos admitidos (Figura 1).

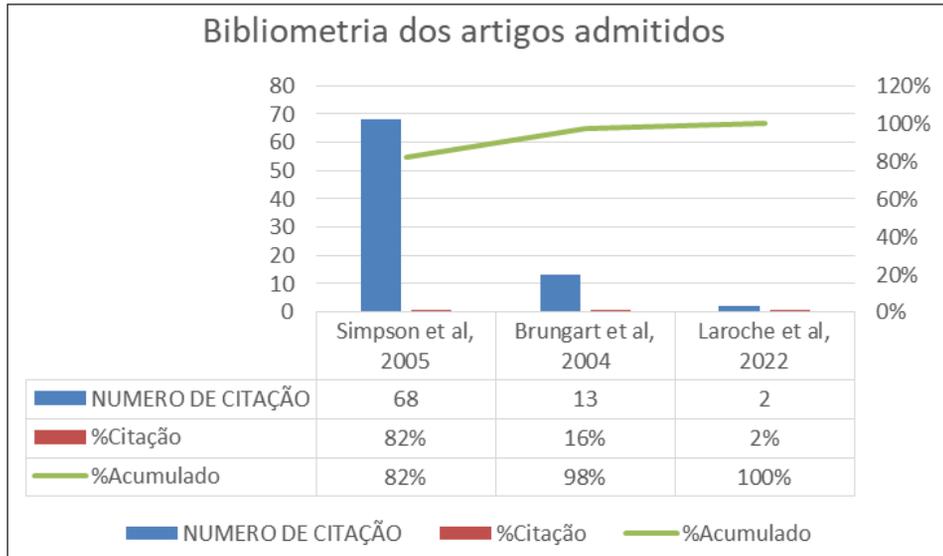


Figura 1. Diagrama da análise da frequência acumulada da bibliografia de artigos admitidos.

Forma de seleção dos estudos

Inicialmente os três revisores de elegibilidade foram calibrados para a realização da revisão sistemática. Após a calibração e esclarecimentos de dúvidas, os títulos e resumos foram examinados pelos revisores de elegibilidade, de forma independente, os quais não estavam cegos para o nome dos autores e das revistas. Foram excluídos estudos fora do âmbito proposto, relatos de caso, cartas ao editor e/ou editorial, revisões de literatura, índices, resumos e revisão sistemática, metanálise. Posteriormente, os estudos elegíveis preliminarmente tiveram o texto completo obtido e avaliado (Tabela 1).

Dados Coletados

Após a triagem, o texto do artigo selecionado foi revisado e extraído de forma padronizada por três autores sob a supervisão de um juiz de elegibilidade, identificando-se ano de publicação, local da pesquisa, idioma de publicação, tipo de estudo, amostra, método, resultado e conclusão do estudo (Tabela 1).

Resultado clínico

O resultado clínico de interesse consistiu em verificar os benefícios do uso combinado dos dispositivos de proteção auditiva como estratégia de prevenção da PAIR. Aqueles que não utilizaram a abordagem definida não fizeram parte da amostra da revisão sistemática.

Resultados

Inicialmente foram selecionados 197 artigos, dimensionado para 168 após exclusão por repetição; em seguida, os títulos e resumos foram analisados e 158 trabalhos foram excluídos, pois não estavam no escopo da proposta da pesquisa. Sendo então encaminhados para a análise final com leitura integral 10 artigos dos quais 3 foram admitidos nesta pesquisa (Figura 2). Os desenhos do estudo selecionado foram do tipo ensaio clínico. A partir dos descritores eleitos, os bancos de dados foram consultados e foram obtidos os resultados disponibilizados na Figura 2.

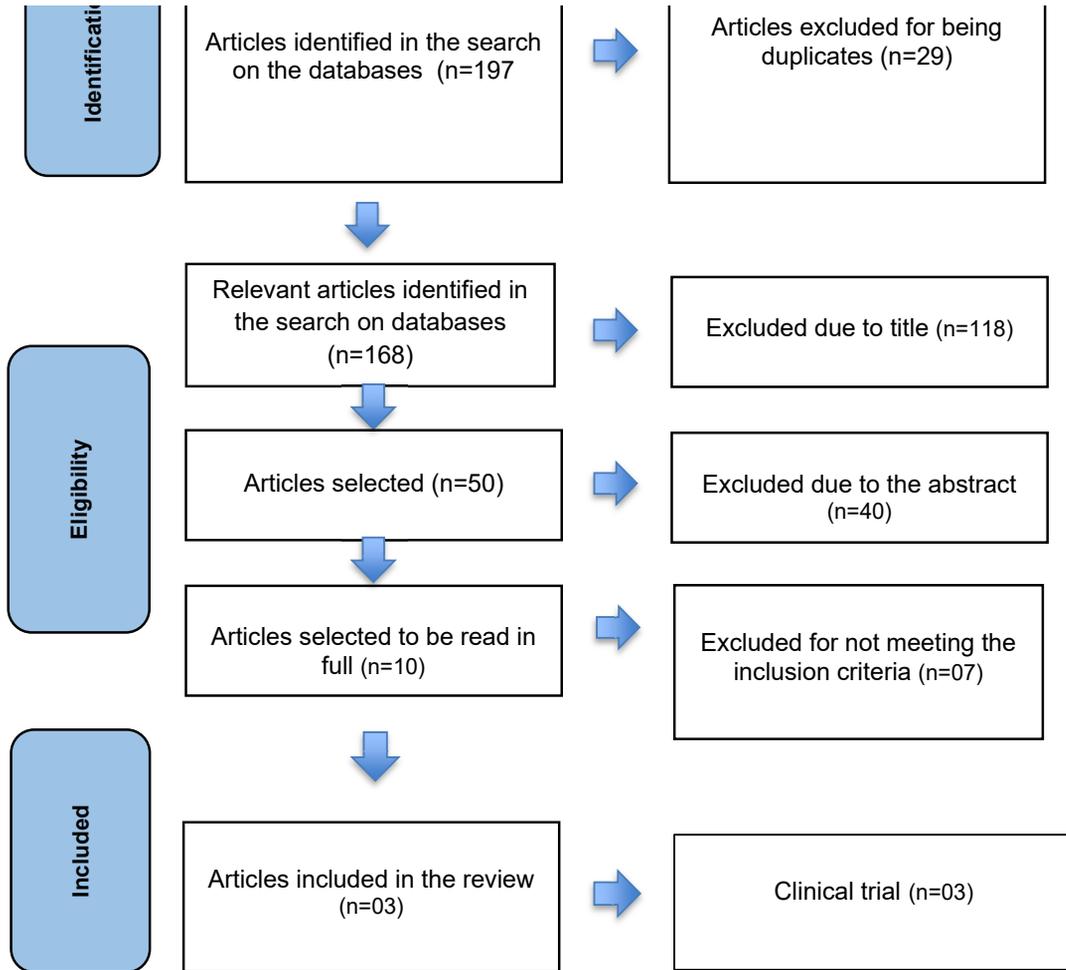


Figura 2. Fluxograma de busca e análise dos artigos.

Desenho e Principais Achados dos estudos

Foram admitidos três estudos, os quais caracterizam pesquisas do tipo ensaio clínico. Brungart et al.¹³ realizaram um estudo do tipo ensaio clínico para examinar os efeitos da dupla proteção auditiva na habilidade de discriminação de múltiplas fontes de fala em n=6 militares (5 homens e 1 mulher) com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade e idade entre 21 e 24 anos, no Laboratório de Pesquisa da Força Aérea (ALF - Ohio). Foram aplicados testes de inteligibilidade de fala 30 dB acima do limiar auditivo de cada participante, sendo apresentadas frases simultâneas, frases-alvo

e frases mascaradas de emissores masculinos e femininos, em um mesmo alto-falante (teste não espacial) ou dois diferentes (teste espacial) e avaliando também a identificação e localização do sinal de fala. A tarefa consistia em identificar a cor e o número correspondentes nas mensagens das frases e a qual alto-falante foi ativado, à esquerda ou à direita, avaliados em 4 blocos, sendo cada bloco referente a um nível de proteção auditiva. Os autores observaram que nos testes comparativos entre o uso da dupla proteção auditiva e o uso de proteção auditiva simples, a dupla proteção auditiva deverá ser utilizada em níveis de ruído superiores a 100 dBA; entretanto, o uso de um único dispositivo de

proteção auditiva poderá facilitar a identificação e localização sonora.

No que se refere ao estudo de Simpson et al¹⁴, que buscou avaliar o impacto dos dispositivos de proteção auditiva na localização sonora durante a utilização de protetores com proteção auditiva dupla em n=7 participantes (3 homens e 4 mulheres) com idade de 18 a 39 anos com limiares auditivos normais, segundo American National Standards Institute – ANSI¹⁴ e com visão normal. Os testes foram realizados no laboratório de pesquisas militar de Wright-Patterson (Laboratory Auditory Localization Facility - Ohio), os indivíduos foram posicionados em uma esfera com 277 alto-falantes em conjunto com 4 LEDs com o objetivo de identificar o alvo enquanto outros sinais visuais, distribuídos aleatoriamente, atuavam como distratores com sinal sonoro com e sem o uso dos dispositivos de proteção auditiva (*hearing protection devices - HPDs*). O teste foi dividido em blocos com dificuldade crescente, aumentando o número de distratores, com 4 condições: sem protetores auditivos, tampões auditivos de espuma, protetores auriculares e tampões auditivos de espuma combinados com protetores auriculares. Sem uso de protetores auditivos, o tempo de resposta seguiu constante conforme a progressão do teste, com o uso de tampões auditivos ocorreu maior diferença no aumento do tempo de procura do alvo, e no uso da dupla-proteção, verificou-se o comprometimento na localização da fonte de ruído e prejuízo na movimentação de direção da cabeça para identificação dos alertas. Concluiu-se que a localização das pistas auditivas foi extremamente difícil com dupla proteção auditiva devido ao prejuízo na localização espacial quando utilizado a dupla proteção.

Quanto ao estudo de Laroche et al¹⁶, o ensaio clínico explorou os efeitos dos protetores auditivos (HPD) e do capacete de segurança na habilidade de localização de alarmes de banda larga e alarme de som tonal a partir de dois experimentos. O primeiro, analisou os efeitos com e sem a proteção auditiva passiva e com o uso de capacete de segurança, enquanto o segundo buscou os efeitos da proteção auditiva de nível-dependente que possui tecnologia para redução de ruído de fundo. O primeiro experimento contou com uma amostra de n=72 participantes (34 mulheres e 38 homens) com audição dentro dos padrões de normalidade e idade entre 18 e 39 anos, que deveriam localizar os sinais dos

alarmes de segurança de veículos pesados (tonal e banda larga) enquanto executavam uma tarefa expostos a um campo ruído de fundo de 80 dBA. Já no segundo experimento, com uma amostra de n=72 indivíduos (57 mulheres e 15 homens), os participantes foram testados com e sem proteção auditiva, com uso de capacete e com a proteção auditiva nível-dependente. De forma geral, os resultados apontaram que a localização do alarme de banda larga pode ser identificada com maior facilidade em comparação ao som tonal, os protetores auriculares passivos tiveram melhor resultado para a localização sonora, enquanto o capacete de segurança demonstrou impacto insignificante em relação aos protetores auriculares, mas o uso combinado do capacete e dos protetores auditivos tiveram uma pequena alteração na localização da fonte sonora. Contudo, o uso da dupla proteção auditiva teve os piores resultados para a localização sonora frente-trás, com e sem o uso do capacete de proteção. Com isso, os autores apontam que o alarme de banda larga deve ser priorizado e a dupla proteção auditiva deve ser evitada, sendo os dispositivos passivos ou nível-dependentes as melhores opções.

Discussão

A perda auditiva induzida por ruído é a segunda doença mais comum entre os trabalhadores^{3,4,17}, os estudos admitidos nesta pesquisa buscaram avaliar a efetividade do uso da dupla proteção auditiva, assim como o seu impacto na localização de sinais sonoros presentes no ambiente ocupacional.

O uso combinado da dupla proteção auditiva é recomendado quando os níveis de pressão sonora são superiores a 100 ou 105 dBA, o ganho de atenuação pode variar de 4 e 35 dBNPS, este valor dependerá da qualidade dos EPI^{12,19}. A atenuação para o uso combinado de EPIs não deve ser a soma de cada valor individual, quando usados simultaneamente (concha + plugue), deverão ser acrescidos 5 dB ao maior valor de NRR (noise reduction rating) do EPI correspondente^{12,20}. Os autores dos estudos admitidos nesta pesquisa indicam que o uso da dupla proteção poderá interferir na inteligibilidade de fala e localização sonora, podendo causar acidentes de trabalho ou expor o profissional a situações de periculosidade. O ganho no valor da atenuação nos EPI ocorre em virtude do efeito de oclusão, é quando há o acoplamento mecânico entre os pro-

tetores auditivos e o contato físico com epitélio e ossos do conduto auditivo, juntamente com o volume do ar entre os dois dispositivos^{12,21}. Os autores sugerem, ainda, que o uso dos protetores auditivos podem causar a diminuição na percepção auditiva, principalmente pelo impacto na comunicação entre as orelhas (atenuação interaural), que poderá restringir os movimentos cefálicos em direção ao sinal sonoro, a fim de localizá-lo¹².

Nos Estados Unidos, The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), orienta que quando a utilização do protetor auditivo tipo *concha* ou *plug* não fornecer atenuação suficiente para diminuir o ruído no ambiente laboral, deve-se utilizar a dupla proteção considerando um ganho entre 5 e 10 dB no valor de atenuação^{12,19,22}. Assim, este valor pode ocorrer do uso combinado dos EPI, abafadores e plugues, visando evitar a perda auditiva²³. Entretanto, a dupla proteção auditiva pode prejudicar na percepção do plano espacial, ocasionado pelo efeito de oclusão podendo impedir o reconhecimento de falantes simultâneos no ambiente de trabalho¹³.

A atenuação sonora pelos EPI auditivos pode ser um obstáculo à comunicação e localização espacial, principalmente àqueles trabalhadores que possuem algum grau de PAIR²³, visto que, a dupla proteção auditiva poderá prejudicar na inteligibilidade auditiva. Neste sentido, o estudo de Laroche et al¹⁶, sugere que, pela perda auditiva ser comum em locais de trabalho onde os protetores auditivos são necessários, mais estudos devem ser realizados em indivíduos com perda auditiva incluindo, também, o uso de outros equipamentos de segurança e o recrutamento cognitivo necessário para a execução de tarefas neste cenário. Todavia, a escolha dos EPI que forneçam atenuação à função exercida, poderá ser realizada para preservar-se a capacidade de comunicação²⁴.

Os três estudos admitidos nesta pesquisa evidenciam que, a atenuação dupla é eficaz em relação à percepção do ruído, contudo, a falta de treinamento do usuário em relação aos EPI poderia causar a diminuição da eficiência dos protetores, uma vez que o cálculo da atenuação é realizado a partir dos valores do Certificado de Aprovação (CA) do fabricante destes EPI¹⁹. Ficando ainda mais evidente a necessidade da realização dos controles dos setores de engenharia e/ou administrativos, uso e treinamento para os equipamentos de proteção individual e dos dispositivos de proteção auditiva

(DPA) e a implementação do programa de conservação auditiva (PCA); tais estratégias isoladas ou combinadas podem influenciar positivamente na saúde auditiva e/ou na exposição ao ruído¹⁸.

O uso dos EPI para proteção auditiva pode limitar o reconhecimento de alguns sinais de alerta, principalmente no plano horizontal; os achados de Laroche et al¹⁶, indicam que alarmes de banda larga possuem melhor resultado nos testes de localização em comparação aos alarmes tonais, sugerindo que esta medida deveria tornar-se prioridade nas ações de segurança do trabalhador. A habilidade de detectar e reconhecer alarmes é crucial para trabalhadores, principalmente os sinais de alerta que são emitidos à distância, possibilitando aos trabalhadores maior tempo de reação caso o alarme seja disparado²⁵. O uso dos dispositivos auditivos pode, ainda, causar confusões na localização espacial como frente-trás¹⁶. Verifica-se na literatura, que nenhum protetor auditivo mantém o mesmo desempenho para localização sonora igual à situação de ouvido aberto, exceto na localização horizontal direita-esquerda em que o protetor auricular (popularmente chamado de concha ou abafador) teve pior resultado^{19,26}. Corroborando assim para os achados do estudo de Simpson et al¹⁴, que infere que indivíduos que com EPI tipo plug de inserção, conseguiram maior percepção sonora e assim tendo mais chances de se proteger do perigo, e que o uso do protetor concha poderá comprometer a localização sonora devido à dificuldade da movimentação de cabeça e lateralização da orelha para a localização sonora.

A literatura apresenta diversas pesquisas referentes à proteção auditiva em militares e pilotos de aeronaves, destacando ainda a necessidade da integridade do sistema auditivo, uma vez que qualquer impedimento, deficiência ou distorção pode ocasionar a não identificação, identificação errônea, prejuízo no reconhecimento ou localização de ameaças, além do entendimento prejudicado de ordens^{27,28,29}. Eventualmente, nos ambientes em que sinais de advertência são utilizados, a intensidade destes alarmes poderá ultrapassar os valores limites de exposição em pelo menos 5 dB²³, o que não seria favorável às estratégias de prevenção à perda auditiva. Quanto ao uso da dupla proteção auditiva em militares, Simpson et. al¹⁴ concluem, que o efeito de oclusão pode diminuir drasticamente a percepção espacial sonora, e que, embora o uso combinado dos EPI seja comum nas forças arma-



das, a perda da discriminação dos sinais de fala seria uma desvantagem no uso da dupla proteção auditiva. Importante salientar que esta população possui um número significativo de profissionais em risco auditivo e, portanto, justifica-se a quantidade de estudos encontrados com esta população sendo necessária a realização de novos estudos entendendo os impactos de exposição e priorizando o desenvolvimento de estratégias de prevenção e intervenções apropriadas¹⁸.

O estudo admitido de Brungart et al.¹³ afirma que indivíduos com dupla proteção auditiva ainda são capazes, mesmo que de forma mínima, de discriminar o locutor alvo dos outros interlocutores nos testes de inteligibilidade de fala, entretanto, tais resultados podem relacionar-se ao número reduzido da amostra e ao ambiente no qual foram realizados os testes, o que não retrata a realidade do trabalhador. Por fim, a posição de uma fonte sonora em relação ao ouvinte poderá ter efeito positivo para a precisão da localização de sinais de alerta, o desempenho na identificação e localização de alarmes de banda larga em comparação com alarmes tonais, inferindo que esta medida de segurança deveria tornar-se prioridade¹⁶.

Conclusão

Os problemas de saúde em decorrência da exposição ao ruído poderão afetar todos os trabalhadores que estejam submetidos a níveis elevados de pressão sonora. Sabe-se que a PAIR é de caráter irreversível, e sua piora, de caráter progressivo. O uso da dupla proteção auditiva pode ser uma boa estratégia para proteção de perdas auditivas em ambientes controlados, como nos treinamentos militares e estandes de tiro e locais com práticas assistidas.

O EPI auditivo do tipo tampão teve o melhor desempenho para localização sonora nos testes de todos os artigos admitidos. É necessário, ainda, a implantação de novos padrões sonoros para alarmes de alerta, prevendo o aviso de acidentes em ambiente ocupacional. No entanto, a falta de conforto associada ao uso de protetores auriculares pode afetar fortemente na adesão do uso e, portanto, sua eficácia na prevenção da PAIR. Estratégias de treinamento devem ser ampliadas assim como a revisão da legislação trabalhista e estratégias de segurança que podem levar ao melhor desempenho das atenuações por estes dispositivos. O direcio-

namento de estratégias focadas na saúde ocupacional, em que o uso combinado dos dispositivos auditivos utilizados em ambientes controlados e a implantação dos sinais de banda larga como sinal padrão, poderão ser utilizadas como estratégias de segurança coletiva.

Referências

1. Cunha AP, Cortes DA, Ferreira GR. Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional. *Revista Multidisciplinar: HUMANIDADES & TECNOLOGIA EM REVISTA (FINOM)*, Minas Gerais, v. 15, n. 13, p. 495-510, abr. 2019. ISSN: 1809-1628.
2. Ding T, Yan A, Liu K. What is noise-induced hearing loss? *Br. J. Hosp. Med.* 2019 Sep 2;80(9):525-9. Doi: <https://doi.org/10.12968/hmed.2019.80.9.525>
3. Silva VAR, Mitre EI, Crespo AN. Is noise-induced hearing loss still a public health problem after decades of legislation? *Braz J Otorhinolaryngol.* 2020 Nov; 86(6): 665-6. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.04.00>
4. Hillesheim D, Zucki F, Rogia SM, Paiva KM. Dificuldade auditiva autorreferida e exposição ocupacional a agentes otoagressores: um estudo de base populacional. *Cad. Saúde Pública.* 2021; 37(10): e00202220. DOI: 10.1590/0102-311x00202220.
5. MINISTÉRIO DA SAÚDE - Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Perda auditiva induzida por ruído (Pair). Brasília: Ed. do Ministério da Saúde; 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_perda_auditiva.pdf
6. Hoffman HJ, Dobie RA, Losonczy KG, Themann CL, Flamme GA. Declining Prevalence of Hearing Loss in US Adults Aged 20 to 69 Years. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2017 Mar 1; 143(3): 274. DOI: 10.1001/jamaoto.2016.3527
7. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Brasília, DF, Seção 1.
8. Maia LMSV. Análise da perda auditiva induzida pelo ruído em agricultores da comunidade dos municípios da região de Campo Mourão - PR – projeto piloto: analysis of noise-induced hearing loss in farmers of the community of municipalities in the region of Campo Mourão-PR pilot project. 2023. 46 p. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Inovação Tecnológica, Desenvolvimento de Equipamentos, Tecnologias e Sistemas Eletrônicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2023.
9. Hillesheim D, Gonçalves LF, Batista D, Correa D, Goulart ML, Zucki F. Perda auditiva induzida por ruído no Brasil: descrição de 14 anos de notificação. *Audiol Commun Res.* 2022; 27: 1-6. DOI: 10.1590/2317-6431-2021-25851.
10. Basu S, Aggarwal A, Dushyant K, Garget S. Occupational noise induced hearing loss in India: a systematic review and meta-analysis. *Indian J Community Med.* 2022; 47(2): 166. DOI: 10.4103/ijcm.ijcm_1267_21.
11. Giannella AS, Fiorini AC. Capítulo 27: Ações de Proteção para Prevenção de Perdas Auditivas Relacionadas ao Trabalho. In: *Tratado de Audiologia.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. p. xx-xx. ISBN: 978-85-277-2744-0.



12. Técnico R. Dupla Proteção: revisão bibliográfica, legislação em outros países e resultados de ensaios no Brasil. 2020. Disponível em: https://issuu.com/animaseg/docs/relat_rio_da_tecnico_-_dupla_protecao_-_cb32
13. Brungart DS, Kordik AJ, Simpson BD. The effects of single and double hearing protection on the localization and segregation of spatially-separated speech signals (L). 2004 Oct 1;116(4):1897-900. Doi: <https://doi.org/10.1121/1.1786812>
14. Simpson BD, Bolia RS, McKinley RL, Brungart DS. The Impact of Hearing Protection on Sound Localization and Orienting Behavior. *Hum Factors*. 2005 Mar; (1): 188-98. DOI: 10.1518/0018720053653866.
15. ANSI: American National Standards Institute. ANSI S3.5-1997: methods for the calculation of the speech intelligibility Index. New York, NY: Acoustical Society of America; 2012.
16. Laroche C, Giguère C, Vaillancourt V, Marleau C, Cadieux MF, Laprise-Girard K, et al. Effect of Hearing and Head Protection on the Localization of Tonal and Broadband Reverse Alarms. *Hum Factors*. 2021 Feb 17. DOI: 10.1177/0018720821992223.
17. Samelli AG, Matas CG, Gomes RF, Morata TC. Revisão sistemática de intervenções para prevenção da perda auditiva induzida por ruído ocupacional – uma atualização. *Codas*. 2020; 33(4): e20190189. DOI: 10.1590/2317-1782/20202019189.
18. Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M. et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev* 4, 1 (2015). <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
19. Guida HL, Taxini CL, Gonçalves CG, Valenti VE. Evaluation of hearing protection used by police officers in the shooting range. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2014; 80: 515-21.
20. Fernandes RME, Serra GPP, Filho SSC, Melo GSV, Mesquita ALA. Avaliação da proteção auditiva para ruído emitido por helicóptero. *Rev Eng Tecnol*. 2018; 2(10): 60-71.
21. Luan Y, Sgard F, Nelisse H, Dautres O. A finite element model to predict the double hearing protector effect on an in-house acoustic test fixture. *J Acoust Soc Am*. 2022 Mar; 151(3): 1860-74. DOI: 10.1121/10.0009835.
22. NIOSH, The National Institute For Occupational Safety And Health. Practical Guide for Preventing Occupational Hearing Loss: provide hearing protection. Provide Hearing Protection. (base de dados na internet) 2023. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/preventoccnoise/provide.html>.
23. Suter AH. Construction Noise: Exposure, Effects, and the Potential for Remediation; A Review and Analysis. *AIHA J*. 2002 Nov; 63(6): 768-789. DOI: 10.1080/15428110208984768.
24. Abel SM, Odell P. Sound attenuation from earmuffs and earplugs in combination: maximum benefits vs. missed information. *Aviat Space Environ Med*. 2006 Sep; 77(9): 899-904. PMID: 16964737.
25. Alali K, Casali JG. Auditory backup alarms: distance-at-first-detection via in-situ experimentation on alarm design and hearing protection effects. *Work*. 2012; 41: 3599-607. PMID: 22317269. DOI: 10.3233/WOR-2012-0671-3599.
26. Talcott KA, Casali JG, Keady JP, Killion MC. Azimuthal auditory localization of gunshots in a realistic field environment: effects of open-ear versus hearing protection-enhancement devices (HPEDs), military vehicle noise, and hearing impairment. *Int J Audiol*. 2012 Feb; 51 Suppl 1: S20-S30. DOI: 10.3109/14992027.2011.631591.
27. Lee K, Casali JG. Development of an auditory situation awareness test battery for advanced hearing protectors and TCAPS: detection subtest of DRILCOM (detection-recognition/identification-localization-communication). *Int J Audiol*. 2016 Dec; 56(sup1): 22-33. DOI: 10.1080/14992027.2016.1256505.
28. Fostick L, Fink N. Situational Awareness: the effect of stimulus type and hearing protection on sound localization. *Sensors (Basel)*. 2021 Oct 24; 21(21): 7044. DOI: 10.3390/s21217044.
29. Snapp HÁ, Millet B, Schaefer-Solle N, Rajguru SM, Ausili SA. The effects of hearing protection devices on spatial awareness in complex listening environments. *PLoS One*. 2023; 18(1): e0280240. DOI: 10.1371/journal.pone.0280240.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.