

PRESSÃO SONORA, POLUIÇÃO E A SAÚDE DAS PESSOAS

SOUND PRESSURE, POLLUTION AND HEALTH OF PEOPLE

Laura Ferreira Ribeiro Dias, Ramon Marques Macêdo, Afonso Pelli*

Disciplina de Ecologia e Evolução, Instituto de Ciências Biológicas e Naturais.
Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Praça Manoel Terra, 330; CEP
38025-180, Uberaba, MG, Brasil. apelli@terra.com.br

RESUMO

Diferentes tipos de poluição podem afetar o bem-estar das pessoas. A exposição ao ruído pode causar estresse, sérios problemas à saúde e até mesmo a perda auditiva em diferentes graus. A proposta do presente estudo foi realizar um levantamento bibliográfico, com visão crítica, englobando as propriedades físicas do fenômeno sonoro, o mecanismo de percepção pelo corpo humano e o possível impacto fisiológico no bem-estar das pessoas.

PALAVRAS-CHAVE: poluição sonora, ruído, saúde coletiva.

ABSTRACT

Different types of pollution can affect people's well-being. Exposure to noise can cause stress, serious health problems and even hearing loss to varying degrees. The purpose of the present study was to perform a bibliographical survey, with a critical view, encompassing the physical properties of the sound phenomenon, the mechanism of perception by the human body and the possible physiological impact on the well-being of the people.

KEYWORDS: noise pollution; noise; public health.

INTRODUÇÃO

A poluição sonora tem aumentado desde a revolução industrial com modificações nos processos de manufatura e a inclusão de máquinas na rotina diária. A exposição a altos níveis de pressão sonora pode ocorrer no lazer, no lar, no ambiente de trabalho, na área industrial, em laboratórios e em hospitais. Atualmente, com a utilização de dispositivos eletroeletrônicos, imprescindíveis ao tratamento de pacientes o ruído faz parte também do cenário nosocomial^(1,2).

Desde 1974 a United States Environmental Protection Agency (USEPA)⁽³⁾ recomenda que os níveis de ruído em hospitais não devem exceder 45 decibéis A dB (A) no período diurno e 35 dB (A) no período noturno. A Associação Brasileira de Normas Técnicas^(1,4) recomenda 35 a 45 dB (A) como níveis aceitáveis para diferentes ambientes hospitalares.

Curiosamente, e em outra ordem de grandeza (aproximadamente 7 vezes superior), para a saúde do trabalhador, a Norma Regulamentadora 15 recomenda que a máxima exposição a ruídos seja de 85 decibéis (dB) no período de 8 horas⁽⁵⁾. Mesmo assim estes limites são frequentemente ultrapassados, gerando distúrbios fisiológicos e psicológicos, tanto em pacientes nos hospitais como nos funcionários em seus respectivos setores⁽⁶⁾.

A exposição ao ruído pode causar problemas à saúde como perda auditiva, prejuízo na comunicação, redução da atenção, irritabilidade, fadiga e dores de cabeça, elevação da frequência cardíaca e pressão arterial, vasoconstrição periférica, aumento da secreção e da motilidade gástrica, contração muscular⁽¹⁾. Todas essas alterações podem acabar induzindo profissionais, inclusive da saúde, a erros na execução de suas atividades^(6,7).

Os diferentes tipos de poluição constituem indiscutível variável que afeta o bem-estar das pessoas, tendo repercussões no cotidiano, na expectativa e na qualidade de vida das mesmas. Dessa forma, a proposta do presente estudo foi realizar um levantamento bibliográfico para compreender as propriedades físicas do fenômeno sonoro, o mecanismo de percepção pelo corpo humano e o possível impacto fisiológico no bem-estar das pessoas. Assim, abranger o estado da arte na área em pauta e disponibilizar na literatura um compêndio sobre as propriedades do som e a poluição sonora.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi a consulta as bases de dados PubMed, Google Acadêmico e Scielo na busca por artigos, em inglês e português sobre poluição

sonora e seu impacto na saúde e qualidade de vida das pessoas. Foram utilizados os descritores: poluição sonora, ruído, barulho, ruído em hospitais e efeito da poluição sonora. Inicialmente foram selecionados 150 artigos e posteriormente foi realizada nova seleção resultando em 60 artigos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo do som pode seguir duas vertentes principais distintas. A primeira faz referência à acústica física que estuda a física do fenômeno sonoro. A segunda faz referência ao seu efeito biológico/fisiológico, a assim denominada psicoacústica, que estuda como o som é percebido pelos organismos⁽⁸⁾.

A onda é um fenômeno físico ondulatório e pode precisar ou não de um meio material para se propagar e transmitir energia por sua oscilação, apesar de não ser capaz de transportar matéria. Quanto à origem da onda, podem ser classificadas em mecânicas (associadas à percepção do som) ou eletromagnéticas (geradas por alteração de um campo elétrico e magnético, associadas à percepção da luz e das cores). Quanto à direção de oscilação, em ondas transversais - cuja direção de oscilação é perpendicular à direção de propagação - e longitudinais - cuja direção de oscilação é a mesma da direção de propagação⁽⁹⁾.

O som é um fenômeno natural que possui propriedades específicas, dentre elas estão àquelas relacionadas com os distúrbios das moléculas em um determinado meio com propriedades peculiares. Também se deve ponderar a intensidade e o intervalo de tempo em que se observa o fenômeno ou distúrbio. Este distúrbio apresenta comportamento de onda quando em propagação e, por isso, são necessários: emissor, meio e receptor para que o mesmo ocorra⁽⁹⁻¹¹⁾.

O emissor ou elemento vibrador é responsável por alterar (através de variações da densidade ou pressão) o meio em que a onda se propaga para que a mesma seja percebida pelo receptor⁽¹⁰⁾. As variações de pressão são denominadas compressões e rarefações e acontecem sucessivamente sofrendo influência do meio no modo em que se propagam⁽⁹⁾. Essas ondas de pressão são responsáveis

pela sensação sonora quando propagadas em um meio elástico (aquele que sofre alterações em suas posições quando perturbado e, ao fim dessa perturbação retorna ao estado original)⁽⁹⁾.

As áreas de compressão e rarefação são aquelas onde o ar se encontra mais ou menos comprimido, respectivamente, por haver uma movimentação específica das partículas. Essa movimentação pode ser no mesmo sentido da direção da propagação da onda (compressão) ou em sentidos opostos (rarefação)⁽⁹⁾.

As ondas harmônicas são as principais responsáveis pela propagação dos sinais sonoros e pela manutenção da frequência desde a geração até a percepção desses sinais. Existem alguns fenômenos, porém, que interferem no curso da onda, podendo alterar suas características de propagação. Esses fenômenos são denominados reflexão, refração, difração e absorção do som⁽¹²⁾.

A reflexão é o fenômeno em que o percurso da onda sofre alteração em sua direção na presença de determinado obstáculo. Como consequência deste fenômeno existem outros dois, denominados eco e reverberação. O eco acontece quando há um intervalo de tempo superior a 0,1 segundos entre o som emitido e o som refletido. E para que o mesmo exista é necessário que a distância entre a fonte e o obstáculo seja igual ou superior a 17 metros^(13,14).

Como se propaga em várias direções, o som gerado num local fechado acaba por ser refletido também em várias direções, dando ao receptor, a falsa sensação de que o mesmo se prolonga. Esse fenômeno é denominado reverberação. Os meios em que o som se propaga podem possuir diferenças em sua constituição, e essa diferença interfere na direção, no sentido, na velocidade e na intensidade de propagação da onda quando passa de um meio para outro diferente. Esse fenômeno é denominado refração e essas interferências mudam ainda o comprimento da onda^(13,14).

Quando as ondas sonoras se deparam com obstáculos pode ocorrer difração. Esta somente é observada quando o obstáculo for menor ou igual ao comprimento da onda. Os sons mais graves possuem ondas mais longas e, desta

forma, apresentam maior probabilidade de apresentarem esse fenômeno, espalhando-se melhor no meio quando comparados aos sons mais agudos^(12,14).

Por último, a absorção é o fenômeno em que a energia do som é perdida quando em contato com objetos (principalmente aqueles mais porosos), isso porque os mesmos vibram gerando pequenos choques entre as ondas em seu interior. Neste caso os princípios da termodinâmica não são universais. No presente campo de estudo o princípio “nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” não é aplicável, e uma onda pode anular a outra, desde que estejam na mesma frequência⁽⁹⁻¹²⁾.

Pode-se perceber que uma fonte sonora alta produz trabalho, ou impacto, na nossa pele, no nosso ouvido e mesmo na nossa caixa torácica. Essa sensação é o trabalho exercido pela onda sonora e pode ser mensurada. Para medir o trabalho executado, ou “Watt”, deve-se considerar a quantidade de energia ou joules transferidos por intervalo de tempo (segundos) pela área. A intensidade sonora mede a densidade da potência da onda sonora em energia por área. Como o intervalo é muito grande, esse dado normalmente é apresentado em escala logarítmica⁽¹⁵⁾.

O som é medido em unidades de pressão pelo fato de o mesmo estar relacionado a valores de diferença de pressão do ar. A percepção pode ser logarítmica, como a de variações de frequência e de intensidade ou linear, como a variação de distância. A primeira baseia-se em uma razão de valores enquanto que a segunda baseia-se em uma diferença de valores.

A escala logarítmica utilizada foi concebida como a razão entre a densidade de potência real e uma de referência (1picoWatt por metro quadrado ou $1 \times 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$), ou

$$\text{NIS} = 10\log (I_r/I_{\text{ref}});$$

Onde:

NIS = nível de intensidade sonora

I_r = o fluxo de potência sonora real em Watts / m^2

I_{ref} = potência sonora de referência (10^{-12} Wm^{-2})



O nível de potência sonora (PWL ou SWL) é a potência sonora total irradiada em todas as direções pela fonte sonora. É expressa em decibéis, usando a potência sonora real e uma potência sonora de referência (1 picoWatt), ou:

$$SWL = 10 \log (W_r/W_{ref});$$

Onde:

SWL = nível de potência sonora

W_r = potência sonora real (em W)

W_{ref} = potência sonora de referência (10-12 W)

A medida mais frequentemente utilizada para medir a amplitude da onda sonora é o Nível de Pressão Sonora (NPS, ou em inglês, SPL – Sound Pressure Level) que se refere à toda potência sonora gerada por uma fonte. É muito utilizada devido à simplicidade dessa variável e à sensibilidade do ouvido humano. O aparelho auditivo humano possui limiares auditivos mínimo e máximo, sendo que o mínimo corresponde à 20 μ Pa (micro Pascais) e o máximo (também denominado limiar da dor) corresponde à 20 Pa (Pascais). O NPS também é expresso em uma escala logarítmica considerando a razão entre a pressão sonora real e o limiar de audição à frequência de 1KHz (em outras frequências o limiar se altera). Desta forma,

$$NPS = 20 \log (P_r/P_{ref});$$

Onde:

NPS = nível de pressão sonora

P_r = a pressão sonora real (em Pa)

P_{ref} = a pressão sonora de referência (20 μ Pa)

Nesse caso é usado o multiplicador 20 para que as variações mínimas percebidas pelo ouvido humano sejam aproximadas do valor medido e para que os valores em NPS possam ser comparados aos valores de NIS, caso não haja interferências devido a reflexões⁽¹⁵⁾.

A cada 6 dB de mudança, um som dobra de intensidade. Isso é verificado pelas propriedades do logarítmico. Apesar de amplamente utilizado, o termo Decibelímetro é mal-empregado para se referir aos aparelhos usados para se medir

o ruído, uma vez que os aparelhos não medem decibéis. Esses aparelhos medem, na verdade, NPS (nível de pressão sonora) que é uma grandeza física e são programados para realizarem cálculos capazes de gerar os resultados relativos em decibéis (unidade de referência). Sendo assim, a denominação correta destes aparelhos é “Medidor de nível de pressão sonora”⁽¹⁶⁾.

Para garantir que a medição seja fidedigna, os aparelhos a serem utilizados devem possuir algumas características específicas determinadas pelos órgãos competentes como a ABNT e a American National Standards Institute (ANSI), como alta sensibilidade, precisão, calibragem e certificação.

Os medidores de pressão sonora comuns (“decibelímetros”) não apresentam seus resultados em níveis equivalentes (Leq), apresentam valores instantâneos e por isso é tão importante o conhecimento do observador para que os dados sejam corretamente interpretados e analisados, muito embora frequentemente ocorram erros de interpretação.

Para evitar esse problema, é recomendável o uso de dosímetros de ruído, uma vez que os mesmos apresentam seus resultados em Leq. Para contribuir ainda mais para uma medição de qualidade, sugere-se que a planta do local seja anexada e que os valores de Leq sejam anotados nesse material, se possível, no ponto exato de medição do ruído.

O ideal é que esses aparelhos imprimam os relatórios das medições e que os mesmos sejam anexados a todo o material confirmando os demais dados e dando assim credibilidade à análise posterior. Além disso, quando possível o medidor deve ser posicionado no centro do ambiente e todos os objetos causadores de ruído devem ser enumerados e avaliados.

Os “decibelímetros” mais comumente utilizados possuem um microfone acoplado para captar o ruído e funcionar semelhantemente ao aparelho auditivo humano. Porém, microfones são sensíveis a todos os tipos de frequência sonoras, diferente do ouvido humano e por isso, foram criados adaptadores ou filtros que tem a função de corrigir a frequência captada para faixas que podem ser mais ou menos próximas da audível para o homem. Esses filtros adaptadores também são

capazes de interferir na intensidade sonora, grandeza também capaz de influenciar a percepção do som⁽¹⁶⁾. E os mais comuns são os dB(A) ou “A”, dB(B) ou “B” e dB(C) ou “C”, sendo que o dB(A) é o mais próximo à audição humana na faixa de 55 dB. Já o dB(B) é frequentemente utilizado para sons de 55 a 85 dB, enquanto que o dB(C) é utilizado para sons muito fortes, acima de 85 dB⁽¹⁷⁾.

O estudo da capacidade do ser humano de captar e interpretar os fenômenos sonoros e respostas subjetivas ao som em questão de duração, volume, altura, timbre, e a possível localização da fonte, é chamada de psicoacústica. Seus patamares de estudo são, portanto, estudados em conjunto pela relação entre eles, sendo inviável o estudo da altura sem relacionar com o tempo, por exemplo. Além disso, sabe-se que a sensibilidade de volume oscila com o timbre e a frequência⁽¹⁸⁾.

O aparelho auditivo humano é dividido em ouvido externo, médio e interno, sendo que cada uma de suas divisões contém estruturas anatômicas com funções distintas e específicas. O funcionamento de cada parte desse sistema de forma adequada é crucial para que o ser humano seja capaz de perceber e interpretar os ruídos ao seu redor⁽¹⁹⁻²²⁾.

O ouvido externo contém a orelha, inserida nas partes laterais da cabeça auxiliada por músculos auriculares, que permitiram uma especialização evolutiva para convergir as ondas sonoras para a cavidade do ouvido. O canal auditivo que consiste em aproximadamente 3 cm de comprimento, com uma membrana fina e elástica denominada tímpano, vedando a parte interna, com a função primária de percepção e condução dos estímulos sonoros até o ouvido médio⁽¹⁹⁾.

O som precisa sofrer algumas modificações para ser interpretado e, para isso, a anatomia da orelha ajuda a ressaltar alguns sons e identificar a localização da fonte sonora, e o ouvido externo como um todo, devido a efeitos de ressonância é capaz de gerar algumas dessas modificações.

O ouvido médio se conecta à garganta por um tubo, anteriormente chamada de Trompa de Eustáquio, hoje denominada como tuba auditiva, que auxilia na manutenção e equilíbrio da pressão interna do ouvido com a

atmosférica para equalizar o som captado por ambos os tímpanos. O ouvido médio apresenta os ossículos martelo, bigorna e estribo, que formam um conjunto responsável pela transmissão da energia sonora captada pelo tímpano, sem perdas ao ouvido interno e por proteger contra ruídos intensos⁽²⁰⁾.

A onda sonora que entra pelo ouvido externo, chega até o tímpano e o faz vibrar. Por estar acoplado aos três ossículos, o tímpano transmite essa vibração a eles transformando-a em um estímulo mecânico, que posteriormente, pela janela oval, é transmitido ao ouvido interno onde será transformado então em um estímulo eletroquímico para que consiga alcançar o cérebro e ser devidamente interpretado.

Quanto maior a densidade do meio em relação ao ar maior será a dificuldade de propagação da onda sonora. Desta forma quando a onda penetra o pavilhão auditivo e atinge o conjunto biomecânico (tímpano + ossículos) observa-se atenuação da onda. Este fenômeno é denominado impedância acústica. A transformação é influenciada também pelo efeito alavanca que ocorre entre o martelo e a bigorna e pela diferença entre áreas do tímpano e do estribo em contato com a janela oval, concentrando a energia da onda. O meio atenua a onda, porém o “efeito funil” concentra a energia, desta forma observa-se aumento do nível de pressão sonora em 30 dB nesta passagem: tímpano e janela oval⁽²⁰⁾.

A parte do ouvido localizada posteriormente à janela oval é denominada de ouvido interno e é composto por um canal no osso temporal do crânio, com formato de caracol. Com aproximadamente três voltas, a cóclea contém um líquido denominado perilinfa, e a membrana basilar que divide duas grandes partes, a primeira sendo o ambiente que separa o ouvido médio e a janela circular e a outra parte é ligada pelos ossículos e janela oval. Ambas as partes são relacionadas por uma pequena abertura no final da extensão da membrana basilar⁽²¹⁾.

O ouvido interno possui ainda o labirinto e o canal auditivo interno. Esse canal é formado por estruturas ósseas e tem conexão com o cérebro, pelo contato

com o nervo facial que permite a contração e relaxamento dos músculos da face, e com o nervo vestibular que mantém o equilíbrio⁽²¹⁾.

A perilinfa é um fluido que permite a dissipação das vibrações recebidas no ouvido médio e a janela circular. Tem a função de compensar o deslocamento da janela oval. A musculatura constituinte do ouvido interno demonstra resposta a ruídos muito altos, que excedam 75 dB, contraem-se e assim, fornecem proteção por enrijecer o local diminuindo a capacidade de transmissão de energia sonora em seu interior^(21,22).

Os terminais nervosos associados à membrana basilar permitem que a mesma perceba e analise o som a partir da frequência em Hertz gerada por ele. Ao perceber as variações de pressão e deslocamento de ar transmite ao cérebro, na forma de impulsos nervosos, para sua devida interpretação. O grupo de células responsável pela geração dos impulsos é denominado órgão de Corti, possui formato de cílios e se dobra de acordo com a movimentação da membrana basilar⁽²²⁾.

Essa membrana possui uma porção afilada e curta, próxima à base da cóclea, sensível a frequências mais altas, e uma mais larga próxima ao ápice da cóclea, mais sensível a frequências mais graves.

A exposição ao ruído causa impacto sobre a funcionalidade do aparelho auditivo e pode haver lesões reversíveis ou irreversíveis (causadas por exposição a ruídos intensos e/ou por exposição por tempo prolongado). Algumas das lesões reversíveis podem estar relacionadas à: fadiga auditiva (elevação temporária do limiar inferior de audição e/ou dificuldade de localizar a fonte sonora); efeito máscara: sons mais intensos se sobrepõem à percepção de sons menos intensos; e alteração da sensação auditiva e conseqüentemente do tempo de reação^(21,22).

É sabido o quanto o ruído pode interferir nos demais sistemas do corpo humano, gerando alterações em atividades simples e rotineiras, como por exemplo, as alterações no sono e a diminuição da memória, a irritabilidade, as vertigens e a diminuição da sensação de relevo dos objetos. Outros exemplos ainda envolvem a constrição dos vasos sanguíneos, o aumento da frequência

cardíaca, alguns transtornos digestivos como a hipermotilidade gástrica e intestinal, o aumento da tensão muscular, além de alguns distúrbios metabólicos⁽²³⁾.

Todas essas alterações contribuem para a confirmação da seriedade do impacto da poluição sonora no ser humano, sendo capaz de aumentar assim o risco de acidente nos locais de trabalho e em casa, pelas consequências graves e funcionais que os expostos ao ruído apresentam.

Muito embora existam várias formas de perda de audição (doença extrema, acidente) a causa mais comum é a senilidade. E essa condição acontece gradualmente, tornando-se mais grave e séria com o passar do tempo e com a frequência da exposição, quando for o caso. Devido a sensação sonora ser algo complexo e possuir diversos componentes, essa perda também é gradual por alguns destes se perderem mais ou menos rapidamente⁽²⁴⁾.

A análise da qualidade da audição é feita com um aparelho denominado audiômetro que conta com um oscilador que gera tons puros a frequências distintas com intensidade controlada. Essa intensidade é transmitida ao paciente e o mesmo informa ao técnico o seu limiar pessoal de audição que posteriormente é comparado com um limiar comum pré-determinado⁽¹⁶⁾.

Sabendo da importância do impacto da poluição sonora, são sugeridas algumas soluções e profilaxias, que envolvem diferentes estratégias. Uma delas é a redução da emissão de ruídos pelas máquinas e equipamentos, seja por alterações em sua constituição, adaptando silenciadores ou atenuadores sonoros, ou até mesmo alterando sua localização, afastando-os ao máximo do local de trabalho e das pessoas expostas. Outras envolvem o uso de material absorvente, uso de material resiliente em superfícies de impacto (p.ex.), isolamento contra vibrações. Pode-se citar ainda, como medida profilática, a redução da jornada de trabalho, a periodicidade na avaliação audiométrica de trabalhadores e a informação e conscientização acerca da importância do uso de equipamentos de proteção individual.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Apesar do importante impacto na saúde do ser humano, foram encontrados poucos trabalhos na literatura, com pesquisa de campo relacionada à fisiologia auditiva, principalmente no hemisfério Sul. Os Estados Unidos e Europa apresentaram alguns artigos e pesquisas semelhantes, inclusive com bancos de dados incluindo medições rotineiras de poluição sonora em localidades variadas, como escolas, parques, rodovias e hospitais⁽²⁵⁻²⁷⁾.

É consenso o prejuízo à saúde causado pelo ruído, sendo assim, é necessário que medidas paliativas e educativas sejam aplicadas a fim de conscientizar a população em geral e principalmente os profissionais da área da saúde, da importância e do potencial impacto negativo da poluição sonora na qualidade de vida do ser humano^(26,27).

A exposição ao ruído pode trazer consequências muito graves muito além da perda de audição. O estresse é uma condição associada à modernidade e é sabido o quanto um local de trabalho ruidoso pode contribuir para o aumento do mesmo. Trabalhadores estressados podem desenvolver diversas outras condições e até doenças mais graves como hipertensão e doenças cardiovasculares⁽²⁴⁻²⁷⁾.

O impacto da poluição sonora sobre o homem no lazer, no lar, trabalho ou ao ar livre é indiscutível. Hoje há, porém, uma preocupação maior acerca do ruído em hospitais, local onde os pacientes já debilitados, tornam-se mais susceptíveis ao estresse causado pelo excesso de barulho. Já os profissionais de saúde expostos cronicamente ao ruído também tornam-se alvo da preocupação por parte dos pesquisadores, uma vez que afetados pelo ruído, tem a própria saúde prejudicada bem como a qualidade dos serviços prestados podendo gerar, assim, erros graves como consequência do impacto do barulho.

Dada a importância desse tema pode-se concluir que esse assunto é negligenciado pelas organizações de saúde, órgãos responsáveis e pelas próprias pessoas afetadas pelo ruído, evidenciado pela quantidade de trabalhos encontrados

na literatura, bem como pela falta de conhecimento acerca da gravidade do assunto.

Este trabalho agrega informações sobre ecologia, física, fisiologia e saúde coletiva, com a pretensão de contribuir para a disseminação da informação para a comunidade científica, para que a discussão sobre o assunto e medidas preventivas e corretivas entrem em pauta e permaneçam ativas e, assim contribua para a coletividade e para a melhoria da saúde pública em relação a poluição sonora no âmbito dos trabalhadores da área da saúde.

REFERÊNCIAS

- 1) Falk, S. A.; Woods, N. F. 1973. Hospital Noise. Levels and Potential Health Hazards. New England Journal of Medicine. 289(15): 774-81.
- 2) Kam, P. C. A.; Kam, A. C.; Thompson, J. F. 1994. Noise pollution in the anaesthetic and intensive care environment. Anaesthesia. 49(11): 982-86.
- 3) Pinheiro, E. M.; Silva, M. J. P.; Angelo, M.; Ribeiro, C. A. 2008. The meaning of interaction between nursing professionals and newborns/families in a hospital setting. Revista Latino-Americana de Enfermagem. 16(6): 1012-18.
- 4) ABNT. 1987. Níveis de ruído para Conforto Acústico NBR 10152.
- 5) Zamberlan, N. E.; Ichisato, S. M. T.; Rodarte, M. D. O.; Fujinaga, C. I.; Hass, V. J.; Scochi, C. G. S. 2008. Ruído em uma unidade de cuidado intermediário neonatal de um Hospital Universitário. Revista Ciência, Cuidado e Saúde. 7(4): 431-38.
- 6) Balogh, D.; Kittinger, E.; Benzer, A.; Hackl, J. M. 1993. Noise in the ICU. Intensive Care Medicine. 19(6): 343-46.
- 7) Minckley, B. B. A. 1968. Study of Noise and Its Relationship to Patient Discomfort in the Recovery Room. Nursing Research. 17(3): 247-49.
- 8) da Silva, A. R.; Scavone, G.; Lefebvre, A. 2009. Sound reflection at the open-end axisymmetric ducts issuing a subsonic mean flow: A numerical study. Journal of Sound and Vibration. 327: 507-528.
- 9) Okuno, E.; Caldas, I. L.; Chow, C. Física Para Ciências Biológicas e Biomédicas. São Paulo: Editora Harba. 1986. 490 p.

- 10) Silveira, J. F. P. O decibel e os sons. Matemática determinista no Ensino Médio. Disponível em: <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1f.html>>. Acessado em: 01 de novembro de 2018.
- 11) Magioli, F. B.; Torres, J. C. B. 2018. Influência das transformações urbanas no conforto acústico: estudo-piloto da cidade universitária da UFRJ. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management). 10(2): 400-413. DOI: 10.1590/2175-3369.010.002.AO01 ISSN 2175-3369.
- 12) Vivas, D. B. P.; Teixeira, E. S.; Cruz, J. A. L. 2017. Ensino de Física para surdos: um experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas sonoras. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 34(1): 197-215. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p197>
- 13) Moura, M. A.; Curvo, E. A. C.; Assis, A. F. S.; Barros, M. P. 2017. Visualize a sua voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras. Revista de Ensino de Ciências e Matemática. 8(1): 182-200.
- 14) Rodrigues, F. V.. 2008. Fisiologia da música: uma abordagem comparativa. Revista da Biologia 2(1): 12-17.
- 15) Zimmer, K.; Ellermeier, W. 1999. Psychometric properties of four measures of noise sensitivity: a comparison. Journal of Environmental Psychology, 19(3), 295-302. <http://dx.doi.org/10.1006/jevp.1999.0133>.
- 16) Ribas, A.; Schmid, A.; Ronconi, E. 2010. Topofilia, conforto ambiental e o ruído urbano como risco ambiental: a percepção de moradores dos setores especiais estruturais da cidade de Curitiba. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 21: 183-199. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v21i0.15599>.
- 17) Moreira, N. M.; Bryan, M. E. 1972. Noise annoyance susceptibility. Journal of Sound and Vibration. 21(4): 449-462. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-460X\(72\)90829-2](http://dx.doi.org/10.1016/0022-460X(72)90829-2).
- 18) Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. Rio de Janeiro. Ltc - Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A, 2006. 292 p.
- 19) Morgan, P. A.; Watts, G. R. 2003. A novel approach to the acoustic characterisation of porous road surfaces. Applied Acoustics. 64(12): 1171-1186. [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-682X\(03\)00085-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-682X(03)00085-9).
- 20) Basner, M.; Babisch, W.; Davis, A.; Brink, M.; Clark, C.; Janssen, S.; Stansfeld, S. 2014. Auditory and non-auditory effects of noise on health. The Lancet. 383(9925): 1325-1332.

- 21) Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1999. 427 p.
- 22) Basner, M.; Babisch, W.; Davis, A.; Brink, M.; Clark, C.; Janssen, S.; Stansfeld, S. 2014. Auditory and non-auditory effects of noise on health. The Lancet. 383(9925): 1325-1332.
- 23) Pimentel-Souza, F. 1992. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - ênfase urbana. Revista Brasileira de Acústica e Vibrações. 10: 12-22.
- 24) Barbosa, H. J. C.; Aguiar, R. A.; Bernardes, H. M. C.; Junior, R. R. A.; Braga, D. B.; Szpilman, A. R. M. 2018. Perfil clínico epidemiológico de pacientes com perda auditiva Epidemiological clinical profile of patients with hearing loss. J. Health Biol Sci. 2018; 6(4):424-430. doi:10.12662/2317-3076jhbs.v6i4.1783.p424-430.2018.
- 25) Oliveira, C. R. D.; T. S. A., Arenas, GWN. 2012. Exposição Ocupacional a Poluição Sonora em Anestesiologia. Rev Bras Anesthesiol. 62(2): 253-61.
- 26) Silva, G. B.; Freitas, S. R. S. 2018. A trilha da poluição sonora: uma atividade didático-pedagógica complementar ao ensino de Ciências Naturais. Biota Amazônia. 8(1): 10-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n1p10-13>.
- 27) Primo, D. A. S.; Barreto, C. P.; Mont'alverne, T. C. F. 2018. Direito internacional e poluição sonora marinha: efeitos jurídicos do reconhecimento do som como fonte de poluição dos oceanos. Veredas do Direito. 15(32): 277-295.