

APLICAÇÃO DO DESIGN DE PRODUTO NA PROTEÇÃO DA SAÚDE AUDITIVA

Julia Marina Cunha

UFSC

Florianópolis, SC, Brasil

juliamarinac@gmail.com

Giselle S. A. D.

Merino, Dra.

UDESC

UFSC

Florianópolis, SC, Brasil

gisellemerino@gmail.com

Eugenio A. D. Merino, Dr.

UFSC

Florianópolis, SC, Brasil

eugenio.merino@ufsc.br

RESUMO

A perda auditiva induzida pelo ruído está entre as principais causas da diminuição da acuidade auditiva atualmente. Com o crescimento da indústria de dispositivos portáteis de áudio e o aumento no uso de fones de ouvido, vem se desenvolvendo doenças no aparelho auditivo relacionadas à música que ocorrem, frequentemente, em jovens. A perda auditiva pode ser considerada um problema de saúde pública, afeta fatores físicos, psicológicos e emocionais do indivíduo, diminuindo a produtividade e afetando sua qualidade de vida. Juntamente com a cultura de individualidade, o uso de fones de ouvido é cada vez mais comum nos mais diversos ambientes e a intensidade sonora dos dispositivos é suficiente para ocasionar a perda auditiva, afetada também pelos hábitos do usuário. Desta forma, esta pesquisa possui como objetivos, identificar os riscos do uso de fones de ouvido para o aparelho auditivo e definir requisitos para o desenvolvimento de um fone de ouvido que minimize os riscos para a audição ou, idealmente, elimine-os. Os procedimentos metodológicos adotados compreendem, fundamentação teórica, onde são apresentados dados e informações relacionadas à audição, perda auditiva e fones de ouvido; e desenvolvimento, onde são demonstrados os critérios de escolha do produto, pesquisa de campo e os requisitos de projeto.

Obtendo-se como resultados dados relativos ao risco do uso de fones de ouvido para a saúde auditiva, onde 46% dos questionados, afirmam utilizar os dispositivos em volume alto ou extremamente alto. As informações coletadas resultaram em requisitos de projeto segmentados em: produto, usuário e contexto de uso. A definição dos requisitos para o projeto do produto é guiado por conceitos de usabilidade, ergonomia e design e conduzido como projeto centrado no usuário, este presente em todas as etapas do processo.

PALAVRAS CHAVE: design, saúde, perda auditiva, fone de ouvido.

ABSTRACT

Noise induced hearing loss is among the leading causes of decreased hearing acuity. With the growth of the portable listening device industry and the increased use of headphones, the development of diseases in the auditory system is increasing among young people. Hearing loss can be considered a public health problem, affecting physical, psychological and emotional factors of the individual, lowering productivity and affecting quality of life. Along with the individuality culture, the use of headphones is becoming more common in many different environments and the volume of the devices is loud enough to cause hearing loss. Thus, this research aims to identify the risks of using

headphones for the auditory system and defines requirements for the development of a headphone that minimizes hearing loss risks or, ideally, eliminates them. The adopted methodological procedures comprise theoretical basis, where are presented data and information related to hearing, hearing loss and headphones; and development, on which are demonstrated the product selection criteria, field research and project requirements. Obtaining as result, data about the risk of using headphones for hearing health on which 46% of respondents affirm to use the devices in loud or extremely loud volume. The information collected resulted in project requirements segmented as: product, user and usage context. The definition of requirements for the product design is guided by concepts of usability, ergonomics, and user-centered design, this present in all the project phases.

KEYWORDS: design, health, hearing loss, headphone.

1. INTRODUÇÃO

A comunicação entre os seres humanos é o que impulsiona o desenvolvimento da sociedade desde os tempos antigos. A linguagem oral foi o modo mais rápido encontrado pela civilização para a troca de informações, esta envolve dois sentidos, a fala e a audição. A audição é descrita como a modalidade sensorial que permite perceber sons. Ashby e Johnson [1] caracterizam o som como uma consequência de vibrações, sendo que o tom depende de sua frequência.

De acordo com o Decreto no 5.296, de 2/12/2004 [2] define-se deficiência auditiva como perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz. A perda auditiva pode ocorrer devido à diversos fatores, entre os principais estão: idade, exposição à ruídos, hereditariedade e doenças. Nesta pesquisa em específico, trata-se da perda auditiva induzida por exposição ao ruído.

O ruído pode ser classificado como o som em uma intensidade que interfere na comunicação verbal, podendo gerar desconforto [3].

O ruído, som sem harmonia ou som indesejável, pode gerar efeitos desagradáveis

dependendo do nível de exposição, segundo Bistafa [4] pode ocasionar perda auditiva, aumento da pressão arterial, insônia, stress, queda de desempenho, sendo o controle de ruído essencial para o bem estar do indivíduo, este possibilitado por diversas tecnologias atuais.

Diferenciam-se os conceitos de som e ruído, som é a perturbação vibratória em meio elástico audível, enquanto ruído é a superposição de várias vibrações de frequências diferentes, segundo Russo [5], um sinal acústico que influencia o bem estar físico e mental do indivíduo. Por outro lado, a música pode ser descrita como um som desejável, geralmente utilizada para recreação, a exposição a este tipo de som é, na maioria das vezes, voluntária [6].

A Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), segundo o Ministério da Saúde [7] é definida como a diminuição gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição contínua em níveis elevados de pressão sonora. A PAIR é na maioria dos casos associada ao trabalho, perda auditiva ocupacional. Os principais sintomas da PAIR são: perda auditiva; dificuldade de compreensão de fala; zumbido; intolerância a sons intensos; dificuldade de sono; cefaléia, tontura, irritabilidade, e até problemas digestivos [7].

De acordo com a definição da *World Health Organization* [8], "Saúde é um estado de bem-estar físico e mental", assim é importante considerar os efeitos do ruído para o ser humano, não somente a perda auditiva, mas também os fatores psicológicos e emocionais. É competência ergonômica o controle de ruído em ambientes de trabalho, podendo este ser realizado na fonte ou no receptor [9].

A PAIR envolve diversos fatores de risco, estes podem ser não modificáveis, como idade, genética e gênero, ou modificáveis, incluindo exposição voluntária ao ruído intenso, não uso de proteção auditiva, fumo, falta de exercícios físicos, entre outros [6]. Segundo Shield [10], as perdas auditivas estão entre as deficiências crônicas mais comuns, atingindo uma em cada 6 pessoas.

Pesquisas destacam o aumento do número de casos de PAIR entre crianças e adolescentes, relacionada ao uso de dispositivos pessoais de áudio [11-12-13-14]. Referindo-se recentemente à nomenclatura específica, Perda Auditiva

Induzida pela Música (*Music Induced Hearing Loss- MIHL*) [15].

Segundo a OMS, 1,1 bilhão de jovens estão em risco de adquirir perda auditiva devido ao uso indevido de dispositivos de áudio. No Brasil, 9,2 milhões de pessoas possuem deficiência auditiva parcial, destas 1 milhão são crianças e jovens de até 19 anos [16,17].

Diversos fatores relacionam-se diretamente à *MIHL*, como a intensidade sonora, o tempo de exposição e o dispositivo utilizado. (Liang et al, 2012). Consequentemente, o tipo e a configuração do fone de ouvido utilizado afetam estas variáveis [12,18].

A perda auditiva entre adolescentes aumentou 30% nos últimos 30 anos [19], esse aumento pode ser atribuído também ao crescimento da indústria de dispositivos pessoais de música (*personal listening devices- PLDs*) e desenvolvimento de tecnologia na área. Assim como os dispositivos, os fones de ouvido se popularizaram, e fazem parte do nascimento da nova cultura da música, onde usuários cada vez mais jovens são expostos à sons mais intensos [11].

A perda auditiva induzida por música em volume elevado, segundo Vogel et al [20], pode estar se desenvolvendo para um problema social e de saúde pública. Os níveis de som dos fones de ouvido da maioria dos dispositivos comercializados, são altos o bastante para prejudicar a audição com algumas horas de uso [21].

Os efeitos da exposição à sons em volume elevado são cumulativos e podem ocorrer após anos de exposição contínua, por isso a dificuldade de conscientização dos jovens para a mudança de hábitos, as consequências não são notadas imediatamente [11]. Destacando a importância do design nesse aspecto, o projeto centrado no usuário deve considerar estes aspectos num produto em benefício da saúde. Uma vez que programas de regulamentação e conservação da audição se aplicam exclusivamente ao ambiente de trabalho, não englobando atividades recreacionais [22].

Vale ainda pontuar, que a perda auditiva afeta a produtividade do indivíduo, gera a necessidade de utilização de tecnologias assistivas, além de possível reabilitação e

adaptação, processos que acabam gerando custos para o sistema. Segundo a *World Health Organization*, os custos da prevenção são consideravelmente menores na maioria dos casos, ressaltando ainda que investir em programas de conservação da audição é a opção com melhor custo-benefício para países em desenvolvimento [23].

A tecnologia assistiva pode ser definida como uma esfera do conhecimento interdisciplinar que envolve produtos, recursos, metodologias, práticas e serviços que possuem como objetivo promover a funcionalidade de pessoas com deficiência ou incapacidade, oferecendo bem estar, autonomia e qualidade de vida [24]. O design envolve-se no projeto de tecnologias assistivas partindo-se da relação da pessoa com deficiência e o objeto assistivo, podendo gerar fatores capacitantes ou de limitações sociais. Sendo portanto imprescindível o conhecimento do ser humano para o projeto de tecnologias assistivas [25].

Pontuam-se assim como diretrizes para a pesquisa a limitação da intensidade sonora em fones de ouvido, evitando privar o usuário da prática, o que seria contrário, inclusive, aos conceitos ergonômicos de adaptação do trabalho ao homem.

Especificamente, determina-se como objetivos, a identificação das problemáticas relacionadas ao uso do fone de ouvido com a perda auditiva, por meio do levantamento bibliográfico; definição dos requisitos de projeto com foco no usuário, para o desenvolvimento de um produto que evite o dano à audição do utilizador.

O levantamento foi realizado com base em pesquisas que expõem a relação entre o uso de fones de ouvido e a perda auditiva, assim como as questões físicas que envolvem a propagação do som e os princípios de funcionamento dos produtos envolvidos e como estes interagem com o indivíduo, definindo as diretrizes para um produto centrado no usuário.

Um projeto centrado no usuário é desenvolvido com base nas necessidades físicas e psicológicas do ser humano, é um processo de design que considera o contexto e as habilidades do usuário, assim como as limitações [26]. O design centrado no usuário relaciona-se

diretamente aos conceitos de usabilidade e ergonomia [27]. A ISO 9241-11 define usabilidade:

Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso [28].

A partir do processo de projeto centrado no usuário, considerando os conceitos definidos anteriormente, espera-se obter como resultado os requisitos para desenvolvimento de um produto que reduza os riscos à saúde do usuário, prevenindo danos ao aparelho auditivo, além de considerar o aprimoramento de demais características, estéticas e funcionais, do fone de ouvido.

2. METODOLOGIA

Considerando a caracterização geral da pesquisa, quanto a natureza pode ser configurada como teórico-aplicada, em relação ao conteúdo, pode ser classificado como artigo de análise onde os elementos são analisados em relação ao todo [29]. Referente aos objetivos, a pesquisa pode ser caracterizada como exploratória, constituindo um aprimoramento de ideias sobre o assunto em questão [30]. De acordo com os procedimentos técnicos, caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, desenvolvida quase que exclusivamente com base em fontes bibliográficas, grande parte dos estudos exploratórios podem ser assim classificados [30].

Divide-se a pesquisa em duas etapas principais, a primeira teórica onde apresenta-se a fundamentação, e a segunda aplicada onde tem-se o desenvolvimento por meio de análise das informações coletadas.

Com relação aos métodos pode-se descrever, pesquisas nas bases de dados *Science Direct*, *PubMed*, *Web of Science*, *Google Acadêmico*, Periódicos Capes e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações utilizando as seguintes palavras chave e as correspondentes em inglês: audição, perda auditiva, ruído, fone de ouvido e combinações das mesmas.

Para conhecimento e validação de dados relacionados ao uso de fones de ouvido pelo público jovem, utilizaram-se técnicas de observação direta extensiva, por meio de

questionário composto por perguntas abertas e de múltipla escolha [29].

Os procedimentos utilizados permitiram a identificação dos requisitos, gerados com base nas definições de projeto centrado no usuário.

Quanto ao método para definição dos requisitos, estes foram determinados de acordo com os fatores de risco identificados na revisão bibliográfica e desenvolvimento, e divididos em três blocos de informação (produto, usuário e contexto).

Sendo requisitos referentes ao produto, os fatores físicos de forma que relacionam-se à propagação do som, e aspectos funcionais identificados na pesquisa de campo. Quanto aos requisitos adequados ao contexto, foram pontuados a partir dos fatores de risco do ambiente, destacados na revisão bibliográfica. Definindo-se o usuário como centro do projeto, determinaram-se as características de acordo com fatores ergonômicos, de usabilidade e de proteção à saúde auditiva, identificados durante o desenvolvimento, sendo este o objetivo geral da pesquisa.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Audição

O som é gerado pela vibração de um objeto, criando uma perturbação no meio devido um padrão de mudanças na pressão [3].

A percepção sonora possui submodalidades; frequência é o que define o som como grave, médio ou agudo, expressa em Hertz é inversamente proporcional ao comprimento de onda; Intensidade sonora pode ser definida como a amplitude das vibrações periódicas das partículas do meio (Δp) e está associada à pressão e energia sonora, é expressa em decibéis (dB), a unidade de sensação sonora; timbre é o que nos permite diferenciar os sons de mesma frequência, equivalente à "forma" da onda sonora [31,32].

Para a pesquisa em questão, conhecer a medida da intensidade do som é indispensável. O decibel (dB) é uma escala logarítmica utilizada para medir a intensidade do som. Considerando a escala decibel, um som de 10dB é 10 vezes mais intenso que aquele de 0 dB, próximo do silêncio total, já um som de 20dB é 20 vezes mais intenso do que um de 0 dB, e assim

sucessivamente [33]. Uma vez que a intensidade do som também é influenciada pela percepção existem escalas de dB corrigidas, a escala dBA, geralmente a mais utilizada, é adequada para apresentar a resposta humana para sons de até 55dB [34].

A audição é uma das principais capacidades sensoriais do ser humano, é a consciência da vibração interpretada como som. O ouvido humano possui como função converter a vibração física em um impulso nervoso, que é então interpretado pelo cérebro [32].

O mecanismo condutor de som é anatomicamente segmentado em:

- Orelha externa que transmite o som para a membrana timpânica, formada pelo pavilhão, canal auditivo e a membrana;
- A orelha média é formada pelos três ossículos que conduzem o som da membrana para a orelha interna, martelo, bigorna e estribo e a tuba auditiva;
- A orelha interna é onde as vibrações são traduzidas em impulsos nervosos, composta pelo labirinto, cóclea e nervo auditivo (Figura 1).

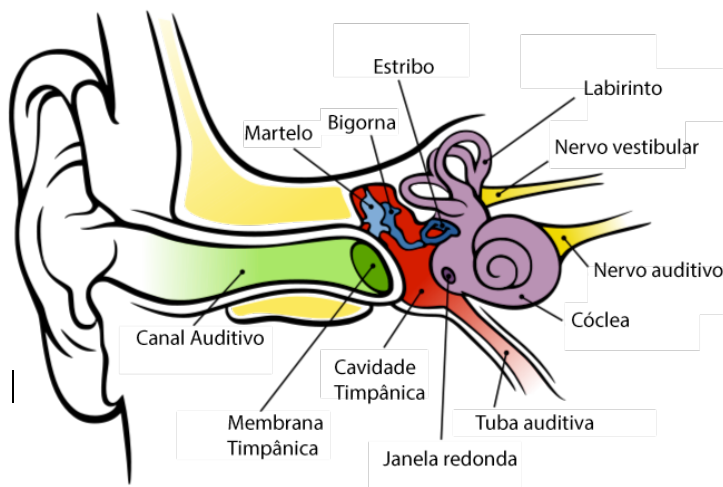


Figura 1- Anatomia da orelha
Fonte: BROCKMANN, Chittka L. [35]

A perda auditiva também pode ser classificada de acordo com a parte do sistema auditivo lesionada; condutiva ocorre quando o som não é conduzido com eficiência através do canal da orelha externa para o tímpano e os

ossículos na orelha média; a perda neurossensorial ocorre na orelha interna, na cóclea ou no nervo auditivo que conduz o impulso nervoso; e mista, quando ocorre na orelha externa ou média, e interna [3,36].

A exposição ao ruído ou som intenso resulta em perda auditiva neurossensorial, esta é definitiva, geralmente não pode ser corrigida por procedimentos cirúrgicos [11].

Os estudos quanto a relação entre o uso de fones de ouvido e a perda auditiva vêm crescendo nos últimos anos, devido à universalidade da atividade. A grande maioria dos jovens é exposto ao risco desta forma, sendo que uma porcentagem significativa utiliza os dispositivos de maneira inadequada [37]. Estudos atuais comprovam que o uso abusivo de dispositivos pessoais combinado aos fones de ouvido é muito difundido e será a causa de uma epidemia da chamada perda auditiva induzida pela música (MIHL) [20-37-38-39].

Os níveis de saída do som dos dispositivos portáteis de áudio são suficientemente elevados para prejudicar a audição do utilizador, no entanto ainda depende de variáveis como tempo de exposição, volume e o próprio fone de ouvido. Segundo estudos de Portnuff, Fligor e Arehart [40], Os hábitos de grande parte dos usuários são suficientes para causar a perda auditiva, e estes não possuem consciência destas consequências, o que dificulta a mudança de hábitos.

Vogel et al [20], realizou um estudo com adolescentes entre 12 e 18 anos, comprovando que a grande maioria utilizava seus dispositivos no volume máximo, ainda que possuíssem consciência dos potenciais efeitos para sua saúde. Além disso, os adolescentes afirmam que não assentiriam nenhuma interferência em seus comportamentos.

Nos Estados Unidos, o NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) define como som prejudicial aquele que excede 85dB em um turno de trabalho de 8 horas. No Brasil a NR 15 [41], determina limites de tolerância do nível de ruído de acordo com a máxima exposição diária (Figura 2).

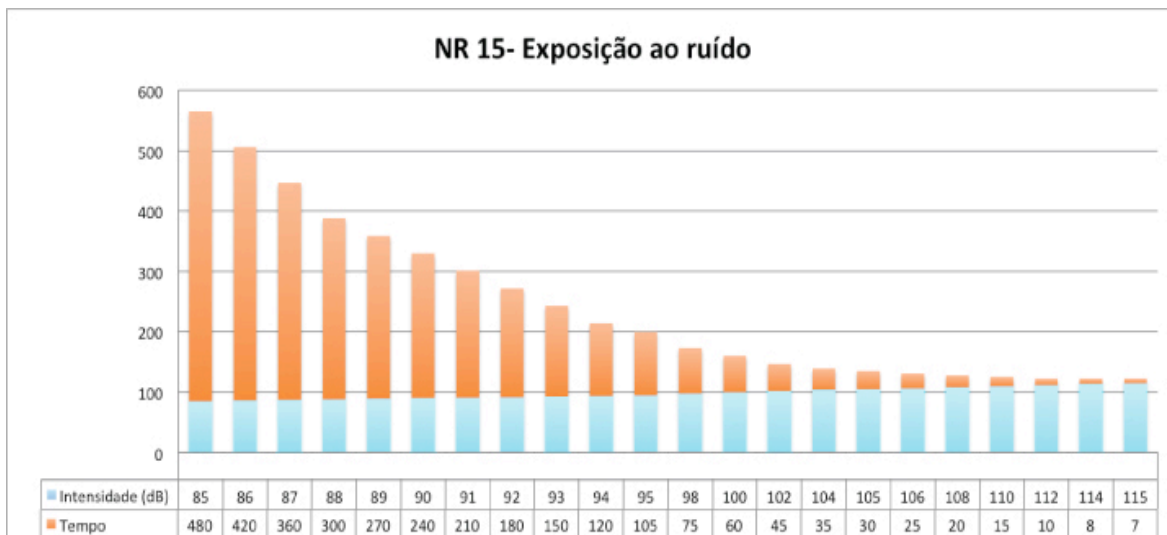


Figura 2- Recomendações da NR 15 quanto exposição ao ruído

Em uma avaliação dos dispositivos pessoais de áudio mais populares realizada por Keith, Michaud e Chiu [42], na configuração de volume máximo, o nível sonoro dos dispositivos atingiu uma faixa de 101 à 107 dB. Considerando os hábitos comuns entre os jovens e a NR 15, verifica-se que, neste nível, o tempo de exposição máxima deveria ser de 1 hora à 20 minutos.

O mesmo estudo afirma que o nível sonoro pode chegar a 125 dBA, considerando as variáveis do fone de ouvido e da voltagem do dispositivo. De acordo com Liang et al [43], tanto as condições do ambiente externo quanto o fone de ouvido podem influenciar o nível sonoro dos dispositivos.

Uma grande parcela dos usuários jovens afirma ser consciente quanto aos malefícios de seu comportamento para sua audição, e afirmam que a responsabilidade pela proteção da mesma é da indústria [6-20-44]. Salientando o potencial do design para interferir no segmento, uma vez que este ao ser inserido no projeto, pode considerar os aspectos da interação humana com o produto, compreendendo as necessidades dos usuários e buscando satisfazê-las. O design inserido no processo, pode aprimorar o projeto com base em princípios de ergonomia e usabilidade, buscando um produto intuitivo e visando reduzir os riscos de perda auditiva induzida pela música.

3.2 Uso do fone de ouvido e ergonomia

Os fones de ouvido em geral são dispositivos para reprodução individual do som. Este possui diferenciações quanto à forma, segundo a ITU (*International Telecommunication Union*) [45], dividindo-se em, circumaural, supra-auricular, auricular e intra-auricular. Circumaurais são os fones que circundam o pavilhão auditivo, apoiando-se essencialmente na superfície da cabeça; Supra-auriculares apoiam-se sobre o pavilhão auditivo; Auriculares são os fones que encaixam-se na entrada do canal auditivo, mas não entram em contato direto com o mesmo; Já os intra-auriculares, penetram parcial ou completamente o canal auditivo (Figura 3).

De acordo com estudos, o tipo de fone de ouvido utilizado interfere em diversos aspectos relativos à propagação do som, consequentemente diferenciando-se quanto ao risco à audição [12-43-46-47].

Segundo Fligor e Cox [46], a configuração de volume selecionada pelo usuário depende de diversos fatores, entre eles, o ruído do ambiente, as características do fone de ouvido utilizado e preferência do usuário quanto a razão ruído externo-intensidade sonora. Fones de ouvido que atenuam o ruído externo tendem a reduzir a configuração de volume selecionada pelo usuário [46].

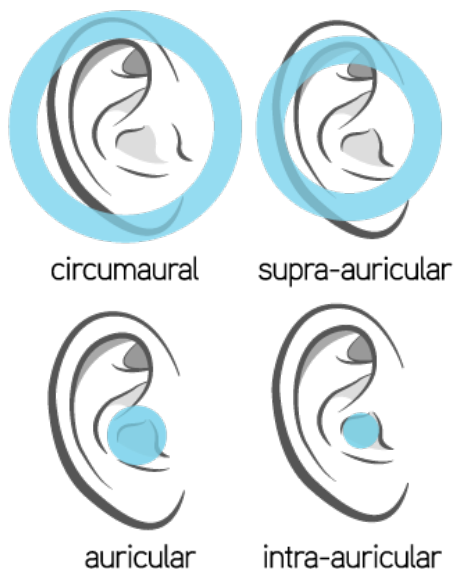


Figura 3- Modelos de fones de ouvido

Experimentos de Fligor e Ives [47], comprovam que em ambiente silencioso, o nível sonoro preferido pelos usuários, independe do modelo do fone de ouvido. Demonstram também que o gênero é um fator influenciador, homens tendem à ouvir música em volume mais elevado que as mulheres.

Os testes conduzidos por Hodgetts, Rieger e Szarko [12], contrapõem os níveis preferidos de som em 3 modelos de fones de ouvido, auricular, supra-auricular e supra-auricular com cancelamento de ruído ativo. O cancelamento de ruído pode ser ativo ou passivo, passivo quando das próprias características físico-mecânicas dos materiais utilizados, ativo quando através de um microfone o aparelho libera ondas sonoras que anulam as ondas do ambiente (interferência destrutiva) [48]. Os resultados dos testes confirmam a predisposição do uso de auriculares à elevação da configuração de volume, obtendo-se o menor nível durante a utilização do supra-auricular com cancelamento de ruído.

Liang et al. [43], sugerem que a escolha apropriada do fone com cancelamento de ruído, pode reduzir o dano à audição do usuário.

Quanto à variável tempo de exposição, em uma pesquisa realizada em 2009 com 2500 sujeitos, 25% afirmaram ouvir música com fones de ouvido por cerca de 15 horas semanais. Na mesma pesquisa, 75% dos sujeitos afirmaram

utilizar *earbuds* (auriculares ou intra-auriculares), que costumam oferecer maior risco à audição do usuário [49].

Em geral, fones de ouvido do tipo concha (circumaural e supra-auricular) possuem cancelamento de ruído passivo devido à suas propriedades formais. Para referência, estes modelos de fone de ouvido, em sua forma básica podem ser divididos em concha; posicionada sobre a orelha, onde o som é emitido; e arco, suporte que é posicionado na parte superior da cabeça (Figura 4).

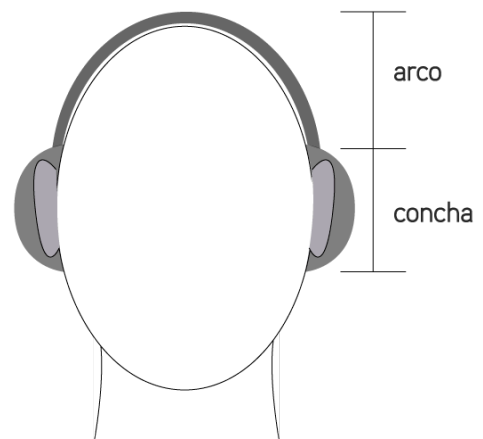


Figura 4- Forma básica dos fones de ouvido tipo concha.

Destaca-se a escala de influência das variáveis pontuadas anteriormente, na figura a seguir (Figura 5).

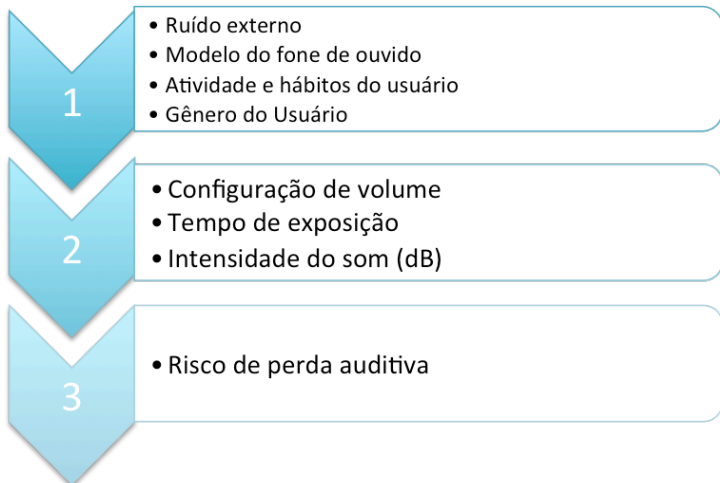


Figura 5- Influência das variáveis no risco de perda auditiva.

A ergonomia como disciplina científica trata da interação entre o ser humano e demais elementos em um sistema [50].

Diversas características influenciam a relação entre usuário-objeto, estas devem ser consideradas durante o projeto.

Em relação as características físicas do produto, a antropometria é um dos fatores considerados pela ergonomia, que permite ao objeto se adaptar aos diversos usuários. Na presente pesquisa, as dimensões da orelha e do crânio são os objetos de estudo, onde consideraram-se os percentis extremos como limitante (Figuras 6 e 7).

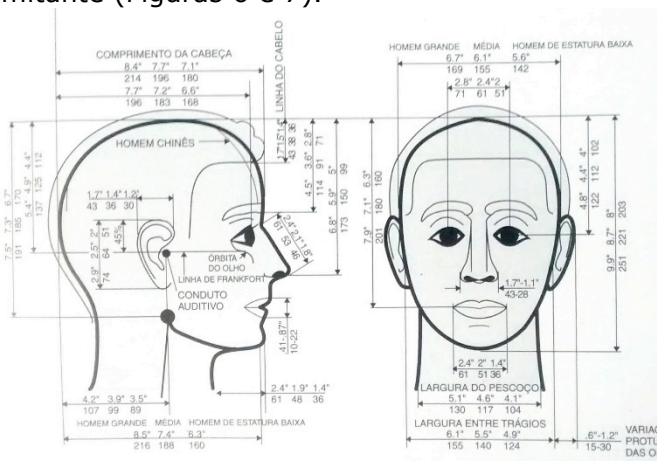


Figura 6- Antropometria do crânio do homem
Fonte: TILLEY, [51]

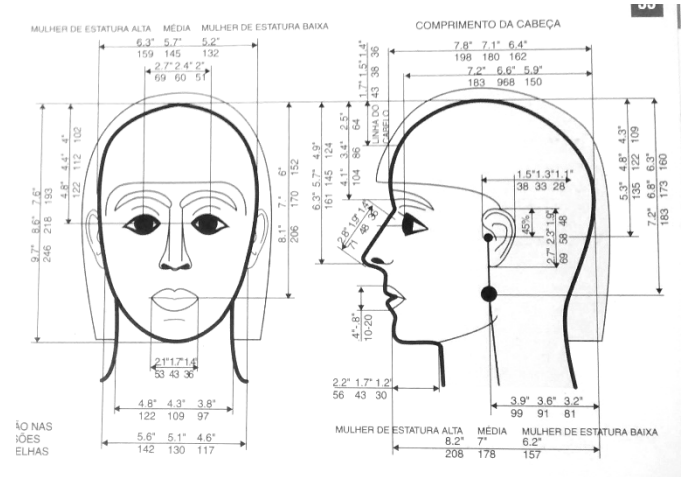


Figura 7- Antropometria do crânio da mulher
Fonte: TILLEY, [51]

Além do dimensionamento, a anatomia do ser humano é considerada no projeto, especialmente centrado no usuário. Entende-se que formas antropomórficas, que possuem desenho arredondado e adequam-se à anatomia da parte do corpo humano em contato com o objeto [52], adaptam-se melhor ao produto proposto.

O controle de ruído em ambientes de trabalho, está entre as competências ergonômicas, sendo esta o estudo da adaptação do trabalho ao homem, o controle acústico pode ocorrer na fonte ou no receptor (ser humano) por meio de protetores auditivos. Quanto aos protetores auditivos, segundo estudos [53] os tampões em geral são menos eficazes que as conchas.

Para possibilitar a definição dos requisitos para um fone de ouvido, compreende-se a importância de apresentar as questões acústicas relacionadas, especialmente a forma associada à propagação do som.

A propagação do som no ar se dá sob a forma de ondas esféricas e concêntricas, sendo a fonte sonora o centro em comum [54].

Em superfícies curvas convexas e hiperbólicas, segundo Azevedo [55], tende a ocorrer a difusão do som. Já em superfícies parabólicas, quando a fonte sonora é colocada sobre seu foco, o som refletirá sobre a superfície e sairá de forma paralela [55]. Sendo as propriedades da parábola utilizadas em conchas acústicas.

Pode-se concluir que as formas antropomorfas ou arredondadas adequam-se melhor ao produto proposto, tanto pelas características acústicas quanto ergonômicas, aproximam-se do formato da orelha humana, consequentemente acomodando-a adequadamente.

A ergonomia não trata apenas das características físicas da relação homem-objeto, mas também dos valores subjetivos gerados a partir dessa interação [56]. Os valores subjetivos relacionam-se à experiência do usuário, como por exemplo, o conforto. Se contemplados de maneira satisfatória, a interação do usuário com o produto gera experiências positivas.

Buscando compreender os valores subjetivos da interação, estudou-se a evolução do hábito de ouvir música.

Inicialmente a música era tida como um elemento místico, ligada à celebrações e mitologia. Passa a ser utilizada em rituais religiosos e é relacionada à magia, a igreja passa a ter um papel fundamental no desenvolvimento da música, evoluindo a escrita e teoria musical.

Ainda na idade média ocorre a segmentação entre música religiosa e música popular. No renascimento a música evolui como arte e entretenimento, com o aparecimento de novos instrumentos. É no romantismo que a música representa um meio de comunicação em massa com caráter social.

A partir do século XX com a popularização do rádio e o surgimento de novas mídias e tecnologias as músicas começam a se dissipar mundialmente rapidamente. No século XXI com o surgimento dos dispositivos portáteis a música passa a ser um instrumento de individualização e segmentação da sociedade, a indústria musical evolui com rapidez e atualmente tornou-se um meio de entretenimento, é usada para relaxar, estimular e até mesmo impulsionar a criatividade [57].

Os usuários atuais caracterizam-se por prezar a qualidade dos produtos envolvidos na prática, valorizam o conforto e a estética dos dispositivos.

4.PESQUISA APLICADA

4.1 Critérios da escolha do produto

Com base na fundamentação teórica foi possível determinar o modelo do fone de ouvido estudado, sendo este o circumaural, que circunda o pavilhão auditivo, em razão das características pontuadas:

- cancelamento de ruído passivo;
- tendência do usuário de selecionar uma configuração de volume menor, se comparado aos demais modelos;
- propriedades acústicas da propagação do som em conchas;
- características ergonômicas da forma antropomorfa.

4.2 Pesquisa de campo

Para identificar demais características do produto a serem melhoradas, realiza-se uma observação direta extensiva, por meio de questionário. Direcionaram-se as perguntas do questionário para os hábitos dos usuários ao ouvir música utilizando fones, sua consciência com relação à perda auditiva, com perguntas abertas e fechadas de múltipla escolha. Também questões que definem o perfil do usuário.

O questionário obteve 134 respostas, sendo 44% indivíduos do gênero feminino e 56% do gênero masculino, o perfil geral dos respondentes é de jovens estudantes universitários e destes 4% possuía algum tipo de deficiência auditiva.

Quanto às questões de múltipla escolha pode-se destacar: com relação ao modelo de fone, 75% afirma utilizar com maior frequência auriculares ou intra-auriculares, quanto ao tempo 12% afirmam usar fones por mais de 5 horas diariamente. Relativo ao volume, 46% afirma utilizar o fone com o volume alto ou extremamente alto. As questões de múltipla escolha podem ser observadas na tabela 1.

Já nas questões abertas, cerca de 80% dos respondentes afirmam possuir consciência quanto ao risco do uso de fone de ouvido para a audição, destes, 20% afirmam que não tem cuidado nenhum e não possui pretensão de mudar os hábitos ainda que possa ter sua audição prejudicada.

134 respostas	56% [gênero masculino]		44% [gênero feminino]	
Modelo de fone que utiliza	75% [intra ou auricular]		25% [supra-auricular ou circumaural]	
Tempo de utilização diário (horas)	25% [-1h]	44% [1h-3h]	19% [3h-5h]	12% [+5h]
Volume que utiliza	1% [baixo]	52% [moderado]	38% [alto]	8% [extremamente alto]
Dispositivo que utiliza com fones	51% [celular]	34% [notebook]	10% [Mp3]	5% [outro]

Tabela 1- Resumo das questões de múltipla escolha do questionário

Além das características citadas relacionadas ao som, 37% salientaram o desconforto ou dor devido ao contato do fone com a orelha, e 38% citaram o incômodo quanto ao fato dos fios ficarem "enosados".

Com base nas informações e análises apresentadas, a figura 9 apresenta o perfil de usuário extremo, este representa o usuário que tem a sua audição exposta à um risco extremamente alto, devido aos seus hábitos e características.

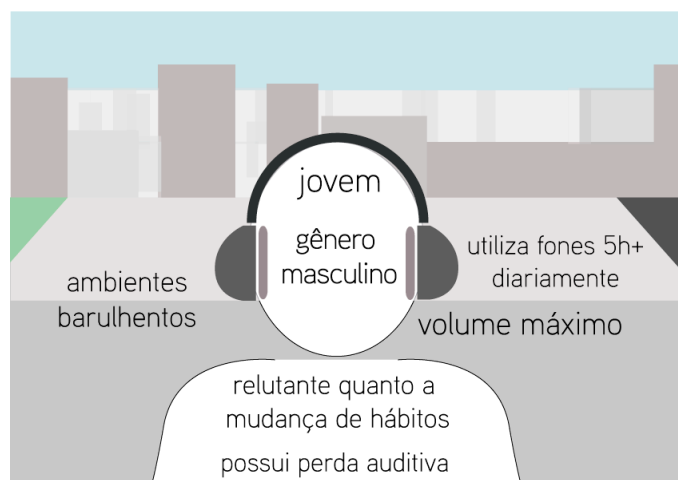


Figura 8- Perfil de usuário extremo

Quanto às características e hábitos do usuário extremo justificam-se:

- o ruído do ambiente influencia a configuração de volume, consequentemente a intensidade sonora;
- o gênero masculino tende a utilizar configurações de volume mais elevadas (Fligor e Ives, 2006);
- o tempo elevado de exposição aumenta o risco de perda auditiva;

- o usuário que não tem pretensão de mudar os hábitos depende de influências ou controles externos para proteger sua audição.

Ao considerar o usuário extremo no projeto, os meios são acomodados como resultado.

4.3 REQUISITOS

Conclui-se que, um produto que previna ou diminua o risco da perda auditiva independente dos hábitos dos usuários, é mais eficaz do que a conscientização dos riscos, uma vez que ainda que seja consciente o usuário demonstra relutância quando a mudança de comportamento. Reforçando o princípio ergonômico de adaptar o produto ao usuário.

Partindo-se de todos os aspectos pontuados, e tendo como objetivo a definição de requisitos para um fone de ouvido que venha a proteger a audição do usuário, tem-se:

- Limitar a intensidade sonora até 85 dB: devido aos limiares de risco definidos pela NR 15;
- Proteger a audição: o risco oferecido pelo uso de fones de ouvido apresentado em pesquisas;
- Cancelamento passivo de ruído externo: para que não interfira no som interno evitando a necessidade de elevar o volume do dispositivo. Passivo pois oferece um custo reduzido;
- Isolamento acústico: para que o som reproduzido no dispositivo não possa ser ouvido por outras pessoas no mesmo ambiente;
- Arco regulável: Para atingir a maior parcela de usuários possíveis, por meio da regulação mínima e máxima segundo os percentis;
- Dimensões internas da concha: De acordo com a antropometria do homem percentil 95 e as dimensões de sua orelha, considerando o extremo para englobar os meios;

- Confortável: arco e concha almofadados para oferecer uma interação favorável do usuário com o produto;

- Interior da concha côncavo: devido às propriedades acústicas;

- Compacto/dobrável: devido a preferência do público alvo por fones auriculares (menores);

- Uso simples e intuitivo: O produto deve ser tão simplificado quanto possível,

- Suporte para fios: segundo a queixa dos usuários quanto a dificuldade de mantê-los arrumados ao guardar;

- Baixo custo: Por oferecer um benefício à saúde deve ser acessível à maioria; evitando operações complexas que frustram os usuários;

- Adequar-se às diferentes atividades: não oferecer limitações de uso ao movimentar-se.

- Ventilação/transpiração: considerar condições de uso e prevenir possíveis interferências;

Um produto centrado no usuário deve considerar as possíveis condições de uso, relacionadas às capacidades do usuário e sua interação com o produto, assim como o contexto em que está inserido (Tabela 2).

PRODUTO	Limitar a intensidade sonora: <85 dB	Isolamento acústico: Interno->externo Externo->interno	Formato interior da concha: côncavo	Estrutura dobrável, para ocupar menos espaço quando guardado.	Suporte para enrolar os fios, Evitando nós.	Baixo custo: Estrutura simplificada, Mínima variedade de materiais
USUÁRIO	Proteger a audição independente das configurações escolhidas.	Arco regulável: (percentil 5 mulher- 95 homem): comprimento do arco 300-371mm	Dimensões internas da concha: >73x44mm	Uso simples e intuitivo eliminando estruturas desnecessárias	Confortável: Arco e concha almofadados nos contatos com o usuário.	
CONTEXTO	Cancelamento do ruído externo (baixo custo)	Borracha do arco antiderrapante para atividades com movimento	Ventilação nas partes de contato devido à transpiração.			

Tabela 2- Requisitos de projeto

8. CONCLUSÃO

Com base nas informações levantadas, propõe-se que os requisitos definidos sirvam como base para futuros desenvolvimentos de produtos que possam proteger a saúde auditiva dos usuários, além de favorecer as características estéticas e de uso do produto.

Destaca-se a problemática encontrada a partir do levantamento, sendo os hábitos dos

usuários um fator de extrema relevância para a prevenção da perda auditiva causada pelo uso de fones de ouvido.

A pesquisa apresenta o potencial da interferência do design para a saúde, podendo contribuir com o bem estar e a qualidade de vida dos indivíduos. Especificamente, para a prevenção da perda auditiva, pode-se ressaltar que esta pode ser completamente evitada quando relacionada ao ruído, sendo que a

exposição à estes riscos é, na maioria das vezes, voluntária ou pode ser precavida.

Considerando os benefícios da prevenção da perda auditiva, se eficaz pode evitar o uso de tecnologias assistivas, além de reduzir significativamente os custos.

A revisão da literatura demonstra que são limitadas as pesquisas que apresentem aplicações do design na área de saúde auditiva, se configurando como uma oportunidade de atuação do design em novos segmentos.

Os requisitos gerados podem nortear o desenvolvimento de produtos que tenham como objetivo a prevenção da perda auditiva induzida pela música, considerando todos os aspectos mencionados e destacando a necessidade de posicionar o usuário como centro do projeto.

Finalmente é possível concluir que existem oportunidades para o desenvolvimento de produtos com base nestes requisitos, sendo este o próximo passo desta pesquisa.

9. REFERÊNCIAS

- [1] ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. *Materiais e Design: Arte e Ciência da Seleção de Materiais no Design de Produto*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- [2] PRESIDENCIA DA REPUBLICA CASA CIVIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. *Que Estabelece Normas Gerais e Critérios Básicos Para A Promoção da Acessibilidade das Pessoas Portadoras de Deficiência Ou Com Mobilidade Reduzida*.
- [3] MOORE, Brian C. J. *An Introduction to the Psychology of Hearing*. Leiden, The Netherlands: Koninklijke Brill NV, 2013. 6 ed.
- [4] BISTAFA, Sylvio R. *Acústica Aplicada ao Controle de Ruído*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- [5] RUSSO, I. C. P. *Acústica e psicoacústica aplicada à fonoaudiologia*. São Paulo: Lovise, 1993. 178 p.
- [6] DANIEL, Eileen. "Noise and Hearing Loss: A Review". *Journal of School Health*, **77** (5), p. 225-231, Mai. 2007
- [7] MINISTÉRIO DA SAÚDE, *Perda Auditiva Induzida por Ruído (Pair): Saúde do Trabalhador Protocolos de Complexidade Diferenciada*, Brasília, 2006, disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protoloco_perda_auditiva.pdf> Acesso em 25 out. 2014
- [8] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Constituição da organização mundial da saúde*. New York: 22 Jul. 1946
- [9] KROEMER, K.H.E; GRANDJEAN, E. *Manual de ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem*. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2005.
- [10] SHIELD, Bridget. *Evaluation of the Social and Economic Costs of Hearing Impairment*. Hear-it Aisbl., 2006.
- [11] ZHAO, Fei et al. "Music exposure and hearing health education: A review of knowledge, attitude, and behaviour in adolescents and young adults." *Health Educational Journal*, **71** (6), p. 709-724, 2012.
- [12] HODGETTS, William E; RIEGER, Jana M; SZARKO, Ryan A. "The Effects of Listening Environment and Earphone Style on Preferred Listening Levels of Normal Hearing Adults Using an MP3 Player". *Ear & Hearing*, **28** (3), p. 290-297, 2007.
- [13] HAINES, Nicole C. et al. "Listening levels of teenage iPod users: does measurement approach matter?" *Audiology Research*, **2** (6), p. 25-29, 2011.
- [14] LEVEY, Sandra; LEVEY, Tania; FLIGOR, Brian J. "Noise Exposure Estimates of Urban MP3 Player Users." *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, **54**, p. 263-277, Fev. 2011.
- [15] MORATA, T.C. "Young people: Their noise and music exposures and the risk of hearing loss. *Int J Audiol*, 2007: **46**: 111-12."
- [16] Sociedade Brasileira de Otologia-SBO. Disponível em: <<http://www.sbotologia.com.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2014.
- [17] IBGE. *Censo Demográfico: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência*. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. 215 p.
- [18] LIANG, Maojin et al. "Characteristics of noise-canceling headphones to reduce the hearing hazard for MP3 users". *Acoustical Society of America*, **131** (6), p. 4526-4536, Jun. 2012.

[19] SHARGORODSKY, Josef et al. "Change in Prevalence of Hearing Loss in US Adolescents." *JAMA*, **304**, (7), p.772-778, ago. 2010.

[20] VOGEL, Ineke et al. "MP3 Players and Hearing Loss: Adolescents' Perceptions of Loud Music and Hearing Conservation." *The Journal Of Pediatrics*, **152**, (3), p.400-404, mar. 2008.

[21] KIM, Myung Gu et al. "Hearing Threshold of Korean Adolescents Associated with the Use of Personal Music Players". *Yonsei Medical Journal*, **50** (6), p. 771-776, Dez. 2009.

[22] MOLLER, Aage R. *Hearing: Anatomy, Physiology and Disorders of the Auditory System*. Oxford, UK: Academic Press, 2006. 328 p.

[23] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Prevention of Noise-Induced Hearing Loss*. Geneva: Report Of A Who-pdh Informal Consultation, 1997.

[24] BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. *Tecnologia Assistiva*. - Brasília: CORDE, 2009. 138 p.

[25] MAIA, Fernanda; NIEMEYER, Lucy; FREITAS, Sydney. "A relação entre indivíduos com deficiência, suas emoções e o design de objetos de Tecnologia Assistiva". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 9., 2010, São Paulo. Anais. São Paulo: Blücher e Universidade Anhembi Morumbi, 2010. p. 1865 - 1871.

[26] INSTITUTE FOR HUMAN CENTERED DESIGN. Disponível em: <<http://www.humancentereddesign.org/>> Acesso em 17 abr. 2015

[27] MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. *Metodologia para a Prática Projetual do Design: com base no Projeto Centrado no Usuário e com ênfase no Design Universal*. 2014. 212 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

[28] ISO - International Organization for Standardization. Disponível em: <<http://www.iso.org>> . Acesso em: 22 out. 2014

[29] MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo : Atlas 2003.

[30] GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[31] PAULUCCI, Bruno Peres. "Fisiologia da audição". USP, 2005

[32] ALBERTI, Peter W. "The anatomy and physiology of the ear and hearing". In: GOELZER, Berenice; HANSEN, Colin H.; SEHRNDT, Gustav A. (Ed.). *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control*. World Health Organization, ano desconhecido. Cap. 2. p. 53-62.

[33] RHEA, Melinda K; TERRIO, Lee M; OSHRIN, Stephen E.. "Scaling Concepts Underlying the Decibel." *Contemporary Issues In Communication Science And Disorders*, **26**, (11), p.177-183, 1999.

[34] INSTITUTO DE MATEMÁTICA (Rio Grande do Sul). Ufrgs. O decibel e os sons. Disponível em: <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1f.html>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

[35] BROCKMANN, Chittka L. "Anatomy of the Human Ear" A - Perception Space—The Final Frontier, *A PLoS Biology*, **3**, (4), e137 (Fig. 1A/Large version), vectorised by Inductiveload. Licensed under CC BY 2.5 via Wikimedia Commons) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear.svg#/media/File:Anatomy_of_the_Human_Ear.svg

[36] ASHA- AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. Types of Hearing Loss. Disponível em: <<http://www.asha.org/public/hearing/Types-of-Hearing-Loss/>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

[37] FLIGOR, Brian. "Recreational noise". In: CHASIN, Marshall. *Hearing Loss and Noise*. Arizona: Auricle Ink Publishing, 2010, cap. 4

[38] TORRE III, Peter. "Young Adults' Use and Output Level Settings of Personal Music Systems". *Ear and Hearing*, **29**, p.791-799, 2008.

[39] FIEDLER, Derick; KRAUSE, Rowland. *Deafness, Hearing Loss and the Auditory System*. Nova Science Publishers, Inc., 2010. 411 pp.

[40] PORTNUFF, Cory D.f; FLIGOR, Brian J; AREHART, Kathryn H. "Teenage Use of Portable Listening Devices: A Hazard to Hearing?" *Journal*

Of The American Academy Of Audiology, **22**, (10), p.663-677, 2011.

[41] MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 15: Atividades e Operações Insalubres-Anexo 1. São Paulo: 1978.

[42] KEITH, S. E., MICHAUD, D. S., and CHIU, V. **2008**. "Evaluating the maximum playback sound levels from portable digital audio devices," J. Acoust. Soc. Am. **123**, 4227-4237.

[43] LIANG, Maojin et al. "Characteristics of noise-canceling headphones to reduce the hearing hazard for MP3 users". Acoustical Society of America, **131** (6), p. 4526-4536, Jun. 2012.

[44] MCNEILL, Kylie et al. "MP3 player listening habits of 17 to 23 year old university students". Journal Of Acoustics Society Of America, **128**, (2), p.646-653, ago. 2010.

[45] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. "Series P: Terminals and Subjective and Objective Assesment Methods. Objective Measuring Apparatus: Artifical Ears". Telecommunication Standardization Sector Of Itu, 2011.

[46] FLIGOR, Brian J; COX, L. Clarke. "Output Levels of Commercially Available Portable Compact Disc Players and the Potential Risk to Hearing." Ear & Hearing, **25** (6), p. 513-527, 2004.

[47] FLIGOR, Brian J; IVES, Terri E. "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-induced Hearing Loss? Etymotic Research Inc. In: NIHL in Children Meeting, Cincinnati, OH. 2 p, 2006.

[48] HARRIS, William. "How Noise-canceling Headphones Work" 2007. HowStuffWorks.com. Disponível em : <<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/audio-music/noise-canceling-headphone.htm>> Acesso 12 abr. 2015

[49] QUINTANILLA-DIECK, Maria de Lourdes; ARTUNDUAGA, Maria Alexandra; EAVEY, Roland D. "Intentional Exposure to Loud Music: The Second MTV.com Survey Reveals an Opportunity to Educate." Journal of Pediatrics, **155** (4), p. 550-555, Out. 2009.

[50] IEA- International Ergonomics Association. "Definição Internacional de Ergonomia." San Diego, USA: 2000

[51] TILLEY, Alvin R. *As medidas do homem e da mulher*. São Paulo: Henry Dreyfuss Associates, 2005. 104 pp.

[52] IIDA, I. Ergonomia: Projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005. 630 pp.

[53] BRANDOLT, Paulo Ricardo de Mendonça. *Análise das Características Acústico/mecânico dos Protetores Auditivos*. 2001. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

[54] CARVALHO, Benjamin. *Acústica Aplicada à Arquitetura*. Biblioteca Técnica Freitas Basto; 1967.

[55] AZEVEDO, Mariane Brito. "Interferência das Formas Geométricas no Projeto Acústico das Edificações." In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 21, 2013, Florianópolis.

[56] LANUTTI, Jamille Noretza de Lima; PASCHOARELLI, Luis Carlos. "A Influência di Esforço Biomecânico na Percepção de Uso de Produtos Cotidianos: Parâmetros para o Design Ergonômico." ErgoDesign, 2014.

[57] LOPES, Claudia. História da Música. Disponível em: <http://www.citi.pt/ciberforma/claudia_lopes/pagina.html>. Acesso em: 01 abr. 2015.